

1. 표지

(옆면)

(앞면)

15450
13911

보안 과제(), 일반 과제(□) / 공개(□), 비공개()
2014년도 농림축산식품 연구개발 사업 최종보고서

(과제명)

발간등록번호

11-1543000-002232-01

광
기
술
기
반
축
사
환
경
관
리
시
스
템
개
발

최
종
보
고
서

광기술 기반 축사 환경 관리 시스템 개발
최종보고서

2018. 03. 21.

주관연구기관 / 포미(주)
협동연구기관 / 한국광기술원

2018

농
림
축
산
시
스
템
개
발

최
종
보
고
서

농림축산식품부

(전문기관) 농림식품기술기획평가원

2. 제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “광기술 기반 축사 환경 관리 시스템 개발”(개발기간 : 2014. 12.
~ 2107. 12.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2018. 03. 21.

주관연구기관명 : 포미(주) (대표자) 허상휴
협동연구기관명 : 한국광기술원 (대표자) 김영선



주관연구책임자 : 조 경 재
협동연구책임자 : 김 태 언

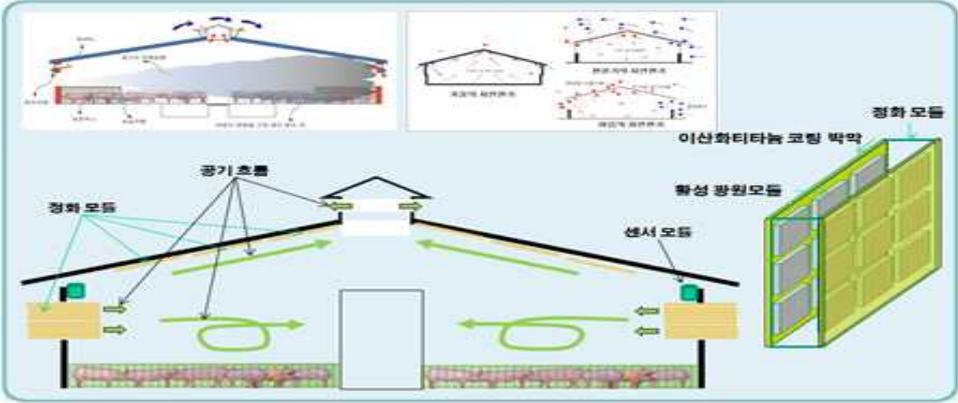
국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의
합니다.

3. 보고서 요약서

보고서 요약서

과제고유번호	15450 13911	해당단계 연구기간	2014.12.19.~ 2017.12.18	단계구분	(3단계)/ (총 3단계)
연구사업명	단위사업	농식품기술개발사업			
	사업명	2014년도 농림축산식품 연구개발 사업 지정공모 과제			
연구과제명	대과제명	(해당 없음)			
	세부과제명	광기술 기반 축사 환경 관리 시스템 개발			
연구책임자	조경재	해당단계 참여 연구원 수	총: 14명 내부: 14명 외부: 0명	해당단계 연구개발비	정부:300,000천원 민간:100,000천원 계:400,000천원
		총연구기간 참여 연구원 수	총: 41명 내부: 41명 외부: 0명	총연구개발비	정부:900,000천원 민간:300,000천원 계:1,200,000천원
연구기관명 및 소속부서명	포미(주)			참여기업명 한국 광기술원	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	
요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)				보고서 면수	

4. 국문 요약문

		코드번호	D-01
<p>연구의 목적 및 내용</p>	<p>○ 광기술 기반 축사 환경 관리 시스템 개발 근거리 네트워크 구현을 위한 광 부품 및 광 기술 기반의 나노 광촉매 소자용 공기정화 장치를 이용한 친환경 청정 축사 생산 시스템을 개발하고, 특히 돼지 질병에서 큰 피해를 주고 있는 PRRS에 대한 바이오 센서 개발 및 각종 바이러스에 대한 살균력을 가지는 나노 광촉매를 이용한 필터 개발을 통하여 안전한 먹거리를 지속적으로 생산할 수 있는 현대식 축사를 구축하는데 목적이 있음.</p>	<p>광 부품 및 플라즈모닉스 기반 기술을 활용한 무창축사의 유해가스 오염수준을 인지하기 위한 센싱 시스템과 오염 물질 및 먼지 등을 제거하기 위한 고성능의 공기정화 시스템을 개발</p>	 <p>◆ 근거리용 광통신 부품 개발 및 무창축사 오염물질 검출을 위한 소자 설계 연구 ◆ 광 통신 구현을 위한 미디어 컨버터 개발 및 Plasmonics 기반 무창축사 오염물질 검출, 정화소자 제작 ◆ Plasmonics 기반 오염물질 검출 공기정화 모듈 개발 및 무창축사 환경 유지 공기정화 시스템 기술 개발</p>
<p>연구개발성과</p>	<p>○ 근거리용 광통신 부품 개발 및 무창축사 오염물질 검출을 위한 소자 설계 연구 - 근거리 광통신용 POF용 Pigtail 제작 기술 개발 - 다채널 광통신 시스템 구현을 위한 광 분배기(1*4) 개발 - 무창축사의 오염물질 및 PRRSv 검출을 위한 plasmonics 기반 센서 설계 - 무창축사의 공기정화 및 PRRSv 살균을 위한 나노 광촉매 기술 연구 - Plasmonics 기반 무창축사 오염물질 및 PRRSV 검출 소자 연구</p> <p>○ 광통신구현을 위한 컨버터 개발 및 Plasmonics 기반 무창축사 오염물질 검출, 정화소자 제작 및 성능평가 - 1Gbps급 Ethernet to POF Converter Module 개발 - 다채널 광송수신 통신 컨트롤러 개발 - 무창축사의 공기정화를 위한 나노 광촉매 소자 연구 - Plasmonics 기반 오염물질 검출 소자의 집적화를 통한 모듈 개발 - Plasmonics와 Metal mesh 필터의 결합을 통한 공기정화 모듈 개발 - 공기 정화 모듈의 성능 테스트</p> <p>○ Plasmonics 기반 PRRSv 검출을 위한 바이오센서 및 유해병원 살균 시스템 기술 개발 - 최적 환기를 위한 통풍 및 차압 센싱 시스템 개발 - 무창 축사 소독 및 온습도 제어 시스템 개발 - 무창 축사 환기 관리를 위한 메인 컨트롤 시스템 개발 - 무창축사 환경 유지 공기정화 시스템 기술 개발</p>		

	<ul style="list-style-type: none"> - Plasmonics 센서 기반 PRRS 실시간 검출 바이오 센서 기술 개발 - 돈사 오염수준 인지 시스템과 공기정화 시스템 활용에 따른 생산성 향상 및 질병 발병률 개선효과 규명 ○ 유무선 네트워크 통신 모듈 개발 <ul style="list-style-type: none"> - Zigbee 기반 센서용 무선 통신 모듈 개발 - 유무선 인터페이스 호환 게이트웨이 개발 - 유무선 통신 모니터링 S/W 개발 - 실시간 오염수준 인지 시스템 필드테스트 				
<p style="text-align: center;">연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 새로운 축산업 기술 및 원천기술 확보 <ul style="list-style-type: none"> - 기술을 통한 약 1억3천만원 매출실적에 따른 분야별 시장 확보 - 기술을 통한 특허출원 2건, 특허등록 2건, SCI 1편, 비SCI 2편, 첨단기술 인증 확보. - 고생산성 보장을 위한 친환경 시스템 확보. - 경제동물 성장 및 생화학적 유해 인자 방지, 무항생제사용, 친환경 가능. - Green 친환경 기술의 해외 수출 가능. ○ 무창축사 오염수준 인지 시스템 및 공기정화 시스템 기술 개발에 따른 축산 기술 산업의 현대화 구현 및 생산성, 소득 향상. <ul style="list-style-type: none"> - 밀사형태의 양돈 축사의 폐사율은 약 25~30%임. - 본 기술 개발을 통한 폐사율 20%내외로 감소가 가능할 것으로 기대됨. - 축사의 항생제 사용량 30% 감소로 인한 항생제 구매 부담 해소. - 폐사율 등의 감소로 인한 생산성 향상으로 축산 농가 수입 향상 및 가격 경쟁력 제고 가능. ○ FTA 체결에 따른 수입 축산물에 대한 차별성 부각으로 판로 확보 가능. <ul style="list-style-type: none"> - 무항생제 또는 저 항생물질 사용과 같은 친환경의 사육 환경을 통한 안전성 높은 축산물로 차별화 가능 - FTA 체결, 중국 수입의 지속적 증가 등에 대비 생산 산업의 친환경 고품질 분야로 차별화 가능 ○ 축산 농가에서 요구하는 밀집형 축사의 환경 감시와 저비용 공기정화 장치 개발을 통해 체계적인 관리 시스템 구축 가능. ○ 축산 농가와 관련된 연구는 NT/BT/IT 기술이 융합된 농림분야의 첨단융복합 기술 분야를 활성화할 것으로 기대됨. 				
<p style="text-align: center;">중심어 (5개 이내)</p>	축사	환기시스템	바이러스 센서	플라즈모닉스	살균 필터

5. 영문 요약문

< SUMMARY >

		코드번호	D-01
Purpose& Contents	o Development of environment management system based on photonic technology We have developed an eco-friendly cleaner livestock production system using air purification system for nano photocatalysts based on optical components and optical technology for short-range network implementation. We have developed a biosensor for PRRS, It is aimed to build a modern barn that can produce safe food continuously through the development of filter using nanopot photocatalyst with sterilizing power		
Results	<ul style="list-style-type: none"> o Development of optical communication components for short distance and device design for pollutant detection in housing <ul style="list-style-type: none"> - Development of Pigtail manufacturing technology for POF for short distance optical communication - Developed optical distributor (1 * 4) for multi-channel optical communication system implementation - Plasmonics-based sensor design for pollutants and PRRSv detection in windowless Farm - Nano Photocatalyst Technology for Air Purification and PRRSv Disinfection of windowless Farm - Study on Plasmonics-based windowless Farm pollutants and PRRSv detection devices o Development of converters for optical communication implementation, detection of pollutants in windowless Farm based on plasmonics <ul style="list-style-type: none"> - Development of 1Gbps Ethernet to POF Converter Modul - Developed multi-channel optical transmit / receive communication controller - Study on Nano Photocatalytic Elements for Air Cleaning of Windless Farm - Module development through integration of Plasmonics-based pollutant detection device - Development of air purification module through combination of plasma and metal mesh filter - Performance test of air purification module o Development of biosensor and harmful disinfection system for PRRSv detection based on plasmonics <ul style="list-style-type: none"> - Development of ventilation and differential pressure sensing system for optimum ventilation - Development of control system for disinfection and temperature and humidity control in windowless Farm - Developed main control system for ventilation management in windowless Farm - Developed air purification system technology to maintain environment in windowless Farm environment - Development of PRRS Real-time Detection Biosensor Technology 		

	<p>based on Plasmonics Sensor</p> <ul style="list-style-type: none"> - Improvement of productivity and improvement of illness incidence rate by using cigarette pollution level recognition system and air purification system <p>o Developed wired / wireless network communication module</p> <ul style="list-style-type: none"> - Developed wireless communication module for Zigbee based sensor - Development of wired / wireless interface compatible gateway - Developed wired / wireless communication monitoring software - Real-time contamination level aware system field test 				
<p>Expected Contribution</p>	<p>o Securing new animal husbandry technology and source technology</p> <ul style="list-style-type: none"> - Approximately 130 million KRW in sales through technology - 2 patent applications through technology, 2 patent registration, 1 SCI, 2 non-SCI, high technology Secure certification. - Secure eco-friendly system for high productivity. - Economic growth of animals, prevention of biochemical harmful factors, non-antibiotic use, environmentally friendly. - Green Eco-friendly technology can be exported overseas. <p>o Modernization of livestock technology industry by technology development of cognition system and air purification system in windowless Farm, improvement of productivity and income.</p> <ul style="list-style-type: none"> - The mortality rate of the pig farm is about 25 ~ 30%. - It is anticipated that this technology will reduce the mortality rate to around 20%. - Reduce the purchase burden of antibiotics due to a 30% reduction in antibiotic usage in housing. - Improvement of productivity due to decrease of mortality rate and improvement of importation of livestock farmers and enhancement of price competitiveness. <p>o It is possible to secure a market by highlighting the difference in imported livestock products from the FTA.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Environmentally friendly breeding environment such as the use of non-antibiotics or antibiotics makes it possible to differentiate into highly safe livestock products - It can be differentiated into environment-friendly, high-quality sectors of the production industry compared to the FTA conclusion and the continuous increase in imports in China. <p>o It is possible to construct a systematic management system by monitoring the environment of dense housing facilities required by livestock farmers and developing a low-cost air purifier.</p> <p>o Research related to livestock farmers is expected to activate the advanced fusion technology field in agriculture and forestry field where NT / BT / IT technology is converged.</p>				
<p>Keywords</p>	<p>Farm</p>	<p>Ventilation system</p>	<p>Virus sensor</p>	<p>plasmonics</p>	<p>Sterilization filter</p>

6. 영문목차

1. Outline of research	1
2. Status of domestic and overseas technology development	19
3. Research content and results	22
4. Achievement and contribution to related field	276
5. Plan to use research results	280
6. Science and Technology Information	284
7. Security rating of R & D achievement	287
8. Research facilities registered in NSTC	287
9. Safety system in laboratories	287
10. Representative Research Results	290
11. Others	290
12. Reference	291

<Adjunct> Self-assessment opinion

7. 본문목차

< 목 차 >

1. 연구개발과제의개요	1
2. 국내외 기술개발 현황	19
3. 연구수행 내용 및 결과	22
4. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	276
5. 연구결과의 활용계획 등	280
6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보	284
7. 연구개발성과의 보안등급	287
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설장비현황	287
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적	287
10. 연구개발과제의 대표적 연구실적	290
11. 기타사항	290
12. 참고문헌	291

<별첨> 자체평가의견서

8. 뒷면지

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 2014년도 농림축산식품 연구개발사업의 연구 보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 2014년도 농림축산식품 연구개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

1. 연구개발과제의 개요

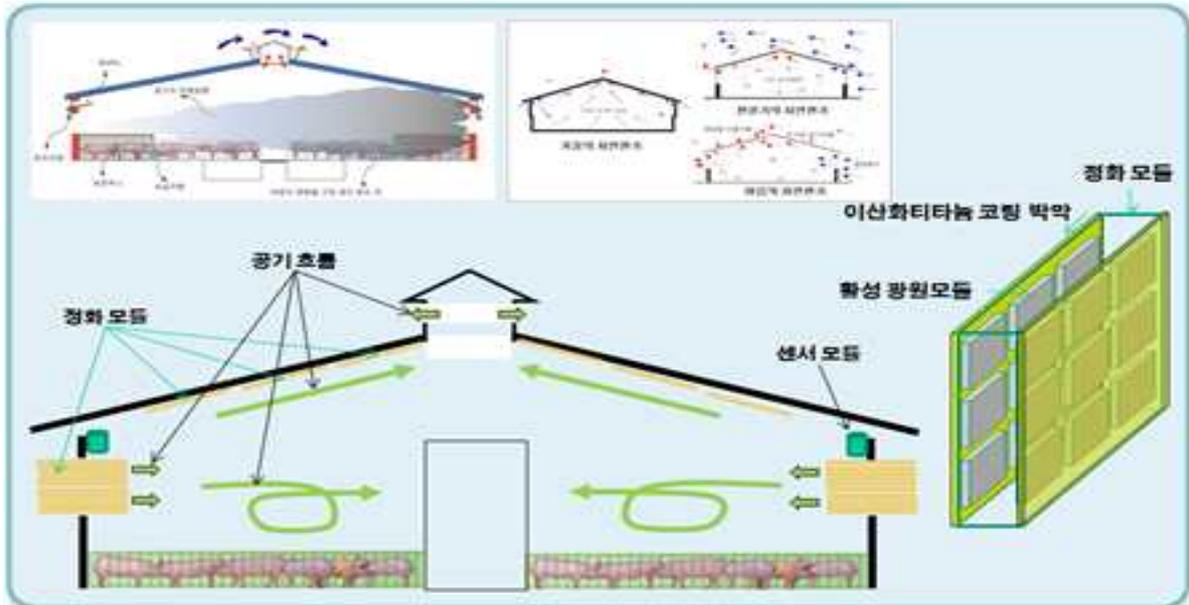
코드번호	D-03
------	------

1-1. 연구개발 목적

o 광기술 기반 축사 환경 관리 시스템 개발

근거리 네트워크 구현을 위한 광 부품 및 광 기술 기반의 나노 광촉매 소자용 공기정화 장치를 이용한 친환경 청정 축산 생산 시스템을 개발하고, 특히 돼지 질병에서 큰 피해를 주고 있는 PRRS에 대한 바이오 센서 개발 및 각종 바이러스에 대한 살균력을 가지는 나노 광촉매를 이용한 필터 개발을 통하여 안전한 먹거리를 지속적으로 생산할 수 있는 현대식 축사를 구축하는데 목적이 있다.

광 부품 및 플라즈모닉스 기반기술을 활용한 무창축사의 유해가스 오염수준을 인지하기 위한 센싱 시스템과 오염 물질 및 먼지 등을 제거하기 위한 고성능의 공기정화 시스템을 개발



- ◆ 근거리용 광통신 부품 개발 및 무창축사 오염물질 검출을 위한 소자 설계 연구
- ◆ 광 통신 구현을 위한 미디어 컨버터 개발 및 Plasmonics 기반 무창축사 오염물질 검출, 정화소자 제작
- ◆ Plasmonics 기반 오염물질 검출 공기정화 모듈 개발 및 무창축사 환경 유지 공기정화 시스템 기술 개발

1-2. 연구개발의 필요성

o 축산업의 생산성 및 안전성 향상을 위한 위해(危害) 환경 인자에 대한 인식이 확산되고 있다.

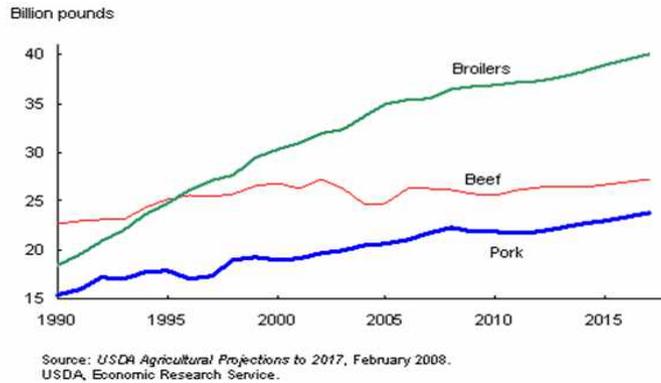
- AI, 사스, 돼지생식기호흡기증후군 등의 생물학적인 원인, 황사 등과 같은 대기 환경의 영향 및 한정된 공간에 공장식 대량 사육 등에 의한 경제동물의 성장률 저하, 폐사 등의 생산성 저하 문제가 심각하다.
- 분뇨 등 오염 물질의 분해 및 제거를 위한 저에너지 소비형 Green 기술과 2차 오염 부산물의 발생 등이 없는 친환경 축산사양기술 개발이 요구된다.

- 최근 축사의 환기 시스템은 윈치(winch) 방식의 자연 환기 방식에서 일부 사육환경을 개선코자 무(無)창식, 즉 기계식 환기 시스템을 도입하는 추세이다.
 - 단순히 외부 공기의 유입과 배출에 국한된 시스템으로 외부의 오염가능성이 있는 공기의 정화에 대한 개념이 취약하다.
- 무창 축사라 함은 건축용어로 창문이 없는 축사를 의미한다. 이에 본 기획 과제에서는 무창 축사 중 사업성이 우수한 단사를 선택하여 스마트형 축사 환경 관리 시스템 구축을 위한 기술 개발을 진행 하고자 한다.
- 과제를 통하여 개발 계획중인 스마트형 축사는 돈사 내부의 온도, 습도, 가스를 인공적 제어수단(팬, 보온등 컨트롤러)을 사용함으로써 돼지들에게 안락한 공간을 확보하는 데 의미가 있음. 따라서 외부로부터 신선한 공기를 공급하는 입기시스템과 자연 채광 창문, 정전 누전으로 인한 비상용 시스템을 갖추고 있어야 하는 개방형 돈사 즉, 윈치돈사의 반대개념으로 환기 및 온도관리를 컨트롤러를 사용해서 인공적으로 돼지의 종류별(모돈, 자돈, 비육돈 등)각각 최적의 환경을 제공해 줄 수 있는 축사를 의미한다.



< 무창축사 현대화 외부 내부 >

- 전 세계의 축산시장은 질병의 발병과 상품질의 문제에 있어서 매우 밀접한 연관을 맺고 있기 때문에 세계화된 축산 시장에 있어서 보건설비는 매우 중요한 문제이나 국제 수역 사무국(OIE)지정 List A급 질병 15종 중 국경을 초월하여 발병하는 전염병의 경우는 대처할 수 있는 능력이 부족한 실정이다. <세계식량농업기구, 2005>
- 2009년 4월 27일 멕시코에서 발생한 돼지 인플루엔자가 전 세계로 확산되는 가운데 열린 증시에서 진단시약, 백신, 방역, 살균 관련회사의 주들이 급등세로 출발하여 가격 제한 폭까지 급등 마감한 결과가 “공포”가 바이오와 축산주들의 주가에는 ‘희망’으로 작용했다.”고 발표되고, 이에 따라 과거 SARS나 조류독감, 혹은 최근의 구제역과 같이 전 세계적 문제로 떠오르는 전염병의 경우 증시에도 심리적 영향을 줌으로써 그 시장 가능성이 매우 크다고 할 수 있다. <머니투데이 2009.4.27>



< U.S. red meat and poultry production >

- o USDA NASS는 매 5년마다 (2002, 2007) 진행되는 농업통계조사(Census of Agriculture) 와 특수물가를 결정하기 위한 매월, 분기 또는 연간 실시하는 조사에 기초하여 미국의 가축, 가금과 어류 사육수의 공식통계를 발표하는데, 그 조사에 따르면 2007년에는 20억 8천 만개 농장이 있었으며, 평균 농장 규모는 449 ac (약 180 만 m²) 였으며, 또한 전반적으로 소와 송아지 수는 1896년부터 점점 증가하는 반면에 소의 사육농가는 지난 15년 동안 점차 감소하는 추세로 2007년에는 500두 이상의 대규모 사육 농가의 사육 두수는 전체의 44.2 %를 차지하는데, 이는 미국 또한 질병을 예방하고, 증가하는 축산물을 제어할 수 있는 현대화된 축사의 설비에 대한 요구가 증가하고 있음을 의미한다.
- o 살균이 가능한 에어 샤워 시스템은 농업부문 시장현황과 직결되므로 이를 바탕으로 본 과제에서 제안하는 시스템의 시장성을 전망할 수 있는데, 다음 표에서 알 수 있듯이 농업 및 축산 분야의 시장은 지속적으로 증가하는 추세에 있는데, 세균 및 바이러스로부터 안정성을 확보하지 못 할 경우, 생산액을 통한 부가가치가 손실로 발생할 수 있다.

< 농업부문 생산액 전망 >

단위: 10억 원, 경상

	2015	2016	2017	2021	2026	연평균 변화율(%)		
						16/15	17/16	26/16
농업 총 생산액	44,519	42,937	43,277	44,475	48,886	-3.6	0.8	1.3
채배업	25,307	24,673	24,342	24,496	25,060	-2.5	-1.3	0.2
곡물류	8,830	7,633	7,741	6,850	6,200	-13.6	1.4	-2.1
채소류	8,989	9,700	9,194	9,752	10,278	7.9	-5.2	0.6
과실류	3,687	3,453	3,531	3,742	4,069	-6.3	2.2	1.7
특용·기타	1,474	1,466	1,465	1,638	1,871	-0.5	-0.1	2.5
축잡업1)	19,212	18,264	18,935	19,978	23,826	-4.9	3.7	2.7
한육우	4,708	4,465	4,388	4,700	5,374	-5.2	-1.7	1.9
돼지	6,967	6,770	6,660	7,077	8,497	-2.8	-1.6	2.3
닭	1,910	1,990	2,084	2,286	2,865	4.2	4.8	3.7
계란	1,837	1,563	2,214	1,947	2,441	-14.9	41.6	4.6
젓소	2,285	2,215	2,219	2,316	2,464	-3.1	0.2	1.1
오리	814	618	706	915	1,313	-24.0	14.2	7.8

자료: 농림수산물식품부 농림수산물식품 주요통계, 한국농촌경제연구원 KASMO (Korea Agricultural Simulation Model)

- o 또한 아래 표에서 알 수 있듯이 국내 농업시장은 농업 생산액 상위 10대 품목의 57.6 % 를 축산 품목 산업이 차지하며, 이에 따라 가축의 보호가 절실히 필요하게 되고, 최근 유행하고 있는 돼지 발병, 조류독감 등의 질병으로부터 예방을 할 수 있는 시설, 즉 오염수준 모니터링 및 오염물질 정화시설이 필요하다.

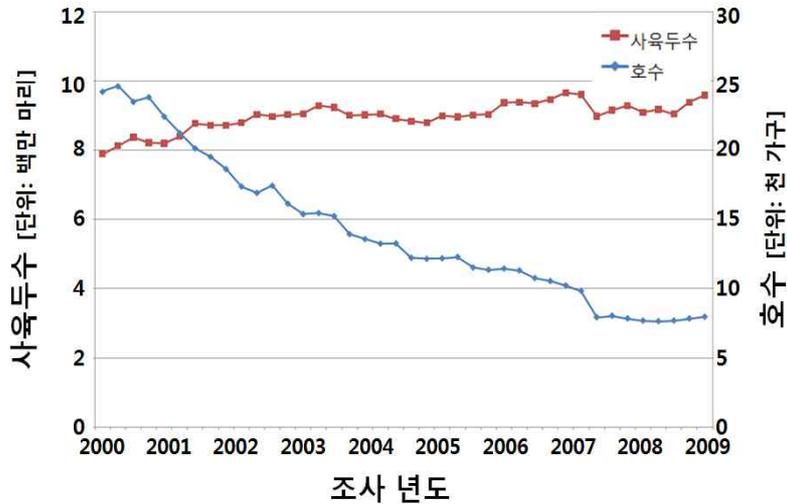
< 농업 생산액 상위 10대 품목 중 축산품목이 5대 품목차지('09년) >

(단위 :10억원)

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
쌀	돼지	한우	닭	우유	계란	오리	건고추	인삼	감귤
8,680	5,473	3,805	2,023	1,738	1,359	1,232	991	941	907

자료 : 2010 KLEI 축산업 가치의 재조명

- o 2011년 1월 27일자 FAO(유엔 식품농산기구) 홈페이지 fao.org의 대문기사로 한국의 대규모 구제역에 미화 16억 달러(약 1조 2천억원)의 피해액이 발생하였다고 언급하였으며, 이는 전체적인 피해액이 아닌 방역 및 백신 대책에 사용된 금액이며, 따라서 총 피해액은 매우 클 것으로 사료되고, 같은 기사에서 구제역이 발생했던 2001년 영국에서는 130억 달러의 방역 및 백신 대책 비용을 사용하였다고 언급하고 있다.



< 시기별 양돈농가 호수 및 사육두수 >

자료 : 2010 KLEI 한국축산경제연구소 강의자료

< 2010년도 돈사 시설 현대화를 위한 예산내용 >

(단위: 백만원)

구분	사업량 (개소)	사업비					
		사업비 합계	예산액			지방비 (-)	자부담 (20 %)
			계 (100 %)	보조 (30 %)	용자 (50%)		
계	395	135,900	108,728	40,790	67,928	-	27,182
양돈	150	58,500	46,800	17,550	29,250	-	11,700

자료 : 2010 KLEI 한국축산경제연구소 강의자료

o 2010년도 한국축산경제연구소에서 발표한 강의자료에 따르면 2000년부터 2009년까지 양돈의 사육두수는 증가하는 반면, 양돈농가의 호수는 감소하는 것으로 조사되었는데, 이는 양돈농가당 사육하는 가축의 수가 증가하여, 질병을 예방할 수 있는 대규모의 현대화된 돈사 및 축사시설이 필요함을 의미하고, 또한 위의 표 에서는 2010년도 돈사 시설 현대화를 위한 예산안을 나타내고 있는데, 이 또한 질병을 예방할 수 있는 현대화된 축사에 대한 요구가 많음을 반증하고 있다.

o 한미 FTA를 비롯한 동시다발적 FTA 추진과 DDA 협상 재개 등 대외개방 확대에 대응하여 축사 및 축산시설 등을 개선하여 생산성 향상을 도모를 위한 법적근거는 자유무역협정체결에 따른 농어업인 등의 지원에 관한 특별법 제4조(농·어업의 경쟁력 제고), 축산법 제3조(축산발전시책의 강구)로 제정 되어 2017년까지 한우, 돼지, 닭, 오리, 젓소, 흑염소, 꿀벌, 양록 축종의 축산시설 현대화 지원을 통해 생산성 향상을 도모하고 있다.

< 현대식 축사를 위한 년도별 재정 투입 계획 >

(단위: 백만 원)

구 분	2010년	2011년	2012년	2012년 이후
합 계	135,900	198,068	610,625	3,053,125
보 조	40,790	59,011	103,500	517,500
용 자	67,938	98,244	172,500	862,500
이차보전(용자)	-	-	212,500	1,062,500
자부담	27,182	40,813	122,125	610,625

< 2013년도 축종별 지원계획 >

(단위 : 백만원)

축종별	생산액 ('11년)	생산액 비중(%)	2013년도 지원계획(안)		계
			보조방식	이차보전방식	
한육우	2,839,300	19.3	38,544	41,035	79,578
양돈	4,544,600	30.9	61,693	65,680	127,374
낙농	1,651,700	11.2	22,422	23,871	46,293
양계	3,745,900	25.5	50,851	54,137	104,988
오리	1,396,600	9.5	18,959	20,184	39,143
양봉	362,900	2.5	4,926	5,245	10,171
양록	87,008	0.6	1,181	1,257	2,439
흑염소	75,420	0.5	1,024	1,090	2,114
합계	14,703,428	100.0	199,600	212,500	412,100

- 축사시설(개축 및 신축시) : 환기·급수, 전기·쿨링패드, 자동급이기, 소방·통신, 분만틀·스틀·바닥재·웬스·칸막이·워터컵·보온난방기기, 2층형 승강기시설·슬러리시스템, 모돈군사 자동급이시스템(ESF동물복지) 등으로 지원액은 축산업등록면적을 감안한 상한액이내에서 축사건축에 실제 소요되는 비용을 적용하여 정산·지원이 이루어졌다.
- 축산시설 : 방역시설(사람·차량 소독시설, 사료반입 시설, 물품반입창고, 폐사축처리 시설, 울타리 등), 생산성향상시설(환기전실, 악취포집 및 저감시설, 가축분뇨 발효액 순환 시스템, 이유자돈 인큐베이터등), 기타시설(관리사, 출하분류기, 사료배합기 • 저울계량기, 미생물 배양기, CCTV • 자동제어장치 및 농장관리시스템 등)

- 환경시장은 미국이 40%, 유럽 20%, 일본 20%등으로 선진국이 큰 시장이었으나 선진국 시장은 성숙기에 들어가 있는 시장으로 성장성은 5~10%사이의 성장률을 보이고 있고, 개도국이 집중 분포되어 있는 일본을 제외한 아시아시장은 매년 15~20%의 시장 성장성을 가지고 있다.
- 아직은 그 시장이 미미한 중국도 2008년 올림픽을 계기로 환경에 대한 투자를 증대하였고, 환경시장의 수출과 국내시장 보호에서 환경기술의 2, 3세대화와 고효율, 고부가치 오염제어 기술은 매우 큰 시장기회를 가져다 줄 것이다.
- 최근 청정에너지 개발 및 유해가스 처리 기술의 고기능화 요구가 증가하면서 흡착, 촉매, 분리막 등의 단일 소재로는 원하는 성능 확보가 어렵게 되었으며, 흡착, 촉매, 분리막 소재 기능이 융합된 혼합 기술 및 혼성 소재에 대한 연구 개발이 활발히 진행되고 있다.
- 국내 공기정화 기술의 수준은 매우 낙후되어 있는 상황으로, 국내 공기정화기 시장에 참여하고 있는 대부분의 업체들은 해외 선진기술, 특히 일본 기술을 도입하여 생산, 판매하는 수준에 머물러 있어 독자적인 공기정화 기술의 개발이 절실히 요구되고 있다.
- 2002년 차세대 10개년 종합계획수립보고서에 따르면 2005년 한국의 기술개발 수준은 선진국 대비 70% 수준으로 판단되며, 이 중 악취, VOC, 특정대기유해물질의 제거기술은 타 기술에 비해 기술 완성도가 상대적으로 매우 낮아 이 기술영역에서의 국내기술이 취약함을 알 수 있다.
- 상대적으로 집진기술은 선진국의 80% 수준에 육박해 있으나 아직 고청정 클린룸설비의 대부분은 외국에서 수입된 기술과 부품으로 시공하고 있는 실정으로, 기술적으로는 일반 여재필터, 2단식 전기집진장치, 활성탄 여재필터, 습식 에어필터 등이 부유입자 및 가스, 악취제거를 위해 모방, 적용되고 있는 실정으로 선진국과 최소 10년 정도의 기술격차가 있는 것으로 여겨진다.
- 특히, 최근 NT, BT, IT와의 결합은 환경기술의 고도화와 새로운 환경시장개척에서 매우 중요한 의미를 가지고 있으며, 나노촉매를 환경오염 제어기술로 개발하는 것도 국가차도, 환경산업의 대기오염 방지시설의 주된 비전이라 할 수 있다.
- 따라서 본 연구는 광기반 기술을 통하여 첨단 나노촉매를 이용한 환경오염 제어시스템을 축산 현장에 접목하고 검증하여 질병을 예방하고 청정한 환경을 가축에게 제공하여 생산비를 절감하고 안전한 먹거리를 지속적으로 생산할 수 있는 축산기반을 구축하는데 목적이 있다.

1-3. 연구개발 범위

○ 1 차년도 목표

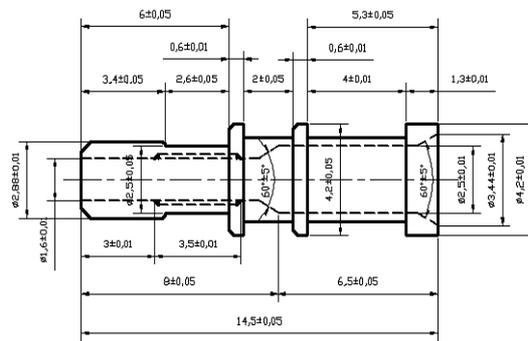
근거리용 광통신 부품 개발 및 무창측사 오염물질 검출을 위한 소자 설계 연구

- 근거리 광통신용 POF용 Pigtail 제작 기술 개발
- 다채널 광통신 시스템 구현을 위한 광 분배기(1*4) 개발
- 무창측사의 오염물질 검출을 위한 plasmonics 기반 센서 설계
- 무창측사의 공기정화를 위한 나노 광촉매 기술 연구
- Plasmonics 기반 무창측사 오염물질 검출 소자 연구

기술개발 내용

○ 근거리 광통신용 POF용 Pigtail 제작 기술 개발

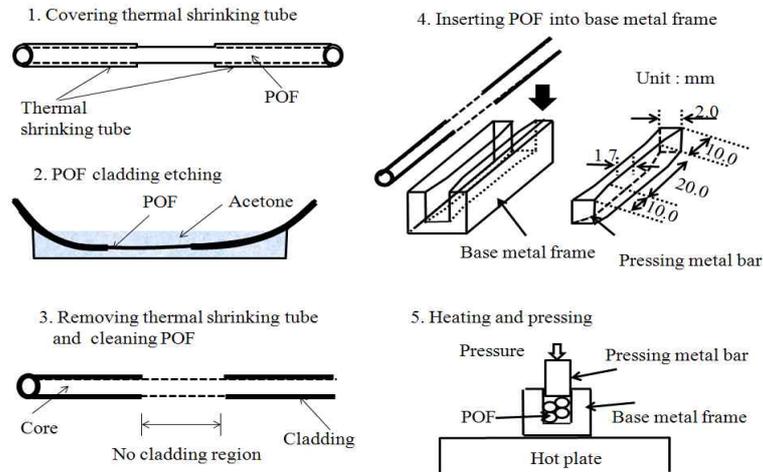
- 대구경 플라스틱 페룰 설계 및 금형 제작($<\pm 0.01\text{mm}$)
- 플라스틱 페룰과 파이버의 압착 기술 개발
- POF 단면 연마 기술(표면조도 $5\mu\text{m}$ 이하)



< 대구경 Plastic Ferrule 도면 >

○ 다채널 광통신 시스템 구현을 위한 광 분배기(1*4) 개발

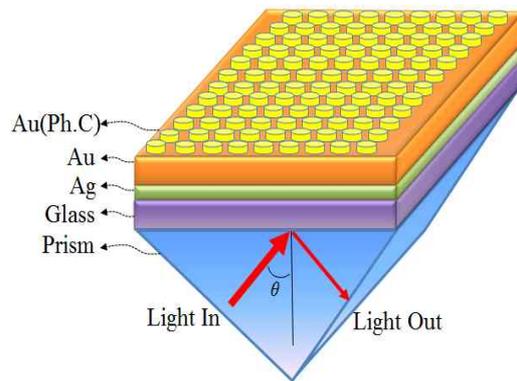
- Light tool을 이용한 광학 설계 기술
- 열과 압력에 의한 융착형 플라스틱 광섬유 커플러 제작 기술 개발
- 파이버의 테이퍼링 및 도파로 길이에 따른 최적의 커플링 조건 수립



< 열과 압력에 의한 용착형 플라스틱 광섬유 커플러 제조 공정 >

o 무창축사(둔사)의 PRRS 바이러스 검출을 위한 plasmonics 기반 센서 설계

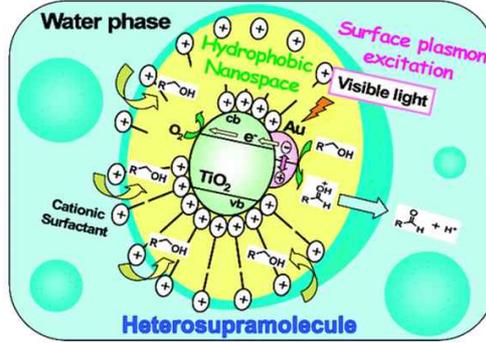
- 나노 금속 박막을 통한 plasmonics 센서 구조 도출
- Plasmonics와 융합을 위한 감지막의 나노 박막 형성
- 오염물질 검출을 위한 초고감도 센서 구조 설계 및 해석
- 유한차분 시간해석을 통한 센서 성능 분석



< 나노 구조를 이용한 표면 플라즈몬 공명 센서 >

o 무창축사의 병원균 살균을 위한 가시광 나노 광촉매 기술 연구

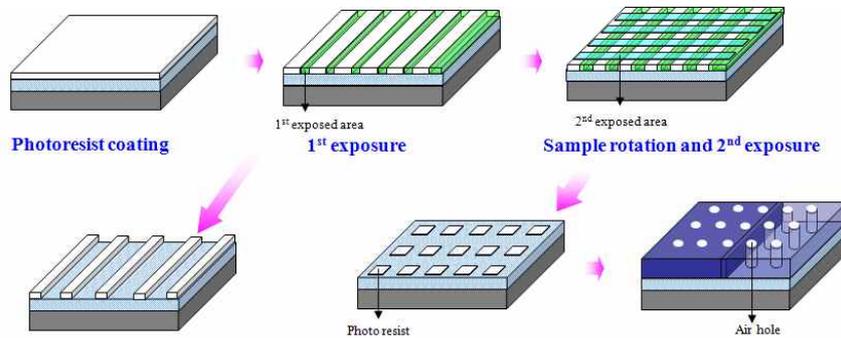
- TiO2 광촉매의 효율 향상을 위한 나노 구조 도출
- 광촉매에 응용가능한 plasmonics 원천 기술 연구
- 금속 나노 입자를 통한 고효율 나노 광촉매 구조 도출



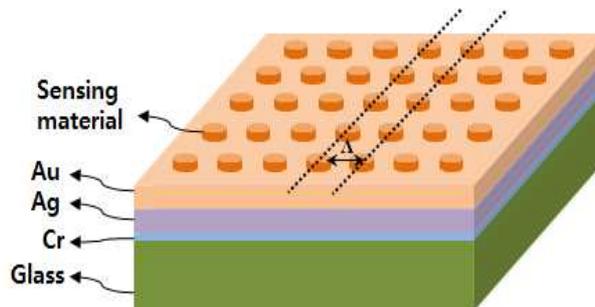
< 플라즈몬이 결합된 광촉매 개념도 >

o Plasmonics 기반 PRRS 바이러스 센서 소자 연구

- 축사내 오염물질의 정량적 수치화가 가능한 센서 소자 연구
- 홀로그래프 리소그래피를 이용한 고감도 나노 센서 연구
- 나노 두께의 금속을 증착 및 나노 패턴 단위 공정 기술 연구
- 오염물질 검출 감도 향상을 센서 감지막 나노 광결정 형성 기술 개발



< 레이저 간섭 리소그래피를 이용한 나노 패턴 구현 방법 >



< 감지막의 나노 광결정 형성 개념도 >

○ 2차년도 목표

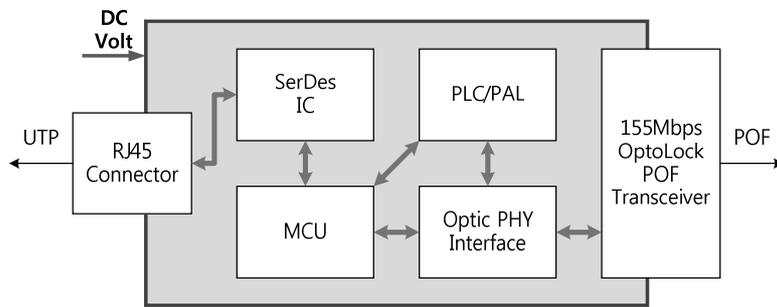
광 통신 구현을 위한 컨버터 개발 및 Plasmonics 기반 무창측사 오염물질 검출, 정화 소자 제작 및 성능평가

- 1Gbps급 Ethernet to POF Converter Module 개발
- 다채널 광송수신 통신 컨트롤러 개발
- 무창측사의 공기정화를 위한 나노 광축매 소자 연구
- Plasmonics 기반 오염물질 검출 소자의 집적화를 통한 모듈 개발
- Plasmonics와 Metal mesh 필터의 결합을 통한 공기정화 모듈 개발

기술개발 내용

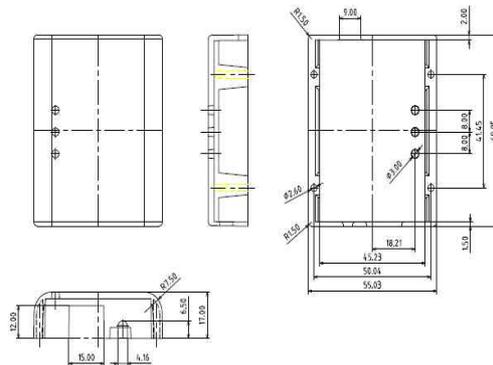
○ 1Gbps급 Ethernet to POF Converter Module 개발

- 1Gbps급 Ethernet과 POF 컨버터 회로 설계



< 1Gbps급 컨버터 블록도 >

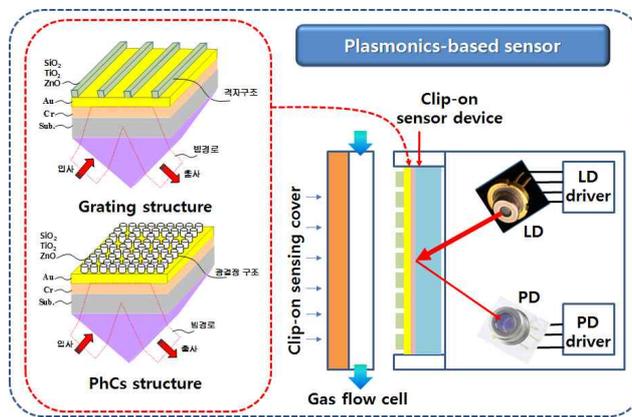
- RJ45와 OptoLock 입출력 인터페이스를 갖는 미디어 컨버터 개발
 - Optical Interfaces : OPTOLOCK
 - Electrical Data Socket : Shielded RJ45 Jack 커넥팅 구조
 - Cat6 케이블 지원 및 호환 가능
- POF Bending 최소화를 위한 일체형 컨버터 구조 설계



< 미디어 컨버터 케이스 2D 예시도 >

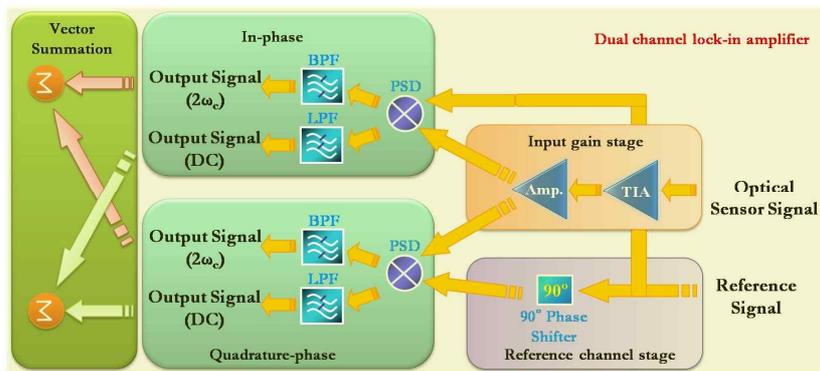
- 무창측사의 공기정화를 위한 나노 광촉매 소자 연구
 - 플라즈모닉스 형성을 위한 귀금속 소재 및 나노 구조 개발
 - 귀금속 나노 구조 Capping을 위한 고밀도의 TiO₂ 박막의 증착 기술 개발
 - Au, Ag의 Self-assembled 나노 패턴 형성 : ~ 150 nm
 - 나노 패턴 구현 : Pitch < 150nm, Thickness < 50 nm
 - LED 광원의 플라즈모닉스 활성을 통한 활성산소종(reactive oxidant species) 생성 기술 개발
 - 나노 구조가 포함된 TiO₂ 광촉매의 제작 및 성능 평가
 - Plasmonics가 결합된 TiO₂ 광촉매의 제작 및 성능 평가

- Plasmonics 기반 오염물질 검출 소자의 집적화를 통한 모듈 개발
 - 광원과 광검출기 및 센서의 집적화 공정을 통해서 오염물질 검출 센서 모듈 기술 개발



< 플라즈모닉 기반 센서 모듈 개념도 >

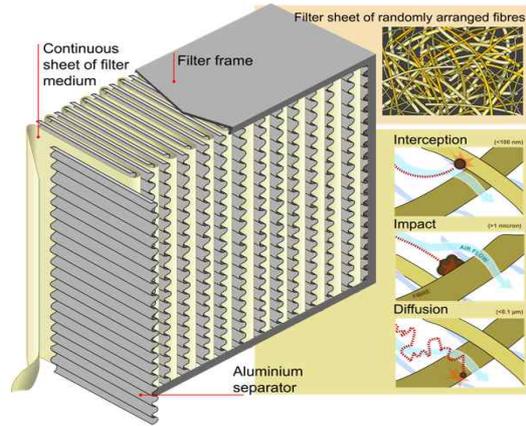
- 초고감도/저잡음/저전력 신호 잠금 검출 집적회로 기술 개발



< 저잡음 검출을 위한 듀얼 채널 신호 검출 회로 블록도 >

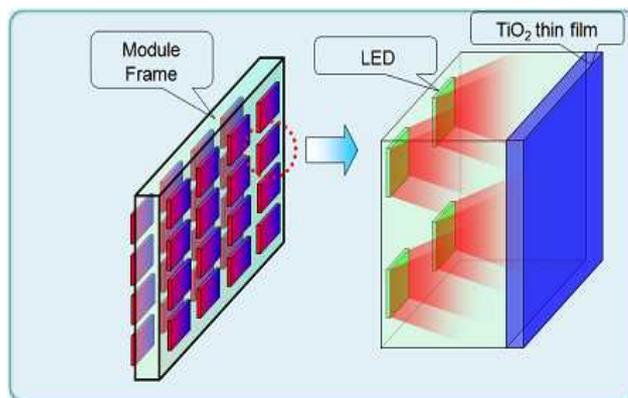
- Plasmonics 센서의 오염물 구별(선택도 향상) 등에 대한 데이터 신호 처리 회로 개발
- 효율적 관리를 위한 display 및 알람기능을 통한 정량적 오염수준 인지 모듈 연구

- o Plasmonics와 Metal mesh 필터의 결합을 통한 병원균 살균 시스템 개발
 - 나노 광촉매가 증착된 Metal mesh 필터 모듈 기술 개발
 - Metal mesh 필터와 TiO₂ 나노 광촉매의 결합을 통해 필터링 되는 공기에 존재하는 병원균 살균과 공기정화를 동시에 진행할 수 있는 무창축사 공기정화 모듈을 개발하고자 한다.



< Metal mesh filter 구조도 >

- LED 구동 회로 및 방사각에 따른 모듈 기술 개발
 - 발광부가 포함된 공기정화 모듈을 구성하여 아래 그림과 같이 모듈 프레임에 구성된 후 프레임 어레이를 통해 그 성능을 증폭 시키고자 한다.



< 무창 축사 공기정화 모듈의 구성도 >

- Plasmonics가 결합된 고효율 병원균 살균 및 공기정화 모듈 기술 개발
- 무창축사 공기정화 성능 평가를 통한 모듈 최적화

○ 3차년도 목표

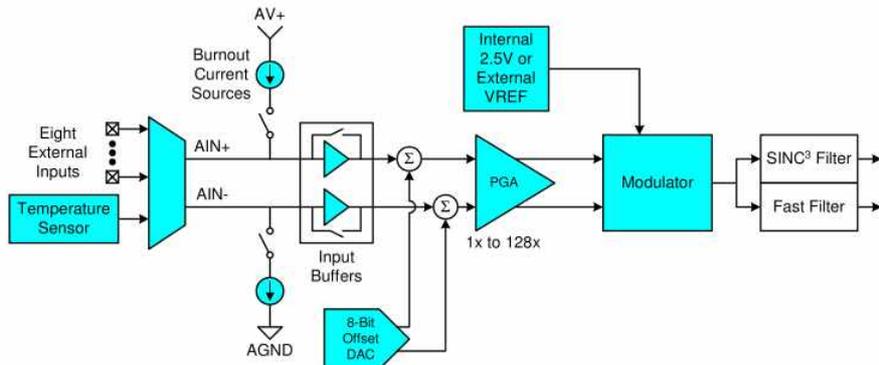
Plasmonics 기반 오염물질 검출 공기정화 모듈 개발 및 무창측사 환경 유지 공기정화 시스템 기술 개발

- 최적 환기를 위한 통풍 및 차압 센싱 시스템 개발
- 무창 측사 소독 및 온습도 제어 시스템 개발
- 무창 측사 환기 관리를 위한 메인 컨트롤 시스템 개발
- 무창측사 환경 유지 공기정화 시스템 기술 개발
- Plasmonics 센서 기반 실시간 오염수준 인지 시스템 기술 개발
- 돈사내 PRRS 바이러스 실시간 검출 시스템 개발
- Zigbee 기반 센서용 무선 통신 모듈 개발
- 실시간 오염수준 인지 시스템 필드테스트

기술개발 내용

○ 최적 환기를 위한 통풍 및 차압 센싱 시스템 개발

- 측사 내부 및 외부에 차압 센서 적용하여 공기 흐름 측정
- 차압센서의 정밀 측정을 위한 24Bit ADC설계
- 가격이 저렴하고 활용도가 높은 C8051계열의 MCU를 이용하여 ADC 설계

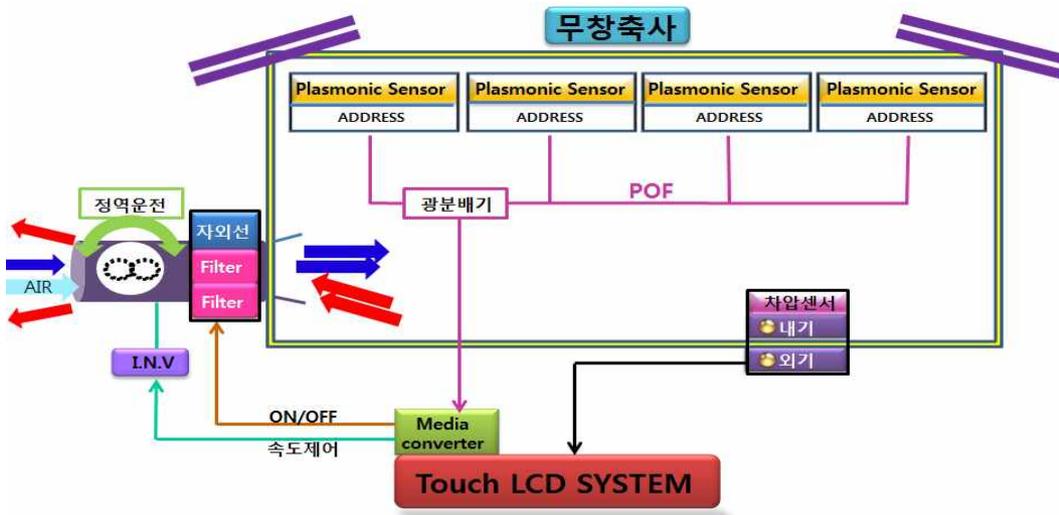


- 내부에 비교용 온도센서를 내장하여 내부 및 주위온도 변화에 따른 온도 보상 설계 가능
- 디지털 신호는 주제어용 RISC 프로세서에 통신으로 데이터 전달
- 8채널의 ADC내장으로 온도 및 습도를 정밀 측정 가능하도록 설계
- 차압에 따른 적정 환기팬 속도 제어 및 구간별 통풍을 위한 정역운전 시스템 개발
- 구간별 오염도 측정 및 측정에 따른 가변 풍량 제어 시스템 개발

○ 무창 측사 소독 및 온습도 제어 시스템 개발

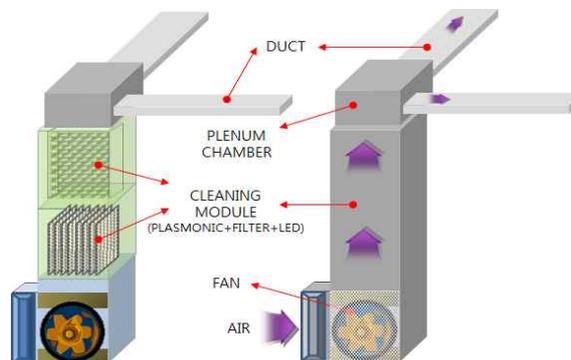
- 가시광 플라즈모닉 TiO2 활성화용 LED 램프 및 램프 고장 예측 시스템 설계
- 램프 고장시 알람 발생 및 가동 시간 측정 표시
- 최적 습도제어를 위한 가습 제어 및 분무 시스템 설계
- 온습도값 모니터링 및 데이터 저장 및 백업시스템 설계
- 온습도 값은 그래픽 패널 및 분석소프트웨어에서 분석 가능

- 무창측사 환기 관리를 위한 메인 컨트롤 시스템 개발
 - 고속 RISC프로세서 적용
 - 터치 패널이 적용된 MMI 인터페이스 개발
 - 그래픽 패널에서 그래프 및 데이터 분석이 가능하도록 패턴 분석 소프트웨어 개발
 - 인버터와 통신으로 연결하여 실시간 제어가 가능하도록 설계하며, 다채널의 Plasmonic Sensor를 동시 분석 제어하는 시스템 설계
 - 오염도 실시간 모니터링 및 모니터링 관리를 위한 데이터 백업 시스템 개발
 - 백업 데이터 확인 및 패턴 분석용 소프트웨어 개발
 - 센서 고장을 대비한 최소 가동 시간을 고려한 시간 운전 제어시스템 설계



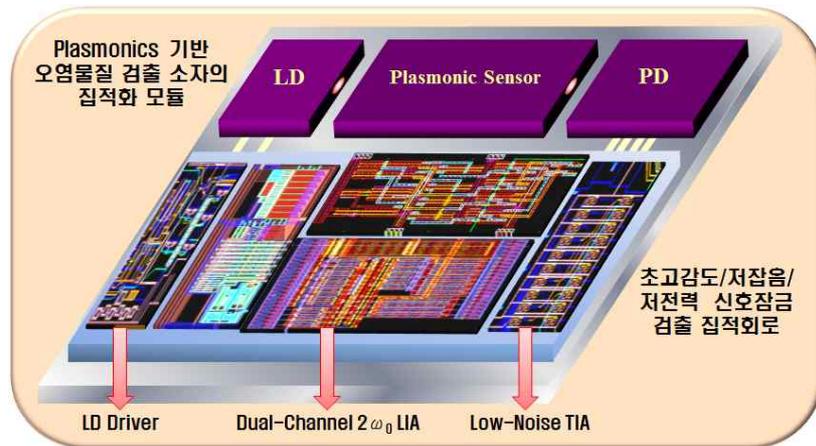
< 광기반 무창측사 감시를 위한 시스템도 >

- 무창측사 환경 유지 공기정화 시스템 기술 개발
 - 병원균 살균 및 오염물질 공기정화 시스템 집적화를 위한 집적회로 기술 개발
 - 무창측사 적용을 위한 대면적 공기정화 시스템 기술 개발
 - Plasmonics가 결합된 공기정화 시스템의 성능 평가



< 정화 시스템 >

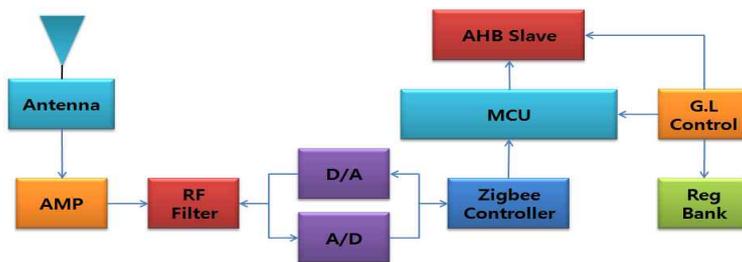
- o Plasmonics 센서 기반 실시간 바이러스 검출 시스템 기술 개발
 - PRRS 바이러스 감지 신호처리 기술 개발
 - PRRS 바이러스 감지 시스템 집적화를 위한 집적회로 기술 개발
 - 무창측사 적용을 위한 고감도 시스템 기술 개발
 - PRRS 바이러스 감지 시스템 성능 평가



< 센서 시스템 개념도 >

- o 무창측사 오염수준 인지 및 PRRSv 감시 시스템과 공기정화 시스템 기술 개발
 - 단위 모듈로 구성된 플라즈모닉스 기반 공기정화 시스템의 대형화를 통해 측사 내 오염 정도를 향상시키고자 한다.

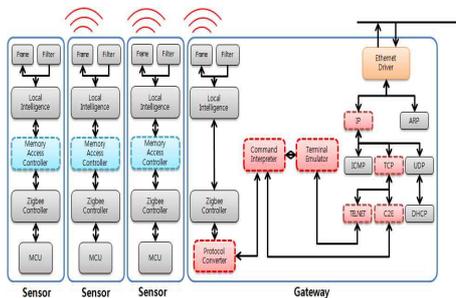
- o Zigbee 기반 센서용 무선 통신 모듈 개발
 - 센싱 정보의 고신뢰성 및 저전력 통신을 위한 250Kbps 통신 속도를 지원하는 Zigbee 기반 통신 무선 모듈 개발



< Zigbee 기반 무선 통신 모듈 개념도 >

- o 유무선 인터페이스 호환 게이트웨이 개발
 - 센서용 무선 통신 모듈과의 통신을 위한 Zigbee 기반 무선 네트워크를 지원하는 인터페이스 설계
 - 250Kbps 통신 속도 및 센서용 무선 모듈과의 통신을 위한 Zigbee 통신 인터페이스 개발

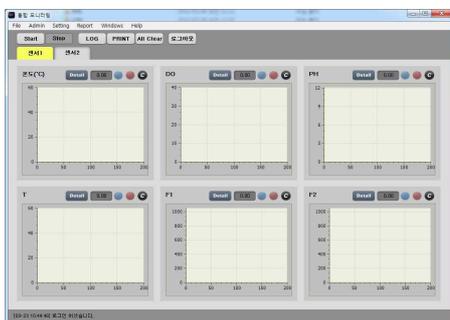
- 외부 기간망을 활용하여 사용자의 스마트 폰과의 통신을 위한 Ethernet 인터페이스 설계
- 100Mbps 통신 속도 및 외부 기간망과의 연결이 가능한 Ethernet 라인 인터페이스 설계
- 단위 모듈로 구성된 플라즈모닉스 기반 공기정화 시스템의 대형화를 통해 축사 내 오염 정도를 향상시키고자 한다.
- 안전한 무선 백본망 형성 및 트래픽 병목 현상 방지를 위한 서비스 지향 아키텍처 기술 및 동적 경로 관리 기술 개발
- 안전한 무선 백본망 형성 및 통신 채널의 효율적 관리를 위한 복합형 서비스 지향 아키텍처 기술 개발
- 트래픽 병목 현상 방지를 위한 최적의 동적 경로 관리 기술 개발
- 이기종 무선 네트워크(Zigbee, Ethernet) 네트워크 호환을 위한 통합 미들웨어 개발
- 주소 체계 호환이 가능한 MAC 연동 미들웨어 개발
- 데이터 호환을 위한 프로토콜 컨버터 기능을 가진 컨포넌트 연동 미들웨어 개발



< MAC 연동 미들웨어 개념도 >

< 컨포넌트 연동 미들웨어 개념도 >

- 유무선 통신 모니터링 S/W 개발
- 사용자 편의를 위한 최적의 UI 설계
- LCD 모니터를 이용한 Touch 기능 구현
- 축사내부 환경 데이터 측정 및 모니터 연동 인터페이스 개발



< 유무선 SW 예시 >



< 축사관리 모니터링 UI 예시 >

○ 실시간 오염수준 인지 시스템 필드테스트

- 업무협약이 체결된 기업형 축사에 테스트 배드 구축
 - 무창축사 내부 환기 시스템 구축
 - 테스트 배드 구축을 통한 현장적용



< 축사내부 테스트배드 구축 예시 >



< 축사외부 테스트배드 구축 예시 >

2. 국내외 기술개발 현황

코드번호	D-04
<p>2-1국내 연구 현황</p> <p>○ 한국광기술원</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2007년부터 SPR 센서에 대한 연구를 시작하여 주기적인 구조를 가지는 나노 구조연구를 바탕으로, 나노 구조를 가지는 SPR 센서에 대한 연구를 통해 입사광과 반사광의 차이를 비교 분석하여 바이오 센서에 활용하는 연구를 지속적으로 진행중에 있으며, 사업화 방안에 대한 연구를 추가로 진행중에 있다. - Au(Photonic crystal)/Au/Ag/Cr/Glass 구조를 가지는 SPR 센서 제작을 통해 저가형 바이오 센서를 제작에 대한 연구 진행(SPIE 2013 학회 발표) - 한국광기술원 연구팀에서는 나노 구조 제작을 통해 SPR 센서의 센싱능력과 신뢰도를 향상시키는 연구를 진행하고 있으며 이를 바이오 센서에 응용하고 있음. 또한 나노 구조에 촉매를 부착하여 특정 병원균이나 바이오 센서의 감도 및 신뢰도, 선별도 향상에 대한 연구를 지속적으로 진행하고 있다. - 따라서 한국광기술원 연구팀과 본사와의 협력을 통해 광 기술기반 스마트형 측사 환경관리 시스템에 관한 과제를 진행할 경우, 한국광기술원의 바이오 센서에 관한 노하우와 본사의 근거리 광통신에 관한 충분한 역량을 접목하여 새로운 시장 형성 및 기술 개발이 동시에 이루어 질 수 있다. <p>○ 한국과학기술연구원</p> <ul style="list-style-type: none"> - 휘발성 유기화합물 제거장치로 실내에 고농도로 존재하는 휘발성 유기화합물과 분진을 신속하게 제거하는 휘발성 유기화합물 제거 장치로 광촉매와 자외선 램프를 사용한 장치이다. <p>○ 포항산업과학연구원</p> <ul style="list-style-type: none"> - 광촉매 코팅을 이용한 폐수의 자외선 살균방법으로 티타늄 화합물, 물, 유기용매, 촉매 및 계면 활성제를 혼합하여 아나타제형 TiO₂ 코팅졸을 자외선 램프에 코팅한 후 폐수를 살균하는 방법이다. <p>○ 한국화학연구원</p> <ul style="list-style-type: none"> - 두 종류 이상의 상이한 금속이온 물질을 포함하고 있는 혼합 금속 설파이드계 광촉매를 이용하여, 가시광선 영역에서 물분해 광촉매로서 이상적인 bandgap energy를 가진 신규 반도체 광촉매를 개발하여, 종래 광촉매의 단점인 가시광 이용 효율을 높임과 동시에 물분해에 의한 수소 발생량을 현저히 증가한다. <p>○ 삼성전자주식회사</p> <ul style="list-style-type: none"> - 광촉매를 사용하여 공기중의 오염물질을 용이하게 제거할 수 있을 뿐만 아니라, 광촉매에 의한 역오염을 방지하여 수율과 생산성을 향상시킨다. <p>○ 포항공대 (J.S. Jang, et al.)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2008년도에 포항공대의 연구팀에서 나노크기의 고결정질 TiO₂ 입자(NP: Nano 	

Particle)를 입힌 일차원 CdS 나노와이어(NW: Nano Wire)로 구성된 CdS/TiO₂ 복합체로 수열합성법과 졸-겔법으로 합성법을 제안하였음["Fabrication of CdS nanowires decorated with TiO₂ nanoparticles for photocatalytic hydrogen production under visible light irradiation," International Journal of Hydrogen Energy, 33, 2008.]

- 그 구조의 광촉매는 정공 제거제로 황화물과 아황산 물을 포함한 상태에서 가시광선(>420nm) 하에서 수소 발생이 싱글 CdS 나노와이어보다 높은 결과를 보였다.

o 포항공대 (Sang Won Bae, et al.)

- 2009년도에 포항공대의 연구팀에서 식물 광합성 모방 시스템인 Z-scheme계가 하나인 반응 조에 두 개의 광촉매로 물의 완전분해를 하는 것과 달리 두 개의 반응 조에 두 개의 광촉매로 실험을 하였다.

["Photocatalytic Overall Water Splitting with Dual-bed System Under Visible Light Irradiation", International Journal of Hydrogen Energy, 34(8), 2009.]

- WO₃을 산소발생용 광촉매로 Rh을 도핑 한 SrTiO₃을 수소발생용 광촉매로 하여 가시광선(400nm)에서 Fe³⁺/Fe²⁺를 매개자(Mediator)로 하여 H₂를 1.9ml/h를 나타내었다.

2-2 국외 연구 현황

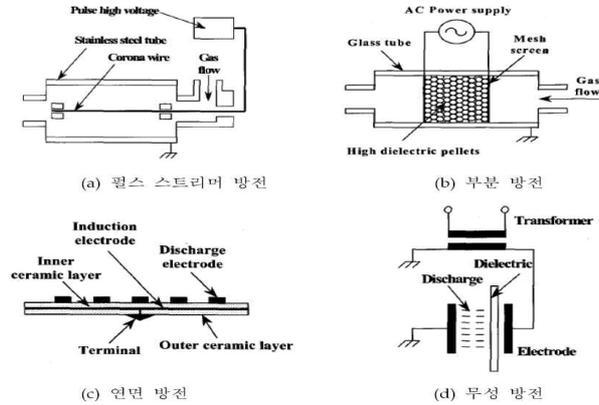
o BASF (독일)

- (탈)수소화, 산화반응, 환경오염방지 소재, 연료전지용 나노세공촉매를 개발하였다.

o Jacobs 그룹 (벨기에)

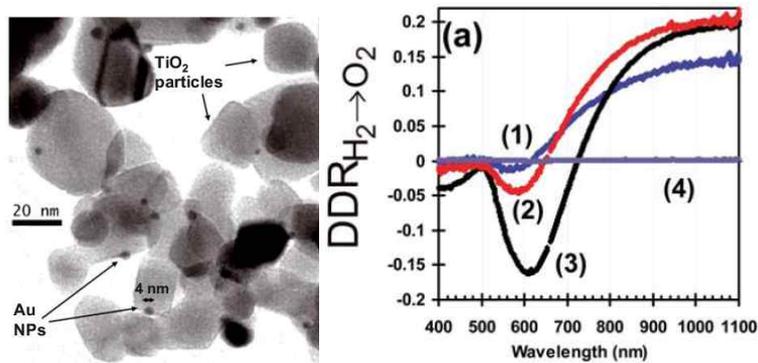
- 제올라이트 및 LDH(layered double hydroxide)라는 층간형 수산화물 담체에 유기금속 화합물을 담지한 초분자형 나노촉매의 개발과 효소 모방형 촉매로서의 활성을 검증하고 이러한 연구결과를 Nature지에 발표했다.

o 캐나다의 McMaster 대학, 미국의 Tecogen사와 Los Alamos 대학, 러시아의 Kurchatov 원자력연구소, 일본 오사카대학과 무사시공업대학, 중국의 Tianjin 대학 등에서 연구되는 유전체 배리어 방전(DBD: Dielectric barrier discharge)을 이용한 저온 플라즈마방식의 공기청정 기술이 있는데, 이 기술은 상온에서 특수한 방전방식으로 플라즈마를 발생시키고 여기에서 나오는 전자와 반응 활성종으로 입자뿐만 아니라 악취 VOCs, NO_x, CFCs 등 대부분의 유해가스 물질들을 제거하는 기술이다.



< 저온 플라즈마 발생장치 >

o France의 CNRs and UPMC Univ.에서 TiO₂ 광촉매와 Au nanoparticles를 동시에 사용하여 광 특성을 분석하였고 nanoparticle을 이용한 성능 향상을 보였으며, 가시광 대역에서의 물분해 특성을 관찰하여 Eur. Phys. J. D에 발표하였다. (2011)



< TEM image 및 변환효율 특성 그래프 >

o 일본의 연구팀에서는 압력에 상관없이 UV/광촉매 공기청정기에서 입자의 하전율이 거의 100%에 이르는 결과를 발표함[KISTI, "공기청정기", 2007.]. 따라서 적절한 집진판을 설치하여 대기압상태에서 입자의 제거 효율을 측정하면 거의 100%가 되고, 고농도의 VOC에 대하여 반응기에 머무르는 시간에 따른 가스제거 효율도 매우 높음을 알 수 있으나, 이 방식은 trichloroethylene을 완전히 산화시킬 수 없으며, 광촉매가 활성을 잃었을 경우 수증기를 포함한 공기로 재생시켜야하는 문제가 있고, 광촉매 표면에 반응의 중간체(intermediates)나 생성물(by-product)이 흡착되거나 많이 존재하는 경우에는 촉매활성을 저하시키는 단점이 있다.

3. 연구수행 내용 및 결과

코드번호	D-05
------	------

3-1 1차년도

○ 근거리 광통신용 POF용 Pigtail 제작 기술 개발

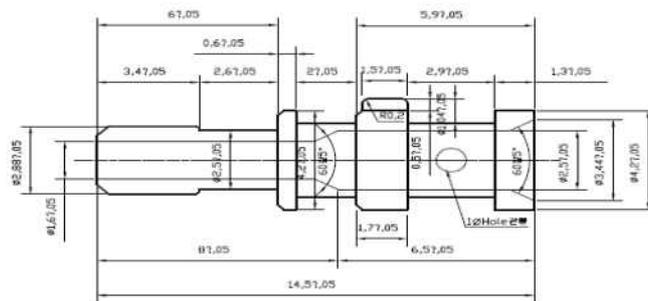
- 플라스틱 페룰 설계 및 금형제작

페룰은 인입되는 광섬유의 보호 및 정밀 동심도에 따른 정렬 기능을 가지는 광커넥터의 핵심 요소로서, 사용되는 재료로는 세라믹, 금속 및 플라스틱의 세 종류로 대별할 수 있음 본 연구에서 사용되는 광섬유는 플라스틱 광 파이버로서, core의 직경이 980um, clad의 직경 1000um와 파이버 외경이 3.44인 대구경 파이버를 선택하여 기술 개발을 진행하였다.

POF(Plastic Optical Fiber)용 페룰은 금속 가공을 통한 메탈페룰과 사출을 통한 플라스틱 페룰 두 종류의 형태로 제작이 이루어지고 있다. 세라믹 형태의 페룰은 페룰 내경을 대구경으로 확장하는 시스템 구현이 어려워 본 과제에서는 고려하지 않았으며, 메탈 페룰은 초정밀 연삭 기술 및 초미세 구멍가공 기술이 요구되고, 페룰의 제작은 내·외경이 동시가공이 이루어져야 하므로, 가공의 어려움과 제품의 재연성이 문제로 인하여 고려하지 않았으며, 본 과제에서는 사출을 통한 플라스틱 페룰 개발을 목표로 기술 개발을 진행 하였다.

플라스틱 페룰 제작을 위한 핵심 요소는 외경 정밀도, 외경 진원도, 외경 원통도, 외경 표면 거칠기 및 내경 동심도 등을 구현 하기 위한 정밀 사출 기술이 요구 된다.

아래의 그림은 플라스틱 페룰의 설계 도면이며, 페룰의 외경 사이즈를 2.88 ϕ 에서 +-공 차 0.01를 최대 공차를 주는 조건으로 금형이 제작 되도록 설계 하였으며, 내경의 경우 내부 POF 파이버가 2차 black Jacketing 으로 된 파이버 외경 사이즈가 1.55 ϕ 이므로 파이버를 페룰에 인입시 +공차를 통해 채결 되게 하기 위해 내경의 사이즈를 1.6 ϕ 로 -0.01의 공차가 되도록 설계 하였다. 다음 그림은 플라스틱 페룰의 2D도면을 보여주고 있다.

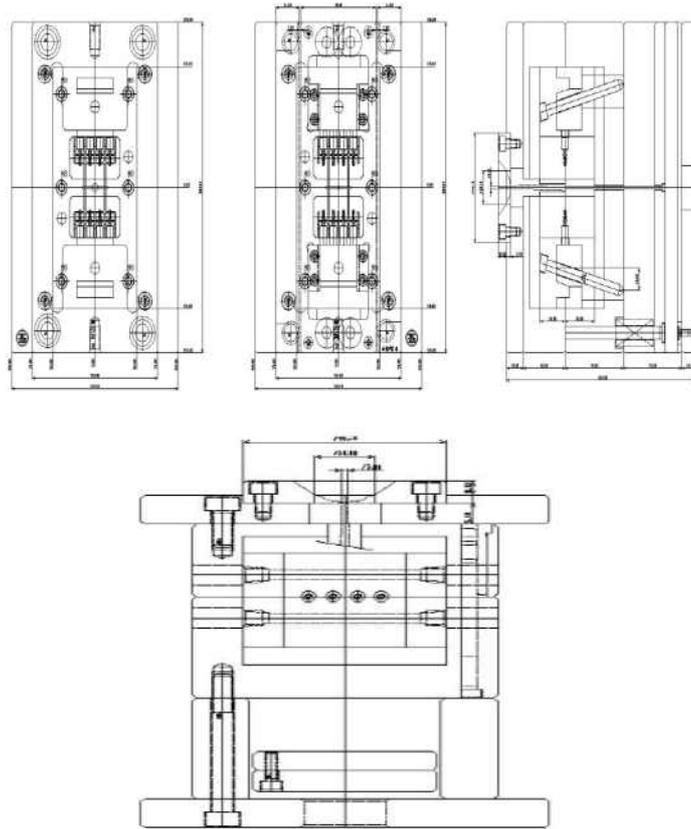


< 페룰의 설계도 >

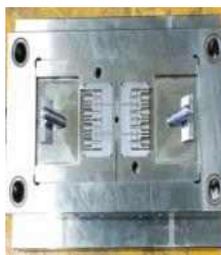
플라스틱 페룰 금형은 Auto Movement Machine Type으로 금형은 상, 하 두 개의 part로 제작되어 결합된 상태에서 플라스틱 수지를 녹여서 사출기의 게이트를 통하여 금형 내부에 수지를 유입하여 페룰 형상이 성형되는 구조로써, 총 8cavity로 제작하여

사출 한번에 8개의 페룰이 생산될 수 있는 금형을 설계 제작 하였다.

아래의 그림은 플라스틱 페룰 금형의 설계도를 나타내고 있으며, 실제 제작된 금형의 A(상), B(하) part와 금형 결합된 사진을 보여주고 있다.



< 플라스틱 페룰 금형 설계도 >



SectionA (상)



Section B



금형 결합

< 플라스틱 페룰 금형 >

사출을 위한 금형은 총 8cavity중 4cavity는 설계 도면의 형태로 제작 하였으며, 나머지 4cavity는 페룰 몸통 부분에 홀 가공이 이루어지도록 하여, 파이버와 체결시 추가로 에폭시를 삽입하여 인장강도를 보강 할 수 있도록 제작하였으며, 플라스틱 페룰의 2차 걸림턱 부분에 키 홈을 두어 커넥터와 페룰의 결합하였을 때 커넥터 내에서 페룰이 움직이는 유격을 최소화 하도록 제작하였다.

o 최적 사출 공정 조건수립(금형 사출 기술 공정 수립)

- 플라스틱 페룰의 재질 선정

페룰의 주재료로 열가소성 수지의 한 종류인 PA12(polyamide)를 선정하여 제작 하였으며 ,열가소성 수지는 온도를 올리면 점차 연화하여 고무 상태로 되고, 더욱 온도를 올리면 액화상태로 변하게 되어 일정 온도 이상으로 되면 반대로 점성이 감소해 가는 특징이 있으며, 연화, 용융온도 범위에서는 몇 번이라도 반복 조작하여 제품을 만들 수가 있는 장점이 있다.

또한 기본적으로 PA12 수지로는 라이론 재질로써, 그 자체의 수지로는 강도가 매우 약하므로, 이를 보완 하기 위하여 Glass 재질을 포함시켜 플라스틱 Ferrule를 제작 하였다. 기본 수지에 Glass 성분이 높을수록 강도는 높아지지만, 용융온도 또한 높아져서 사출시 실린더의 예열시간이나, 사출시간 등에 제약을 받기도 하며, 너무 강도가 강해서 유리와 같이 깨지는 현상 등이 발생 하였다. 이에 본 과제에서는 PA12 수지에 Glass 성분에 따른 사출 상태를 파악 하였다. Glass 함유량은 0%, 10%, 30%의 3 종류에 대해 Ferrule를 사출하여 성능 분석을 실시하였다.

Glass를 추가하는 성분에 따라 제작된 Ferrule의 경도 및 수축율을 테스트 해본 결과 30%의 Glass를 포함한 플라스틱 Ferrule이 수축율 및 설계 도면에 의한 허용 공차 +-0.05 를 벗어나지 않음을 확인할 수 있었다.

아래의 그림은 PA재질에 Glass성분(0%, 10%, 30%)을 추가 시켜 제조된 사출 원료를 보여주고 있다.



< 플라스틱 페룰로 사용된 PA12 (좌측으로 부터 30%, 10%, 0%) >



PA12(Glass 0%)



PA12(Glass30%)

< Glass재질 포함량에 따른 플라스틱 페룰 >

위 그림은 PA12 수지 원료에 Glass 함유량(0%, 30%)에 의해 사출된 플라스틱 폐물을 보여주고 있다. 플라스틱 폐물의 물리적인 강도 및 변형이 Glass를 포함하지 않는 경우 사출 조건 수립에도 어려움이 있었으며, 온도에 따른 변형이 쉽게 발생함을 확인 할 수 있었으며, 강도 및 연마 조건을 맞추기 위해서는 Glass 성분이 30%를 포함한 재질을 선정하는 것이 공차, 변형율, 강도 상에서의 조건을 만족함을 확인 할 수 있었다.

- 플라스틱 폐물 사출 조건

사출 공정에서 수지의 수축율과 공차는 사출 공정 조건에서 수립하게 되며, 사출 속도 및 보압 속도는 일반 PA 재질의 사출 속도를 준수하여 조건을 Setting 하였으며, 기본적인 PA6(Polyamide)재질에 따른 매뉴얼 셋팅을 베이스로 하여, 냉각수의 Cycle time 및 사출 시간을 조절 하여 최적의 사출 조건을 맞추었다.

본 과제에서 플라스틱 폐물을 사출하기 위한 사출 성형기를 보여주고 있다. 사출성형기의 제품은 LGH50N제품으로 유압식 사출기로서, 추가 펌프를 가진 특별 유압 회로는 박막성형의 고속 사출뿐만 아니라 계량 시간이 냉각시간보다 긴 제품을 성형할 때 계량 동작 중 형개 동작을 할 수 있도록 설계된 사출성형기이다. 또한 냉각 완료 후 형개 폐 동안 스크류의 계량이 지속되고, 시간은 그만큼 절감되는 장점이 있는 특징이 있다.



< 사출 성형기 >

아래 그림은 사출 성형기에 금형이 장착된 실제 모습을 보여주고 있다.



장착된 Section A



장착된 Section B



금형 형폐

< 사출 기기에 장착된 금형 >

사출성형기의 Section A와 B 부분을 합체 시켜 금형 사출 준비를 완료 시킨 후 금형의 냉각수 Cycle time과 사출시간, 사출 온도를 조절 하여 사출을 하였으며, 위의 재질에 따라 최대 허용 온도 310C°를 넘지 않도록 하였으며, 최적의 조건을 잡기 위해 여러번 사출 테스트를 실시하였으며, 아래의 표와 같이 사출조건을 설정 하였다.

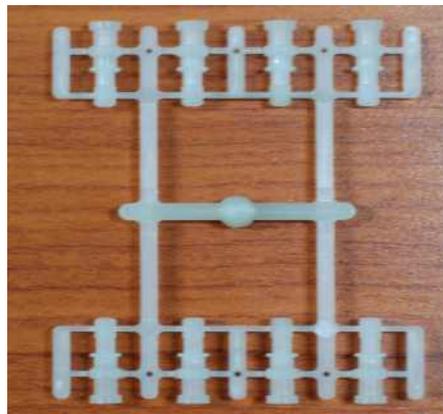
< 플라스틱 사출 조건 >

플라스틱 페룰 사출 조건	
최대 허용 사출 온도(C°)	260C°~310C°
냉각수 Cycling time(sec)	12(sec)
사출 시간 (Sec)	4.2~5(sec)

위의 설정된 사출조건을 바탕으로, PA12(Glass30%)로 제작된 시제품인 Ferrule를 하루정도 기한을 두어 수축율의 변화를 파악 하였으며, 제작된 Ferrule의 수축률에 따른 공차 등을 확인한 결과 변화가 발생하지 않았다.

제작된 플라스틱 Ferrule를 양산이 가능한 상태를 파악하기 위하여 총 3,000회 정도 사출을 실시하여, Ferrule 헤더의 Crack 및 제품 변형 상태 등을 테스트 하였으며, 현재 플라스틱 Ferrule의 양산 테스트 까지 완료된 상태로 사출 조건을 맞추어 놓은 상태이다.

아래 그림은 PA12(glass 30%) 수지에 의해 1회 사출된 플라스틱 Ferrule을 보여주고 있다. 제작된 금형은 1회 사출시 총 8 cavity의 사출물이 나오도록 제작하였으며, 4 cavity는 기존 제품과의 호환성을 고려하여 키 홈이나 Ferrule의 몸통 부분에 홀 가공이 이루어지지 않도록 제작하였으며, 나머지 4cavity는 키 홈 및 몸통 부분의 홀 가공이 이루어질 수 있도록 제작 하였다.



< 사출된 8cavity 플라스틱 페룰 (PA12 Glass30%) >

o 플라스틱 페룰과 파이버의 압착 기술 개발

- POF 종류별 분석 및 선정

제작된 플라스틱 페룰을 바탕으로 최적의 점퍼 특성을 도출하기 위해, 그에 맞는 조건의 POF (Plastic Optical Fiber)를 선정하여 최종제품인 근거리 광통신용 POF Pigtail 제작 진행하였다.

다양한 POF 케이블 중에서도 근거리 광통신용 POF Pigtail 최종제품 제작에 만족할 수 있도록 core 및 clad굴절률, 굴절률 분포, core, clad의 직경, 굴절률, 인장강도, 환경적 특성 등을 고려하여 구조 분석을 통해 SH-4001 POF와 SK-40 POF를 선정하였다.

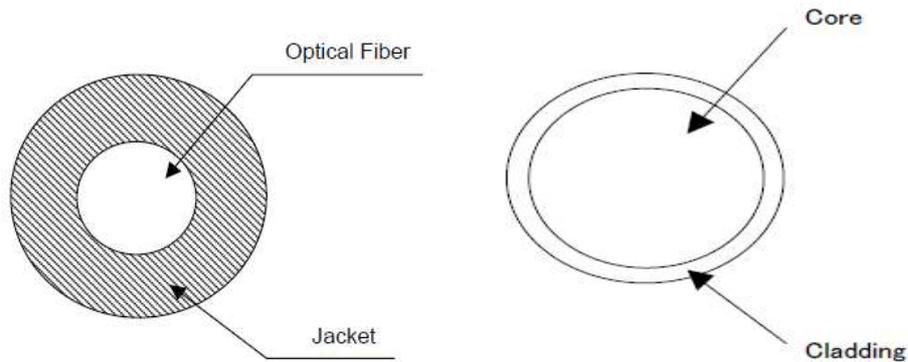
아래의 표는 Pigtail 및 광분배기 제작을 위한 POF의 물리적 특성표를 보여주고 있으며, 아래 그림은 구조를 보여주고 있다.

< SH-4001 POF Spec >

		SH-4001			
Item		Specification			
		Unit	Min.	Typ.	Max.
Optical Fiber	Core Material	—	Polymethyl-Methacrylate Resin		
	Cladding Material	—	Fluorinated Polymer		
	Core Refractive Index	—	1.49		
	Refractive Index Profile	—	Step Index		
	Numerical Aperture	—	0.5		
	Core Diameter	µm	920	980	1040
	Cladding Diameter	µm	940	1,000	1,060
Jacket	Material	—	Polyethylene		
	Color	—	Black		
	Diameter	mm	2.13	2.20	2.27
Approximate Weight		g/m	4		

< Sk-40 POF Spec >

		SK-40			
Item		Specification			
		Unit	Min.	Typ.	Max.
Optical Fiber 1	Core Material	—	Polymethyl-Methacrylate Resin		
	Cladding Material	—	Fluorinated Polymer		
	Core Refractive Index	—	1.49		
	Refractive Index Profile	—	Step Index		
	Numerical Aperture	—	0.5		
	Core Diameter	µm	920	980	1,040
	Cladding Diameter	µm	940	1,000	1,060
Approximate Weight		g/m	1		



< SH-4001, Sk-40 POF 구조 >

향후 2차년도 기술개발과 3차년도 기술개발을 통한 최종목표인 광기술 기반 축사 환경 관리 시스템 개발의 핵심이 되는 축사내 온도, 습도, 가스, 미세먼지 등을 제어하는 시스템 구축과 전체적인 축사 관리 시스템을 실시간 모니터링하기 위한 데이터 전송 시스템에 결합될 광부품의 선정은 매우 중요하기 때문에 위와 같은 성능을 지닌 POF를 선정하였다. 다음 그림은 본 과제에서 사용된 POF를 나타내고 있다. 사용된 POF는 일본의 Mitsubishi Rayon사의 제품으로 손실은 190dB/km로 POF 제품중에서 가장 우수한 손실값을 갖는 제품이라 할 수 있다.

SH-4001를 활용하여 최종적으로 광네트워크 구현에 적용 예정인 파이버이며, SK-40인 베어 파이버 형태는 광 분배기 제작 실험을 위한 테이퍼링 공정 조건을 잡기 위한 제품으로, 분배기 또한 최종 제품은 SH-4001 제품을 활용 하였다.



(a) SH-4001



(b) SK-40

< 본 과제에 적용된 POF >

- 플라스틱 페룰과 파이버의 압착조건 분석

플라스틱 페룰과 POF 파이버 간의 접합방법으로 초음파를 이용한 Ultra Sonic Welding 방식으로 진행하고자 하였다. 초음파 용착의 경우 주로 플라스틱 접합 기술을 접속시키는 기술이 일반적으로 사용되며, 플라스틱 용착의 방법으로서는 피착체와 피착체를 서로 접합시켜 부분 초음파 진동에 의해 피착체의 접합 부위가 가열에 의해 용융

시켜 용착시키는 방법과 접착제를 피착체에 도포하여 접합시킨 접착의 두 가지 방법이 있으며, 본 과제에서는 피착체 a, b 즉 플라스틱 페룰과 POF 파이버의 자켓팅 부분을 포인트로 두어 두 점을 결합시킨 접합면 부분을 초음파 진동으로 결합시키는 방법을 진행 하였다.

플라스틱 페룰의 경우 용착 부위의 재질을 열가소성 수지의 경우 플라스틱을 사용할 경우, 플라스틱 페룰 용착 포인트 부분을 자체 발열시켜 가열 시간을 1sec미만으로 가열하여 용착함으로써 POF 파이버의 손상을 최소화시킬 수 있을 것으로 판단되었으며, 따로 용착 부위에 따른 세척 및 관리가 필요 없어, 추후 양산이 가능하리라 판단하여 초음파 용착 실험을 진행 하였다.

초음파 용착기의 경우 핸드 타입, 압착 프레스 타입 등으로 나뉘어 분류하며 본 과제에서 사용한 초음파 용착기는 핸드 타입으로, 플라스틱 페룰과 유사한 재질인 PA12 재질과 유사한 계열을 맞는 제품으로 28Khz의 초음파 주파수 자체 진동 스펙을 가지면 출력으로 200watt급 초음파 용착기를 이용하여 용착 테스트를 진행하였다.

Tool Horn과 Holding 지그로 압착 프래쉬 방식으로 용착을 하였으며, 제작된 플라스틱 페룰 제품을 용착 테스트를 진행 하였으며 초음파 용착의 조건으로 일반 PA6(Polyamide)재질 및 플라스틱 계열에 맞는 28khz의 진동 대역에서 용착 가열 시간을 sec 단위로 변경 하여 용착 조건을 수립하였으며, 초음파 용착 테스트 결과 POF의 2차 자켓팅 부분의 손상 및 Welding의 상태를 버니어를 통한 외경 \varnothing 변화량을 측정 한 결과, 초음파 용착시간 비율대 용착점의 변화량은 비례함이 확인됨에 따라, 약 1.8sec ~ 1.9sec 부분에서의 초음파 welding이 이루어지며 그 페룰의 변화량이 약 2.3 \varnothing 정도로 원래 외경 직경으로부터 약 0.04 \varnothing 정도 수축 하여 용착됨을 확인하였다.

x, y축으로 Welding 후 회전시켜 비틀기와 Welding 강도를 테스트를 진행하였으며, 그 결과를 표에 나타내었다. 그 결과 본 과제에서 파이버 용착을 위한 공정으로 초음파 용착의 활용이 곤란함을 파악 하였다.

아래의 그림은 본 실험에서 사용된 초음파 용착 시스템을 보여주고 있다.



< 초음파 용착 테스트 구성 >

< PA12(Glass30%)의 초음파 Welding 정도 >

Welding X,Y축 상태 (O, X)	Welding time(sec)	Plastic Ferrule Ø변화량 (2.55Ø기준)	기타
X	1.5	2.55	
X	1.6	2.55	
X	1.7	2.49	
X	1.8	2.32	
O	1.9	2.03	파이버 손상
O	2.0	1.78	파이버 손상
O	2.1	1.65	파이버 손상
O	2.2	계측 불가	변형이 심함

이에 기존 GOF를 페룰과 접합하는 방법을 응용하여, 각각의 접합지점의 만족하는 결과를 얻기 위해 Thermal Epoxy 및 UV Epoxy를 활용한 열경화 및 UV 경화 조건을 고려하였으며, 기존의 광통신 수동소자인 광 점퍼코드 제작을 위하여 사용되는 방법을 활용하여 플라스틱 페룰 및 POF 케이블을 Thermal Epoxy를 이용하여 경화 조건에 대한 연구를 진행 하였다.

제작된 플라스틱 페룰의 주재료인 PA12(Glass30%)는 온도를 올리면 점차 연화하여 고무 상태로 되고, 더욱 상온으로 가면 액화상태로 변하게 되어 일정 온도 이상이 되면 반대로 점성이 감소해 가는 특징이 있으며, 연화, 용융온도 범위에서는 몇 번이라도 반복 조작하여 제품을 만들 수가 있는 장점을 가지고 있다.

플라스틱 페룰 및 POF 케이블간 열경화를 위해서는 사용된 에폭시는 353ND로서 주재와 경화제의 비율이 1:10으로 혼합한 후 사용하는 열경화 에폭시로서, 온도에 따라 경화 시간이 차이가 있는 제품으로, 일반 GOF(Glass Optical Fiber)용 광점퍼코드 제작 시에 적용되는 경화조건으로는 100℃에서 30분 경화 조건으로 진행을 하지만, 플라스틱 페룰 및 POF 케이블의 용융온도가 각각 175℃와 110℃를 가지고 있기 때문에, 온도의 변화를 50℃, 60℃, 70℃, 80℃, 90℃, 100℃로 경화 시간은 30분, 60분 단위로 특성을 분석 진행하였다.

아래의 표는 경화 조건 및 시간에 따른 열경화 조건 실험한 결과를 나타내고 있다.

테스트결과 50~80℃까지는 에폭시가 경화되지 않고 에폭시가 아래로 바로 흘러내리는 현상을 파악 하였으며, 90℃와 100℃에서는 경화는 이루어졌지만, 페룰의 변형으로 인하여 열경화에 의한 POF 파이버와의 접합에는 유용하지 않는 결과를 이끌어 냈다.

< 열경화 조건에 따른 특성분석 >

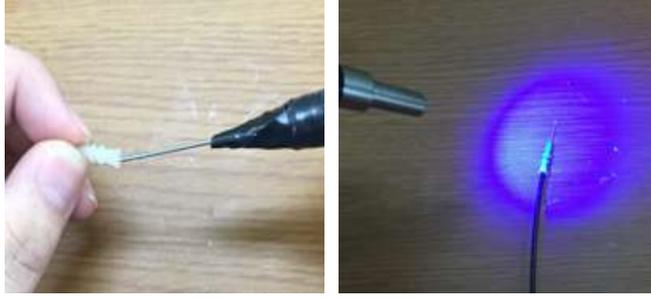
온도(℃)	시간	상 태
50	30분	에폭시가 경화가 되지 않고 흘러내림 쉽게 빠짐
60	30분	에폭시가 경화가 되지 않고 흘러내림 쉽게 빠짐
70	30분	에폭시가 경화가 되지 않고 흘러내림 쉽게 빠짐
80	30분	에폭시가 경화가 되지 않고 흘러내림 쉽게 빠짐
90	30분	경화는 되지만 플라스틱 폐물에 변형이 생김
100	30분	경화는 되지만 플라스틱 폐물에 변형이 생김
50	1시간	에폭시가 경화가 되지 않고 흘러내림
60	1시간	에폭시가 경화가 되지 않고 흘러내림
70	1시간	에폭시가 경화가 되지 않고 흘러내림
80	1시간	에폭시가 경화가 되지 않고 흘러내림
90	1시간	경화는 되지만 플라스틱 폐물에 변형이 생김
100	1시간	경화는 되지만 플라스틱 폐물에 변형이 생김

이에 최종적으로 UV 에폭시를 이용한 경화를 진행하였으며, 이에 따른 경화 조건 수립을 위하여 UV조사기를 활용하였으며, UV조사 시간을 5sec, 10sec, 15sec, 20sec, 25sec, 30sec, 35sec으로 설정한 후 UV GUN의 거리에 따른 결과를 분석 하였다. UV 에폭시는 플라스틱 단면부와 폐물의 후면부에 위치한 에폭시 투입구와 폐물의 최 후반부 3지점에 에폭시를 투입하여 경화 조건에 대하여 분석을 실시하였다. 다음 그림은 본 과제에서 활용한 UV 조사기로서, EXPO사의 4개 채널을 동시에 경화 가능한 제품으로 최대 출력 100W를 발생하는 장비이다.



< UV 조사기 >

아래의 그림은 실제 폐물내에 UV 투입 시키는 방법 및 UV 폐물내에 장착된 POF를 경화 시키는 과정을 나타내고 있다.



< UV 경화 테스트 과정 >

< UV경화 조건에 따른 특성분석 >

거리	시간(sec)	상 태
10cm	5	에폭시 경화 X (에폭시 흘러내림 현상발생)
10cm	10	에폭시 경화 X (에폭시 흘러내림 현상발생)
10cm	15	에폭시 경화 X (비틀기 테스트 fail)
10cm	20	에폭시 경화 X (비틀기 테스트 fail)
10cm	25	에폭시 경화 조건 만족
10cm	30	플라스틱 페룰의 변형 발생
10cm	35	플라스틱 페룰의 변형 발생

UV GUN과 플라스틱 페룰의 간격을 10cm로 기준점을 두고 시간별(sec) 측정을 진행하였으며, 테스트 결과 15sec 까지는 경화가 이루어지지 않았지만, 25sec에서 경화가 원하는 만큼 이루어졌다. 하지만, 조사거리 5cm 정도로 근접시켰더니 보다 짧은 시간인 20sec에서 원하는 경화가 이루어짐을 확인 할 수 있었다.

< UV경화 조건에 따른 특성분석 2 >

거리	시간(sec)	상 태
5cm	5	에폭시 경화 X (에폭시 흘러내림 현상발생)
5cm	10	에폭시 경화 X (에폭시 흘러내림 현상발생)
5cm	15	에폭시 경화 X (에폭시 흘러내림 현상발생)
5cm	20	에폭시 경화 조건 만족
5cm	25	플라스틱 페룰의 변형 발생
5cm	30	플라스틱 페룰의 변형 발생
5cm	35	플라스틱 페룰의 변형 발생

이에 UV 에폭시를 이용한 최적의 경화 조건 수립을 위하여 UV조사 시간을 최고 5분으로 설정한 후 UV GUN와 거리를 5cm 기준을 두고 시간에 따른 결과를 분석 하였다. UV에폭시는 플라스틱 단면부와 페룰의 후면부에 위치한 에폭시 투입구와 페룰의 최 후반부 3지점에 에폭시를 투입하여 경화 조건에 대하여 분석을 실시하였으며, 분석

결과 5cm에서 20sec로 UV GUN을 통하여 조사된 UV가 플라스틱 페를을 투과하여 안정적으로 페를내에 UV에폭시 경화가 가능함을 확인 하였다.

아래의 그림은 페를과 이상적인 압착이 이루어진 상태와 초음파 및 열경화 방식을 통하여 페를의 변형이 이루어진 상태를 나타내고 있다.



(a) 이상적인 압착 형태 (b) 변형된 페를의 형태

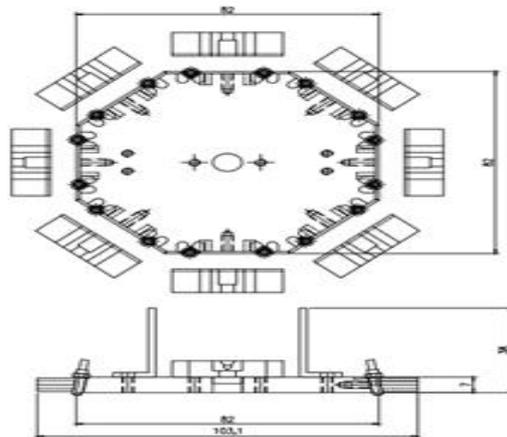
< 플라스틱 페를 압착 형태 >

o POF 단면 연마 기술개발

- POF 단면 연마용 지그 개발

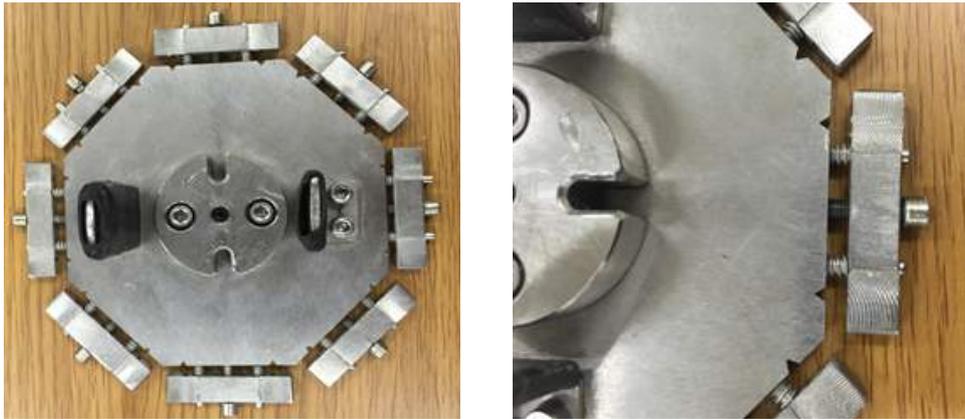
플라스틱 페를과 압착된 POF 점퍼코드의 단면 연마를 위해서 hand polishing 기법을 활용하여 직접 단면연마를 실시하였지만, 시간상의 손실과 일정한 재연성의 문제와 더불어 향후 양산을 위한 과정에서 불필요한 요소들이 다소 나타나 hand polishing 기법을 제외한 기계적인 연마 방식을 선정하였다. 우선 연마시 기존 Polishing machine을 활용하기 위해, POF 전용 연마 지그 개발을 진행하였다.

아래의 그림은 기존 연마기에 장착이 가능하도록 설계된 연마지그의 도면을 나타내고 있다.



< POF Polishing 지그 도면 >

개발된 연마지그는 기존 Polishing machine에 적용이 가능하도록, 지그의 중앙에 약간의 도출된 부위에 홈을 내어 polishing machine에 고정을 시키도록 고안 하였으며, 완벽한 회전을 위하여 팔각형식에 한번에 2개의 페룰이 고정되어, 총 16개의 페룰단면을 한꺼번에 연마 가능하도록 제작 하였다.

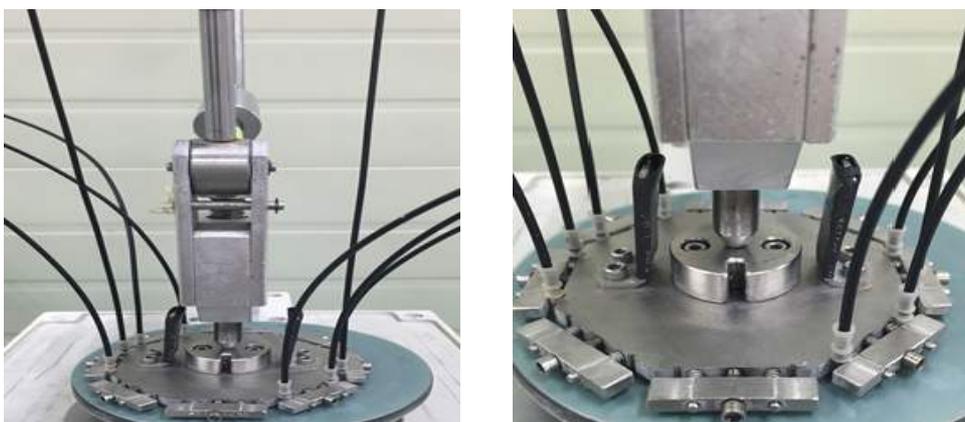


< 제작된 POE Polishing 지그 >

- POE 단면연마 공정

페룰의 고정을 위해서 페룰의 위치에 V홈을 내어 바깥쪽에서 나사에 의해서 조여줄 수 있도록 설계 하였으며, 지그에 페룰을 조여줄때 무리한 힘에 의해 페룰의 손상되는 점을 미연에 방지하고, 지그와 페룰을 쉽게 탈부착이 가능할 수 있도록 스프링을 삽입할 수 있는 구조로 설계 및 제작을 진행 하였다.

아래의 그림은 개발된 연마지그에 POE 단면의 연마를 진행하기 위한 POE가 연마기에 장착된 형태를 보여주고 있다.

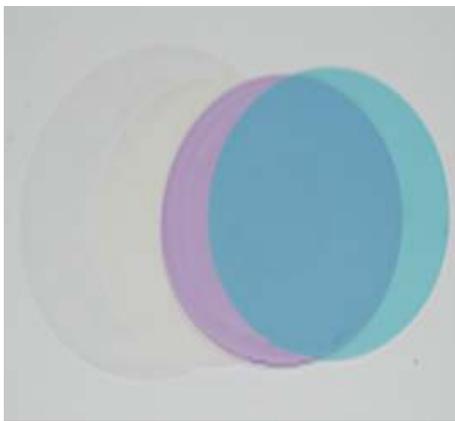


< POE Polishing 지그 장착된 구조 >

플라스틱 페룰과 POE 케이블이 결합된 최종 근거리 광전송용 POE Pigtail의 단면연마를 진행하기 위해 POE Core 부의 연마 공정은 전처리 과정을 포함하여 총 4단계를 거쳐 진행하였다.



< POF 코어 부 Polishing 장비 >



연마필름



POF Polishing 과정

< 단면연마 진행과정 >

POF 코어 부 Polishing 공정 순서는 다음과 같다.

< 광 분배기 코어 부 연마 공정 순서 >

1. POF 코어 부의 입력 단 및 출력 단의 Gate 및 고정 부를 절단한다.
2. 연마 지그에 입력 부 또는 출력부를 고정한다.
3. #2000 sand paper에 polishing 처리하여 1차 단면 처리를 진행한다.
4. 9um Polishing 공정을 진행 한다.
5. 3um Polishing 공정을 진행 한다.
6. 1um Polishing 공정을 진행 한다.
7. 0.1um Polishing 공정을 진행 한다.
8. 광학 현미경을 통해 단면 상태를 확인 한 후 Re-polishing 여부를 결정한다.

이론적으로는 Ferrule의 Port상호간의 접촉면에 표면조도가 존재하고 이러한 표면조도에 의해 광산란 현상이 발생하여 손실을 증가시킨다. 광폐를 단면에서의 손실을 기술하

는 정량적인 결과식은 없으나, 본 연구에서는 광산란 이론을 통해 표면조도에 의한 손실을 정의하고자 한다. 광 산란 손실은 Beckmann에 의하여 정의되는 아래식을 이용하였다.

$$\eta = \left(\frac{4\pi\delta n \cos\theta}{\lambda} \right)^2 \dots\dots\dots(식1-1)$$

여기서 $\delta, n, \theta, \lambda$ 는 각각 표면조도, 광섬유 굴절률, 진행광의 각도, 그리고 입사파장이다. n, θ 는 광섬유 구조적인 파라미터 이고, λ 는 POF에 광원 입사시 결정되는 요인으로 모두 상수로 간주할 수 있다. 결국 산란 량은 표면조도(δ)의 제곱에 비례하여 증가한다.

식 (1-1)의 산란되는 파워를 삽입손실의 형태로 나타냈을 때, 손실은 식 (5)과같이 나타낼 수 있다.

$$Scattered\ insertion\ loss(dB) = -10\log(1 - \eta) \dots\dots\dots(식1-2)$$

식 (1-2)의 계산을 통해 표면조도에 의한 산란손실은 $S \cdot L = c_1 \cdot \delta^2$ 으로 표현이 가능하며, 이때의 표면조도에 의한 손실 계수 $c_1 = 1.71 \times 10^{-3}$ 을 보이며, 이는 아래의 실험값과 거의 일치하는 경향을 나타나고 있다.

단면 연마 작업 중 단계별 연마의 입도 조절 (9 ,3 ,1, 0.3nm)로 구분하여 단면 연마의 표면 조도를 단계별로 표면조도를 측정하여 요구 되는 표면 단면 연마의 최적의 연마 조건을 찾는 시험을 하였으며, 이에 따른 최저의 손실을 가지는 조건을 AFM(Atomic force microscope)를 이용하여 표면 조도(Surface roughness)를 분석 하였다.

연마된 단면 연마 지그를 통해 끝단의 연마를 하였고 연마 필름의 입도를 조절하여 광섬유 영역의 표면 조도가 10nm이하가 되도록 연마 조건을 세워 단면 연마를 진행하였다.

POF의 표면조도가 60nm 정도에서 약 1dB의 삽입 손실을 확인하였으며, POF 표면조도가 약 8nm에서 약 0.6dB의 삽입손실을 가지어 확인할 수 있었으며, POF 표면조도가 8nm 이하에서는 크게 삽입 손실의 결과가 개선되지 않음을 확인하였다.

이에 본 과제에서는 단면 표면조도의 8nm로 정밀 연마가 되기 위한 조건을 아래와 같은 결과값을 이끌어 낼 수 있었다.

< POF 단면 연마 공정 조건 >

단 계	연마필름	필름입도	단면 압력	연마시간
1	DR-5D	9 μ m	300 g	1m 10sec
2	DR-5D	3 μ m	300 g	1m 10sec
3	DI-5D	1.0 μ m	300 g	2m 10sec
4	FOS-01	0.3 μ m	300 g	1m 30sec



(a) Polishing 전의 POF 단면



(b) Polishing 후의 POF 단면

< Polishing 전 · 후의 fiber 단면 관찰 >



< 제작된 근거리 광통신용 POF용 Pigtail >

- 근거리 광통신용 POF Pigtail 특성 분석

본 기술개발을 통하여 제작된 근거리 광통신용 POF용 Pigtail 제품 성능분석을 위하여 자체테스트를 진행하였으며, 정량적 평가 항목인 광손실과 인장력 성능 분석을 테스트 하였다.

- 삽입 손실 ((Insertion Loss))

삽입 손실 측정시 POF용 MASTER Patch Cord(DUT1)과, He-Ne Laser 650nm Source, 635~850nm 까지 측정이 가능한 Optical Power meter를 준비하여 측정을 하였다. 아래 표는 삽입손실 측정에 사용된 장비 리스트 나타내고 있다.

< 삽입 손실 측정 장비 >

사용 장비명	제작사 및 형식
He-Ne Laser	OS417-MD, AFSI
Power Meter	OM110A(650,850nm)

- 실험 순서

1. 측정에 사용할 장비를 30분 이상 켜두어 안정화시킨다.
2. Power Meter의 파장을 He-Ne Fiber Laser 파장인 650nm로 셋팅한다.
3. Plastic Ferrule을 장착한 파이버를 P0. 값으로 레퍼런스 광파워(dbm) 값을 입력하여, Zero Setting(0dB)으로 Power Meter로 계측한다.
4. 계측하고자 하는 POF(Plastic Ferrule) 케이블의 양쪽 끝단을 각각 Power Meter와 Fiber Laser Source에 Connecting한다.
5. 계측된 POF 케이블의 손실값[dB]을 계측 한다, 혹은 $IL=P0.-P1=[]$ dB값을 계산하여 측정 한다. (dBm-dBm=dB)
6. 4~5번 방법을 이용해 계측하며, 계측은 10회 반복하여 계측된 값과 평균값을 기록한다.

< POF Pigtail 삽입손실 측정값 >

측정 시료	Insertion Loss (dB)
1	1.35
2	1.32
3	1.28
4	1.39
5	1.21
6	1.3
7	1.29
8	1.31
9	1.33
10	1.34
평균값	1.31

위 표는 각각의 시료 10개를 측정하여 삽입손실의 측정값을 나타내고 있으며, POF Pigtail 평균 삽입손실 측정값은 1.31dB로 데이터 확보가 가능하였다. 이는 1차년도 정량적 목표 수치인 1.5dB 이내의 개발목표치보다 더욱 안정적인 데이터값에 해당된다.

- 인장력

인장력 평가는 근거리 광통신용 POF용 Pigtail 변형률, 단면 수축률, 항복점, 파단 연신을 등에 대하여 POF용 Pigtail 강도 및 신뢰성을 알 수 있는 중요한 성능 지표이며, 본 실험 데이터에서는 Telcodia 규정에 따라 명시된 인장력 시험기인 IMADA, DPS-20을 사용하여, POF Patch Cord 양쪽 부분을 양방향으로 장력을 가하여 10N이 되도록 인장력을 가한 후, 그 값을 수치 데이터 값인 Insertion Loss 측정하여 데이터 값을 확인하고, POF용 Pigtail 자체 장력의 강도에 따른 광손실(dB)을 측정하였다. 제작된 POF Patch Cord의 인장력 테스트를 위한 Tension Test Machine를 보여주고 있으며, 표는 인장력 측정을 위하여 사용한 장비 List를 나타냈으며, 그림은 인장력 손실 측정 구성도를 나타내고 있다.



< Fiber Tensile Tester >

< 인장력 시험 측정 장비 >

사용 장비명	제작사 및 형식
He-Ne Laser 635nm	S1FC635
Power Meter	Agilent, 86100B
Tension Test Machine	Fiber Tensile Tester

- 실험 순서

1. Power Meter의 파장을 He-Ne Fiber Laser 파장인 635nm로 셋팅 한다.
2. Ferrule를 장착한 파이버를 P0 값으로 레퍼런스 광파워(dBm) 값을 입력하여 Zero Setting(0dB)으로 Power Meter로 계측 한다
3. 계측할 POF(Plastic Ferrule) 케이블의 양쪽 끝단을 각각 Power Meter와 Fiber Laser Source에 Connecting 한다.

4. 측정된 Patch Cord의 손실값[dB]을 측정 한다, 혹은 $IL=P_0-P_1$ [db] 값을 계산하여 측정 한다. (dBm-dBm=dB) , Before IL(dB) 값을 기록한다.
5. 측정은 10회 반복하여 측정된 값과 평균값을 기록한다.
6. POF Patch Cord를 Tension Force : 50N , Tension Time: 10sec 으로 인장력을 가하는 조건으로 테스트를 한다
7. 동일한 조건으로 POF Patch Cord를 Tension Force : 50N , Tension Time : 300sec으로 인장력을 가하는 조건으로 테스트를 한다.
8. 인장력을 가한 후의 시료를 1~4방법을 이용해 측정하여 After IL(dB)값을 기록한다.
9. 측정은 각각의 시료를 3회 반복하여 측정된 값과 평균값을 기록한다.

인장력 측정은 인장력을 가하기 전, 후의 손실을 측정하였다. 측정 결과 인장력을 가하기전에 평균 삽입손실 결과 1.39dB의 삽입손실을 나타냈지만, 인장력 50N까지 인장력을 가한 후 측정 결과 1.46dB로서 변화율 0.07dB의 결과를 이끌어 내었다. 이는 인장력을 인가 전후의 변동값의 목표치 0.2dB이내의 결과임을 확인할 수 있다. 아래 표는 POF 점퍼코드 인장력 특성 측정 결과값을 나타내고 있다.

< POF Pigtail 인장력 특성 측정 결과 >

측정 시료	Before Tension Test IL[dB]	After Tension Test IL[dB]	변화율 (After Tension - Before Tension)
1	1.32	1.45	0.13
2	1.33	1.42	0.09
3	1.47	1.51	0.04
4	1.35	1.43	0.08
5	1.37	1.44	0.07
6	1.42	1.49	0.07
7	1.43	1.48	0.05
8	1.42	1.46	0.04
9	1.39	1.46	0.07
10	1.43	1.46	0.03
평균값	1.39	1.46	0.07

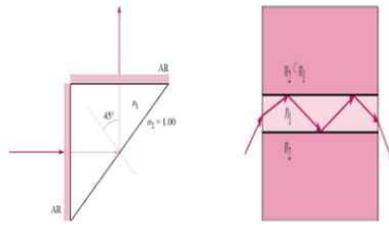
○ 다채널 광통신 시스템 구현을 위한 광분배기 개발

o Light tool을 이용한 광학 설계 기술

- 전반사 조건 수립

일반적인 광섬유의 형태인 전반사(Total reflection) 조건을 만족하는 구조로 된 파이버인 POF를 사용하였으며, 전반사 조건은 다음과 같다.

전반사 조건(Total reflection)



< 전반사 조건(Total reflection) >

투과 각이 90° 보다 큰 경우 매질2로 평면파가 진행하지 않고, 입사된 파가 모두 반사된다. 이것을 전반사라고 한다.

스넬의 법칙으로부터

$$\sin\theta_t = \sqrt{\frac{\epsilon_1\mu_1}{\epsilon_2\mu_2}} \sin\theta_i \dots\dots\dots (식2-1)$$

위의 식에서 $\sin\theta_t \leq 1$ 이므로,

$$\epsilon_1\mu_1 \leq \epsilon_2\mu_2 \dots\dots\dots (식2-2)$$

인 경우에는 $\theta_t \leq 90^\circ$ 가 되어 전반사가 일어나지 않는다. 그러나,

$$\epsilon_1\mu_1 > \epsilon_2\mu_2 \dots\dots\dots (식2-3)$$

인 경우에는 (식2-1)의 우변이 1보다 클 수 있으므로 전반사가 가능하다.

전반사는 $\sin\theta_t = 1$ 을 만족하는 순간부터 발생하므로 전반사 조건은

$$\sin\theta_i \geq \sqrt{\frac{\epsilon_2\mu_2}{\epsilon_1\mu_1}} \dots\dots\dots (식2-4)$$

가 된다.

전반사는 수평편파와 수직편파의 경우 모두 동일한 조건에서 발생하며, 전반사의 예로 일반적인 Optical Fiber의 경우 Clad의 굴절률(refractive index)이 Core의 굴절률(refractive index)보다 낮으므로 Optical Fiber의 한쪽 끝단으로부터 들어오는 빛은 Core와 Clad의 접촉 면에서 전반사를 일으켜 Core를 통하여 다른 Optical Fiber 끝단으로 진행하게 된다.

- Optical Coupler 광학 조건 분석

1x4 광분배기를 제작 시 각 단자마다 삽입손실(Insertion Loss)을 측정하게 되는데 광 커넥터, 결합기, 접속기 등과 같은 광 부품의 첨가로 생기는 전체 광 전력 손실(dB) 광 부품의 어떤 단자 사이에 있어서 광 전력의 입출력의 비를 나타내는 양으로 광 수동부품의 기능을 나타내거나, 특성 양을 정의하기 위해 사용된다. 입력단자에 신호를 가했을 때 입력과 각각의 출력(L1, L2)의 광 파워의 비, 즉 출력 레벨과의 차를 나타내주며 계산 공식은 다음과 같다.

$$\text{Coupling ratio(dB)} = 10 \log \frac{P_o}{P_i} \dots\dots\dots (\text{식2-5})$$

삽입 손실은 출력단과 입력단의 퍼센티지에 따른 각 커플링에 따른 이상적인 값을 계산식 (식2-5)를 통해 유추해 볼 수 있는데 그 값은 표와 같다.

< Coupling Ratio(결합비)에 따른 Insertion Loss(삽입손실) >

Coupling Ratio	Insertion Loss (dB)
1*2 Coupler	3.010299957
1*3 Coupler	4.775557665
1*4 Coupler	6.020599913
1*5 Coupler	6.989700043
1*6 Coupler	7.781511635

초과손실(Excess loss)은 입력 된 광 파워와 출력되는 광 파워의 비이다.

$$\text{Excess loss(dB)} = L_1 = -10 \log \frac{P_{Output}}{P_{Input}} \dots\dots\dots (\text{식2-6})$$

초과손실은 광분배기 제작으로 인한 추가적인 손실로써 총 전송 손실에 분배기 제작으로 인한 손실이 고려된 것으로써, 광섬유 결합기의 성능을 나타내는 중요한 지표이다. 연마면의 정렬이 잘 안되었거나 연마면의 상태가 고르지 못한 경우, 광섬유에 스크래치나 불순물 등 손실을 야기할 만한 결합이 있을 경우 그 총량이 커지게 된다.

분배기의 결합비(Coupling ratio)는 다음과 같이 두 출력단의 Power의 비로 나타낸다.

$$\text{Coupling Ratio} = \frac{P_1}{P_2} \dots\dots\dots (\text{식2-7})$$

결합비는 보통 두 광섬유의 코어와 코어가 가까이 접근할수록 결합면이 커질수록 그 비가 1:1에 근접하는 경향을 보인다. 하지만 결합 길이와 연마 깊이가 증가할수록 접촉면의 결합으로 초과 손실은 일반적으로 커지게 된다. 따라서 광출력 비율 1:1을 만족하며 초과 손실을 최소화 하며, 결합 비율에 따른 이상적인 손실(dB)값을 갖는 근거리용 Plastic Optical Fiber Coupler 광학 설계 조건 분석을 하여 광분배기 제작을 진행하였다.

- 1x4 광 분배기 구조 설계

POF 광분배기는 다채널 광통신 시스템구현에 있어 광신호의 분기 및 결합 분야에 적용이 가능하며, 본 연구에서 개발하고자 하는 1x4 광분배기는 아크릴 기관의 홈을 파고 연마한 다음 폴리머가 홈에 채워지는 구조이며, 폴리머와 아크릴 기관경계면에서 모든 광선은 위에서 언급한 전반사 조건을 만족하며 여러 경로를 통해 진행되는 광선은 폴리머층에서 에너지가 분산되어 내개의 출력단에 분배된다. 폴리머의 재료로 자외선 경화 물질인 NOA81을 이용할 것이며 이물질의 굴절률은 1.56이며 아크릴의 굴절률은 1.49이다. 또한 Light tool을 이용한 광학 설계를 진행하였으며, 아래 그림과 같이 POF 끝단에 단일 디텍터(mesh를 4등분) 설정하였고, POF 끝단에 dummy 구조물을 추가하여 분할된 디텍터 4개설정하였다. 이에 각 디텍터 결과치 비교 후 아래와 같은 데이터를 도출하였다.

< POF 끝단에 단일 디텍터(1x4 커플러 구조 및 시뮬레이션 조건) >

Test.1



< POF 구조 >



Point source power : 1W

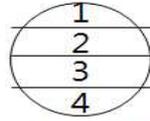
Point source divergence angle : 30deg

< 디텍터 결과값 1 >

Intensity power (mW)

구 분	22mm	5mm	10mm	15mm	30mm
1	249.93	249.82	249.65	249.49	249.01
2	249.93	249.82	249.65	249.47	248.91
3	249.93	249.83	249.65	249.47	248.94
4	249.93	249.82	249.65	249.49	249.05

Test.2



디텍터 4개 위치

< POF 구조 >



Point source power : 1W

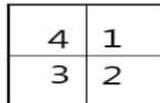
Point source divergence angle : 30deg

< 디텍터 결과값 2 >

Intensity power (mW)

구 분	2mm	5mm	10mm	15mm	30mm
1	249.93	249.82	249.65	249.49	249.01
2	249.93	249.82	249.65	249.47	248.91
3	249.93	249.83	249.65	249.47	248.94
4	249.93	249.82	249.65	249.49	249.05

Test.3



디텍터 4개 위치

< POF 구조 >



Point source power : 1W

Point source divergence angle : 30deg

< 디텍터 결과값 3 >

Intensity power (mW)

구 분	2mm	5mm	10mm	15mm	30mm
1	240.16	240.06	239.90	239.76	238.42
2	240.15	240.04	239.88	239.79	238.42
3	240.16	240.07	239.86	239.68	238.57
4	240.16	240.06	239.92	239.68	238.57

Test.4



디텍터 4개 위치

< POF 구조 >



Point source power : 1W

Point source divergence angle : 30deg

< 디텍터 결과값 4-1 >

Intensity power (mW)

구 분	2mm	5mm	7mm	7.9mm	8mm
1	275.06	246.12	233.74	240.00	239.52
2	204.65	233.59	245.82	239.56	240.41
3	204.65	233.59	245.82	239.41	240.43
4	275.06	246.12	233.74	240.00	239.46

< 디텍터 결과값 4-2 >

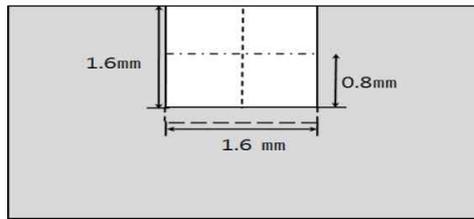
구분	10mm	15mm	20mm	30mm	50mm	100mm
1	236.42	233.14	232.99	234.63	233.29	231.65
2	242.84	245.67	245.67	244.78	243.43	241.79
3	242.84	245.82	245.67	244.78	243.43	241.50
4	236.42	233.14	232.84	234.78	233.14	231.65

o 열과 압력에 의한 용착형 플라스틱 광섬유 커플러 제작 기술 개발

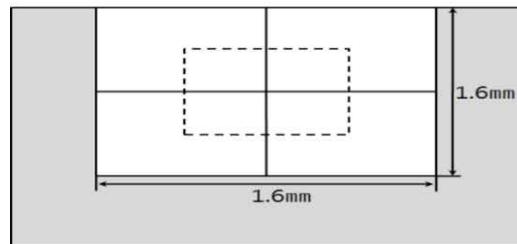
- 아크릴 지그 설계 및 제작

위 디텍터 결과값을 산정하여 데이터 3번의 POF 구조로 설계를 진행하였으며, POF

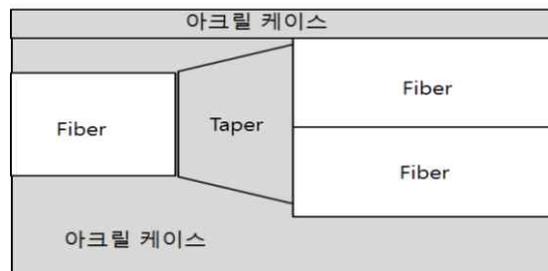
사이의 빈 공간으로 빠져나가는 광선을 잡기 위해 아래와 같이 최적의 조건형태의 소자설계를 구성 하였다. 아래 그림은 아크릴지그 전체 구성도와 입출력부를 보여주고 있다.



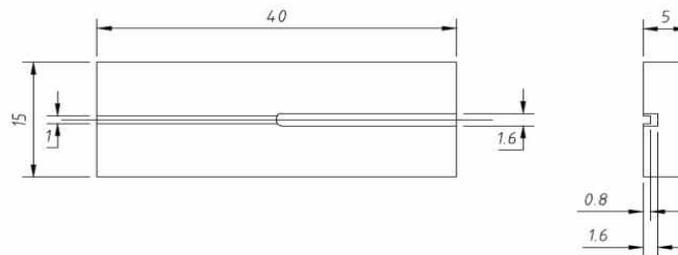
< 아크릴 지그 입력부 >



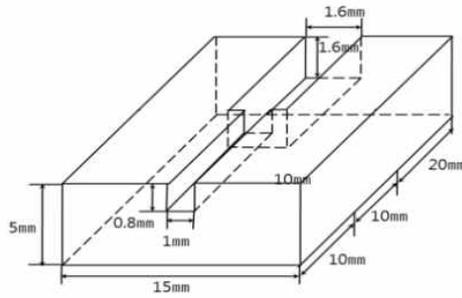
< 아크릴 지그 출력부 >



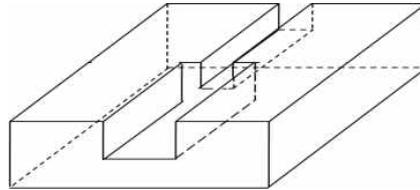
< 아크릴 지그 측면 구성도 >



< 아크릴 지그 설계도 2D >



< 아크릴 지그 전면부 설계도 >



< 아크릴 지그 후면부 설계도 >

아크릴 지그 전면부는 POF 규격에 적합할 수 있도록 설계를 진행하였으며, 아크릴에 홈을 내고 고속에 굴절률이 높은 폴리머를 채우며 폴리머 영역은 광도파로와 광과위 분배기능을 한다. 소자의 광분배 기능을 해석하기 위해서 POF의 광선을 하나의 단위 벡터로 해석하고 POF는 무수히 많은 다른 종류의 광선들의 도파 및 발산시키는 것으로 고려하였으며, 이러한 소자 구조의 해석을 위해 Matlab 설계 프로그램을 활용하여 아래와 같이 개발을 진행하였다.

```
% Program for design of N X N POF coupler based on the ray optics

%Unit vectpr I=xcos(pi)sin(th)+ysin(pi)*sin(th)+ zcos(th)

n_co= 1.49; % refractive index of POF core
n_cl=1.41; % refractive index of POF cladding
n_po=1.56; % refractive index of wavecore;
wg=1.0;    % waveguide width
AN= asin(sqrt(1.49^2-1.41^2)); % Accepnance angle
RA=fix(asin(sin(AN)*n_co/n_po)*180/pi);%refractive angle at interface;
xmax=1.0;
xmin=-1.0;
ymax=1.0;
ymin=-1.0;
xwm=xmax-xmin;
ywm=ymax-ymin;

SN=5;
sg=wg/5;%
os=0.5*wg;% off-set;
```

```

ZL=18;

KK=0;
for x=1:22
    xp=x*0.05-1.1;
    % xp=(x-1)*0.05+1.5
    for y=1:22
        yp=y*0.05-1.1;
        if (xp+0.5)^2+(yp+0.5)^2 <= 0.5^2
            KK=KK+1;

            Px(KK)=xp;
            Py(KK)=yp;
        end
    end
end

for p=1:KK
    for j=1:18
        psi=(j-1)*2*pi*20/360;
        for k=1 : RA/2
            th=(k-1)*2*2*pi/360;
            Ix(p,j,k)=cos(psi)*tan(th)*ZL+Px(p);
            Iy(p,j,k)=sin(psi)*tan(th)*ZL+Py(p);

            end
        end
    end
    %XP= zeros(9, 360, fix(AN));

    for p=1:KK
        for j=1:18
            for k=1 : RA/2

                if Ix(p,j,k) > 0
                    IPx(p,j,k)=Ix(p,j,k)+0.5*xwm;
                    end
                    if Ix(p,j,k) <= 0
                    IPx(p,j,k)=Ix(p,j,k)-0.5*xwm;
                    end

                    m=fix(IPx(p,j,k)/xwm);

                    if fix(m/2)==round(m/2)
                        XP(p,j,k)=Ix(p,j,k)-m*xwm;
                        end
                    if fix(m/2)~=round(m/2)
                        XP(p,j,k)=-(Ix(p,j,k)-m*xwm);

                    end
                end
            end
        end
    end

```

```

    if Iy(p,j,k) > 0
        IPy(p,j,k)=Iy(p,j,k)+0.5*ywm;
        end
        if Iy(p,j,k) <= 0
IPy(p,j,k)=Iy(p,j,k)-0.5*ywm;
        end

        m=fix(IPy(p,j,k)/ywm);

        if fix(m/2)==round(m/2)
            YP(p,j,k)=Iy(p,j,k)-m*ywm;
            end

            if fix(m/2)~=round(m/2)
                YP(p,j,k)=-(Iy(p,j,k)-m*ywm);

            end

        end

        end

    end
end

P1=0; P2=0; P3=0; P4=0;

LL=0;
for p=1:KK
    for j=1:18
        for k=1 : RA/2

            if (XP(p,j,k)+1.5)^2+YP(p,j,k)^2<=0.5^2
P1=P1+1;
            end
                if (XP(p,j,k)+0.5)^2+YP(p,j,k)^2<=0.5^2
                    P2=P1+1;
                end

            if (XP(p,j,k)-0.5)^2+YP(p,j,k)^2<=0.5^2
                P3=P1+1;
            end

                if (XP(p,j,k)-1.5)^2+YP(p,j,k)^2<=0.5^2
                    P4=P1+1;
                end

            end

        LL=LL+1;
        xpo(LL)=XP(p,j,k);
        ypo(LL)=YP(p,j,k);
            end
        end
end

```

```

end

mo1=fopen('xdat.dat','W');
mo2=fopen('ydat.dat','W');

for jj=1:LL

    fprintf(mo1,' %8.6f \n' , xpo(jj));
    fprintf(mo2,' %8.6f \n' , ypo(jj));

    end
    fclose(mo1);
    fclose(mo2);

```

이를 바탕으로 다채널 광통신 시스템 구현을 위한 광 분배기(1*4)에 사용될 아크릴 지그는 POF 사각성형(각 0.8x0.8mm)를 고려하여 케이스 제작을 진행하였다. 아래 그림은 최종 가공된 아크릴지그를 보여주고 있다.



(a) 가공된 아크릴 지그 상부

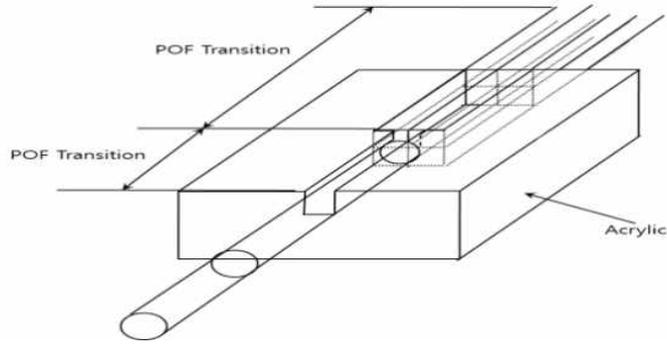


(b) 가공된 아크릴 지그 하부

< 가공된 아크릴 지그 >

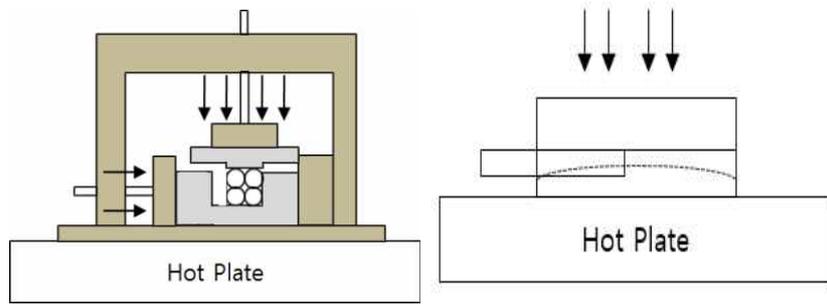
- 열과 압력에 의한 융착형 플라스틱 광섬유 커플러 제작

아크릴을 가공 하여 앞서 개발되었던 POF 광점퍼코드를 지지하게 하고 중간에 플라스틱 광섬유 단면을 붙여서 손실을 최소화 시킨다. 아크릴에 새겨진 홈이 단면상에서 사각구조이기 때문에 플라스틱 광섬유의 단면을 원형 구조에서 사각 구조로 서서히 변환 되도록 구성 하였다. 아래 그림은 제안된 플라스틱 광섬유 커플러 구조를 보여주고 있다.



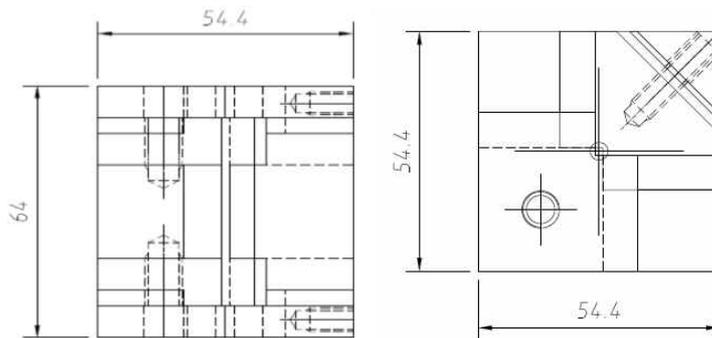
< 제안된 플라스틱 광섬유 커플러 >

가운데 영역 부분을 POF 변환 영역(POF transition region)으로 나타내며, 단면 모양이 천천히 변화하기 때문에 변환 영역에서 광 손실은 발생하지 않은 것으로 알려져 있다. 광커플러 제작을 위해 아크릴에 광섬유를 고정시키기 위해 위와 같은 형태로 홈을 형성하였으며, 플라스틱 광섬유를 원형구조에서 사각구조로 변형하기 위한 방법으로는 열을 가해 압착하는 기법을 사용하였다



< 플라스틱 광분배기 제작을 위한 변형과정 >

우선적으로 위와 같이 POF 구조를 변형시키기 위해서는 특수하게 제작된 금속 지그가 필요하게 된다. 1차적으로 1x4 사각성형을 진행하기 위한 특수 압착 지그설계를 진행하였으며, 이는 원형형태의 출력부 POF 구조변형을 시켜 정사각형 구조로 변형시키기 위해서 이다. 아래 그림은 특수 제작된 압착지그 도면과 제작된 지그를 보여주고 있다.



< POF 구조변형을 위한 특수 압착지그 도면 >



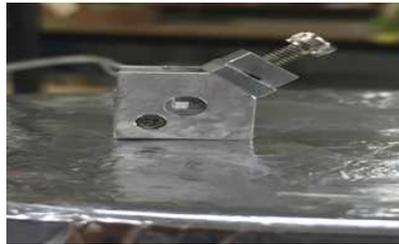
(a) 지그 윗면부



(b) 지그 옆면부

< 제작된 특수 압착 지그 >

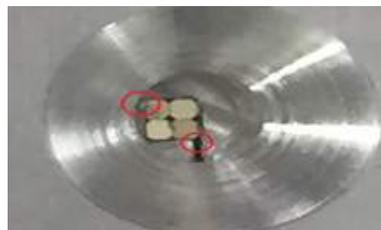
제작된 특수압착 지그를 활용하여 광섬유를 고정시킨 후 약 90°C에서부터 120°C까지 열을 서서히 가해주면서 압력을 주게 되면 플라스틱 광섬유의 단면이 원형구조에서 사각구조로 변형이 진행되었지만, 특수 압착지그의 압력을 주는 과정에서 아래와 같이 빈공간이 생기게 되면서 POF의 변형과정에서 흐트러지는 형상이 발생되었다. 아래 그림은 특수압착지그를 활용하여 압력을 주었을 시 문제점을 보여주고 있다.



< POF 가공 과정 >

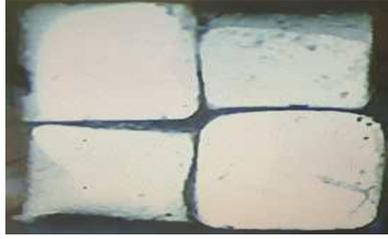


POF 압력 전



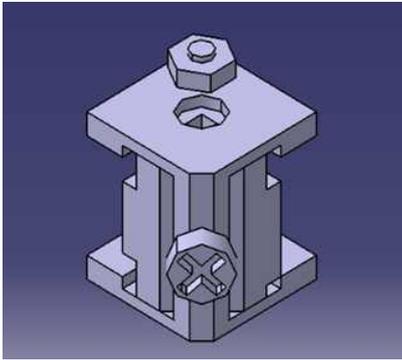
POF 압력 후

< 변형과정에서의 문제점 >

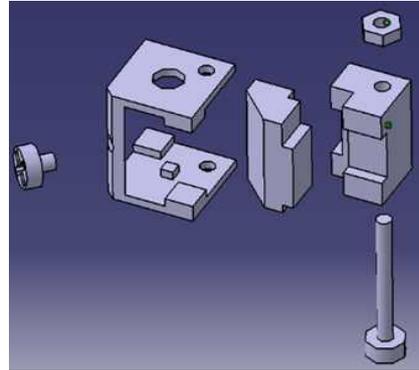


< POF 변형과정 기형현상 >

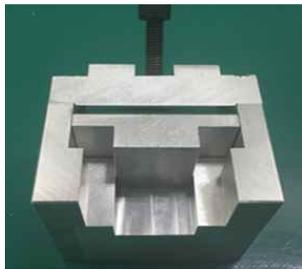
POF 기형현상 파악과정에서 위와같은 현상이 나타는 이유는 특수압착지그는 소형화된 구조로 압착하는 과정에서 POF가 상온에서 변형되는데 압착지그의 빈공간에 빨려 들어가는 현상을 발견하였으며, 이러한 현상이 발생하면서 4개의 POF가 결합되지 않으며, 바깥부분도 안정적으로 변형되는 부분에서 기형현상이 발생하였다. 이를 대처하기 위한 방안으로 특수압착지그를 추가적으로 설계를 진행하였으며, 기존 특수압착지그를 3배 확장시켜 구조변경을 진행하였다.



< 특수 압착 지그 도면 >



< 특수압착지그 분리 도면 >



< 특수 압착 지그 앞면 >



< 특수압착지그 옆면 >

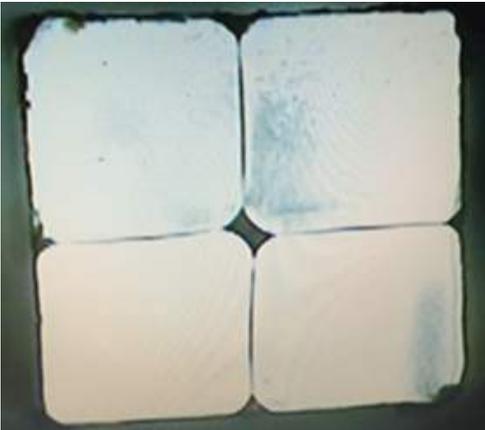
기존 특수 압착지그의 단점을 보완하기 위해 지그 구조를 전체적으로 3배이상 확장시켰으며, POF 결합후 압력을 가하는 Screw 부분을 좀더 세부적으로 설계를 진행하여 호트러짐현상이 나타나지 않도록 보완하였으며, POF가 삽입되는 가공부분의 빈 공간을 최소화 하기 위해 정밀공정을 통해 특수 압착지그를 제작하였다.

추가적으로 제작된 특수 압착지그를 활용하여 위 실험방법인 특수압착 지그를 활용하여 광섬유를 고정시킨 후 약 90°C에서부터 120°C까지 열을 서서히 가해주면서 압력 주면서 POF 변형과정을 연구하였으며, 테스트 결과 POF 4개의 단면이 원형구조에서 사각구조로 변형이 진행되었으며, 이론적으로 제시한 내용과 같은 최종변형된 POF 제작

을 완료하였다.

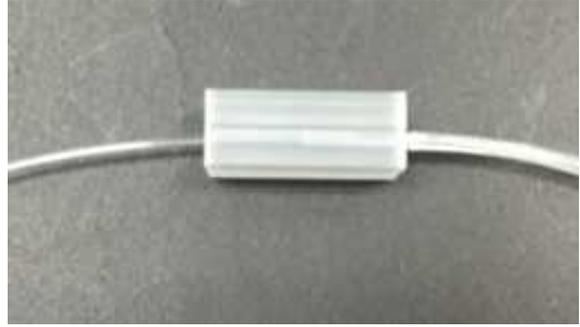


< 특수 압착 지그를 활용한 POF 가공 과정 >



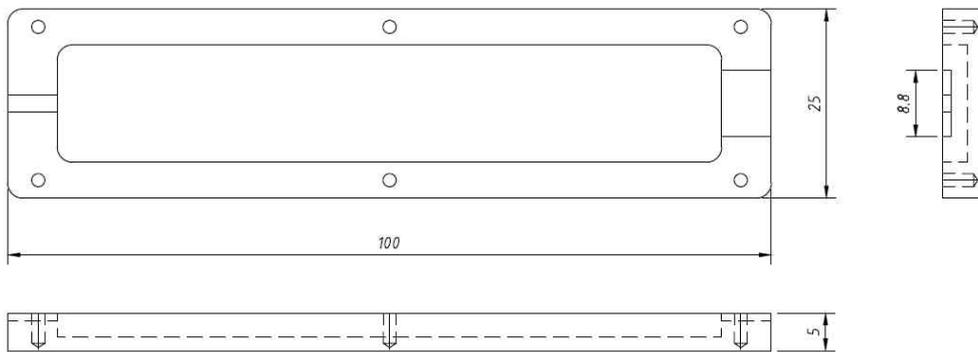
< 최종 변형된 POF >

위 그림은 최종 변형된 POF의 모습을 Optical jumper cord 단면검사장비를 활용하여 x200배율로 촬영모습과 육안으로 확인했을시 POF 단면도를 보여주고 있다. 정사각형으로 변형된 POF를 아크릴지그와 결합하여 1x4 형태의 구조로 제작하였으며, 아크릴 지그 상하 조립을 진행하여 상하부 UV경화 작업을 통한 최종적인 1x4 광분배기 제작을 완료할 수 있었다.



< 제작된 1x4 광분배기 >

제작된 1x4 광분배기 케이스 제작을 위해 전체 길이 10cm 폭으로 설계를 진행하였으며, 케이스 내부에 격벽을 설계하여 광 분배기 코어 실장시 광분배기 코어를 지지할 수 있도록 구조를 설계하였다. 광분배기 케이스는 4개의 볼트 홀을 만들어 M2 볼트를 사용하여 고정할 수 있도록 설계하였으며, 재질은 ABS를 사용하였고, Black 색상으로 가공하였다. 아래 그림은 광분배기 케이스 도면과 최종 가공된 케이스를 보여주고 있다.



< 광분배기 케이스 도면 >



< 광분배기 케이스 >

POF Pigtail과 광 접속시, 쉬운 정렬이 가능할 수 있도록 양쪽 끝단면을 1x4 POF 규격에 맞도록 제작하였으며, 광분배기와 케이스 패키징 시 UV Epoxy를 투과하여 광분배기와 케이스의 고정이 용이하도록 제작하였으며, 광분배기와 케이스 결합을 통한 최종 제품 제작을 완료하였다.



< 1채널 POF 입력부 >



< 4채널 POF 출력부 >



< 1x4 광분배기 최종 제품 >

- 1x4 광분배기 특성분석

본 기술개발을 통해 제작된 1x4 광분배기 제품의 성능분석을 진행하기 위해 테스트를 진행하였으며, 정량적 평가 항목인 광분배기 손실에 관한 성능 분석을 진행하였다.

- 삽입 손실 (Insertion Loss)

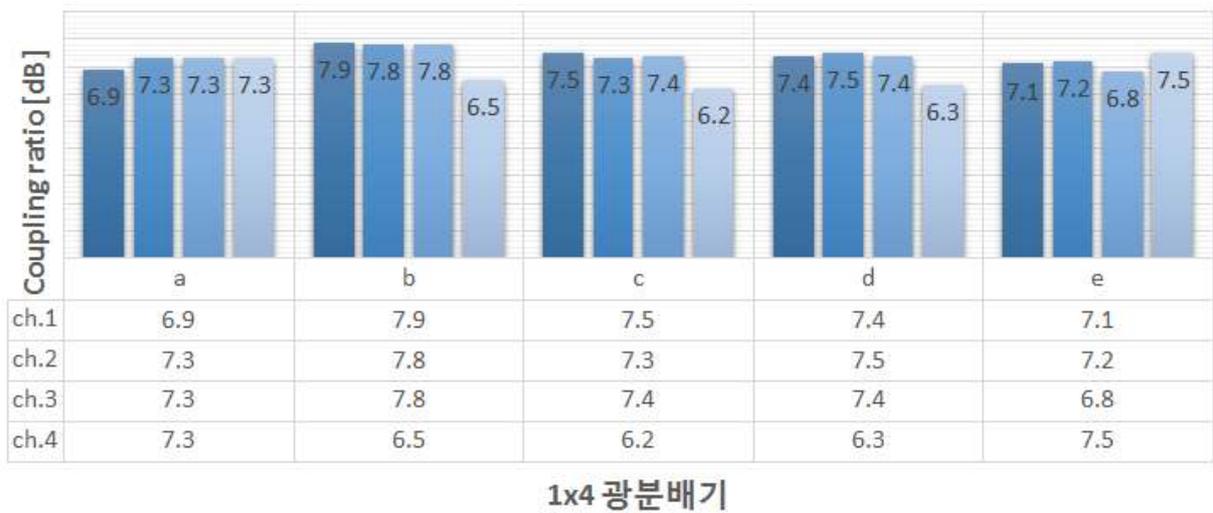
현재 전 세계 최적의 광분배기 손실은 8.5dB로 나타나고 있으며, 삽입손실 측정시 POF용 MASTER Patch Cord(DUT1)과, He-Ne Laser 650nm Source, 650~850nm 까지 측정이 가능한 Optical Power meter를 준비하여 측정을 진행하였다. 아래 표는 삽입손실 측정에 사용된 장비 리스트 나타내고 있다.

< 삽입 손실 측정 장비 >

사용 장비명	제작사 및 형식
He-Ne Laser	OS417-MD, AFSI
Power Meter	OM110A(650,850nm)

- 실험 순서

1. 측정에 사용할 장비를 30분 이상 켜두어 안정화시킨다.
2. Power Meter의 파장을 He-Ne Fiber Laser 파장인 650nm로 셋팅한다.
3. Metal Ferrule을 장착한 파이버를 P0. 값으로 레퍼런스 광파워(dBm) 값을 입력하여, Zero Setting(0dB)으로 Power Meter로 계측한다.
4. 계측하고자 하는 POF(Plastic Ferrule) 케이블의 양쪽 끝단을 각각 Power Meter와 Fiber Laser Source에 Connecting한다.
5. 계측된 POF 케이블의 손실값[dB]을 계측 한다, 혹은 $IL=P0.-P1=[]$ dB값을 계산하여 측정 한다. (dBm-dBm=dB)
6. 4~5번 방법을 이용해 계측하며, 계측은 10회 반복하여 계측된 값과 평균값을 기록한다.



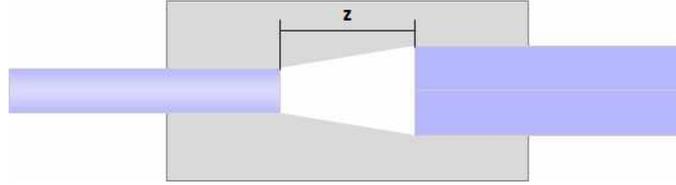
< 광통신용 POF Pigtail 삽입손실 측정값 >

테스트 결과 1x4 광분배기 평균 손실값은 7.2dB이며, 이는 본 기술개발을 통하여 POF 구조 자체를 특수 압착기술을 활용하여 변형시켜 결합한 과정과 일반적인 POF의 개채수를 늘려 결합하였을 때 측정된 결과값보다 획기적인 데이터를 수집할 수 있었으며, 축사내 온도, 습도, 가스, 미세먼지 등 실시간으로 제어가 가능할 수 있도록 구동할 수 있는 시스템의 핵심인 광부품으로써 본 기술개발의 기술적인 방향성의 향상을 가져올 수 있을것으로 예상된다.

- 파이버의 테이퍼링 및 도파로 길이에 따른 최적의 커플링 조건 수립

최적의 커플링 조건을 수립하기 위해서 POF 1x4 광분배기의 정량적목표를 만족하여야 하며 도파로 길이에 따른 광손실값에 대한 데이터가 중요시 되고 있다.

POF 1x4 광분배기의 도파로길이(z)를 2, 3, 4, 5, 6, 10mm 간격으로 광분배기를 제작하였으며, 도파로 길이에 따른 광분배기의 삽입손실을 측정을 진행하였다.



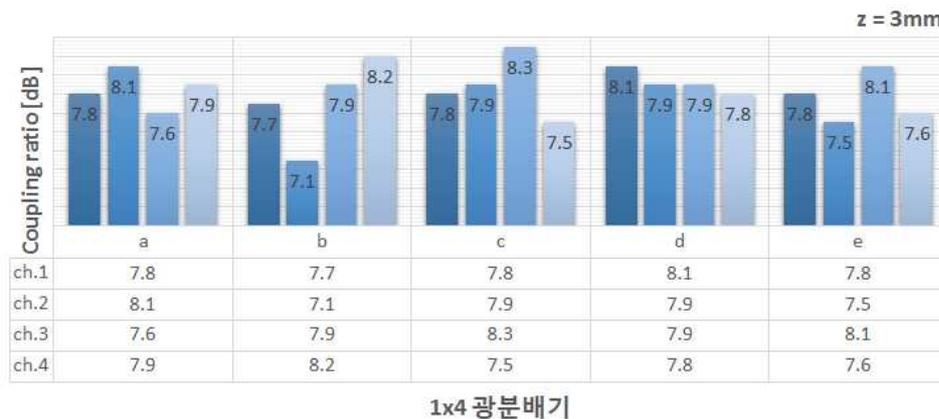
< POF 테이퍼링 도파로 거리 특성 >

최종 제작된 1x4 광분배기의 최적의 손실값을 나타내기 위해 길이에 따른 삽입손실을 측정하였으며, 향후 2차년도 미디어 컨버터 제작과 더불어 측사내 환경관리 시스템에 적용될 수 있도록 본 테스트를 진행하였다. 기본적으로 POF 도파로 거리에 충족할 수 있는 2, 3, 4, 5, 6, 10mm의 POF 1x4 광분배기를 도파로 거리별 5개씩 측정 테스트를 진행하였으며, 아래 그래프와 같은 결과를 도출할 수 있었다.

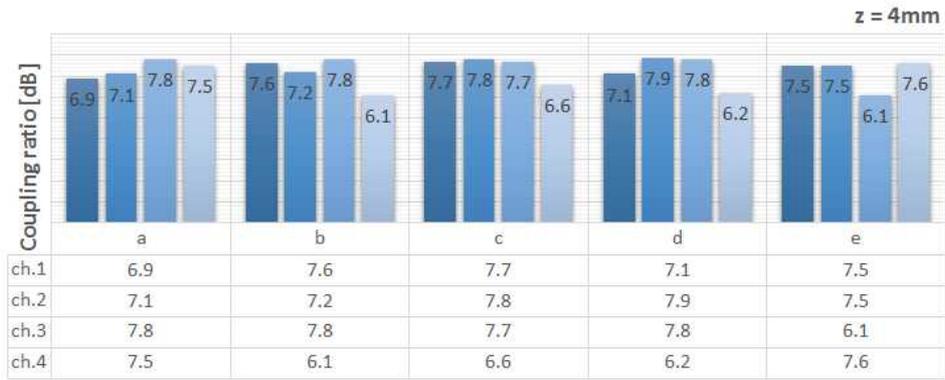


< 2mm 거리에 따른 삽입손실 측정값 >

1차로 제작된 1x4 광분배기는 도파로 거리2mm로 제작하였으며, 정량적 목표인 광분배기 손실은 8dB이며, 5개의 시료 측정 결과 7.5 ~ 8.8dB로, 이는 도파로 길이가 축소함에 따라 광파장의 반사각이 줄어드는 현상으로 인해 정량적 목표값에 도달하지 못하였으며, 최적의 거리간격을 찾기 위해 3mm 이상의 거리간격을 조종 후 진행 하였다.

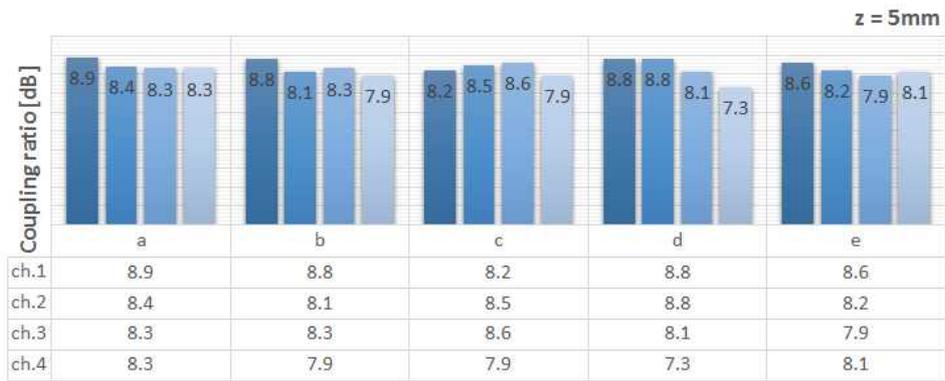


< 3mm 거리에 따른 삽입손실 측정값 >



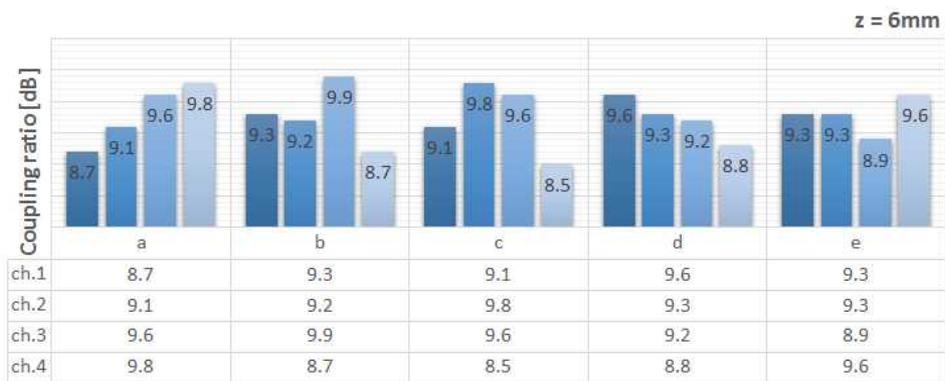
1x4 광분배기

< 4mm 거리에 따른 삽입손실 측정값 >



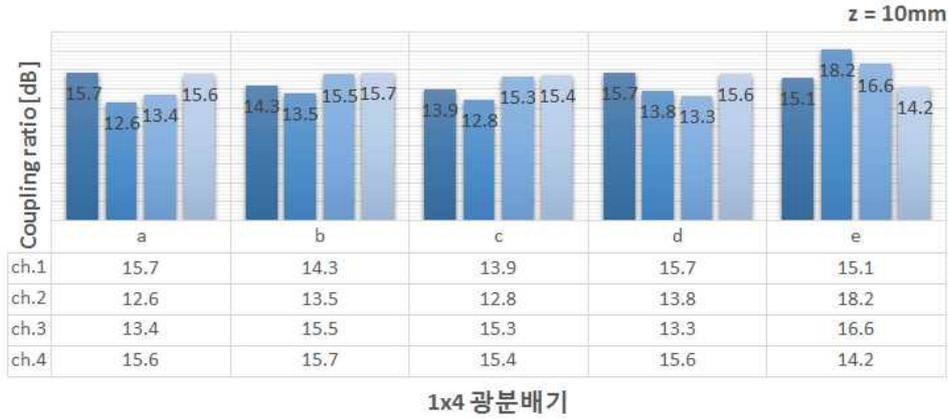
1x4 광분배기

< 5mm 거리에 따른 삽입손실 측정값 >

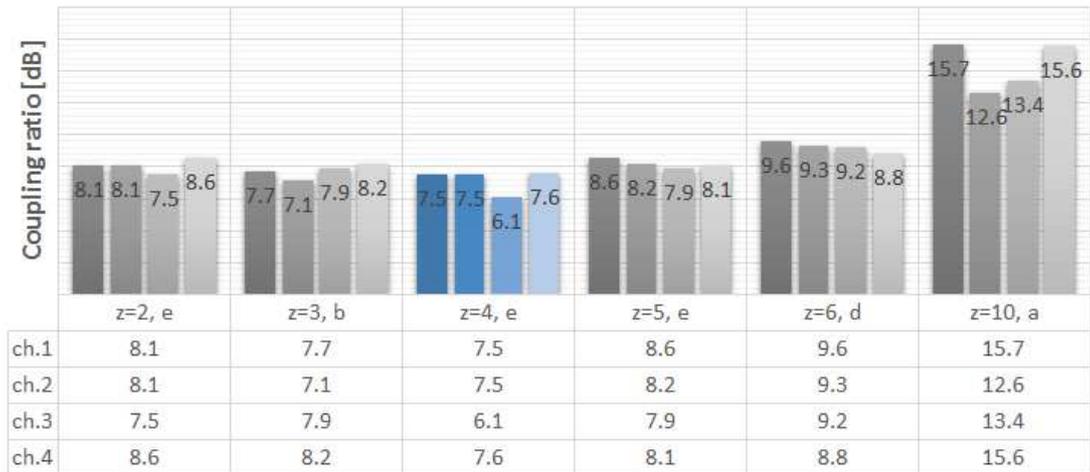


1x4 광분배기

< 6mm 거리에 따른 삽입손실 측정값 >



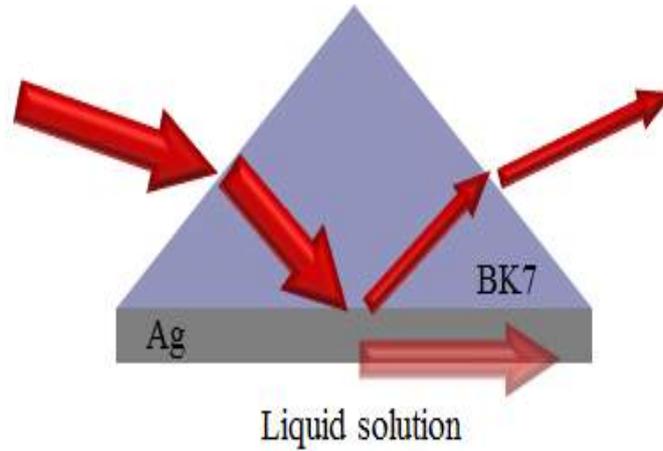
< 10mm 거리에 따른 삽입손실 측정값 >



< 도파로 거리에 따른 삽입손실 비교 >

테스트 측정 결과 1x4 광분배기의 정량적 평가 목표인 광분배기 손실은 8dB이내이며, 본 테스트를 통하여 POF는 테이퍼링을 통하여 길이에 따른 손실값을 알 수 있었으며, 도파로 거리 2, 3, 5, 6, 10mm 오차범위가 벗어남을 알 수 있었으며, 4mm 정량적 목표치의 8dB이내의 최적의 커플링 조건을 만족하는 결과를 확인할 수 있었으며, 삽입손실 값 데이터를 확보할 수 있었다. 최종 개발 목표인 광기술 기반 축사환경관리 시스템 개발 진행에 따른 중요시되는 요소인 POF의 핵심 기술인 POF 피그테일의 최적의 조건을 만족할 수 있었다.

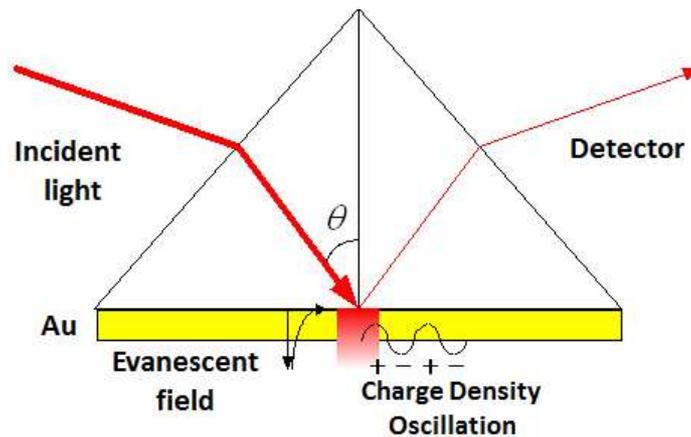
- Plasmonic 센서 설계 및 살균 시스템 개발
Plasmonic 센서 설계



< 일반적인 형태의 Plasmonic 바이오 센서 >

- Kretschmann-Reather Configuration

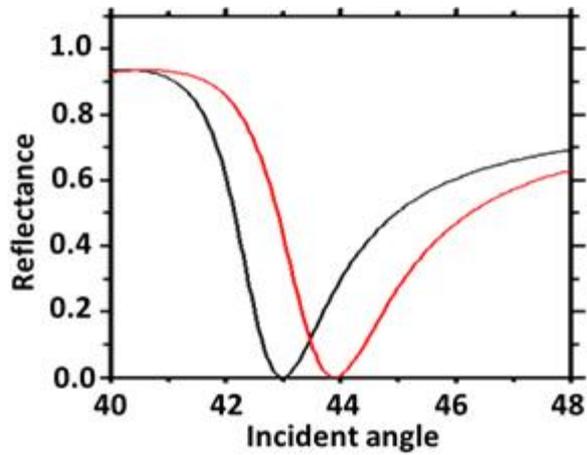
표면 플라즈몬이란 금속 표면에서 자유전자가 집단적으로 진동하는 유사 입자로 빛과 금속 내의 자유전자간 상호작용에 의한 결과로 빛이 금속 표면에 갇힌 것을 말하는데 빛의 투과율이 표면 플라즈몬에 의해 특정한 파장에서 변하게 되는 현상이다.



< 표면 플라즈몬 현상 >

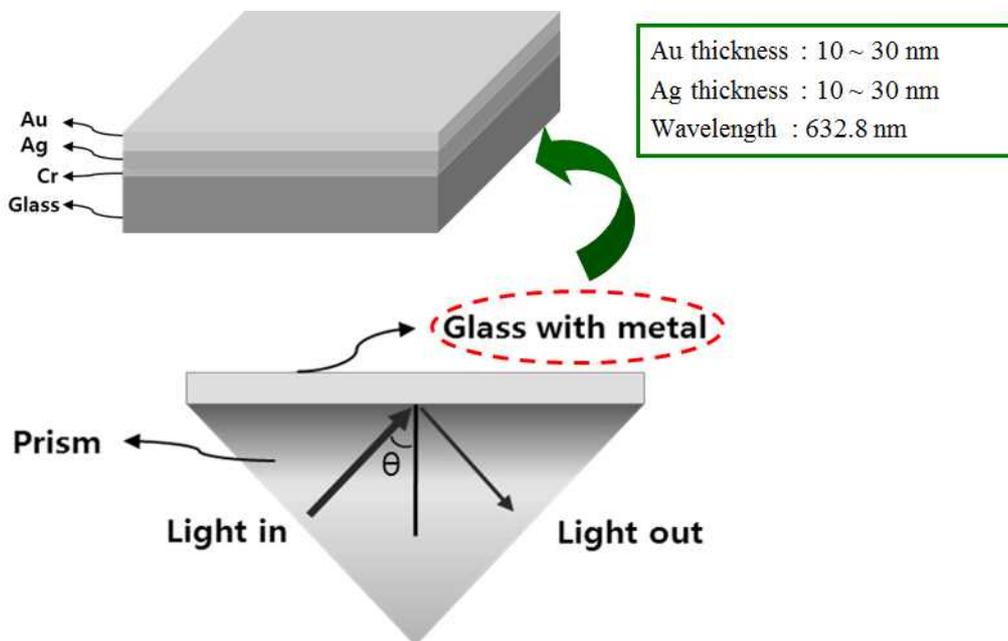
$$k_x = \frac{2\pi}{\lambda} n_1 \sin \theta_o = k_{sp} = k_o \sqrt{\frac{\epsilon_N n_1^2}{\epsilon_N + n_1^2}}$$

Kretschmann-Reather Configuration



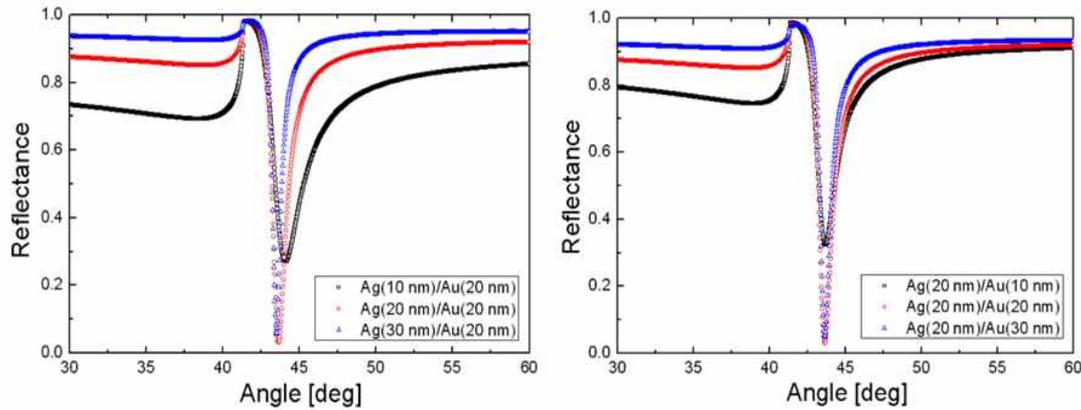
< 표면 플라즈몬 현상에 의한 Resonance shift >

- 금속 박막 구조



< 2층의 금속 박막의 플라즈모닉 센서 개념도 >

Eagle 2000 : $n=1.505$, BK 7 : $n=1.515$, Index matching oil : $n=1.51$ 의 조건에서 시뮬레이션을 실시하였다.

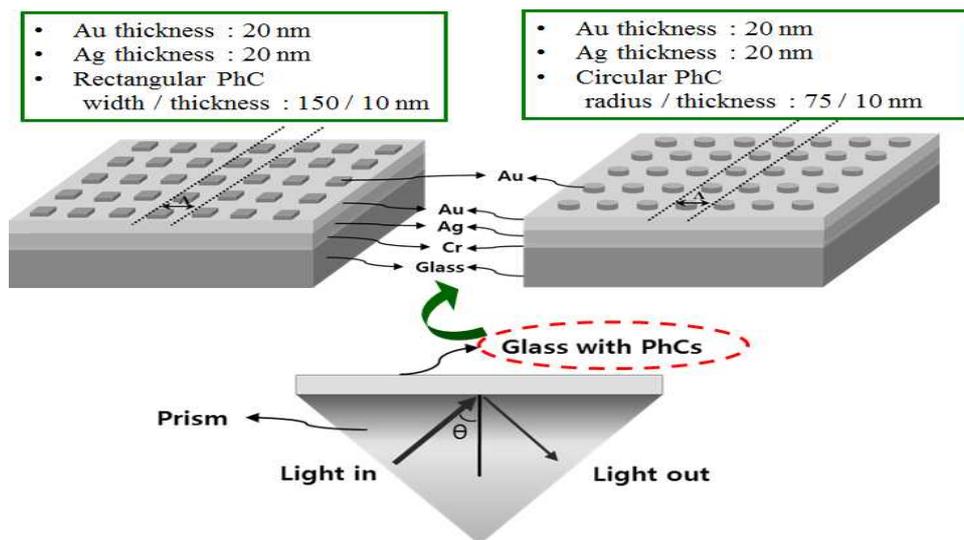


< 시뮬레이션 결과 >

플라즈모닉 효과가 나타나는 Resonance angle이 Ag 박막의 두께에 따라 각각 다르게 나타났으며, 그 값은 Au 박막의 두께가 20nm로 일정할 경우 Ag가 10nm 일 때 44.1°, 20nm일 때 43.6°, 30nm 일 경우는 43.5°로 나타났다. 하지만 Ag가 20nm로 일정할 경우는 Au의 두께에 관계없이 43.6°로 나타났다.

- 나노 Au 구조의 형태에 따른 변화

아래 그림은 Ag 박막상에 Au의 형태 변화에 따른 시뮬레이션 결과를 나타내었다. Ag 박막과 Au 나노 입자의 두께가 일정할 경우 나노 입자의 형태에 따라 플라즈모닉 효과가 어떻게 변화하는지에 대한 시뮬레이션을 실시하였다.

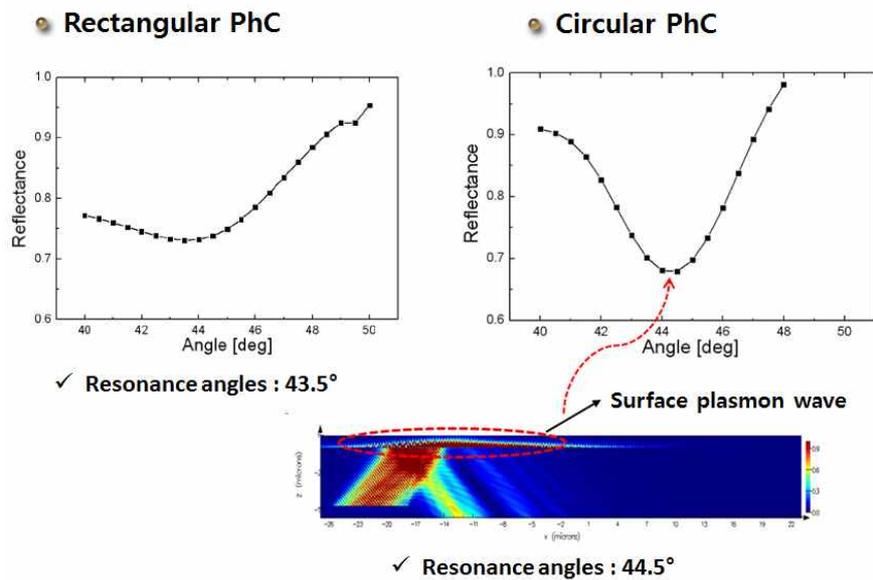


Eagle 2000 : n=1.505
BK 7 : n=1.515

< Au 나노입자의 형태에 따른 개념도 >

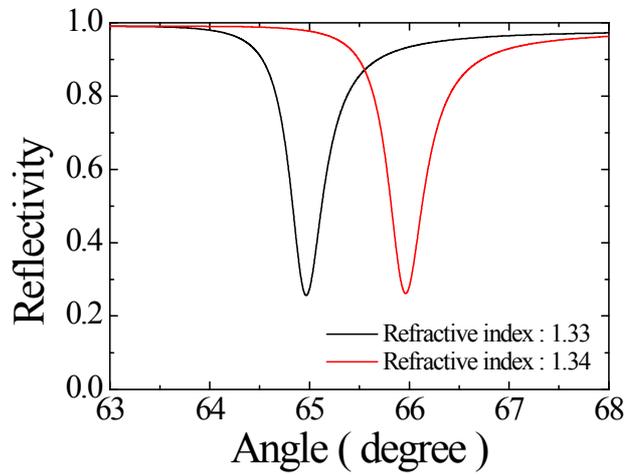
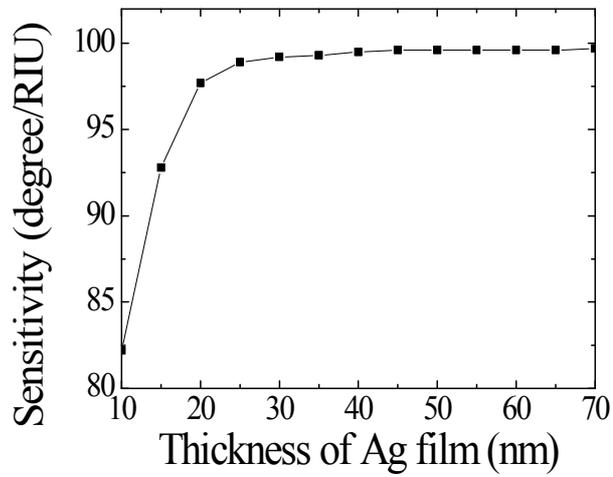
Ag 박막의 두께는 20nm로 일정하게 유지하였고, Au 나노입자의 두께는 10nm로 일정하게 유지하였다. 또한 크기를 일정하게 유지하기 위하여 사각형의 Au 나노 입자의 길이는 150nm로 유지하였으며, 원형의 반지름의 길이를 75nm로 유지하여 원형의 지름은 사각형과 같은 150nm로 설정하여 시뮬레이션을 실시하였다.

그 결과는 아래 그림에 나타내었다. 사각형의 나노 입자에서는 Resonance angle이 43.5°로 나타났고 원형 나노입자에서는 44.5°로 나타났으며, 원형 형태를 가지는 Au 나노 입자에 대한 Resonance 효과가 사각형의 나노입자보다 크게 나타남을 확인하였다. 따라서 본 연구과제를 위해서 나노 패터닝시 이러한 형태가 나타나도록 실험을 진행하였다.



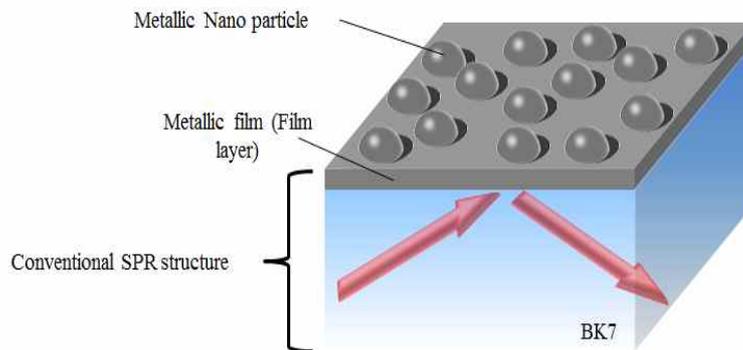
< Au 나노입자의 형태에 따른 Resonance Angle 및 Surface plasmon wave >

먼저 본 연구에서 제안하는 바이오센서의 형태와 비교분석을 실시하기 위하여 일반적인 Plasmonics 바이오센서에 대한 시뮬레이션을 실시하였다. 그림과 같은 형태를 가지는 바이오센서에 대한 시뮬레이션 결과에서는 Sensitivity 가 99.6 degree/RIU로 나타난 것을 확인하였다.



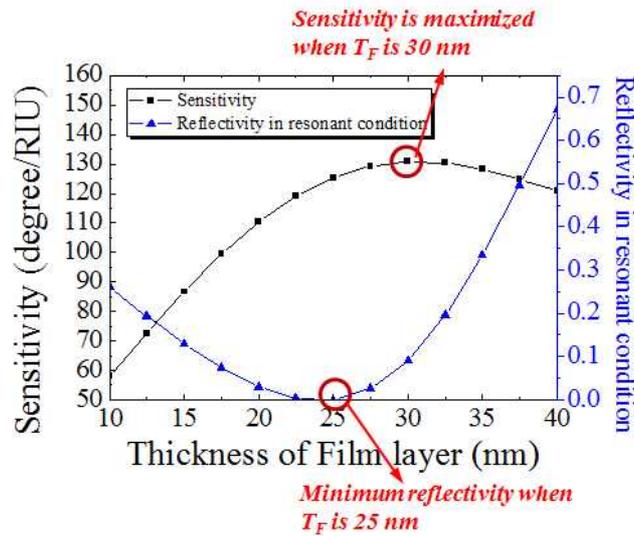
< 일반적인 형태의 Plasmonic 바이오 센서에 대한 시뮬레이션 >

본 연구에서 제안하는 바이오 센서에서는 Sensitivity를 높이기 위해 Metal nano partical을 사용하는데, 본 연구에서는 Metal로는 Ag를 이용하도록 설계를 실시하였고, 나노 파티클의 크기는 50nm로 설정하였으며, Fill factor는 60%로 설정하여 시뮬레이션을 실시하였다.



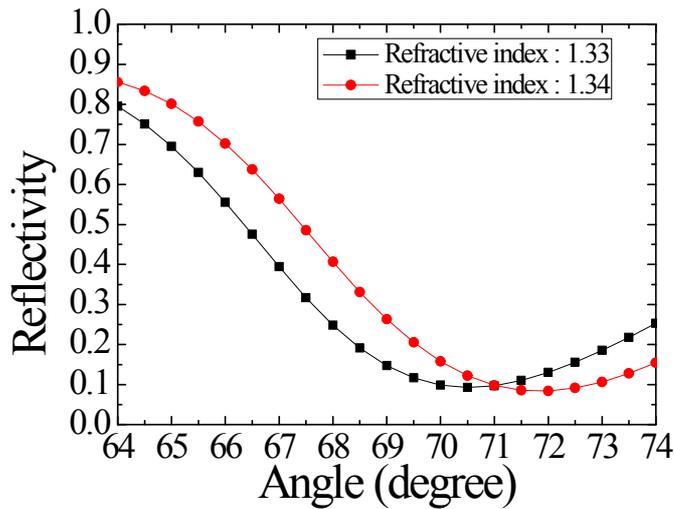
< Sensitivity를 높이는 플라즈모닉 바이오 센서 디자인 >

또한, BK7 glass위에 코팅되는 Metal thin film은 나노 파티클과 같은 Metal로 두께는 약 25~30nm로 설정하여 시뮬레이션을 실시하였다. 그 결과는 다음과 같다.



< 바이오센서 시뮬레이션 결과 >

또한 Metal thin film의 두께를 30nm로 설정하고 Refractive index를 1.33과 1.34로 나누어 시뮬레이션을 실시하였다. 여기서 Sensitivity는 130.9 degree/RIU로 나타났다.



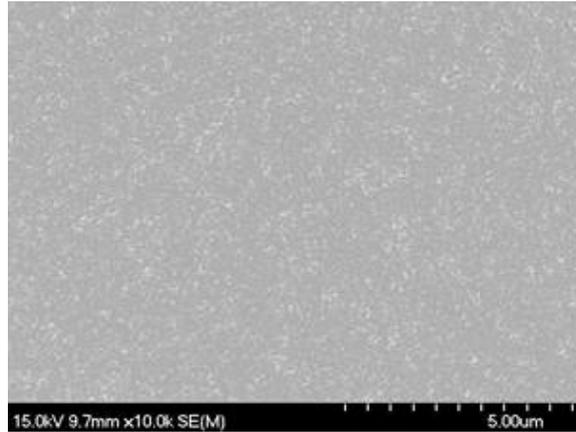
< Metal thin film이 30nm인 경우 >

위의 일반적인 Plasmonic 바이오 센서 결과와 비교하였을 때 99.6 degree/RIU에서 130.9 degree/RIU로 증가하였음을 보여주었고 위에서 쓰인 시뮬레이션 결과는 향후 Plasmonic 센서 제작에 응용 될 예정이다.

- 가시광 나노 광촉매 기술 연구

플라즈모닉 효과를 이용한 가시광 나노 광촉매 기술에 대한 연구는 자기조립 Ag 나노 파티클 제조와 TiO₂ 코팅 및 열처리를 통한 플라즈모닉 효과 극대화로 나뉜다.

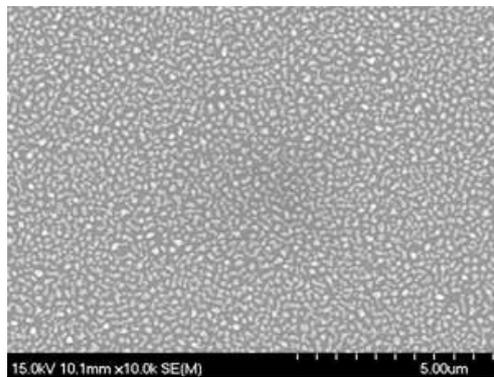
먼저 자기조립 Ag 나노 파티클 제조에 관한 실험을 실시하였다. Ag 나노 파티클은 Ag를 nm단위로 코팅을 실시한 후, RTA를 통한 열처리를 통하여 나노 입자로 변형하는 방법을 사용하여 실험을 진행하였다.



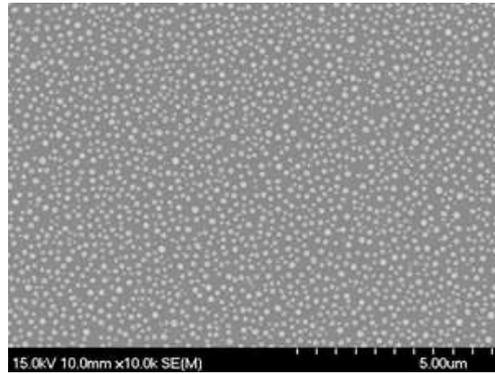
< Glass 위에 코팅된 Ag (× 10,000배) >

먼저 e-beam evaporator를 통하여 Ag를 10nm로 코팅하였다. Deposition rate는 1Å/sec 의 속도로 코팅을 실시하였다. 그림은 Ag를 코팅한 후 표면을 SEM을 통하여 분석한 결과이다.

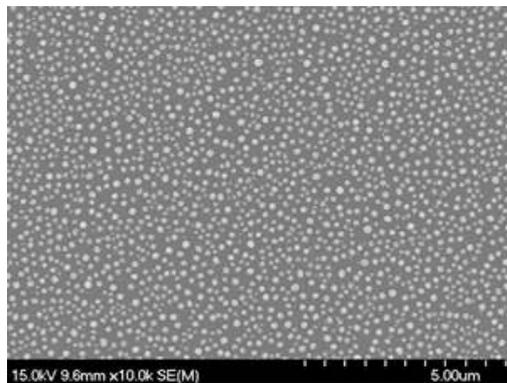
Ag에 대한 코팅 후, 열처리를 통하여 Ag 나노 입자의 자기조립 현상을 이용한 나노 입자 제어 기술 개발을 실시하였다. 아래 그림은 위에서 코팅한 Ag를 300℃부터 500℃까지 RTA를 통하여 열처리를 실시한 결과를 나타내었다.



(a) 300℃



(b) 400°C



(c) 500°C

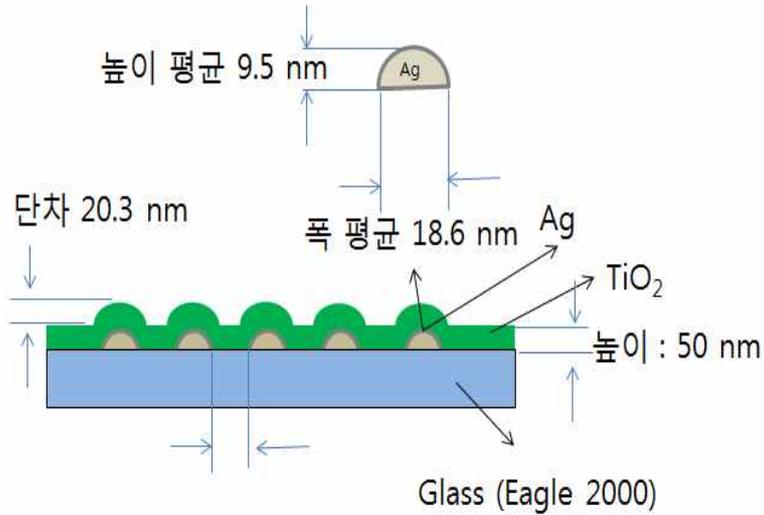
< 열처리 결과 SEM 분석 (× 10,000배) >

열처리 결과를 살펴보면, 400°C에서 열처리를 실시한 결과가 가장 입자의 균일성 및 입자의 분포가 균일하여 플라즈모닉스 효과를 극대화 할 수 있는 결과를 얻었다.

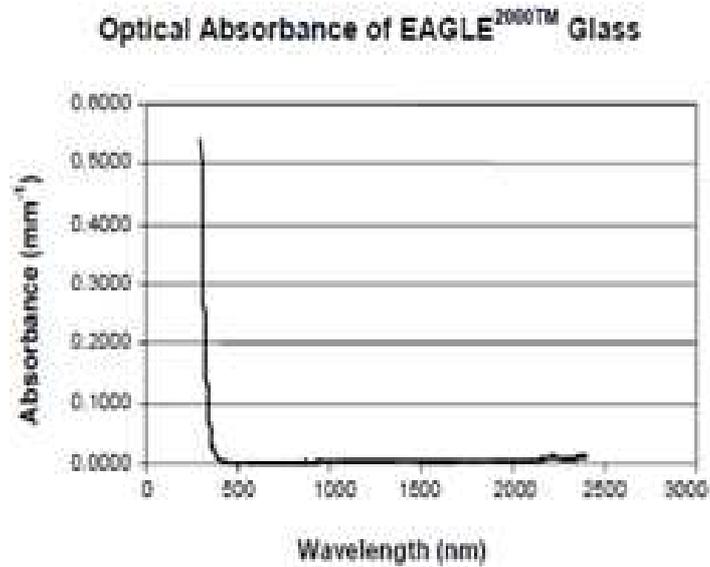
위의 결과를 바탕으로 TiO₂ 박막 코팅 연구 개발을 실시하였다. TiO₂ 박막은 한국광기술원에서 보유하고있는 IAD를 이용하여 코팅을 실시하였고, 이후 다시 열처리를 통하여 결정성과 안정성을 향상시켜 플라즈모닉스를 이용한 가시광 살균 광촉매에 대한 연구개발을 실시하였다.

- Ag 나노 파티클의 플라즈모닉스 현상을 위한 시뮬레이션 실시

TiO₂ 박막의 코팅을 위하여 Ag 나노파티클의 플라즈모닉스 현상에 대한 시뮬레이션을 실시하였다. 시뮬레이션에 대한 기본 설정은 Ag 나노 파티클의 결과를 토대로 하여 Ag 나노 파티클의 높이를 9.5nm, 폭은 18.6nm로 설정한 후, 시뮬레이션을 실시하였다.

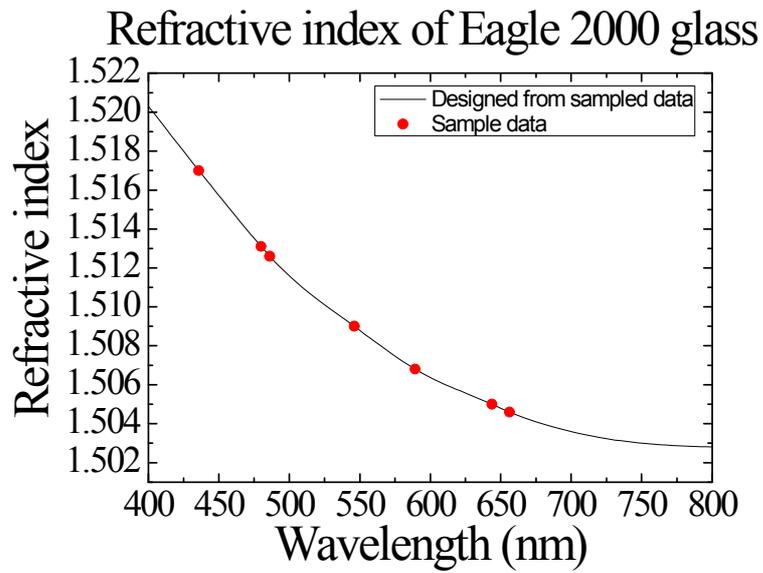


< Ag 나노 파티클 및 TiO₂ 박막에 대한 시뮬레이션 개념도 >

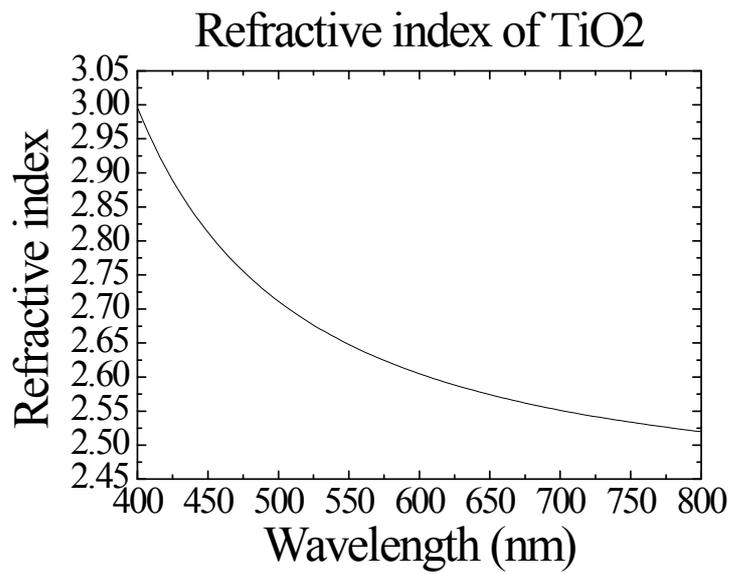


< Glass 기판의 Optical Absorbance >

또한 본 연구에서 기판으로 쓰인 Eagle 2000 glass 기판의 굴절률에 대한 데이터를 토대로 하여 기판의 굴절률과 TiO₂ 박막의 굴절률에 대한 데이터를 확보하여 이를 위의 시뮬레이션 결과에 반영하였다. (TiO₂의 굴절률 출처 : <http://refractiveindex.info>)

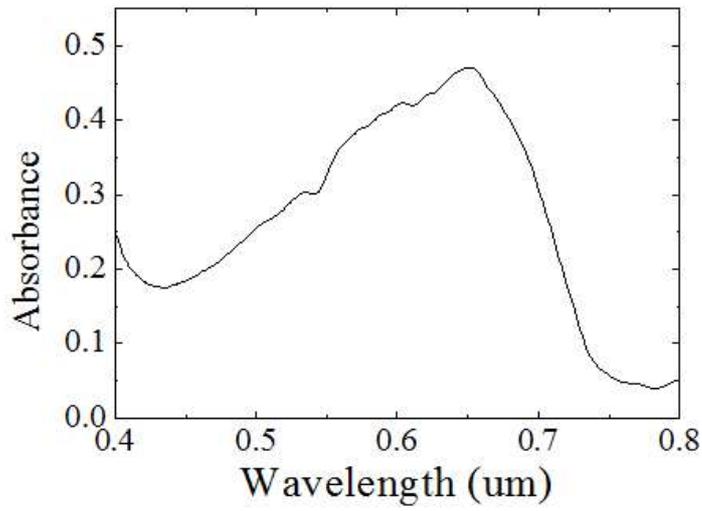


< Glass 기판의 Refractive index >

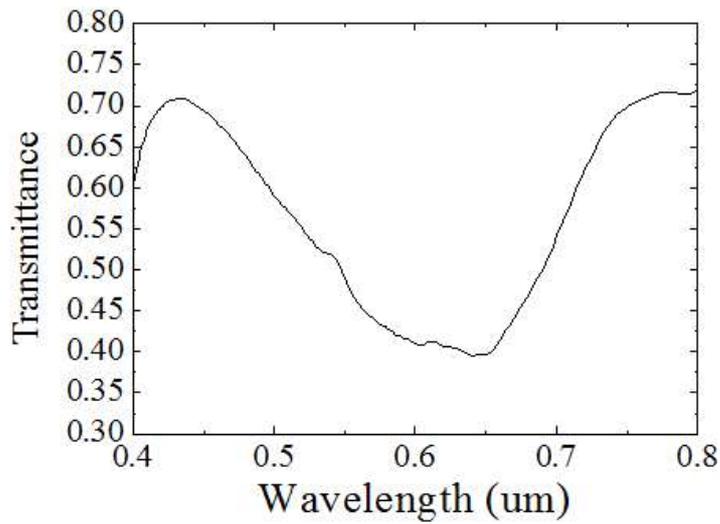


< TiO₂ 박막의 Refractive index >

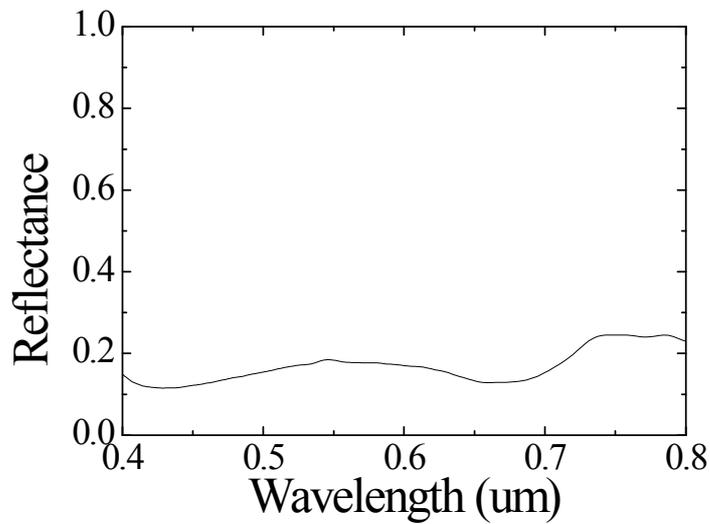
시뮬레이션 결과는 다음과 같다.



< 파장에 따른 투과율 >



< 파장에 따른 흡수율 >



< 파장에 따른 흡수율 >

650nm 부근의 파장에서 가장 큰 흡수율을 나타내었고, 이와 같이 투과율은 가장 낮은 값을 나타내었다. 또한 반사율은 큰 변화를 보이지 않았으므로 항균/ 살균을 위한 플라즈모닉스 효과는 650nm에서 가장 좋은 효율을 나타낼 것으로 보인다.

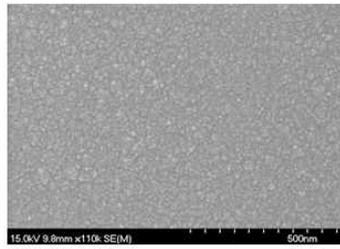
- TiO₂ 박막 증착

TiO₂ 박막의 코팅을 위하여 한국광기술원에서 보유하고 있는 Ion-Assisted Deposition system (IAD)을 사용하여 박막코팅을 실시하였다.

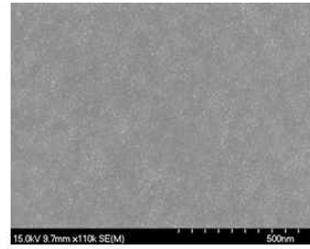


< Ion Assisted Deposition system (IAD) >

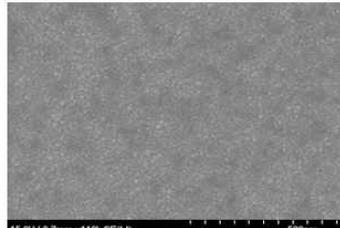
TiO₂ 박막의 증착 결과는 아래와 같다.



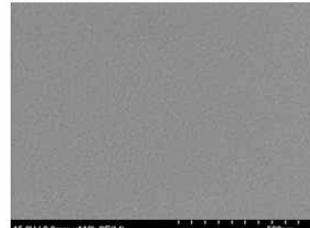
TiO₂ AS-depo. X11.000



TiO₂ 300°C X11.000



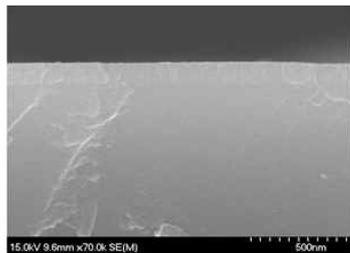
TiO₂ 400°C X11.000



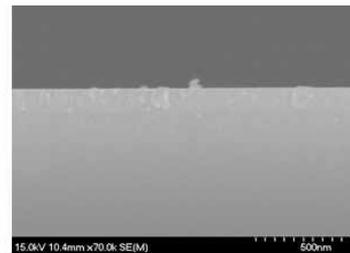
TiO₂ 500°C X11.000

< TiO₂ 박막의 표면 SEM 분석 >

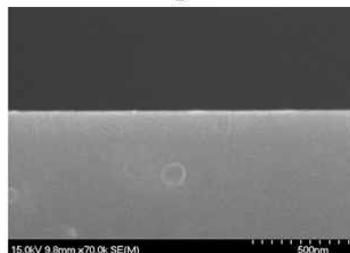
TiO₂ 박막은 아래 그림의 표면 분석 결과에서 볼 수 있듯이 열처리 온도가 상승 할수록 표면의 평활도가 상승하였으며, 500°C에서의 표면이 가장 Dense한 결과를 나타내었다.



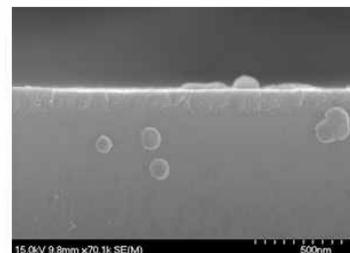
TiO₂ AS-depo. X70.000



TiO₂ 300°C X70.000



TiO₂ 400°C X70.000



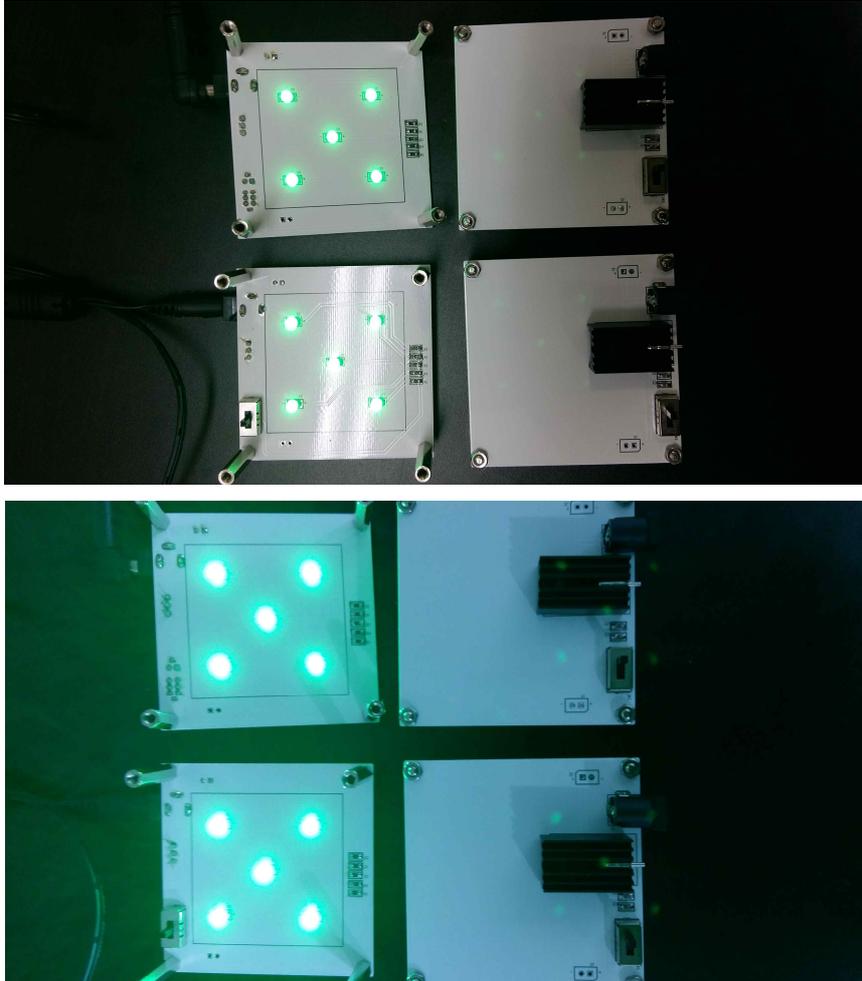
TiO₂ 500°C X70.000

< TiO₂ 박막의 단면 SEM 분석 >

또한 단면의 SEM 분석결과에서는 열처리 온도의 상승에 따라 TiO₂ 박막의 두께가 감소함을 나타내고 있다. 이는 TiO₂ 박막이 열처리를 통하여 치밀한 박막으로 변화하는 것을 보여주는 결과이다.

- 가시광 살균 효과 검증을 위한 실험 준비

위에서 제작된 Ag 나노 입자상에 TiO₂ 박막의 플라즈모닉스 효과에 의한 항균/살균 효과를 검증하기 위하여 자외선 살균을 대체 할 수 있는 가시광 살균용 LED 구동 회로를 제작하였다.

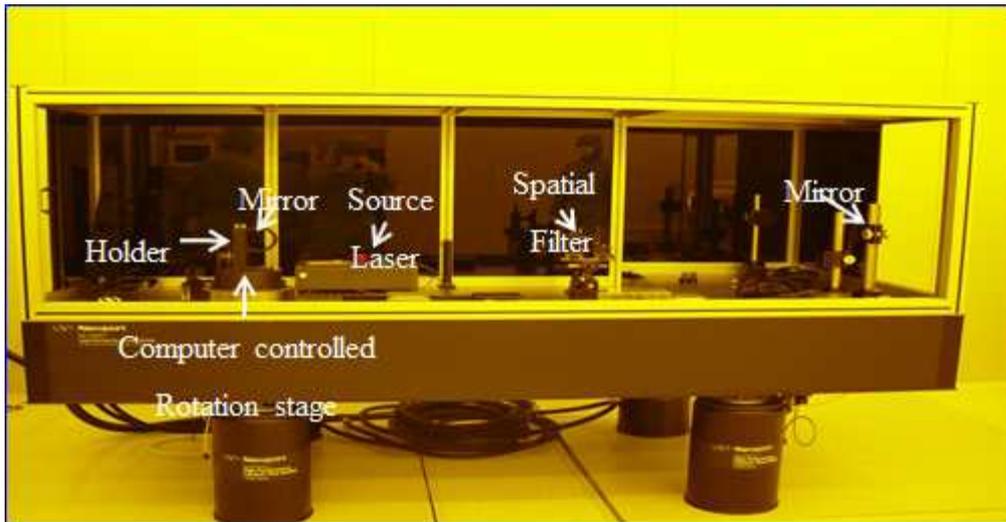


< 가시광 항균/살균 효과검증을 위한 LED Board >

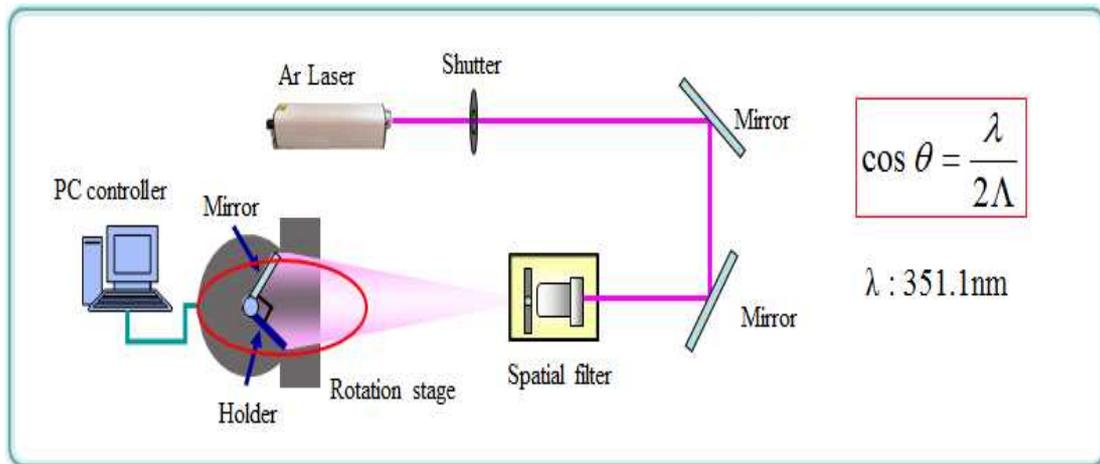
플라즈모닉스 현상을 이용한 광학적 효율 증가를 위한 LED 구동회로를 제작하였으며 그 파장은 650nm이다. 한국 건설생활환경시험연구원 (KCL)에 의뢰하기 위하여 일정한 가시광을 기관 표면에 입사하여 줄 수 있도록 일정한 높이를 가진 Board를 제작하였다. 가시광 LED의 빛이 시편에 입사할 수 있도록 제작하였으며, 항균 시험 대상균으로는 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus*)과 농녹균(*Pseudomonas aeruginosa*)에 대한 항균/살균효과에 대한 검증을 실시할 예정이다.

- 레이저 간섭 리소그래피를 통한 나노 패턴 제작 (나노 패터닝 원리 및 공정)

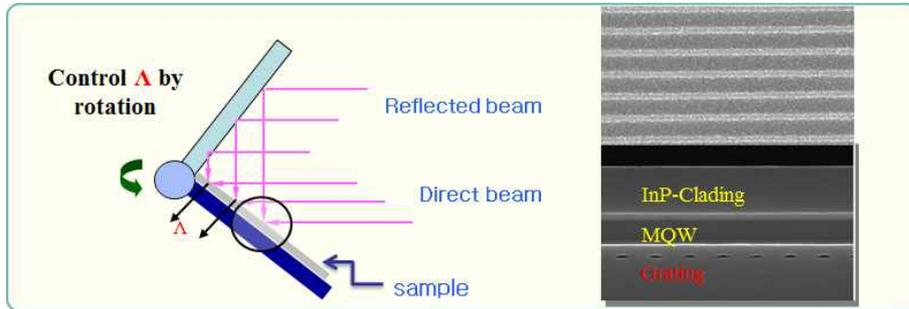
2차원 나노 패턴을 형성하기 위하여 레이저 간섭 리소그래피를 사용하였다. 레이저 간섭 리소그래피의 레이저를 편향을 통해 통과시켜 원하고자 하는 형태로 레이저를 분산시킨 다음, 아래 그림과 같이 편향을 통해 분산된 레이저가 샘플과 반사면에 동시에 입사하도록 설치한 다음 분산된 레이저의 세기를 일정하게 유지하였다.



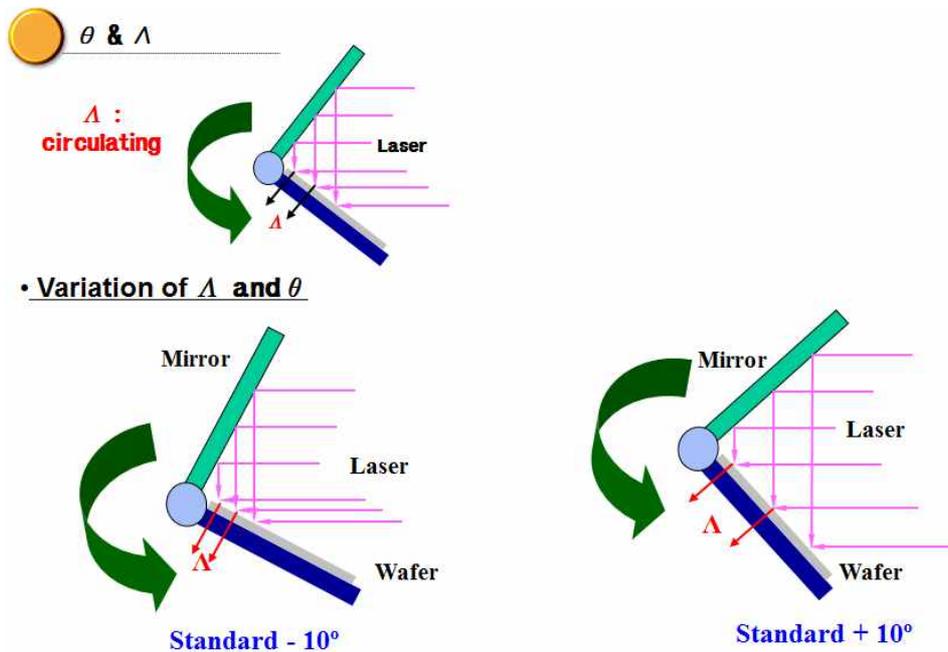
< 레이저 간섭 리소그래피 장비 >



< 레이저 간섭 리소그래피의 개념도 >



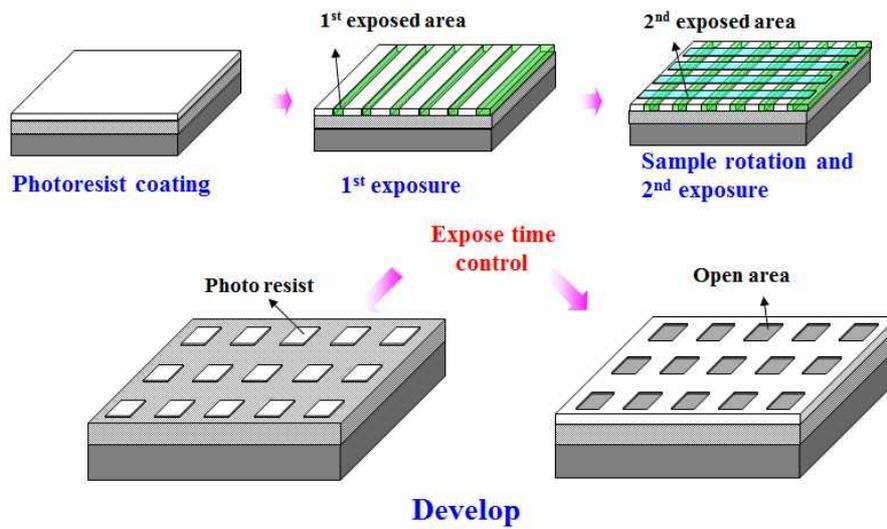
< 레이저 간섭 리소그래피의 원리 >



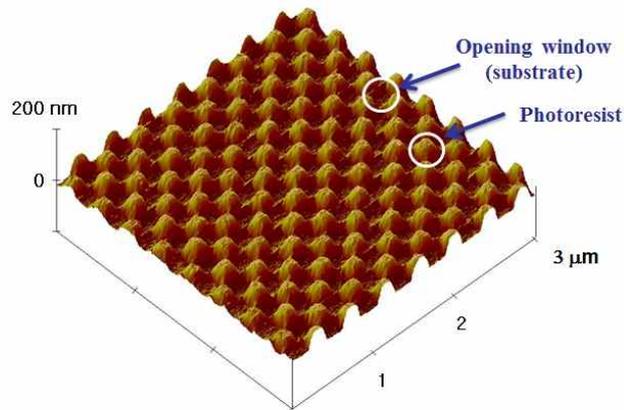
< 레이저 간섭 리소그래피 주기 조절 원리 >

샘플홀더와 반사면은 수직으로 고정되어 있고 로테이션 스테이지에 의해 회전이 가능하도록 설계하였다. 샘플홀더와 반사면에 위의 그림과 같이 레이저가 입사되면 Braggs' 회절법칙에 의해 입사된 레이저와 반사된 레이저간의 경로차에 의해 회절이 일어나고 원하는 부분에서만 노광이 이루어지게 되어 수직으로 패턴이 형성된다. 이렇게 노광된 기판을 일정각도로 회전시킨 후, 두 번째 노광 공정을 수행하게 되면 2차원 형태를 가지는 패턴이 형성된다.

실험 방법은 먼저 Si 기판을 유기물 세정제를 통하여 200℃에서 10분간 Hot plate에서 세정한다음 흐르는 증류수로 10분간 세정하였다. 그 다음 Hot plate에서 160℃, 5분간 수분을 제거한 후 포토레지스트를 3500rpm에서 30초간 스핀코팅하여 도포한 후 100℃에서 1분간 열처리 한 후, 샘플홀더에 샘플을 장착하고 일정시간동안 첫 번째 노광을 실시한 후 일정 각도로 샘플을 회전시켜 위의 첫 번째 노광시간과 같이 두 번째 노광을 실시하였다. 두 번의 노광후 100℃에서 1분간 열처리를 실시하고 현상을 45초간 실시하였다.



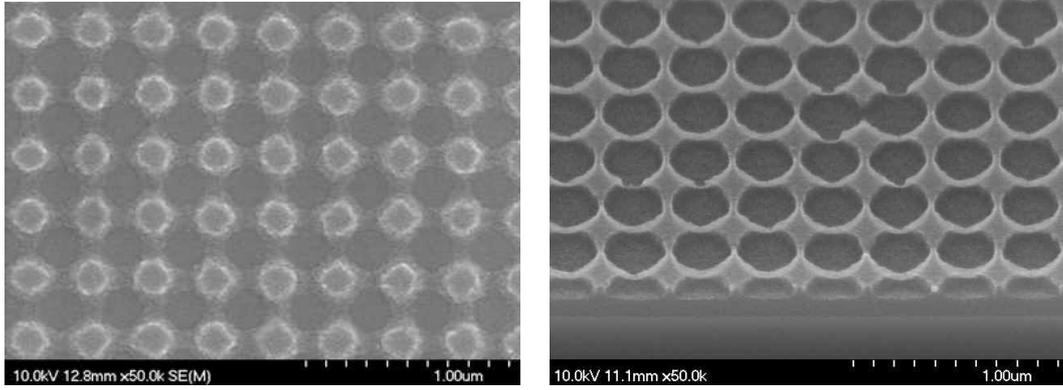
< 나노패터닝 공정 순서도 >



< 나노 패턴의 AFM 분석 >

- 나노 패터닝 공정 결과

포토레지스트는 상용화된 제품과 Thinner를 혼합하여 포토레지스트의 특성을 변화하여 노광시간 및 잔여 포토레지스트의 두께를 변화시켜 실험을 실시하였고, 기존의 실험 결과에서 얻어진 결과를 토대로하여 혼합하였다.

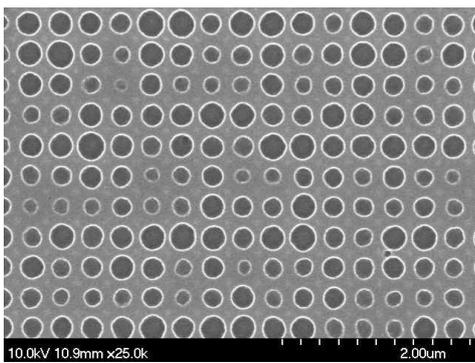


< Thinner 혼합량에 따른 잔여 포토레지스트의 형태 >

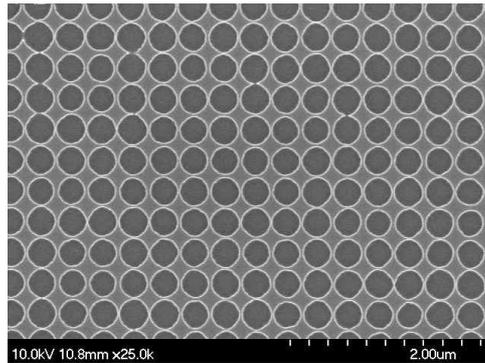
나노 패턴의 잔여 포토레지스트의 두께는 Thinner의 혼합량에 따라 달라지는데, 5:1의 비율로 혼합된 경우 두께는 약 100nm 이하의 두께를 가지며, 3:1의 비율로 혼합된 경우 잔여 포토레지스트의 두께는 약 130nm로 Metal 공정을 실시한 후 Lift-off 공정을 진행 할 수 있는 두께를 가지는 것을 확인 할 수 있었다.

또한, 본 과제에서 제안하였던 Oxide 박막을 RIE Etching 하는데 사용할 수 있는 두께를 확보하였다.

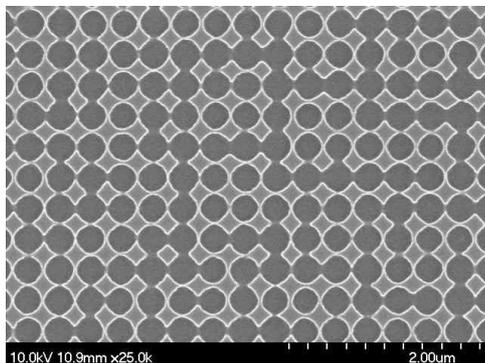
아래는 노광시간에 따라 나노 패터닝을 실시한 결과를 나타내었다. 노광시간은 포토레지스트의 형태를 결정하는 중요한 요소이며, 260초부터 500초까지 변화시켜가면서 실험을 실시하였다. 본 과제에서 제안하는 나노 패터닝의 크기는 150nm이하이며, 레이저 간섭 리소그래피를 사용하여 나노 패터닝을 실시하였다.



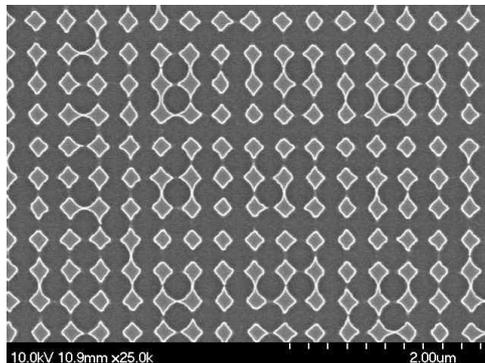
(1) 240초



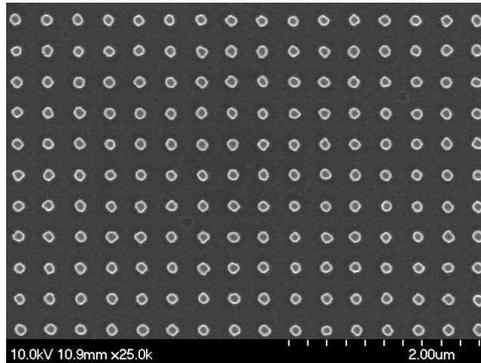
(2) 260초



(3) 280초



(4) 300초



(5) 500초

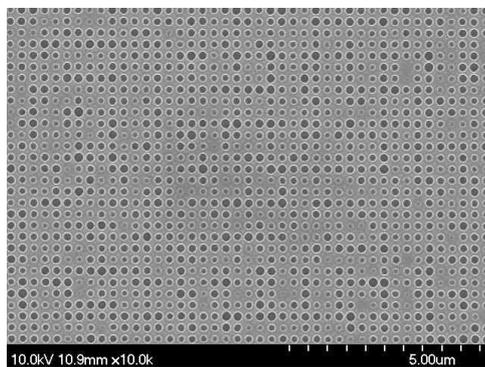
< 노광시간에 따른 나노 패턴의 변화 >

240초간 각각 노광시켜 현상을 실시한 나노 패턴은 원형 형태가 일정치 않았으며, 노광시간을 260초간 실시한 패턴에서 원형 형태가 일정하게 나타났다. 이는 노광시간에 따라 각각 변화하는 패턴을 보여주고 있다. 280초 이상에서는 원형 형태의 나노패턴에서 Line 형태로 변화하고 있으며, 300초에서는 Line 형태가 좀더 확실하게 나타났다. 본 과제에서 제안한 150nm 이하의 패턴은 500초간 노광한 형태에서 나타남을 확인하였다. 또한 나노패턴의 두께는 48nm로 나타났으며, 이는 2차년도 연구과제에서 Au나 Ag를 이용한 Metallization 공정을 실시하여 바이오 센서를 위한 정렬된 나노 Au 입자 제조에 쓰일 예정이다.

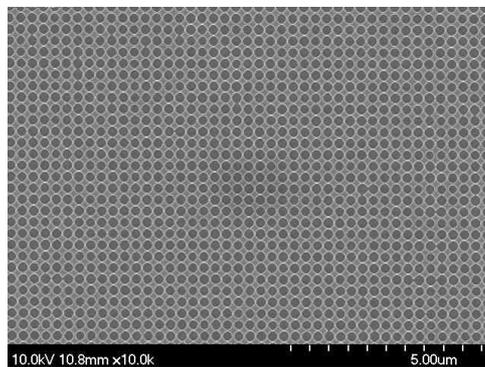
다음은 각각의 패턴이 2인치 기판상에 대면적으로 일정하게 제작된 패턴임을 보여주는 SEM 분석 결과를 나타내었다.

나노 패터닝에서 중요한 점은 비교적 대면적에서 일정한 값을 가져야 하는 문제점이 있다. 나노 패터닝을 위한 장비는 현재 많이 개발되었으나, 대면적에서 일정한 결과값을 가지면서 현장에 적용할 수 있도록 낮은 제작비를 가지는 방법은 레이저 간섭 리소그래피를 이용한 나노 패터닝법이다.

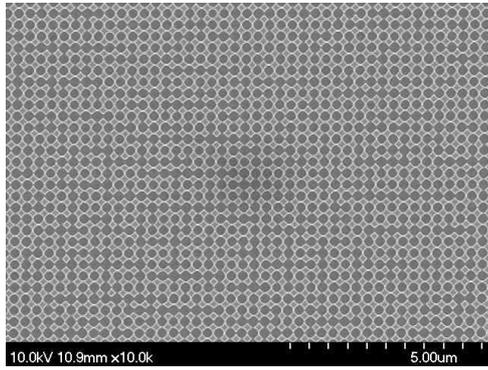
본 연구과제에서는 2인치 기판을 사용하였으며, 실제 제품에 적용을 위해서는 5cm × 5cm BK7 유리기판을 사용할 예정이다.



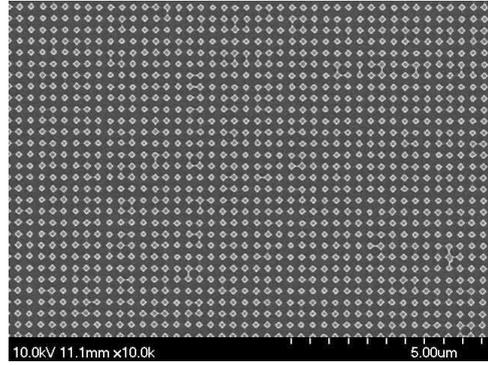
(1) 240초



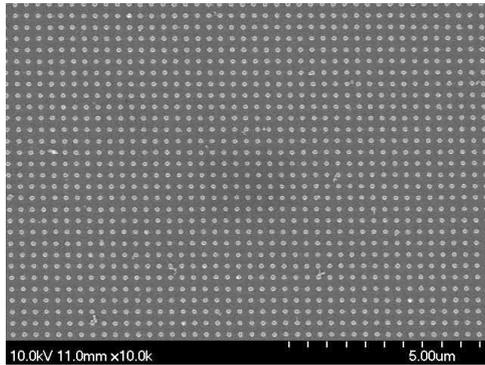
(2) 260초



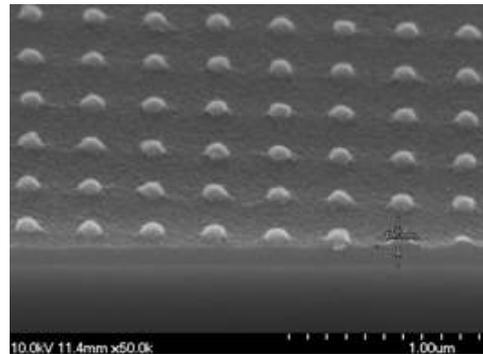
(3) 280초



(4) 300초



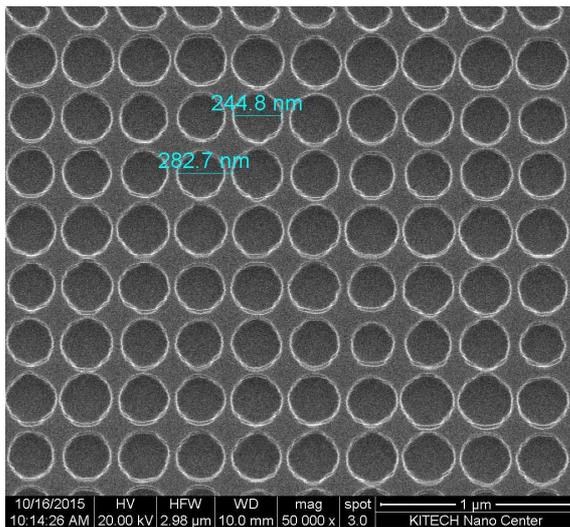
(5) 500초



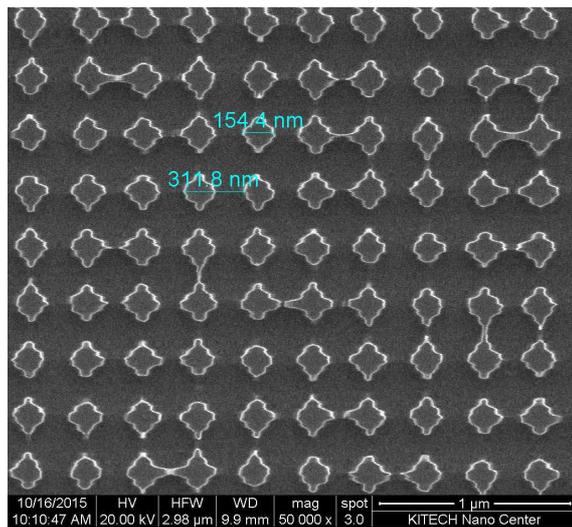
(6) 나노패턴의 두께

< 노광시간에 따른 나노 패턴의 변화 및 패턴의 두께 측정 >

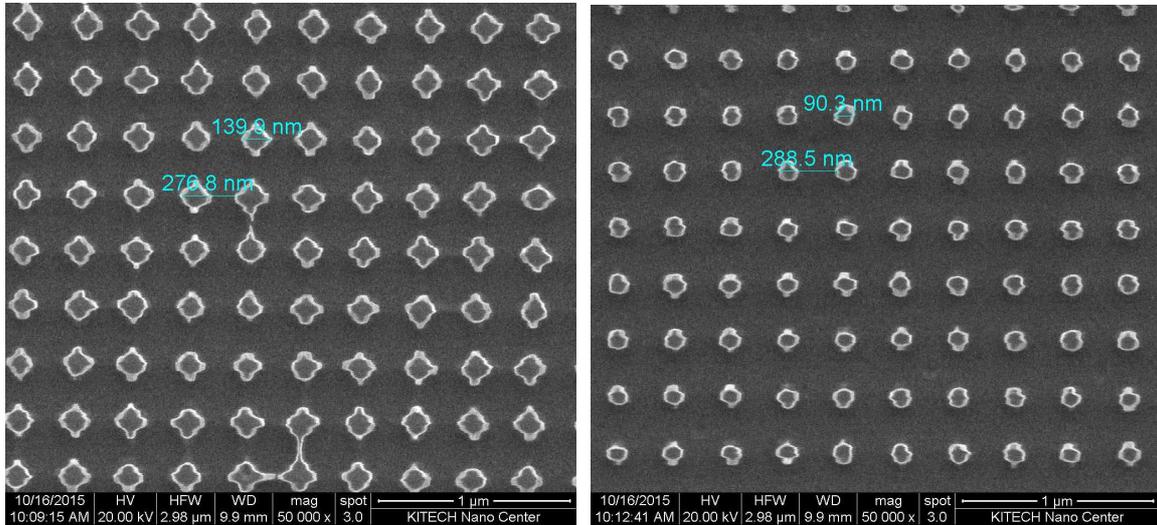
아래 그림은 나노 패턴의 크기를 측정된 결과를 나타내었다. 패턴은 2인치 기판상에 제작하여 한국생산기술연구원 내 SEM을 이용하여 결과를 분석하였으며 자세한 결과는 부록에 첨부하였다.



(1) 260초



(2) 280초



(1) 300초

(2) 500초

< 나노 패턴의 크기를 측정 결과 >

본 연구과제를 통하여 축사내 오염물질의 정량적 수치화를 위하여 레이저 간섭 리소그래피를 이용한 나노 구조를 제작하여 고감도 나노 센서 기술 개발을 실시하였다. 1차년도 정량적 목표는 200nm 이하의 나노 패턴 형성이나 본 기술 개발을 통하여 100nm 이하의 나노 패터닝 기술에 대한 연구개발을 완료하였다. 이러한 나노 패턴은 나노 광결정 형성 기술 개발을 위하여 SiO₂ 나노 구조개발에 사용되었으며, 아래에 연구 개발 결과를 나타내었다.

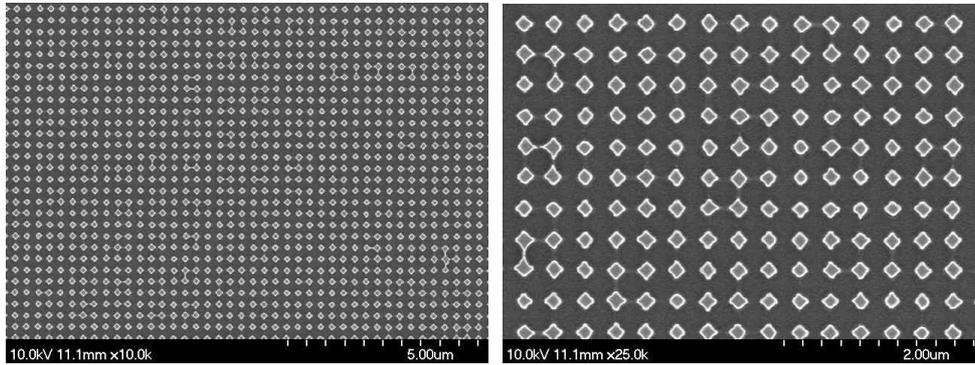
- SiO₂ 나노 구조 제어

나노 패터닝을 통하여 Oxide의 나노 구조를 제작하였다. 먼저 Si 기판상에 PECVD를 이용하여 SiO₂ 박막을 120nm 성장시켰다. 조건은 아래와 같다.

< SiO₂ Deposition 조건 >

SiO ₂ Deposition 조건		
온도	300℃	
압력	40 mtorr	
기체	SiH ₄	
Flow ratio	50 sccm	

성장된 SiO₂ 기판상에 위의 조건과 같이 나노 패터닝을 실시하였으며, SiO₂ 기판상에 형성된 나노 패터닝은 아래 그림에 나타내었다.



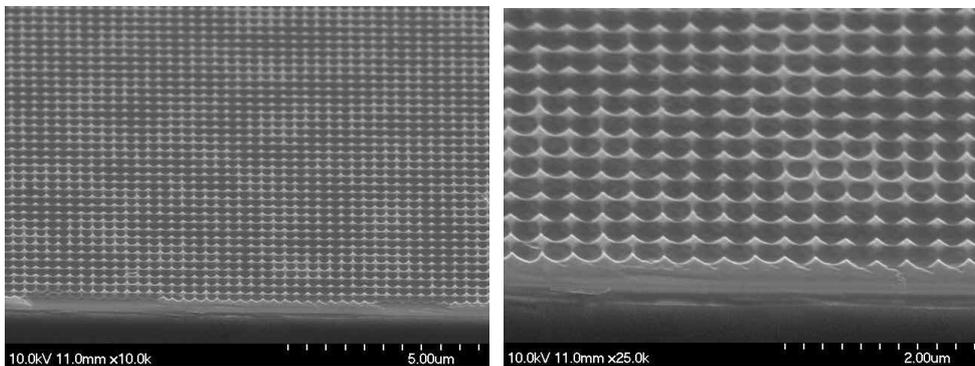
< SiO₂ 박막이 증착된 기판상에 형성된 나노 패턴 >

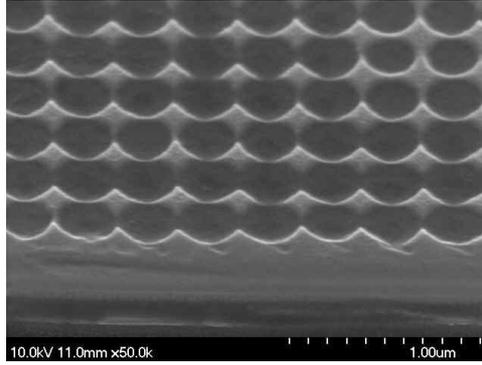
위의 조건에서와 같이 대면적에 일정한 나노 패턴이 나타났으며, 하단에 성장된 SiO₂ 나노 박막을 RIE를 이용하여 에칭을 실시하였다. 에칭 조건은 아래와 같다.

< SiO₂ Etching 조건 >

SiO ₂ Etching 조건		
온도	RT	
압력	40 mtorr	
기체	CF ₄	
Flow ratio	50 sccm	

위의 조건에 따라 Dry Etching을 실시한 후, 포토레지스트 제거를 위하여 PR stripper (EKC 830) 용액을 150℃에서 10분간 포토레지스트를 제거하고, DI water에서 10분간 Cleaning을 실시한 후, SEM 분석을 통하여 SiO₂ 나노 구조 분석을 실시하였다. 그 결과는 아래에 나타내었다.





< SiO₂ 나노 구조 제어 >

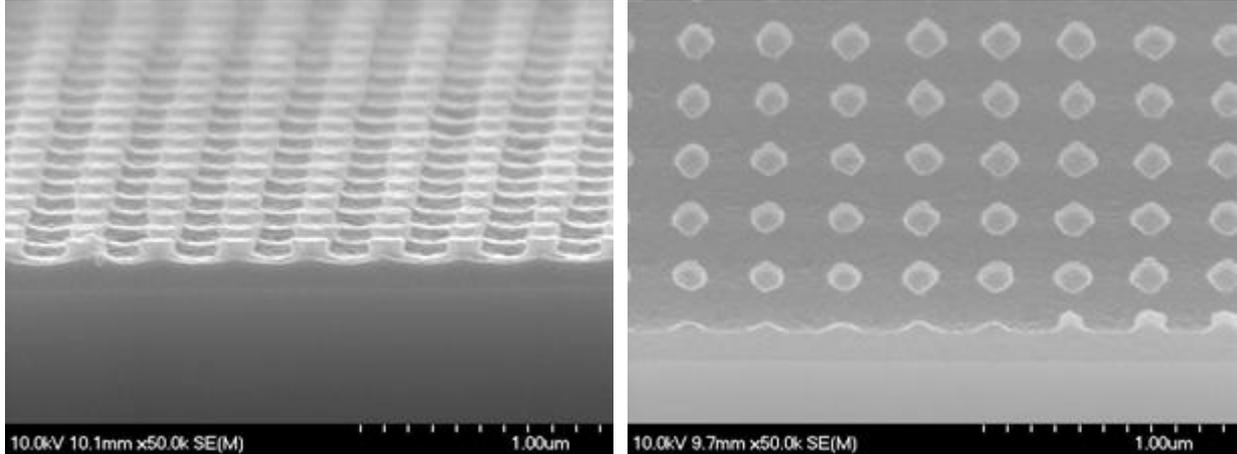
레이저 간섭 리소그래피를 이용한 나노패턴의 경우 포토레지스트가 주위 환경에 취약한 단점이 있어 Oxide 에칭을 실시할 때, Dry etching을 사용하는 경우, 포토레지스트의 손상에 의한 나노 구조제어가 어렵고, Wet etching을 실시할 경우, Under cut에 의한 구조제어가 어렵다는 단점이 있다. 하지만 본 연구과제를 통하여 Dry etching에도 손상되지 않는 포토레지스트에 대한 조건을 확립하였고 Oxide 계열의 나노 구조제어를 성공적으로 실시하였다.

다음은 SiO₂ 박막을 Dry-etching을 실시하는데 있어 Metal lift-off 공정을 적용하기 위하여 포토레지스트의 형태의 제어 및 Metal deposition 공정을 추가하여 실험을 진행하였다.

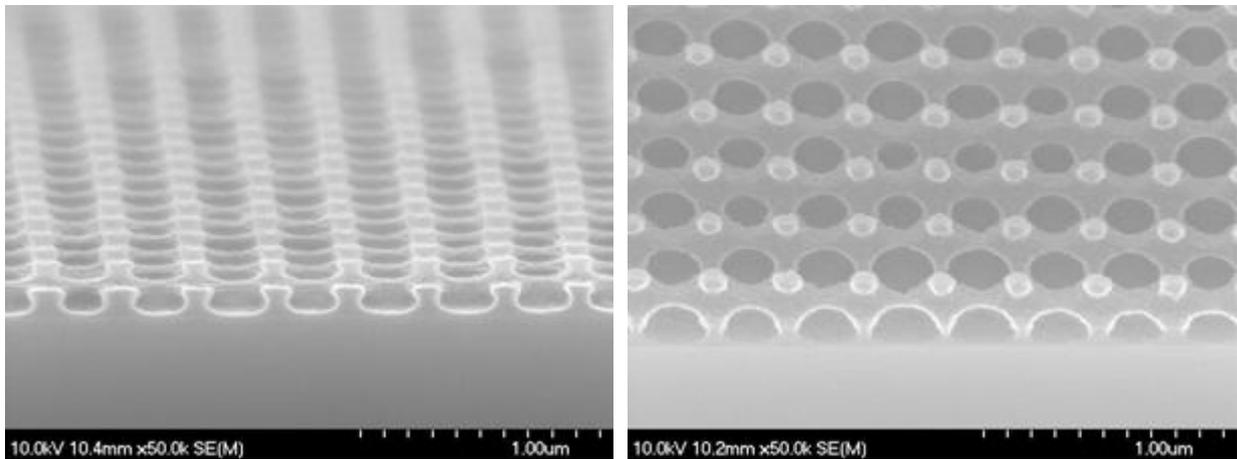
< 역 MESA 리소그래피 >

역 MESA 리소그래피		
포토레지스트	1:3 Thinner	
노광시간	280 mtorr	
노광후 열처리	100°C, 1min	
벤젠처리 시간	7min	
현상 시간	1min 30sec	

아래 그림에서 볼 수 있듯이, 잔여 포토레지스트의 형태를 역-MESA 형태로 제어하였다. 이를 위하여 레이저 리소그래피 공정의 노광후, 벤젠용액에 7분간 용액처리를 실시한 후에 현상 공정을 실시하여 역MESA 형태를 가지는 리소그래피 공정을 실시하였다.



(1) 노광시간 : 260초

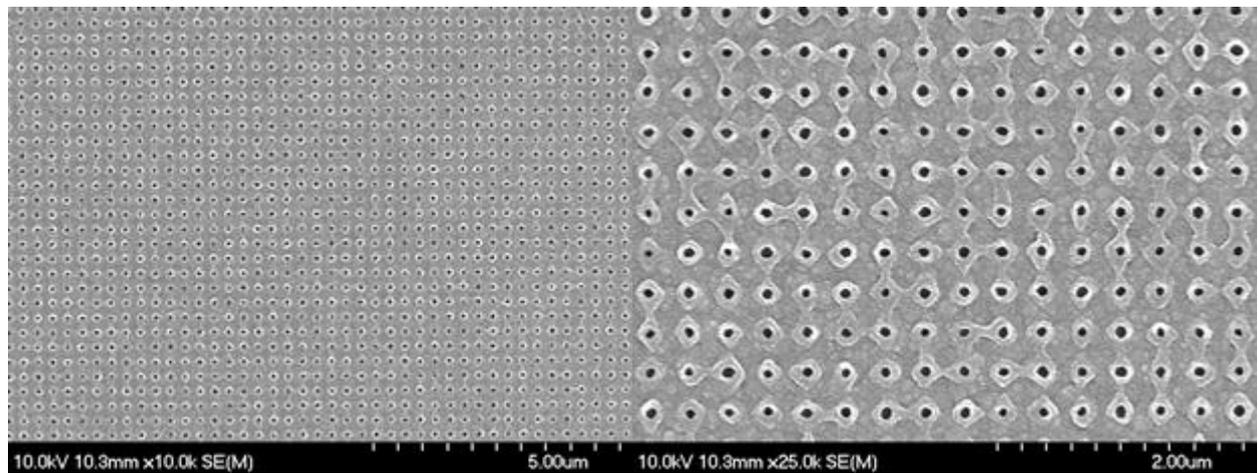


(2) 노광시간 : 280초

< 역MESA 형태를 가지는 나노 패터닝 >

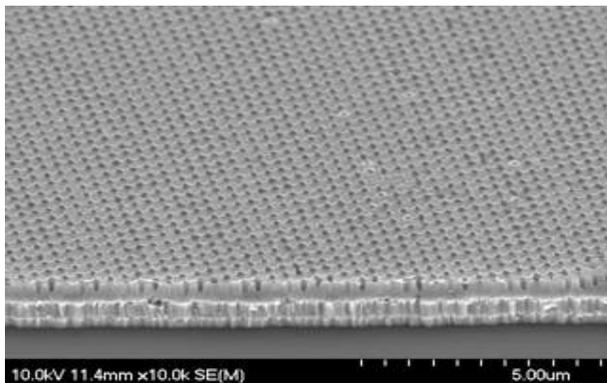
위의 그림과 같은 형태를 가지는 패터닝이 필요한 이유는 Au나 Ag와 같은 귀금속을 일정한 주기로 증착후 Lift-off 공정을 진행하기 위함이다. 본 연구과제에서 제안하는 Au 나노 구조 제작이나 Metal을 Mask로 사용하여 다양한 Oxide 계열의 반도체등을 쉽게 Dry Etching 공정을 진행하여 다양한 형태의 Oxide 나노 구조를 제작할 수 있도록 위와 같은 형태를 가지는 나노 패터닝을 실시하였다.

아래 그림은 위의 나노 패턴을 이용하여 Cr을 코팅한 후 Lift-off 공정을 진행한 결과이다. SiO2 박막위에 나노 구멍을 가지는 형태로 Metal lift-off 공정을 진행하였으며, Cr을 마스크로 사용하여 SiO2 박막에 일정한 주기를 가지는 나노 구멍을 제작하고자 실험을 진행하였다.

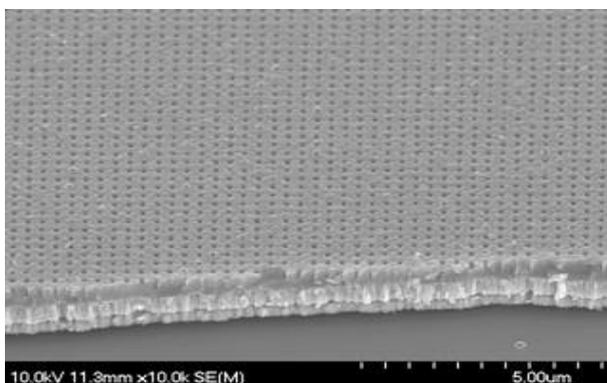


< SiO2 박막상에 일정한 주기를 가지는 Cr 나노 구조 >

아래 그림은 Cr을 Mask로 사용하여 RIE를 이용한 Dry Etching을 실시한 SiO2 나노 구조를 나타내고 있다. Cr 나노 구멍의 형태에 따라 SiO2 박막이 일정한 형태로 나노 구조를 이루고 있음을 확인할 수 있었다. 이렇게 제작된 나노 구조는 일반적인 박막보다 Virus를 쉽게 캐치 할 수 있도록 응용할 계획이다.



(1) 260초 노광을 통한 SiO2 나노 구조



(2) 280초 노광을 통한 SiO2 나노 구조

< SiO2 나노 구조 >

○ 부록 : 공인인증 시험평가, 매출증빙, 특허출원

- 공인인증 시험평가

본 과제의 사업계획서를 토대로 기술개발의 정량적 항목을 만족하기 위해 자체적으로 개발제품에 대한 성능평가를 진행하였으며, 만족스러운 결과를 도출하였다. 국내 우수 공인시험인증 기관인 한국전자통신연구원(ETRI) 및 한국생산기술연구원(KITECH)에 시험 의뢰를 진행하여 POF 점퍼코드 및 광분배기에 대하여 국제 규격인 Telcordia 시험 규격을 적용하여 최종 기술개발 시제품에 대한 기술적 검증과 공인인증 평가를 진행하여 아래와 같은 시험 평가에 대한 결과를 얻을 수 있었다.

- 정량적 평가항목 달성도 (목표)

평가항목 (주요성능)	단위	세계최고 수준 보유국/ 보유기업	기술수준	최종 개발 목표치	년차별 개발 목표			평가방법
					1차년 도	2차년도	3차년도	
1. 광 손실	dB	1.5 (대만/firecomms)	1.8	<1.5	<1.5	-	-	공인시험 기관(KETI) GR326
2. 인장력	dB	0.2 (일본/yajaky)	0.2	0.2	0.2	-	-	공인시험 기관(KETI) GR326
3. 광분배기 손실	dB	8.5 (일본/yajaky)	8.5	<8	<8	-	-	공인시험 기관(KETI) GR326
4. 광 전송속도	Gbps	1.25 (대만/firecomms)	150Mbps	> 1	-	> 1	-	공인시험 기관(KETI) GR326
5. 나노 패턴 형성(Pitch)	nm	150 (미국/ IBM)	~um	<150	200	<150	-	공인시험기관 (KITECH) SEM 분석
6. 나노패턴 구현 (두께)	nm	150 (미국/ IBM)	~um	<50	<50	-	-	공인시험기관 (KITECH) SEM 분석
7. Plasmonics 센서 구조설계	Δn	10-6 (미국 / UCSB)	10-6	10-6	10-6	-	-	설계 결과 제시
8. 산화물반도체 나노구조 제어	종	-	4종	4종	1종 (박막)	2종 (line, dot)	1종 (mesh)	공인시험기관 (KITECH) SEM 분석
9. Plasmonics 센서 제작	종	-	3종	3종		1종 (random)	2종 (1D/2D)	공인시험기관 (KITECH) SEM 분석
10. Plasmonics 나노센서 (바이러스 감지)	종	-	-	> 1	-	> 1	> 1	공인시험기관 (KITECH)
11. 대면적공기 정화 시스템	Size	-	-	20×20cm	-	15×15cm	20×20cm	공인시험기관 (KITECH)
12. 유해병원균 살균시험	%	-	95	> 99	-	> 97	> 99	공인시험기관 (KICM)

- 정량적 평가항목 달성도 (달성치)

평가항목 (주요성능)	단위	세계최고 수준 보유국/ 보유기업	당해연도 개발 목표치	평가결과	달성도
1. 광 손실	dB	1.5 (대만/firecomms)	<1.5	1.4	100
2. 인장력	dB	0.2 (일본/yajaky)	<0.2	0.1	100
3. 광분배기 손실	dB	8.5 (일본/yajaky)	<8	7.87	100
4. 나노 패턴 형성(Pitch)	nm	150 (미국/IBM)	<200	90.3	100
5. 나노패턴 구현 (두께)	nm	150 (미국/IBM)	<50	48	100
6. Plasmonics 센서 구조설계	Δn	10 ⁻⁶ (미국 /UCSB)	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	100
7. 산화물반도체 나노구조 제어	종	-	1종	1종 (박막)	100

- 시험 성적서 (광손실, 인장력)



발행번호: 15-124-01

발행일: 2015.10.19.

POF 점퍼코드
인장시험 시험성적서

발행번호: 15-124-01

의뢰기관:
포미㈜

61088 광주 북구 첨단연신로 288번길 30

발행일: 2015.10.19.

시험:
윤광수, 시험요원

시험: _____
시험요원

승인:
이세형, 기술책임자

한국전자통신연구원
호남권연구센터

61012 광주광역시 북구 첨단과기로 176번길 11
전화: + 82-62-970-6660, 팩스: + 82-62-970-6989

주요: 본 시험결과는 중 7페이지로 이루어졌으며, 시험 일정서의 전체 제반행은 가능합니다. 본 시험 성적서는 ETRI에 의한 제품 보증은 의미하는 것이 아니며, 본 시험결과는 사용자 시료에 한해서만 적용됩니다.

Page 1 / 7

Page 2 / 7



목 차

1. 시험증명서..... 3
2. 시험요약..... 4
3. 시험구성..... 4
4. 시험방법..... 5
5. 시험결과..... 6

발행번호: 15-124-01

발행일: 2015.10.19.



1. 시험증명서

접수 번호(날짜)	ETRI-HRC-15-392,393 (2015.10.19.)
시험성적서 사용목적	제출용
시료명/수량	POF 점퍼코드 3 개
시료 상태	양호
의뢰 기관/대표자명	포미㈜/ 허상후
시험 기간	2015.10.15.
발행 일자	2015.10.19.
시험 항목	인장시험, 삼입손실
시험 규격	Telcordia-GR-1209-Core(2010) Telcordia-GR-1221-Core(2010)

위의 시료는 한국전자통신연구원 호남권연구센터에서 명기된 시험규격에 따라 시험되었습니다. 시험성적서에 쓰여진 시험 결과는 사용자 시료에 한해서 적용되며, 같은 시료라 할지라도 측정 불확도 및 시험환경 등에 의해 동일한 결과가 나오지 않을 수 있습니다.

Page 3 / 7

발행번호: 15-124-01

발행일: 2015.10.19.



2. 시험요약

규 격	시험항목	결 과	평가기준
Telcordia-GR-1209-CORE(2010)	인장시험	아래참조	1.0 kgf, 60초, 1회
Telcordia-GR-1221-CORE(2010)	삼입손실	아래참조	초기 ≤ 10 %

3. 시험구성

- 1) 시험장비
- (1) 신뢰성시험장비
 - A. Fiber retention tester: INSTMON, 5543, 1개, 교정일자 2015.08.17.
 - (2) 특성측정(미포의 장비 사용함)
 - A. Power meter: OM 110A, M1504A001, 1개
 - B. Laser source: OS417-MD, S1504B001, 1개
 - 2) 시험조건
 - (1) 특성시험
 - A. Lab. environment: (23 ± 2)℃, (50 ± 5)% R.H.
 - B. Wavelength: 650 nm
 - (2) 인장시험조건
 - A. Maximum load: 1 kgf
 - B. Duration: 60 초
 - C. Ramp rate: 0.4 mm/s
 - D. Cycle: 1 회

Page 4 / 7



그림 1. POF 접미코드

4. 시험방법

1) 인장시험

A. Fiber pull tester는 Telcordia-GR-1209-CORE의 요구사항을 만족하도록 설정하였다. 하중은 파이버 모듈로부터 최소거리 22-28 cm를 이격하고, 커다부하에 도달 할 때까지 0.4 mm/s(0.016 inches)로 60초 동안, 1회 유지하는 조건을 DUT에 적용하였다.

2) 삽입손실 측정

- A. 시료온 (23±2) °C, (50±5) % R.H. 환경에서 1 시간 동안 안정화 시킨 후, 그림 2와 같이 광원의 입력파워 P_0 를 광 검출기로 측정한다
- B. 그림 3과 같이 시료를 셋업하여 상온에서 DUT를 통과한 출력 P_1 을 측정한다.
- C. 다음 식을 사용하여 삽입손실을 계산한다.

$$P_i = -10 \log_{10}(P_1(\lambda)/P_0(\lambda))$$



그림 2. 입력 파워 P_0 Reference 설정

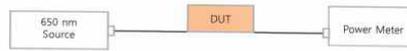


그림 3. DUT의 광 출력 P_1

5. 시험결과

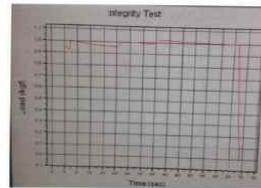
1) 상온에서 삽입손실 측정결과

- 측정환경 : (23±2) °C, (50±5) % R.H.
- 측정결과

DUT	I/L (dB)		
	시험 전(In-put)	시험 후(In-put)	후-전
1	1.3	1.4	0.1
2	1.1	1.1	0
3	1.4	1.4	0

2) 인장시험 결과

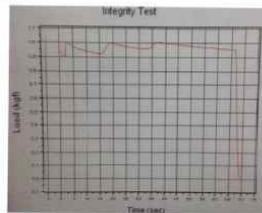
(1) DUT No. 1



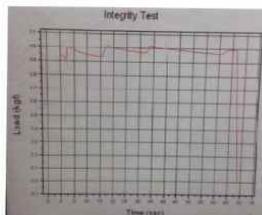
Page 6 / 7



(2) DUT No. 2



(3) DUT No. 3



끝.

- 시험 성적서 (광분배기 손실)



1x4 POF 분배기
특성시험 시험성적서

발행번호: 15-125-01

의뢰기관:
포미㈜

61088 광주 북구 첨단연신로 288번길 30

발행일: 2015.10.19.

시험: 김광수, 시험요원

시험: _____ 시험요원

승인: 이세형, 기술책임자

한국전자통신연구원
호남권연구센터

61012 광주광역시 북구 첨단과기로 176번길 11
전화: +82-62-970-6660, 팩스: +82-62-970-6989

주요: 본 시험결과는 총 6페이지로 이루어졌으며, 시험 절차와 결과 설명 등은 가능합니다. 본 시험 성적서는 ETRI에 의한 제품 보증을 적어주는 것이 아니며, 본 시험결과는 사용자 시도에 한해서만 적용됩니다.

발행번호: 15-125-01

발행일: 2015.10.19.



목 차

1. 시험증명서 3
2. 시험요약 4
3. 시험구성 4
4. 시험방법 5
5. 시험결과 6

발행번호: 15-125-01

발행일: 2015.10.19.



1. 시험증명서

접수 번호(날짜)	ETRI-HRC-15-391 (2015.10.19.)
시험성적서 사용목적	제출용
시료명/수량	1x4 POF 분배기 1 개
시료 상태	양호
의뢰 기관 대표자명	포미㈜/ 허상주
시험 기간	2015.10.15.
발행 일자	2015.10.19.
시험 항목	삽입손실
시험 규격	Telcordia-GR-1209-Core(2010)

위의 시료는 한국전자통신연구원 호남권연구센터에서 별기된 시험규격에 따라 시험되었습니다. 시험성적서에 쓰여진 시험 결과는 사용된 시료에 한해서 적용되며, 같은 시료라 할지라도 측정 불확도 및 시험환경 등에 의해 동일한 결과가 나오지 않을 수 있습니다.

발행번호: 15-125-01

발행일: 2015.10.19.



2. 시험요약

규 격	시험항목	결 과	평가기준
Telcordia GR-1209-CORE(2010)	삽입손실	아래참조	≤ 7.6 dB

3. 시험구성

- 1) 시험장비.
- (1) 특성측정(위포미 장비 사용함)
 - A. Power meter: OM 110A, M1504A001, 1개
 - B. Laser source: OS417-MB, S1504B001, 1개
- 2) 시험조건
- (1) 특성시험
 - A. Lab. environment: (23 ± 2) °C, (50 ± 5) % R.H.
 - B. Wavelength: 650 nm



그림 1. 1x4 POF 분배기



4. 시험방법

1) 삽입손실 측정

- A. 시료들 (23±2) °C, (50±5) % R.H. 환경에서 1 시간 동안 안정화 시킨 후, 그림 2와 같이 광원의 입력파워 P₀를 광 검출기로 측정한다
- B. 그림 3과 같이 시료를 셋업하여 상온에서 DUT를 통과한 출력 P₁을 측정한다.
- C. 다음 식을 사용하여 삽입손실을 계산한다.

$$P_s = -10 \log_{10} (P_1(\lambda) / P_0(\lambda))$$



그림2. 입력 파워 P₀ Reference 설정



그림3. DUT의 광 출력 P₁



5. 시험결과

1) 상온에서 삽입손실 측정결과

- 측정환경 : (23±2) °C, (50±5) % R.H.
- 측정결과

DUT ch.	1/L (dB)
1	7.87
2	7.33
3	6.17
4	7.30

를.



- 시험 성적서 (나노 패턴형성(Pitch), 산화물반도체 나노구조 제어 (1종))

평가결과서

한국생산기술연구원
나노·광융합기술센터
광주광역시 북구 첨단과기로 208번길 6(외오름동)
(Tel: 062-600-6513, Fax: 062-600-6509)

결과서 번호
NM-15-0039
페이지 { 1 / 총 19 }

1. 의뢰자
 - 기관명 : 한국광기술원
 - 주소 : 광주 북구 첨단벤처로108번길 9
 - 의뢰일자 : 2015년 10월 14일
2. 평가결과서의 용도 : 제출용
3. 평가품목/항목 : 나노 패턴, 나노 금속 입자, SiO₂ 나노 구조 확인
4. 평가품사양
 - 시료명 : 나노 패턴/나노 금속 입자/SiO₂ 나노 구조
 - 시료수량 : 9EA
5. 평가일자 : 2015년 10월 16일
6. 평가환경
 - 온도 : (22 ± 2) °C, 습도 : (45 ± 10) % R.H.
7. 평가결과
 - 평가결과 참조

확인	담당자		확인자	
	직위	파트장	직위	센터장
	성명	장하준	성명	<i>[Signature]</i>

*본 나노·광융합기술센터는 중기인근기관이 아니므로 본 평가결과서는 공인, 인증된 서류발급처가 아닙니다.
 *비고 : 본 평가결과서는 고해상도 이미지 분석을 위한 시료의 평가결과 전체 서류에 대한 품질 및 성능을 보증하지 않습니다.
 *본 평가결과서는 한국생산기술연구원내의 홍보, 인건, 광고 및 소송용으로 사용될 수 없습니다.

National Center for Nanoprocesses and Equipments
Equipment Support

평가결과

한국생산기술연구원
나노·광융합기술센터
광주광역시 북구 첨단과기로 208번길 6(외오름동)
(Tel: 062-600-6513, Fax: 062-600-6509)

결과서 번호
NM-15-0039
페이지 { 2 / 총 19 }

- 1-1. 평가조건
 - 평가방법 : High Vacuum Mode(Schottky Field emission)
 - 평가조건 : Surface SEM Image
 - 평가기기 : FE-ESEM(Quanta 200 FEG)
- 1-2. 평가결과
 - SEM Image

No.	Surface Image	비고
2-1		
2-2		

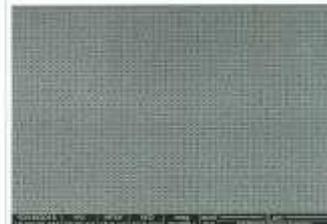
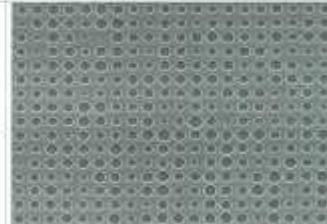
National Center for Nanoprocesses and Equipments
Equipment Support

평 가 결 과

한국생산기술연구원 나노·광융합기술센터 <small>광주광역시 북구 첨단과기로 518번길 6(5호동)</small> <small>Tel: 052-950-6512, Fax: 052-950-6508</small>		결과서 번호 NA-15-0330 페이지 (3 의 중 2)	
No.	Surface Image	비고	
2-3			
2-4		N20 측정	

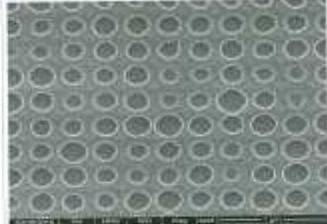

National Center for Technological Innovation
Equipment Support


평 가 결 과

한국생산기술연구원 나노·광융합기술센터 <small>광주광역시 북구 첨단과기로 518번길 6(5호동)</small> <small>Tel: 052-950-6512, Fax: 052-950-6508</small>		결과서 번호 NA-15-0330 페이지 (4 의 중 10)	
No.	Surface Image	비고	
3-1			
3-2			

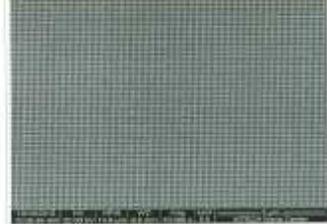
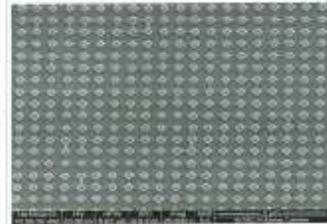

National Center for Technological Innovation
Equipment Support


평 가 결 과

한국생산기술연구원 나노·광융합기술센터 <small>광주광역시 북구 첨단과기로 518번길 6(5호동)</small> <small>Tel: 052-950-6512, Fax: 052-950-6508</small>		결과서 번호 NA-15-0330 페이지 (5 의 중 19)	
No.	Surface Image	비고	
3-3			


National Center for Technological Innovation
Equipment Support

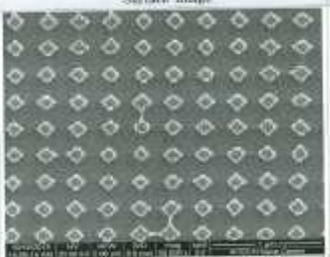

평 가 결 과

한국생산기술연구원 나노·광융합기술센터 <small>광주광역시 북구 첨단과기로 518번길 6(5호동)</small> <small>Tel: 052-950-6512, Fax: 052-950-6508</small>		결과서 번호 NA-15-0330 페이지 (6 의 중 19)	
No.	Surface Image	비고	
4-1			
4-2			


National Center for Technological Innovation
Equipment Support


평 가 결 과

한국생산기술연구원 나노 광융합기술센터 <small>광주광역시 북구 첨단과길로 238번길 8호 808호실</small> <small>전화: 052-950-6513, 156 062-930-6509</small>	계약서 번호 NA-15-0039 제00자(7)보 중 101		
--	---	---	--

No.	Surface Image	비고
4-3		
4-4		비고 측정


National Center for Nanometrology and Standards
Equipment Support


평 가 결 과

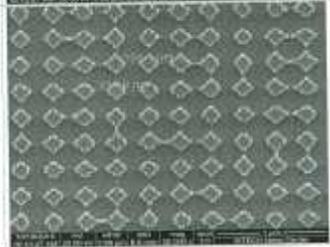
한국생산기술연구원 나노 광융합기술센터 <small>광주광역시 북구 첨단과길로 238번길 8호 808호실</small> <small>전화: 052-950-6513, 156 062-930-6509</small>	계약서 번호 NA-15-0039 제00자(8)보 중 501		
--	---	---	--

No.	Surface Image	비고
5-1		
5-2		


National Center for Nanometrology and Standards
Equipment Support


평 가 결 과

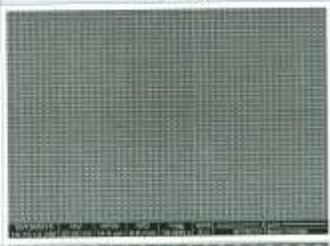
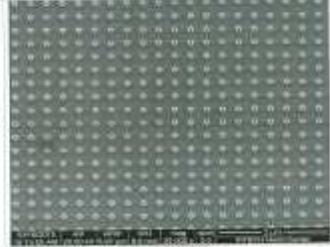
한국생산기술연구원 나노 광융합기술센터 <small>광주광역시 북구 첨단과길로 238번길 8호 808호실</small> <small>전화: 052-950-6513, 156 062-930-6509</small>	계약서 번호 NA-15-0039 제00자(9)보 중 101		
--	---	---	--

No.	Surface Image	비고
5-3		
5-4		비고 측정


National Center for Nanometrology and Standards
Equipment Support

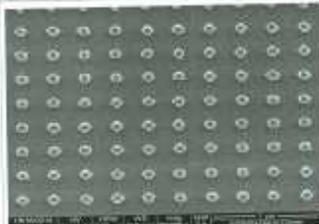
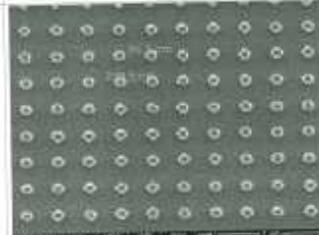

평 가 결 과

한국생산기술연구원 나노 광융합기술센터 <small>광주광역시 북구 첨단과길로 238번길 8호 808호실</small> <small>전화: 052-950-6513, 156 062-930-6509</small>	계약서 번호 NA-15-0039 제00자(10)보 중 101		
--	--	---	--

No.	Surface Image	비고
6-1		
6-2		

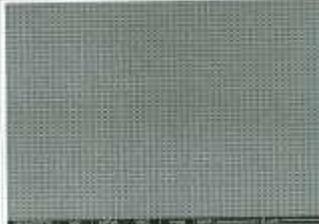
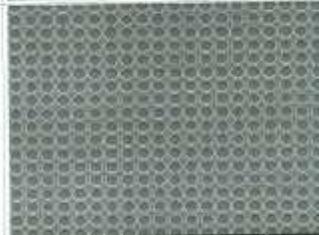

National Center for Nanometrology and Standards
Equipment Support


평가 결과

한국생산기술연구원 나노 광융합기술센터 <small>경주광역시 북구 경안로71번 2000원길 45호(동명동)</small> <small>TEL: 052-800-6513, Fax: 052-800-6509</small>		보고서 번호 NA-15-0030 페이지 11 내 중 10	
No.	Surface Image	비고	
6-3			
6-4		size 측정	

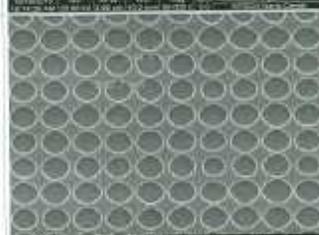

National Center for Nanotechnology and Equipment Support


평가 결과

한국생산기술연구원 나노 광융합기술센터 <small>경주광역시 북구 경안로71번 2000원길 45호(동명동)</small> <small>TEL: 052-800-6513, Fax: 052-800-6509</small>		보고서 번호 NA-15-0030 페이지 12 내 중 10	
No.	Surface Image	비고	
7-1			
7-2			

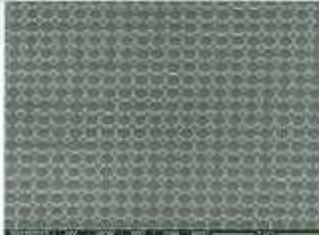

National Center for Nanotechnology and Equipment Support


평가 결과

한국생산기술연구원 나노 광융합기술센터 <small>경주광역시 북구 경안로71번 2000원길 45호(동명동)</small> <small>TEL: 052-800-6513, Fax: 052-800-6509</small>		보고서 번호 NA-15-0030 페이지 13 내 중 10	
No.	Surface Image	비고	
7-3			
7-4		size 측정	

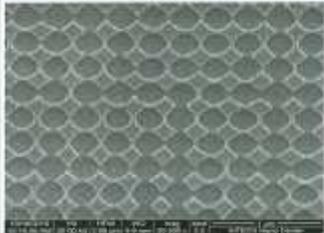

National Center for Nanotechnology and Equipment Support


평가 결과

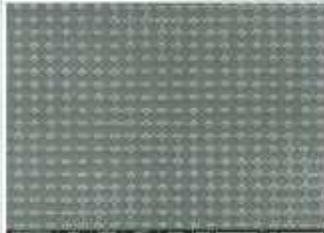
한국생산기술연구원 나노 광융합기술센터 <small>경주광역시 북구 경안로71번 2000원길 45호(동명동)</small> <small>TEL: 052-800-6513, Fax: 052-800-6509</small>		보고서 번호 NA-15-0030 페이지 14 내 중 10	
No.	Surface Image	비고	
8-1			
8-2			


National Center for Nanotechnology and Equipment Support

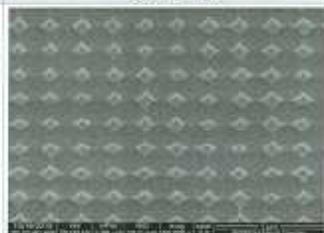

평가 결과

한국생산기술연구원 나노·광융합기술센터 <small>광주광역시 북구 첨단로 222번길 2호(광주) Tel: 052-052-0013, Fax: 052-052-0004</small>		보고서 번호 NA-15-0030 <small>페이지 15 쪽 중 10 </small>	
No.	Surface Image	비고	
8-3			
 National Center for Nanotechnology and Equipment Equipment Support 			

평가 결과

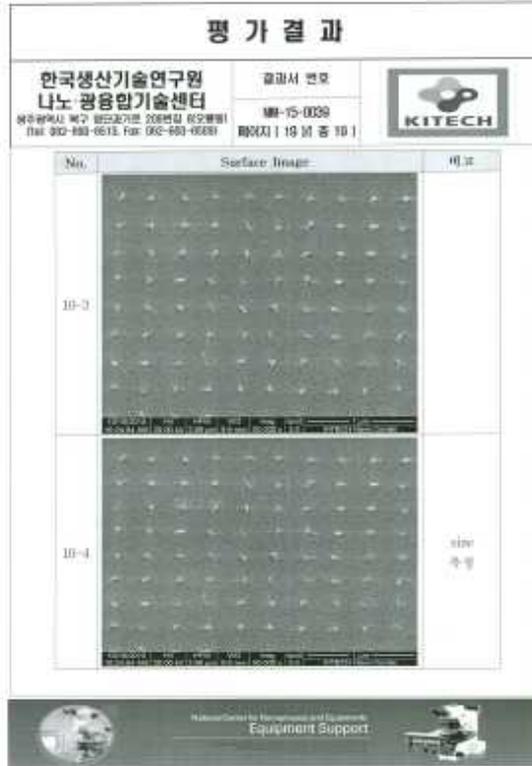
한국생산기술연구원 나노·광융합기술센터 <small>광주광역시 북구 첨단로 222번길 2호(광주) Tel: 052-052-0013, Fax: 052-052-0004</small>		보고서 번호 NA-15-0030 <small>페이지 16 쪽 중 19 </small>	
No.	Surface Image	비고	
9-1			
9-2			
 National Center for Nanotechnology and Equipment Equipment Support 			

평가 결과

한국생산기술연구원 나노·광융합기술센터 <small>광주광역시 북구 첨단로 222번길 2호(광주) Tel: 052-052-0013, Fax: 052-052-0004</small>		보고서 번호 NA-15-0030 <small>페이지 17 쪽 중 19 </small>	
No.	Surface Image	비고	
9-3			
9-4		비고 측정	
 National Center for Nanotechnology and Equipment Equipment Support 			

평가 결과

한국생산기술연구원 나노·광융합기술센터 <small>광주광역시 북구 첨단로 222번길 2호(광주) Tel: 052-052-0013, Fax: 052-052-0004</small>		보고서 번호 NA-15-0030 <small>페이지 18 쪽 중 19 </small>	
No.	Surface Image	비고	
10-1			
10-2			
 National Center for Nanotechnology and Equipment Equipment Support 			



- 매출증빙

승인번호 : 20151005-41000096-47799519 관리번호 : TX2015108193455

전자 세금계산서 (공급자 보관용)		책번호	2015 권	10 호				
		일련번호	12					
등록번호	409-81-76652			등록번호	124-86-94166			
상호	포미(주)	성명	허상규	상호	주식회사 제이티	성명	이상로	
사업장 주소	광주광역시 북구 연제동 1015번지			사업장 주소	경기도 수원시 영통구 덕영대로 1499번길 21			
업태	제조, 도소매	중사업장번호		업태	도소매외	중사업장번호		
종목	광통신관련			종목	통신부품외			
작성일자		공급가액			세액			
2015	10	05	14,400,000			1,440,000		
비고								
월	일	품목명	규격	수량	단가	공급가액	세액	비고
10	05	광 네트워크용 POF 점퍼코드	5M	100	10,000	1,000,000	100,000	
10	05	광 네트워크용 POF 점퍼코드	10M	200	16,000	3,200,000	320,000	
10	05	광 네트워크용 POF 점퍼코드	15M	200	32,000	6,400,000	640,000	
10	05	광 네트워크용 POF 점퍼코드	20M	100	38,000	3,800,000	380,000	
합계금액		현금	수표	어음	외상 미수금	이 금액을 청구 함		
15,840,000		0	0	0	15,840,000			

인쇄횟수 : 2

*본 세금계산서는 부가가치세법에 의하여 발행된 세금계산서이며, 전자서명 법에 의거한 전자인증 서명으로 인감날인이 없어도 법적 효력을 갖습니다.
 *고부일무 대행사업자 : (주)더존비즈온 [134-81-08473]

- 특허출원

대구경 광분배기 및 그 제조방법 (특허 출원 완료)

관인생략
출원번호통지서

출원 일자 2015.10.16
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
출원 번호 10-2015-0144770 (접수번호 1-1-2015-1002938-92)
출원인 명칭 포미주식회사(1-2004-004680-6)
대리인 성명 이재량(9-2000-000106-5)
발명자 성명 허상후 조경재
발명의 명칭 대구경 광분배기 및 그 제조방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경 (경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서비스다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

3-2 2차년도

○ 1Gbps급 Ethernet과 POF 컨버터 회로 설계

1차년도에 개발된 근거리 광통신용 POF Pigtail과 다채널 1x4 광분배기를 활용하여 무창축사내 광통신 시스템이 원활히 구현될 수 있도록 POF Converter Module 개발을 진행하였다. Ethernet은 IEEE 802.3 표준에 따른 네트워킹 기술로서 광통신에서 이미 오래전에 검증 받은 LAN기술이며, 기업 네트워크를 비롯한 홈 네트워크 기반으로 속도가 빠르고 안전성과 높은 신뢰성 그리고 무엇보다 타 경쟁기술보다 저렴하다는 점에서 주목받고 있다.

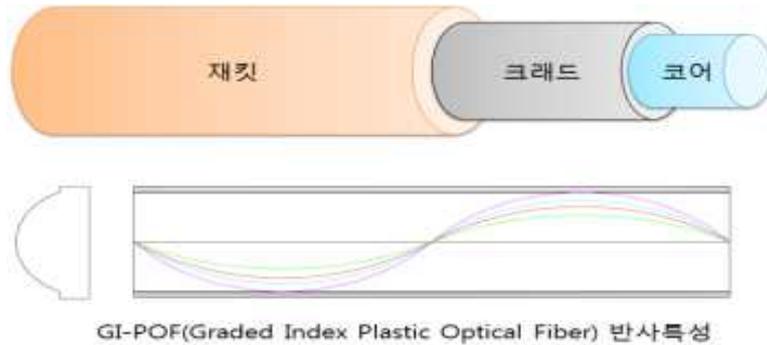
기존 이더넷 네트워크 구성은 4pair twisted copper UTP을 이용하여 100base-Tx 이더넷 속도는 twisted 2pair, 그리고 1000base-T에서는 twisted 4pair 모두를 사용하여 데이터를 송수신하고 있으며, 데이터 송수신 속도가 증가함에 따라 이더넷 네트워크 구성에 사용되는 케이블 사양도 CAT-5에서 CAT-5e 또는 CAT-6로 보다 고품질의 케이블 사양을 요구하고 있다. 또한 이와 같은 사양 요구는 케이블 가격 상승과 더불어 네트워크 구축비용을 상승 시키는 원인으로 작용하고 있으며, PC내부에 Ethernet을 활용한 메인보드에 Ethernet LAN을 장착하고 있는 가운데, 소비가전 벤더들도 Ethernet을 임베디드 시킨 셋톱박스, PVR(Personal Video Recorder), 비디오 게임 콘솔, 디지털 오디오 수신기 등 인터넷을 활용한 장비들에 활용되고 있다. 아래 표는 IEEE P802.3 표준규격 및 포트타입에 따른 전송속도를 나타내고 있다.

< IEEE P802.3ba 표준규격 >

Port Type	Description	40 GbE	100 GbE	Solution Space
40GBASE-KR4	Up to at least 1m backplane	✓		4 x 10 Gb/s
40GBASE-CR4 100GBASE-CR10	Up to at least 7m cu (twin-ax) cable	✓	✓	4 x 10 Gb/s 10 x 10 Gb/s
40GBASE-SR4 100GBASE-SR10	Up to at least 100m OM3 MMF (150m OM4 MMF)	✓	✓	4 x 10 Gb/s 10 x 10 Gb/s
40GBASE-LR4	Up to at least 10km SMF	✓		4 x 10 Gb/s
100GBASE-LR4	Up to at least 10km SMF		✓	4 x 25 Gb/s
100GBASE-ER4	Up to at least 40km SMF		✓	4 x 25 Gb/s

대중적으로 전송속도 1000Mbit rate(1GbE)를 사용하고 있으며, 데이터 송수신은 전송거리가 증가함에 따라서 에러율(BER: Bit Error Rate)도 증가하는 것으로 알려져 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 단거리 또는 장거리 통신에서 외란(外亂)의 영향이 거의 없는 광케이블을 사용하여 통신 네트워크를 구축하고 있다. 본 기술개발에서는 이를 활용하여 광기반 센싱 소자의 원활한 광 송수신과 속도 향상을 위한 1Gbps급 Ethernet 미디어 컨버터 개발에 앞서 1차적으로 POF 컨버터 회로 설계를 진행하였다.

설계를 진행하기 앞서 광케이블을 이용하는 광통신은 데이터를 실어 보내는 광원의 파장에 따라 단거리 통신과 장거리 통신으로 구분할 수 있으며, 단거리 통신용 광원은 850nm의 VSCEL 레이저 다이오드가 주로 사용된다. 단거리용 광케이블은 GOF와 POF로 구분할 수 있지만 현장 작업성이 우수한 플라스틱 광파이버인 POF가 주로 이용된다. 특히 Giga bit rate용 이더넷 POF 케이블은 아래 그림과 같은 특성을 갖은 GI-POF를 많이 사용하고 있으며, 아래 표는 광원의 파장에 따른 광케이블의 구경과 전송거리를 나타내고 있다.

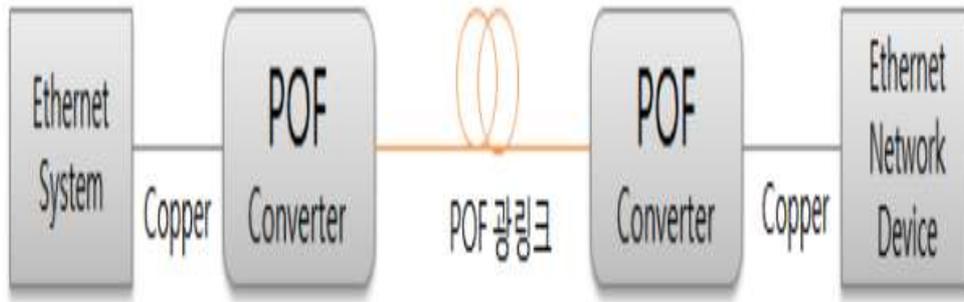


< GI-POF 케이블 구조와 반사특성 >

< 통신 광원의 파장에 따른 광케이블 구경 전송거리 >

광원의 파장	광케이블 Core 선경	전송거리	비고
1550nm(1000base-Zx)	9um~8um	~70~100km	SM
1300nm(1000base-Lx)	9um	~5km	SM
1300nm(1000base-Lx)	50um/62.5um	~550m	MM
850nm(1000base-Sx)	50um	~500m	MM
850nm(1000base-Sx)	62.5um	~220m	MM
650nm((1000base-Sx)	50um	~30m	MM

본 기술개발의 기본적인 무창축사 구조는 50m이내의 비교적 거리제한이 없는 구조이기 때문에 단거리 망을 구성하여 POF 광분배기를 통한 1Gbps급 이더넷 네트워크를 구성할 수 있을 것으로 분석 되었으며, 이를 활용하여 copper UTP에서 플라스틱 광섬유(POF)로 통신 매질을 변환하거나 반대로 변환하는 미디어 컨버터로서 1000base-X 및 1000base-T의 이더넷 통신 속도를 지원하며, 네트워크 장치와 연결 시 Plug & Play 방식으로 사용자가 별도의 장치 설정 없이 네트워크를 구성하였다.



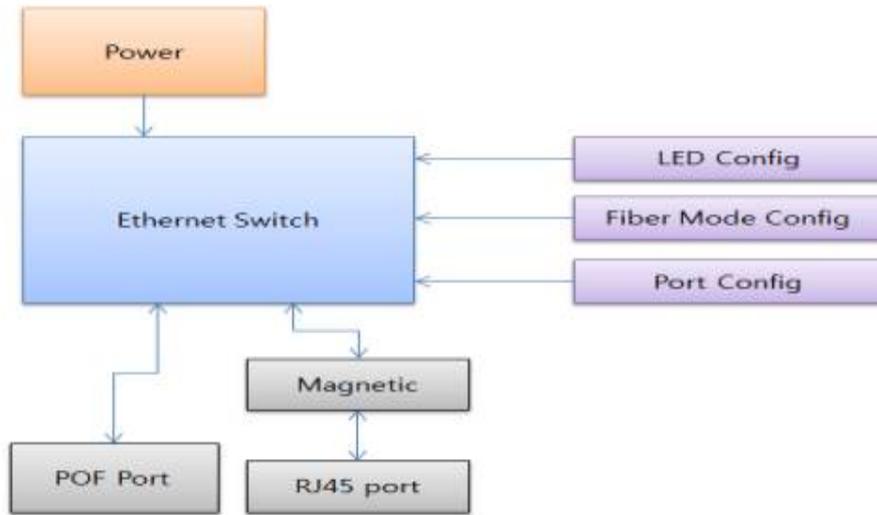
< POF Converter의 네트워크 구성 예시 >

위 그림은 본 개발 기술을 적용하여 구성할 수 있는 POF 컨버터의 광링크 구성의 예를 나타내고 있으며, 기술개발에 적용된 제품의 사양은 아래 표로 나타내고 있다.

< 기술 개발 제품의 사양 >

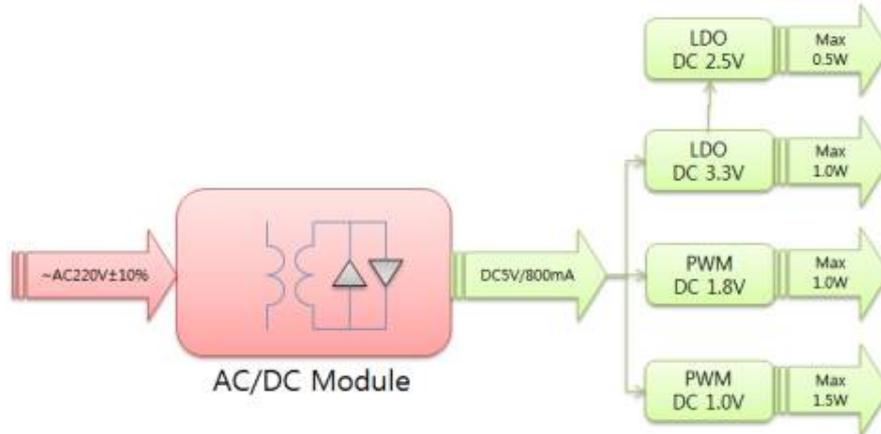
항 목	사 양	비 고
정격 입력 전원	~AC220V ± 10%, 40mA	
LAN	Triple-Speed 10/100/1,000Mbps, Auto Crossover	
POF	100Mbps/1,000Mbps	
최대 전송거리	1000base-x 30m	
	100base-Fx 50m	
대기 전력	MAX 750mW	

POF Converter의 네트워크 구성을 활용하여 각 기능 블록으로 구성하였으며, Ethernet Switch를 중심으로 POWER, LED Config, Fiber Mode Config, Port Config, Pof port, Magnetic, RJ45 port 구조를 선정하였다.



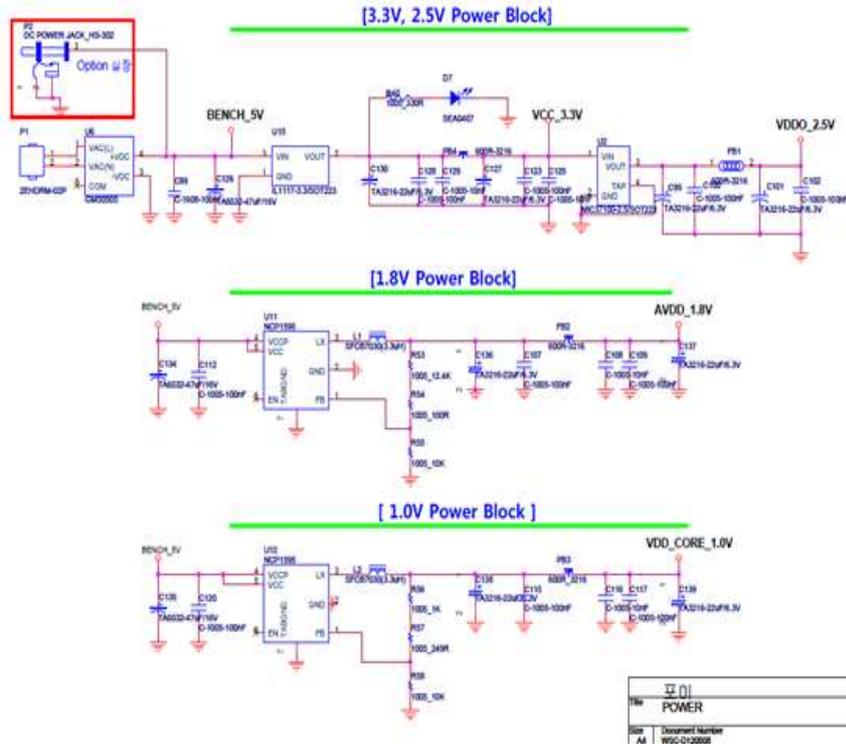
< 개발 제품의 기능 블록도 >

기능 블록의 파워는 AC 220V를 Pluggable 파워 커넥터를 통하여 직접 입력받아 DC 전원을 생성하여 장치에 필요한 전원으로 사용하도록 구성하였으며, POWER에 대한 구성 블록은 아래 그림과 같다.



< 전원 생성을 위한 구성 블록도 >

Ethernet POF Converter는 상용전원 AC220V를 사용할 수 있도록 AC-DC Converter 내장형으로 설계하였으며, AC-DC Converter 출력전압인 DC5V를 이용하여 Switch Chip의 코어 전원 1.0V을 비롯하여 1.8V, 2.5V, 3.3V 생성하도록 설계를 진행하였다.



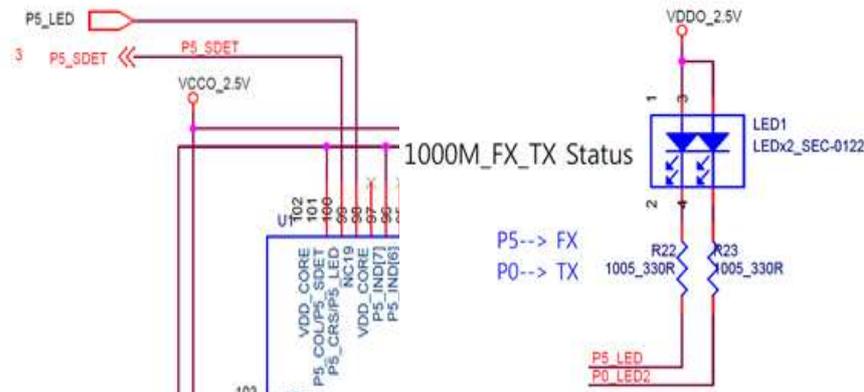
< Ethernet POF Converter 구성 전원 회로도 >

보드 크기와 발열을 최소한으로 줄이기 위해서 Low Drop LDO와 스위칭 Control IC를 적절하게 사용하여 전원회로를 설계 하였으며, 인터페이스 신호들은 전원 리플 성분에 영향을 받기 때문에 전원 리플을 억압하기 위하여 커패시터와 인덕터를 이용하여 필터 기능으로 장치의 안정된 동작을 확보하였다. 위 그림은 Ethernet POF Converter 구성 전원 회로도를 나타내고 있다.

POF Transceiver와 RJ-45의 동작 상태를 표시하기 위하여 2개의 LED를 사용하였으며, POF Transceiver Link와 RJ-45의 Data송수신 상태를 표시하게 되며, POWER의 ON/OFF, TX와 FX 포트의 LINK/ACT 상태를 확인 할 수 있도록 하였다. 아래 표는 LED동작상태를 나타내는 표로서, POWER의 동작이 ON, OFF 되지 않을시 리셋을 할 수 있도록 설계를 진행하였다.

< LED 동작 상태 >

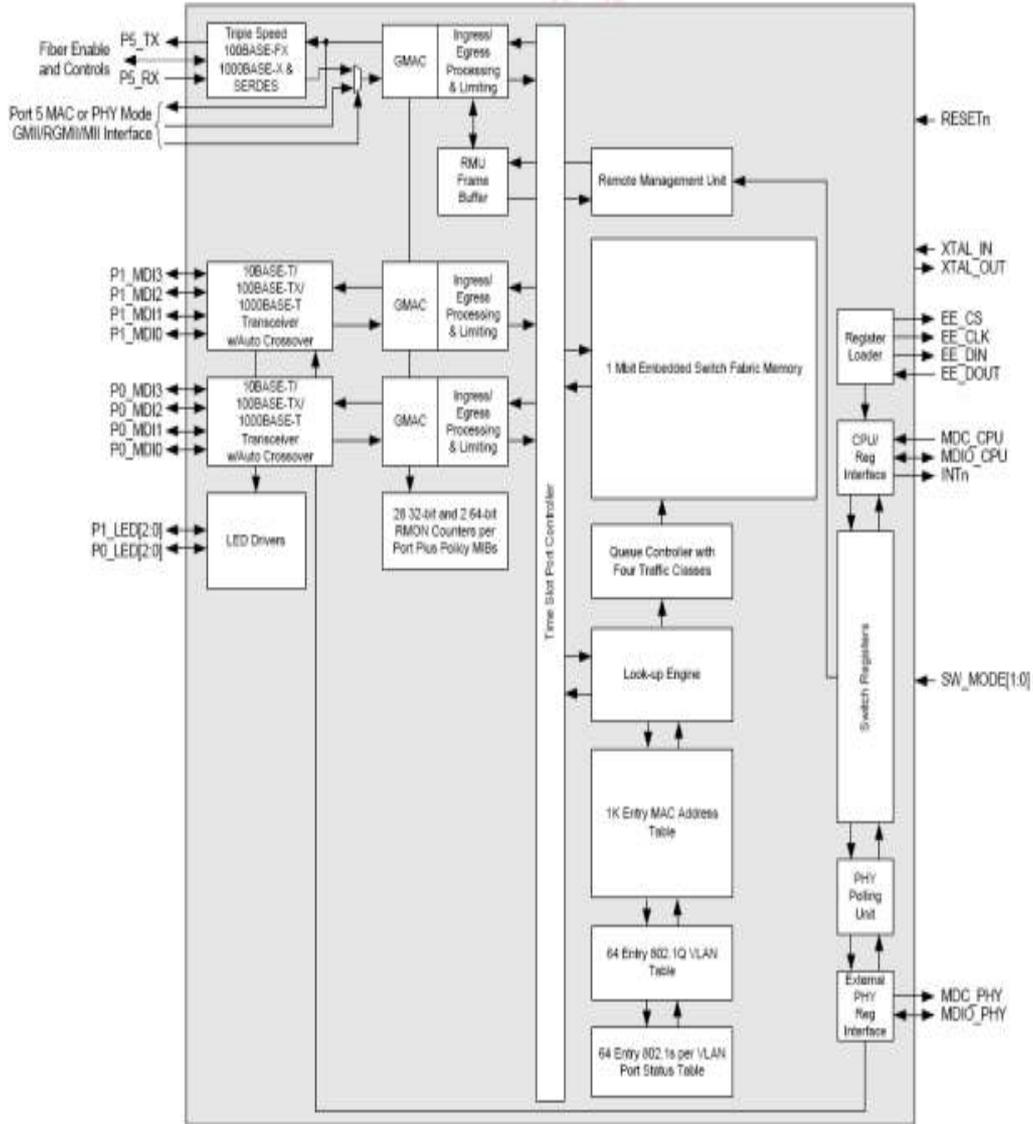
LED명	상태	동작상태
FX LINK/ACT	점등	FIBER CABLE GOOD
	점멸	수신 DATA 교환
	소등	FIBER 수신 DATA FAIL
PWR	점등	전원공급 정상
TX LINK/ACT	점등	FIBER CABLE GOOD
	점멸	송신DATA 교환



< Ethernet POE Converter LED 회로부 >

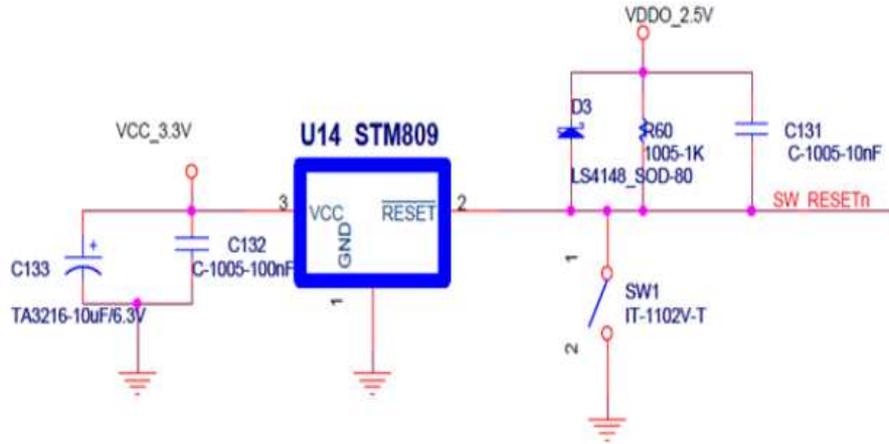
전원 및 LED 관련 패턴은 패턴 라인에서 잡음의 영향을 적게 받게 설계하였으며, 모듈 쪽은 KEY가 있는 RJ45로 구성 및, 케이블 핀 배열과 색상은 흑색->백색->적색->회색->등색->청색->녹색->자색 순으로 나열하고, 기능으로 컴퓨터 포트에 삽입 및 허브에 장착이 가능하도록 설계하였다. 또한 높은 주파수의 신호에서 발생하는 신호선의 임피던스 Matching을 위해 인쇄회로 기판의 패턴은 곡선으로 이루어지도록 하였으며, 두 패턴의 길이를 동일하게 하여 인덕턴스 값을 맞출 수 있도록 하였다.

이더넷 스위치 소자는 PHY 기능을 수행하는 1000base-X 또는 100base-FX 및 SERDES 광 인터페이스 기능 블록과 Triple Speed를 지원하기 위한 10base-T, 100base-Tx 및 1000base-T 트랜시버, Auto-crossover MDIX 기능블록, 그리고 3개의 Giga MAC과 이들을 설정하기 위한 SW 모드 및 래치 Config 블록으로 구성되어 있으며, 아래 그림은 Ethernet Switch 소자의 구성블록을 나타내고 있다.



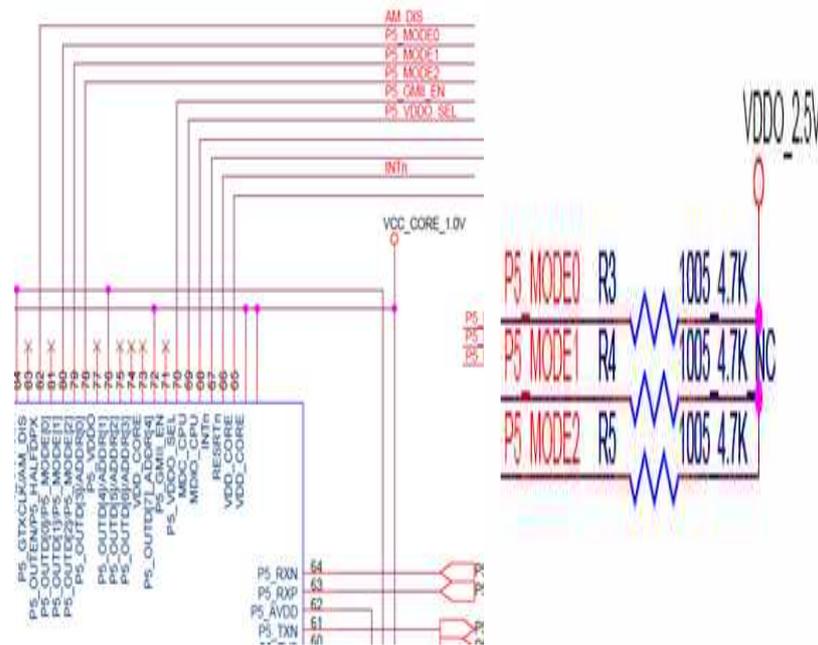
< Ethernet Switch 소자의 구성블록 >

구성 블록도를 활용하여 포트구성을 진행하였으며, P0-MDI-n-P/N은 MDIX Differential 신호로서 1000base-T를 지원하기 위하여 4pair 신호를 모두 인터페이스 하였고, P5-RX/TX-N/P는 SERDES differential 신호로서 1000base-x POE 광 포트를 구현하기 위해 활용하였다. 아래 그림은 포트구성회로도 나타내고 있다.



< System Reset 회로구성도 >

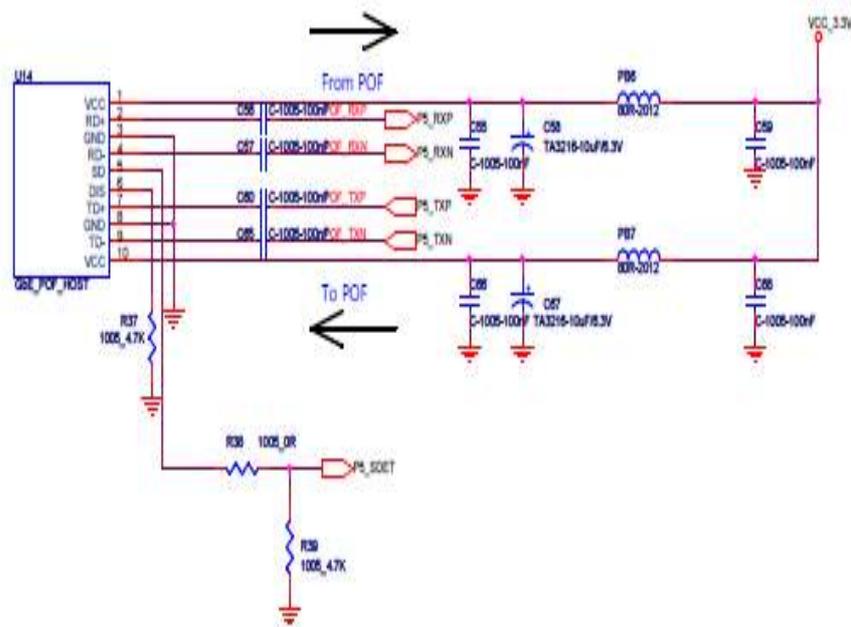
POF 광 링크 구성을 위한 회로 구현으로서 p-5Mode[0], [1], [2]의 설정에 의하여 1000base-T을 위한 GMII 인터페이스 모드와 1000base-X SERDES 광 인터페이스 모드로 구분하여 Ethernet Switch 소자가 동작하며, 위 System Reset 회로 구성도의 저항을 이용하여 광 링크 모드로 구성하였으며, P5_Mode [0], [1], [2]의 저항을 Pull-up, Open, Pull-up(101)으로 하여 광링크 구성을 위한 1000base-X 모드로 동작되도록 설정하였다. 아래 그림은 POF 광 링크 구성을 위한 회로도 를 나타내고 있다.



< POF 광 링크 구성을 위한 회로 구현 >

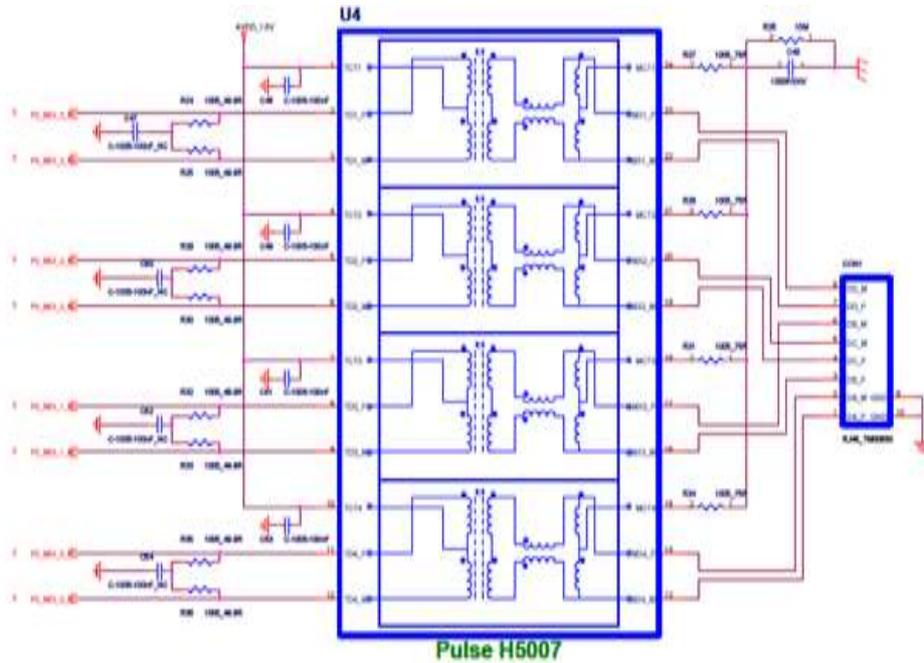
POF 광 트랜시버는 POF 이용하여 광 링크를 구성할 수 있는 모듈로서 Ethernet Switch 소자의 SERDES 인터페이스를 위한 Differential TX 신호에 VCSEL 레이저 다이오드, 그리고 RX 신호에 Photo diode가 결합되어 광링크를 구성하였으며, POF Port의

회로는 Ethernet Switch 소자의 TX±,RX± Differential 신호와 POF 광 트랜시버의 TX±,RX± Differential 신호는 DC 신호 레벨이 서로 다르기 때문에 100nF의 캐패시터를 이용하여 AC결합을 구성하였다. 초기 기능블록도를 활용하여 Ethernet Port 설계를 진행하였으며, 아래 그림은 POF Port의 회로도를 나타내고 있다.



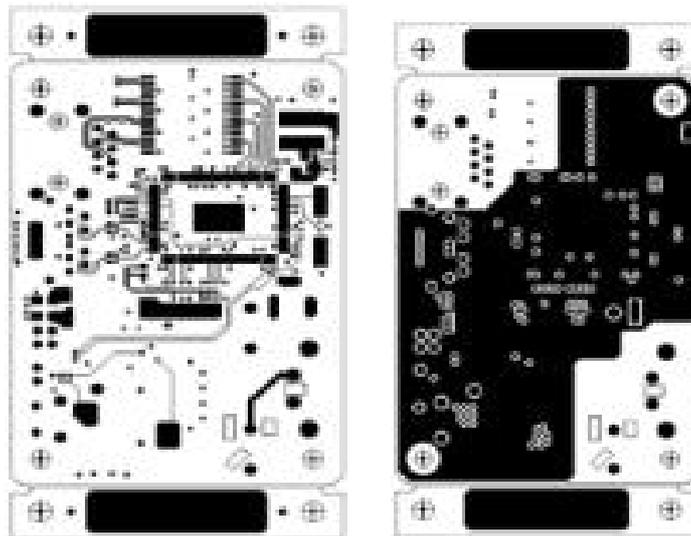
< POF Port의 회로 구현 >

1000base T 이더넷을 지원할 뿐만 아니라 100Mbit, 10Mbit의 속도를 지원할 수 있는 이더넷 스위치 소자를 적용하였기 때문에 본 기술 개발 제품은 Ethernet Triple Speed를 지원한다. 이더넷 스위치 소자의 MDIX 인터페이스 신호는 Giga bit용 Magnetic Transformer를 이용하여 결합하였으며, 마그네틱 트랜스포머에 의하여 절연된 이더넷 Differential 신호는 RJ45에 연결되었다. MDIX ±[0], [1], [2], [3]은 Differential 신호로서 MDIX ± 간에 100Ω이 되도록 수동소자를 이용하여 정합 회로를 구성하였다.

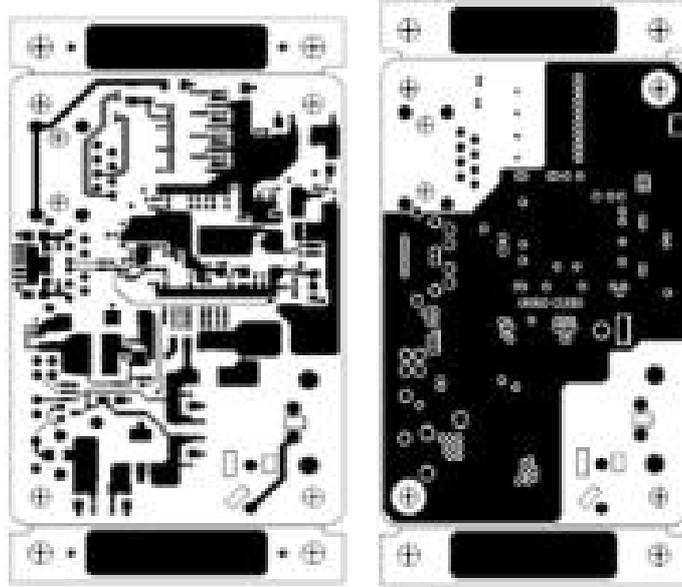


< Ethernet RJ45 포트의 구성 회로 >

- 1Gbps급 Ethernet과 POF 컨버터 PCB 설계 및 제작
 발열과 Noise를 고려하여 4층으로 설계를 하였으며, TOP 면과 BOTTOM은 신호패턴이 지나가도록 구성하였다. 또한 중간층에 GND와 전원을 각각 분리하여 설계를 진행하였다. 전면에 리셋 스위치와 연결 상태를 확인할 수 있도록 LED를 배치하였고, POF와 RJ45를 전면에 배치함으로써 한눈에 제품의 이상 유무나 관리가 편하도록 PCB를 설계하였다.



< 회로기판 설계도면(a) >



< 회로기판 설계도면(b) >

POF Converter의 회로 기판 설계는 1000Mbit의 이더넷 속도를 보장하기 위한 설계 사양은 다음과 같이 적용하였다.

회로기판의 설계 Layer는 Top, Ground, Power, Bottom 4층으로 배치

MDIX 및 SERDES Differential 신호는 100Ω 정합되도록 설계

Differential 신호의 패턴 길이는 0.2mm 공차 이내로 같도록 설계

Differential 신호의 패턴은 최소 길이로 설계

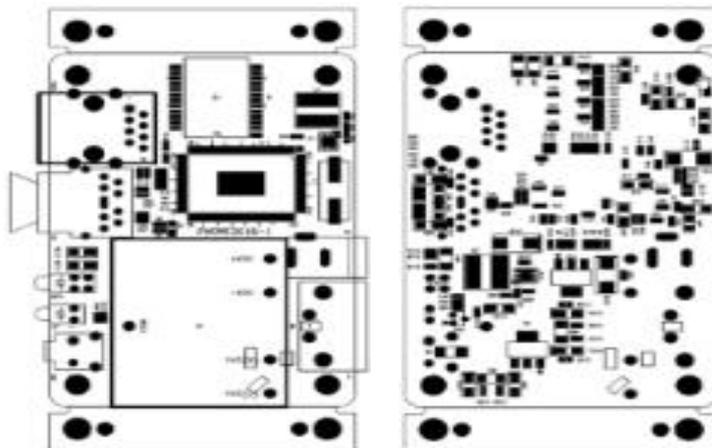
Differential 신호의 패턴은 가능한 동일 Layer에 설계

Differential 신호의 패턴은 불필요한 Via 및 Stub을 형성하지 않도록 설계

AC 전원 입력 단은 절연을 확보하기 위하여 Air GAP 설계

Ethernet Switch 소자는 고속 동작에 의한 발열 특성이 있으므로 Bottom 패드에 충분한 Via를 형성하여 열 확산 특성을 보장하도록 설계

가능한 Ground layer가 넓게 분포되도록 설계



< 회로기판 부품실장 도면 >

또한, 각 부품간의 간섭을 최소화하고 제작된 보드를 소형화하기 위하여 구성 부품을 적절히 배치하였으며, 제품 개발시 디버깅과 관리를 위하여 부품은 가능한 Top layer에 배치하였다. 아래 그림은 회로기판을 바탕으로 부품실장 도면을 나타내고 있다.

위 회로기판 설계도를 바탕으로 POF Converter PCB를 제작하였으며, 초기 회로설계의 신호패턴이 정합이 원활히 진행될 수 있도록 개발을 진행하였다. 아래 그림은 제작된 POF Converter PCB 보드를 나타내고 있다.



< 제작된 POF Converter PCB 보드 >

제작된 POF Converter PCB 보드에 각각의 부품을 결합하였으며, 위 회로기판 부품실장 도면을 바탕으로 부품별 각각의 전원단자, 리셋스위치, POF, RJ45, LED 램프 등 PCB보드와 적절한 결합이 가능한 부분별 부품결합을 진행하였다. 아래 그림은 각각의 부품이 실장된 POF Converter 보드를 나타내고 있다.



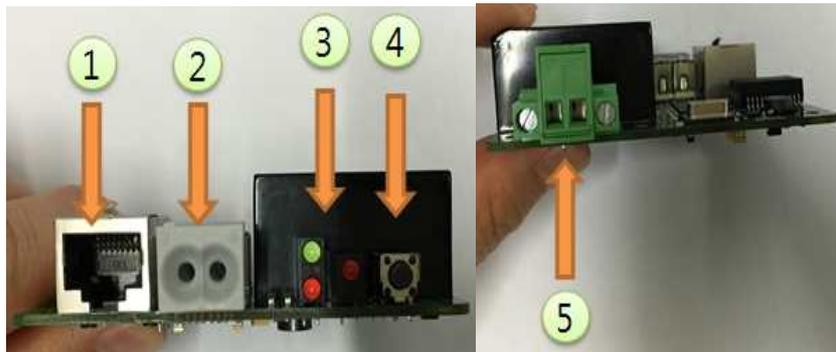
< 부품 실장된 POF Converter 보드 >

최종부품이 실장된 POF Converter Board의 전원과 이더넷 스위치 소자구동 클럭 시험으로 보드와 디버깅 테스트를 진행하였으며, 아래그림은 POF Converter 동작을 위한 디버깅 구동 모습을 나타내고 있다.



< 제작된 POF Converter 동작을 위한 디버깅 >

전원 디버깅은 AC 파워 모듈의 2차 측에 DC 전원을 이용하여 DC 5V를 인가한 후 POF Converter 보드에서 생성하는 DC 전원 DC1.0V, DC1.8V, DC2.5V, DC3.3V가 정상적으로 공급됨을 테스트를 통하여 확인하였으며, AC 파워 모듈의 1차측에 AC220V를 인가하고, DC5.0V가 정상적으로 생성되어 보드의 전원회로에 공급됨을 확인 하였다. 이더넷 스위치 소자의 동작을 확인하기 위하여 수동발진기의 발진을 스크로프를 통하여 테스트를 진행하였으며, 기본 동작을 확인한 후 POF Converter의 주요동작을 확인하기 위하여 아래와 같은 시험 절차를 확립하여 시험을 진행하였다.



< 보드의 동작 시험 >

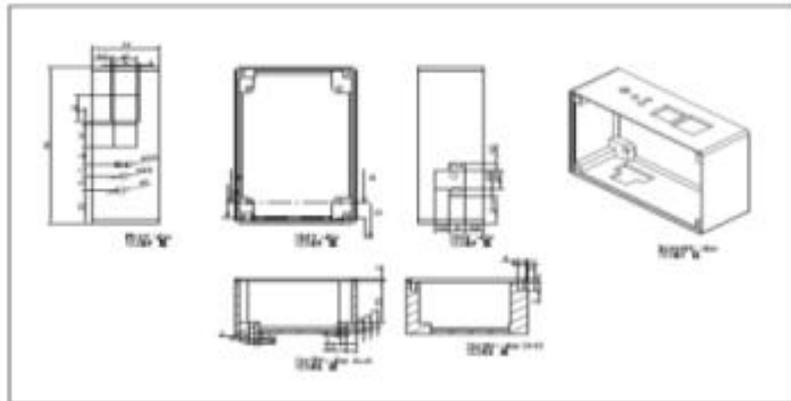
< POF Converter의 외부 인터페이스 명칭 및 설명 >

번호	내용
1.RJ45 Port	UTP 케이블을 사용하여 연결
2.POF Prot	POF 광케이블을 이용하여 연결
3.LED	제품의 현재 동작 상태를 나타낸다.
4.Reset Button	재부팅 버튼
5.전원단자	AC220V 전원 케이블 연결

동작 시험은 2대의 POF Converter로 POF 광 링크를 구성하고 양단에 컴퓨터 이더넷 포트에 UTP케이블을 사용하여 POF Converter의 RJ45 포트에 연결하여 양단 컴퓨터에서 네트워크 시험을 위한 Ping 시험을 진행하여 Copper to POF와 POF to Copper로의 이더넷 통신이 정상적으로 이루어지는 것을 확인하였다.

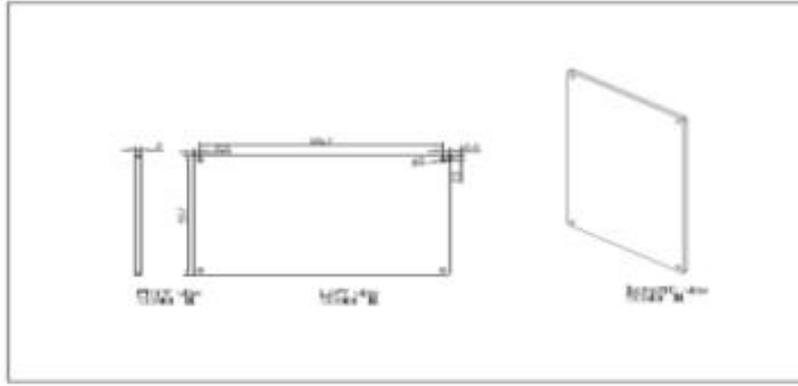
○ 미디어 Converter Module 케이스 도면 설계 및 제작

제작된 1Gbps급 Ethernet to POF Converter Module의 효율적인 안정성과 외부환경으로부터 보호가 가능할 수 있도록 외부케이스 제작을 진행하였다. 1차적으로 Converter 보드의 고정이 가능할 수 있도록 구조를 설계하였으며, 각각 X : 6.4cm, Y : 9.5cm로 각각의 부품들의 결합 및 고정이 가능하도록 구조분석을 통하여 설계를 완료하였다. 아래 그림은 POF Converter Module 외부케이스 2D 도면을 나타내고 있다.



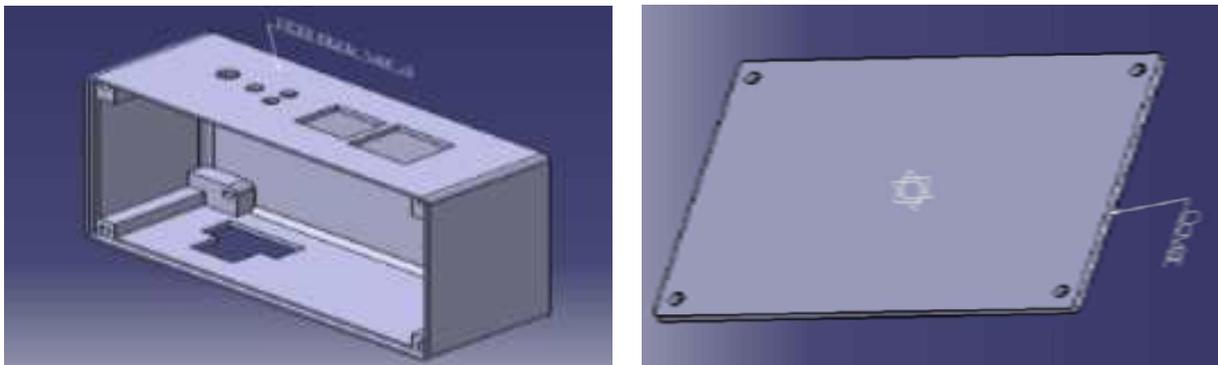
< 미디어 Converter Module 외부케이스 도면(a) >

또한 내부보호를 위한 방법으로 상하 케이스 고정을 위해 모서리에 각각의 4개의 볼트 홀을 구성하였으며, M2 볼트를 사용하여 고정될 수 있도록 상부케이스 설계를 진행하였다. 아래 그림은 케이스 상부 2D설계도를 나타내고 있다.

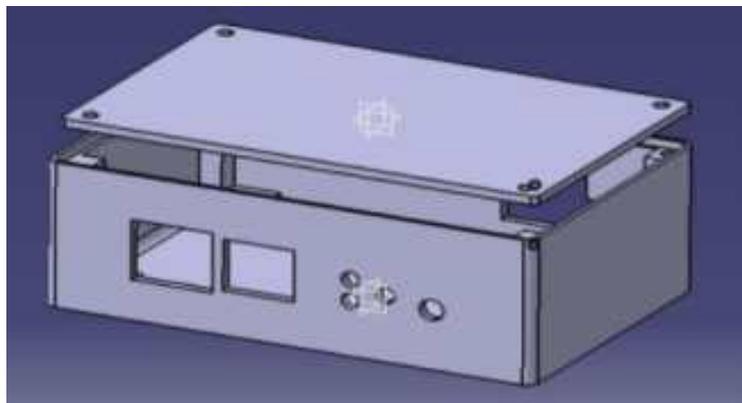


< POF Converter Module 외부케이스 도면(b) >

설계된 외부케이스 2D도면을 바탕으로 가공에 앞서 3D 도면설계를 진행하였으며, POF Port간의 간격의 오차범위를 최소화 할 수 있도록 규격을 재설정하였다. 또한 LED 점등 홀 부분과 전원단자의 간격조정을 진행하였으며, 뒷면의 RJ45 Port 고정부 Size를 고려한 설계를 진행하였다. 아래 그림은 3D POF Converter 케이스 도면을 나타내고 있다.



< POF Converter 케이스 상/하 3D 도면 >



< POF Converter 케이스 3D 도면 >

위 3D 설계도면을 활용하여 좀 더 세부적인 상/하 케이스 패키징 가공을 위해 제작에 앞서 3D 프린트를 사용하여 1차 목업을 진행하였으며, POF Converter Module 장착 과정에서 전원단자의 ON/OFF 스위치 터치부분의 문제점이 발생하였으며, 전원단자 홀 부분을 추가적으로 설계를 진행하였다. 아래 그림은 3D프린팅을 통한 1차 목업된 POF Converter Module 외부케이스를 나타내고 있다.



< POF Converter Module 외부케이스 1차 가공 상/하부 >

3D 프린팅을 사용하여 가공된 컨버터케이스 내외부 구조분석을 통해 오차범위 및 구조적 결함부분을 수정하였으며, 시제품 제작시 문제점을 미연에 방지하기 위해 추가적으로 2차 가공을 진행하였다. 이에 POF Converter Module과 최적의 조건을 만족하는 케이스 목업을 완료하였다. 아래 그림은 2차 목업이 진행된 POF Converter Module 외부케이스를 나타내고 있다.

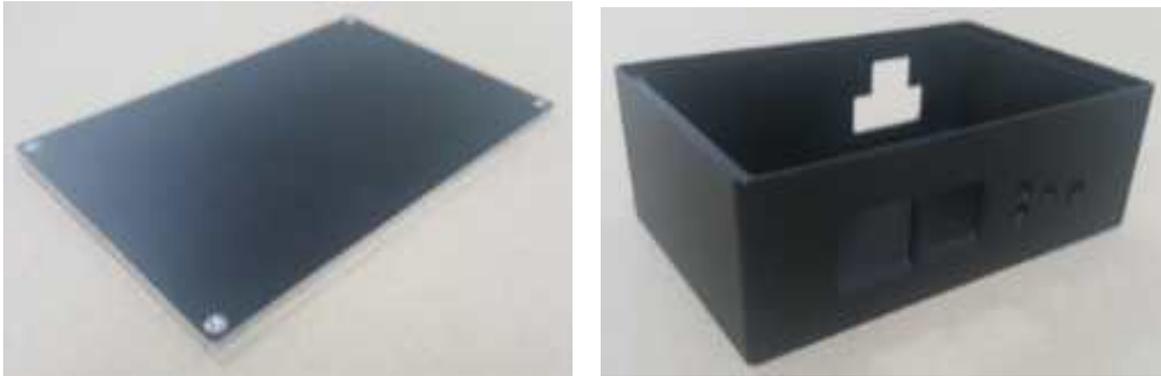


< POF Converter Module 외부케이스 2차 목업 >

최종 시제품제작을 위해 미디어컨버터 외부케이스 재료 선정을 진행하였으며, 1차로 선정된 난연 ABS 재질은 내약품성과 내충격성이 우수하며 외관이 수려하여 전자제품의 내외장 재료로써 사용될 수 있는 우수한 공업재료로 활용되고 있으며, 일반적인 플라스틱은 자기소화성이 없어 일단 발화되면 계속하여 연소되는 단점을 가지고 있어 안전성이 요구되는 전기, 전자 제품의 내외장재료 사용되기 어렵기 때문에 이러한 문제점을 해결하기 위해 미디어 컨버터 케이스에 난연ABS재질을 선정하였다.

난연ABS는 ABS의 장점을 유지하면서 ABS에 자기 소화성을 부여하여 안전성이 높은 전자제품의 설계가 가능하며, 인장강도와 굴곡강도가 뛰어나 얇은 두께로도 견고한 제품

을 만들 수 있고, 광택성이 좋아 외관이 중요시되는 제품에도 알맞다. 또한 온도변화의 폭이 커도 물성의 변동이 거의 없어 내열성이 요구되는 제품에 적합하며, 다른 종류의 플라스틱에 비해 충격에 강하고, 약품에 견디는 성질이 뛰어나서 미디어 컨버터 케이스 아주 적합하다고 판단하였다. 하지만 2차 재질 선정에서는 메탈금속을 선정하였으며, 이는 ABS보다 무게감은 있지만, 일반적인 실내에 적용된 일반 전자제품종류가 아닌 내외부 병행에 따른 외부환경을 고려하여 인장강도와 충격강도 등이 뛰어난 메탈금속 재질을 최종 선택하였다.



< POF Converter 상/하 케이스 >

최종 선정된 메탈금속재질을 활용하여 위 설계도와 3D프린팅을 통해 목업이 진행된 케이스를 바탕으로 최종 POF Converter 상/하 케이스 제작을 진행하였으며, POF Converter Module과 안정적인 assembly가 가능할 수 있도록 제작을 완료하였다. 아래 그림은 최종 제작된 POF Converter 상/하 케이스 구성품을 나타내고 있다.



< 제작된 POF Converter 케이스 >

제작된 케이스 내부에 POF Converter Module 최종결합을 위한 assembly를 진행하였으며, 사전에 진행된 목업작업을 통한 조립진행시 문제점이 발생되지 않았으며, POF Bending 최소화와 안정성이 고려된 최종 POF Converter 제작을 완료하였다. 아래그림은 POF Converter Module과 외부 케이스의 assembly 및 최종 시제품을 나타내고 있다.



< POF Converter Module 결합과정 >

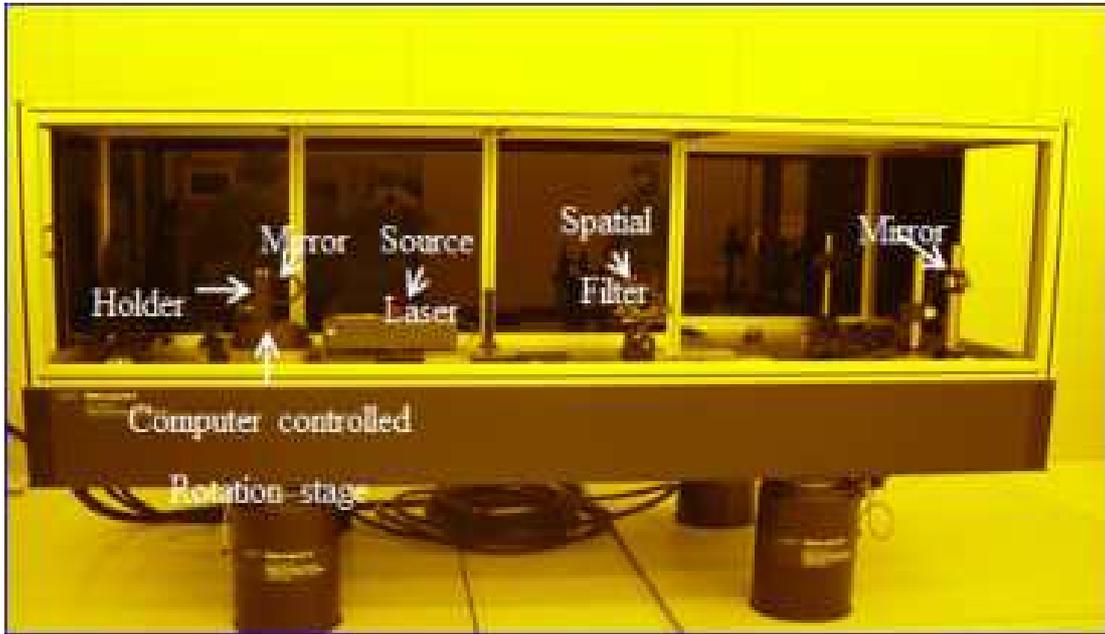


< 제작된 POF Converter >

이에 POF Converter Module 설계 및 제작과 더불어 PCB 설계 및 제작과정을 거쳐 일체형 POF 컨버터 구조 설계 및 제작공정 수립을 완료하였으며, 광통신 구현을 위한 컨버터 개발을 완료하였다. 이를 활용하여 1차년도에 개발된 광 분배기(1*4)와 적용하여 다채널 광통신 시스템 구현에 필요한 기술력 확보와 더불어 광통신 부품판매가 가능할 것으로 판단된다.

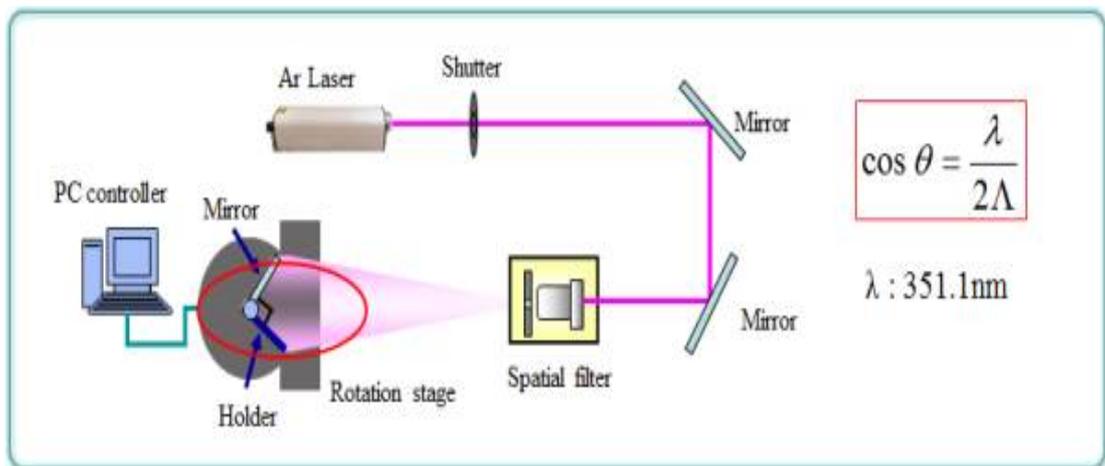
○ 나노 패턴 형성 (150nm이하)

2차원 나노 패턴을 형성하기 위하여 레이저 간섭 리소그래피를 사용하였다. 레이저 간섭 리소그래피의 레이저를 핀홀을 통해 통과시켜 원하고자 하는 형태로 레이저를 분산시킨 다음, 아래 그림과 같이 핀홀을 통해 분산된 레이저가 샘플과 반사면에 동시에 입사하도록 설치한 다음 분산된 레이저의 세기를 일정하게 유지하였다.

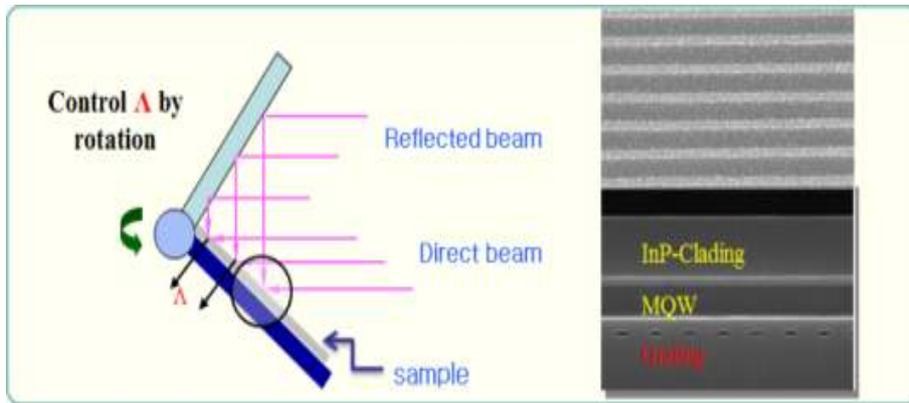


< 레이저 간섭 리소그래피 장비 >

Nano 패턴은 Ar Laser를 이용한 Laser interference lithography 장비를 사용하여 형성하였다. 아래그림은 Laser interference lithography의 개념도를 나타내며, 위 그림은 개념도를 기본으로 하는 Laser interference lithography의 장비를 나타낸다. 장비 구성을 좀 더 자세히 기술하면, 먼저 광원은 351.1 nm의 Ar laser를 사용하였으며, 홀로그래피 리소그래피의 레이저를 편향을 통해 통과시켜 원하고자 하는 형태로 레이저를 분산시킨 다음, 아래 그림과 같이 편향을 통해 분산된 레이저가 샘플과 반사면에 동시에 입사하도록 설치한 다음 분산된 레이저의 세기를 일정하게 유지하였다. 이때 노광 시간은 시간에 따라 자동으로 개폐되는 shutter를 통해 제어된다. 샘플 홀더와 반사면은 수직으로 고정되어 있고 로테이션 스테이지에 의해 회전이 가능하도록 설계하였다.

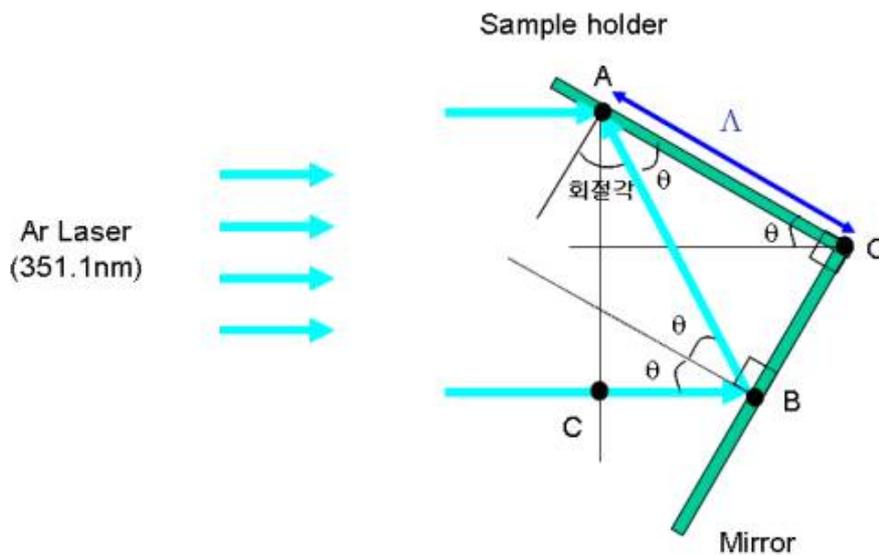


< 레이저 간섭 리소그래피의 개념도 >



< 레이저 간섭 리소그래피의 원리 >

샘플 홀더와 반사면에 아래 그림과 같이 레이저가 입사되면 Braggs' 회절 법칙에 의해 입사된 레이저와 반사된 레이저간의 경로차에 의해 회절이 일어나고 원하는 부분에서만 노광이 이루어지게 되어 수직으로 패턴이 형성된다. 위 구조에서 회절 법칙을 통해서 나노 패턴의 주기를 결정할 수 있는 관계식을 아래 식 (1)과 같이 얻을 수 있다. 이 식을 통해서 최종적으로 식 (2)를 얻을 수 있다. 여기에서 λ 는 입사되는 빛의 파장이고 Λ 는 회절격자의 주기이다. 아래 그림에서 나타내듯이 시스템각의 변화를 통해서 격자 주기를 조절할 수 있다.



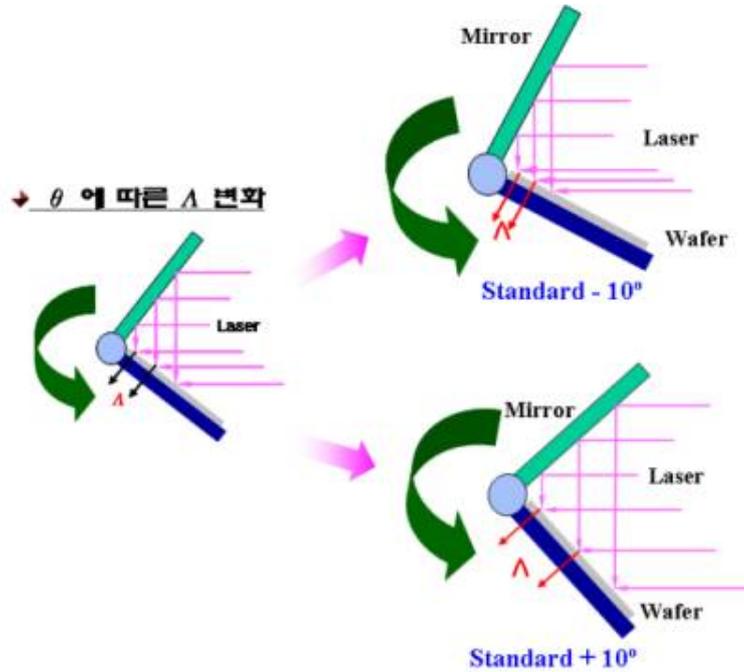
< 회절각의 결정 방법 >

$$\overline{AB} = \frac{\Lambda}{\cos\theta}, \quad (1a)$$

$$\overline{BC} = 2\Lambda\cos\theta - \frac{\Lambda}{\cos\theta}, \quad (1b)$$

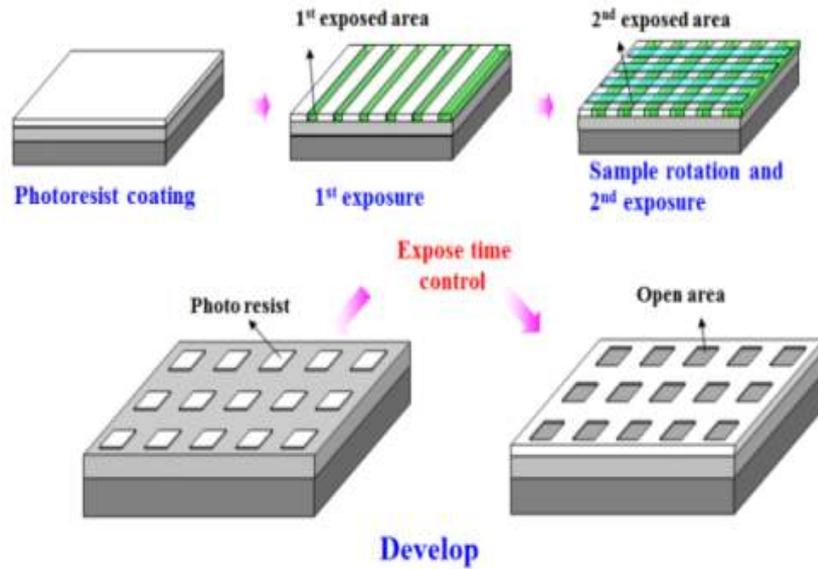
$$\frac{2\pi}{\lambda}(\overline{AB} + \overline{BC}) = 2\pi. \quad (1c)$$

$$\cos\theta = \frac{\lambda}{2A} \quad (2)$$

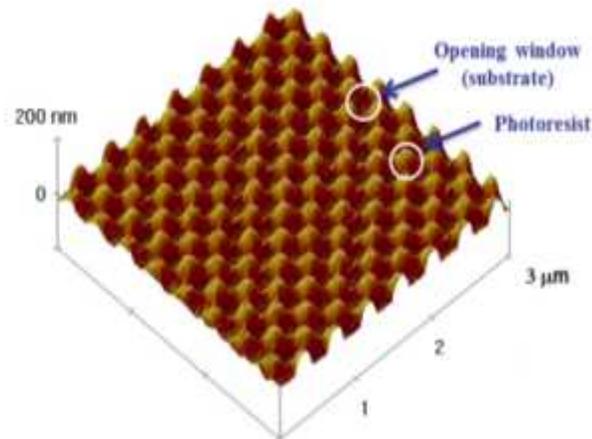


< 레이저 간섭 리소그래피 주기 조절 원리 >

실험 방법은 먼저 Si 기판을 유기물 세정제를 통하여 200℃에서 10분간 Hot plate에서 세정한 다음 흐르는 증류수로 10분간 세정하였다. 그 다음 Hot plate에서 160℃, 5분간 수분을 제거한 후 포토레지스트를 3500rpm에서 30초간 스핀코팅하여 도포한 후 100℃에서 1분간 열처리 한 후, 샘플홀더에 샘플을 장착하고 일정시간동안 첫 번째 노광을 실시한 후 일정 각도로 샘플을 회전시켜 위의 첫 번째 노광시간과 같이 두 번째 노광을 실시하였다. 두 번의 노광후 100℃에서 1분간 열처리를 실시하고 현상을 50초간 실시하였다.



< 나노패터닝 공정 순서도 >

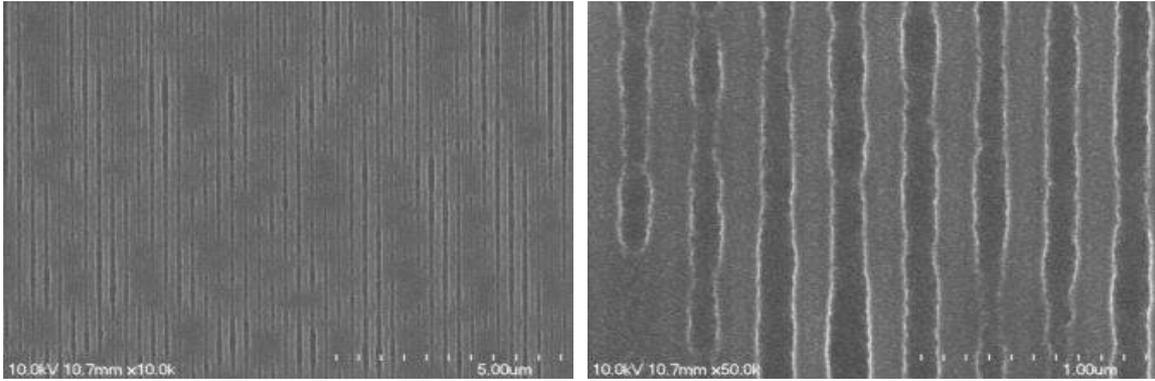


< 나노 패턴의 AFM 분석 >

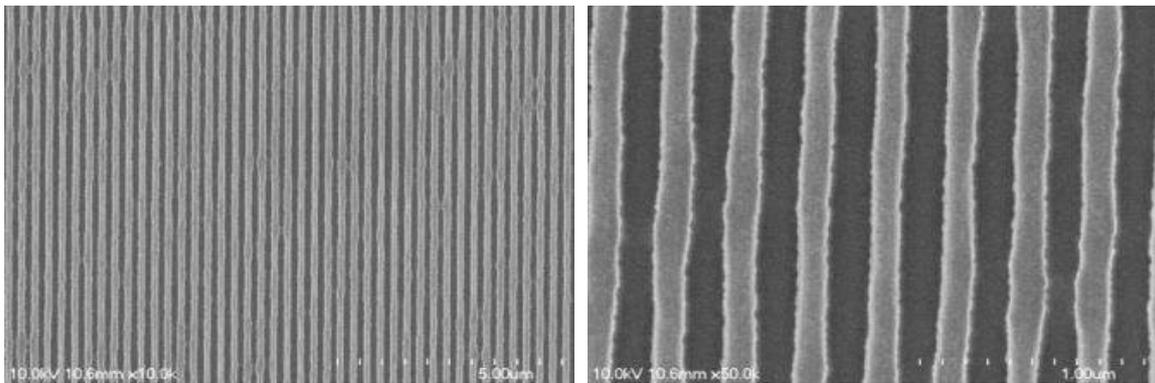
Line 형태의 나노 패터닝을 제조하기 위하여 SiO₂ 박막이 코팅된 기판상에 나노 패터닝을 실시하였다. 포토레지스트는 상용화된 제품과 Thinner를 2:1로 혼합하여 포토레지스트를 제조하였고, 노광시간에 따라 실험을 실시하였다. 먼저 Si 기판상에 PECVD를 이용하여 SiO₂ 박막을 120nm 성장시켰다. 조건은 아래와 같다.

< SiO₂ Deposition 조건 >

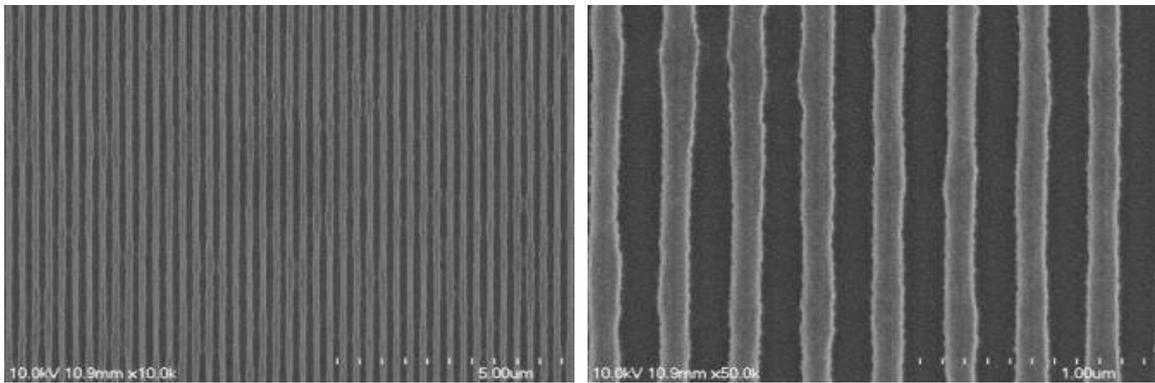
SiO ₂ Deposition 조건		
온도	300°C	
압력	40 mtorr	
기체	SiH ₄	
Flow ratio	50 sccm	



(a) 300 sec



(b) 400 sec



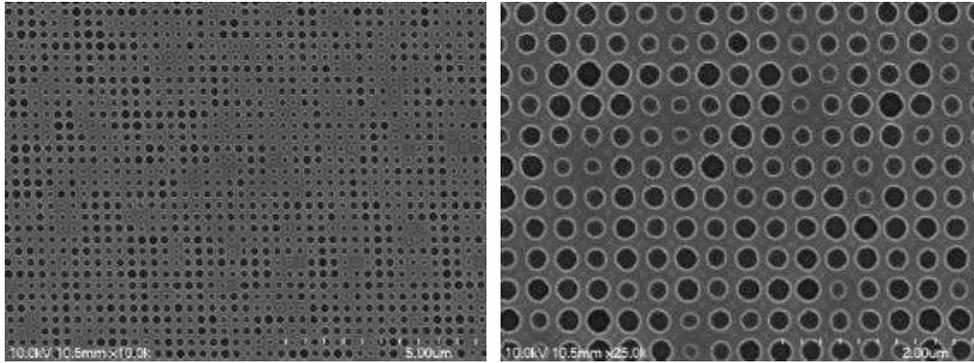
(c) 500 sec

< 노광시간과 현상시간에 따른 나노 패터닝 형태 >

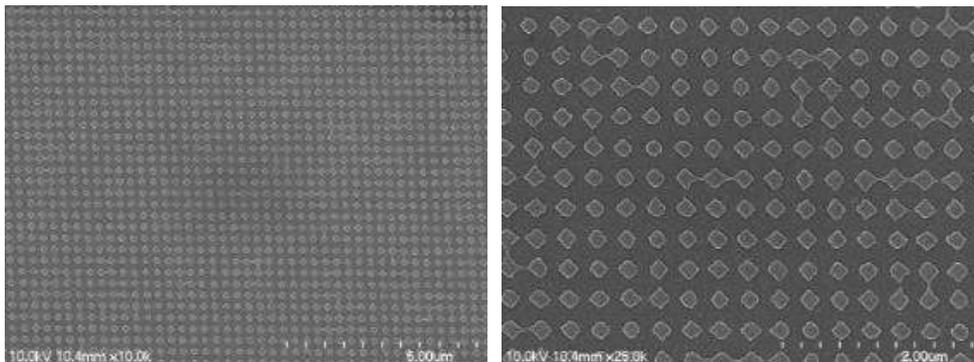
나노 패터닝의 경우 노광시간과 현상시간이 주요 실험 조건으로 나뉜다. 따라서 노광 시간에 따른 변화 및 현상시간에 따른 변화를 각각 관찰하여 실험을 실시하였다. 노광 시간에 따른 변화는 위와 같이 시간에 따라 패턴의 변화가 나타났다. 노광시간이 증가함에 따라 패턴의 형태도 변화하게 되는데 노광시간이 500초일 때 가장 선명한 패턴이 형성됨을 확인할 수 있었다.

Line 형태의 나노 패턴을 기본으로 2차원 나노 패턴 형성을 위한 실험을 진행하였다. 2차원 나노 패턴은 3차년도 정렬된 Au 나노 Dot 형성을 위한 준비실험으로 바이오 센서의 감도 향상을 위한 실험을 진행하였다.

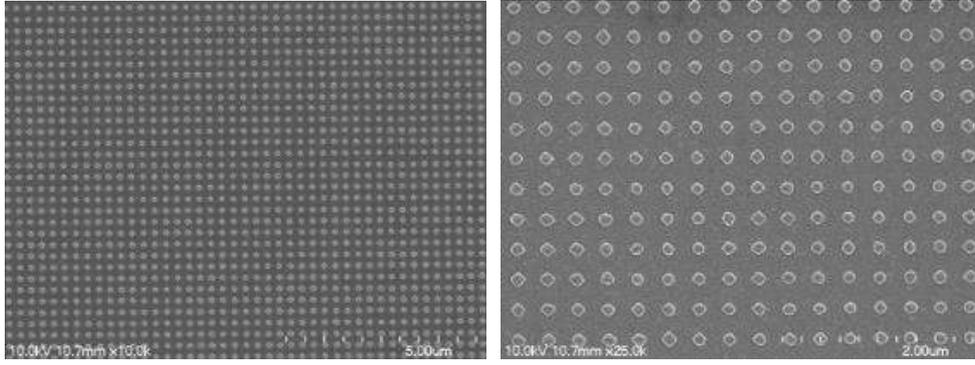
2차원 나노 패턴은 노광시간에 따라 달라지게 되는데 이를 바탕으로 SiO₂ 박막을 에칭하여 Oxide 계열 나노 입자 제조에 쓰일 수 있도록 제조하였다. 포토레지스트의 도포와 열처리는 위의 실험과 동일하게 진행하였으며, 1차 노광과 2차 노광의 시간을 조절하여 실험을 실시하였다. 노광 시간은 300초부터 600초까지 변화시켜 가면서 실험하였으며, 현상시간은 50초로 일정하게 유지하여 실험하였다.



(a) 노광시간 : 300 sec



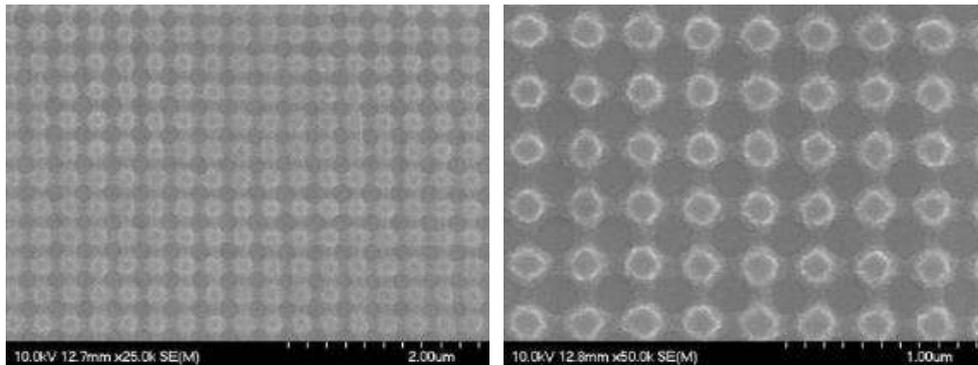
(a) 노광시간 : 500 sec



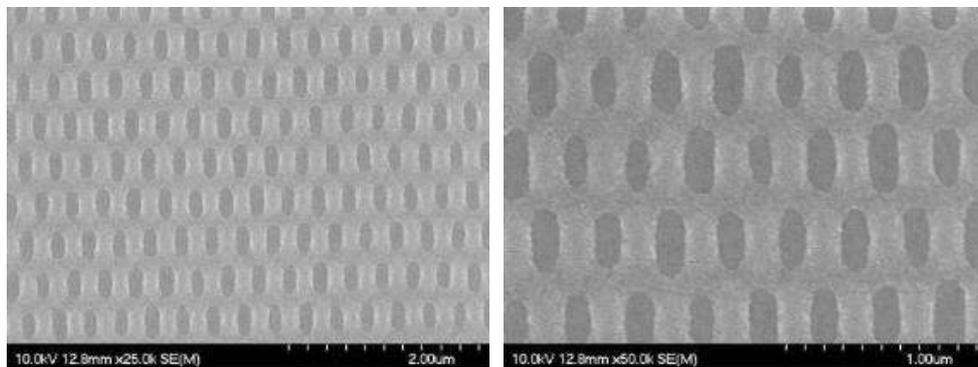
(a) 노광시간 : 600 sec

< 노광시간에 따른 2차원 나노 패턴의 변화 >

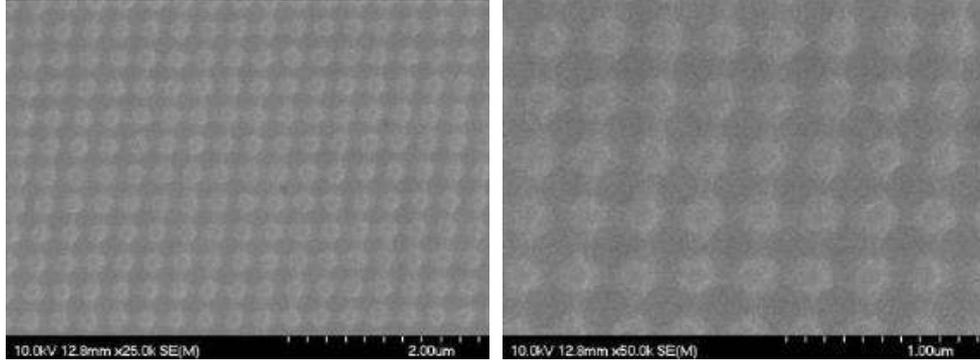
300초간 각각 노광시켜 현상을 실시한 나노 패턴은 원형 형태가 일정치 않았으며, 노광시간을 500 초간 실시한 패턴에서 원형 형태가 일정하게 나타났다. 이러한 형태가 나타나는 이유는 노광시간에 따른 포토레지스트의 반응이 달라지기 때문이다. Ar 레이저의 입사량에 따라 포토레지스트의 반응 깊이가 변화하게 되고, 입사량이 많아질수록 포토레지스트의 현상속도는 빨라지게 되므로 같은 현상 시간에서 이러한 변화가 나타나게 된다.



(a) Square



(b) Rectangular



(c) Oblique

< 다양한 형태의 나노 패터닝 >

위의 그림은 2차 노광 방법에 따른 패턴의 변화를 나타낸 것이다. 1차 노광 후, 2차 노광의 각도를 조절하여 위와 같은 다양한 형태의 나노 패터닝을 제조 할 수 있었다. 먼저 (a)의 Square의 경우, 2차 노광시 90도로 회전시켜 노광을 진행한 경우를 나타내고 (b)의 Centered-rectangular의 경우 각도를 약 30도 회전시켜 노광을 진행하였다. (c)의 경우는 Oblique 구조로서 2차 노광시 약 75도의 각도로 회전시켜 노광을 실시하였다. 2차 원 Bravais Lattice는 5가지로 위와 같이 일정 각도로 변경하여 2차 노광을 진행할 경우, Square, Rectangular, Centered-rectangular, Oblique, Hexagonal의 구조를 각각 제조 할 수 있음을 확인하였다.

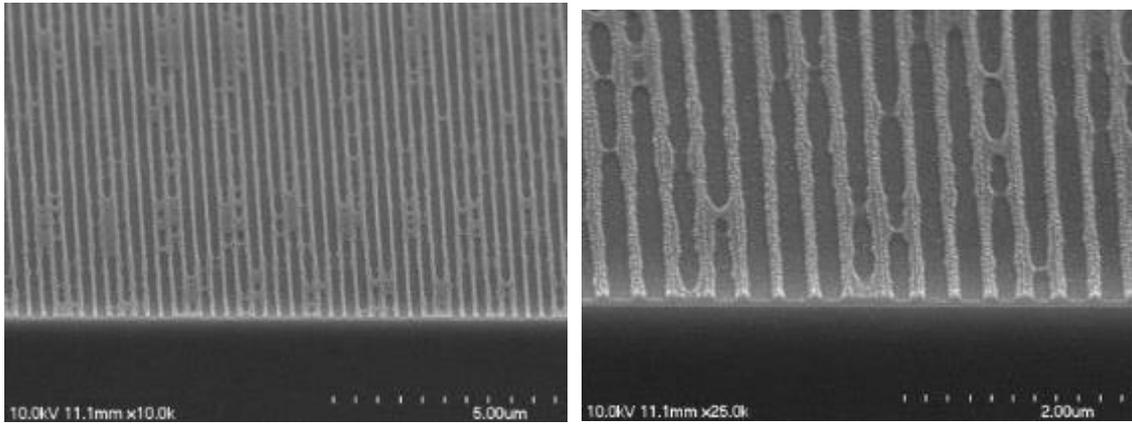
○ 산화물 반도체 나노 구조 제어 (Line, Dot 2종)

위의 조건에서와 같이 대면적에 일정한 나노 패턴이 나타났으며, 하단에 성장된 SiO₂ 나노 박막을 RIE를 이용하여 에칭을 실시하였다. 에칭 조건은 아래와 같다.

< SiO₂ Etching 조건 >

SiO ₂ Etching 조건		
온도	RT	
압력	40 mtorr	
기체	CF ₄	
Flow ratio	50 sccm	
RF Power	100W	

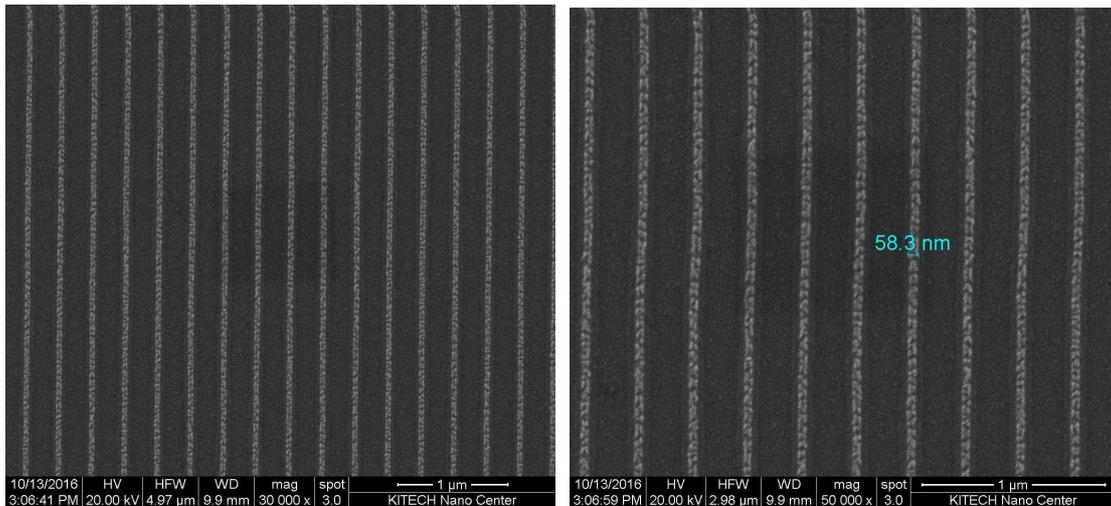
위의 조건에 따라 Dry Etching을 실시한 후, 포토레지스트 제거를 위하여 PR stripper (EKC 830) 용액을 150℃에서 10분간 포토레지스트를 제거하고, DI water에서 10분간 Cleaning을 실시한 후, SEM 분석을 통하여 SiO₂ 나노 구조 분석을 실시하였다. 그 결과는 아래에 나타내었다.

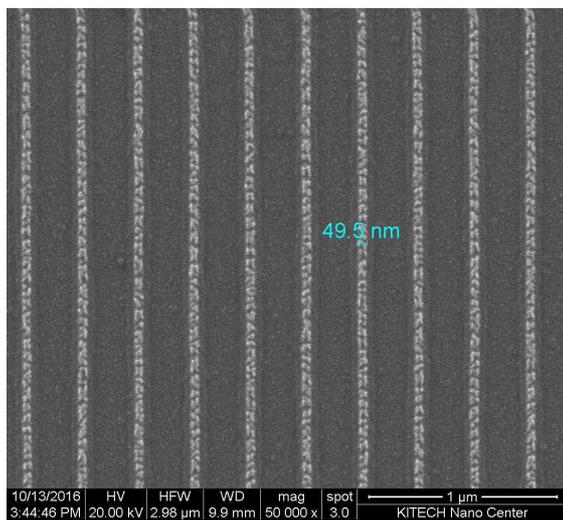
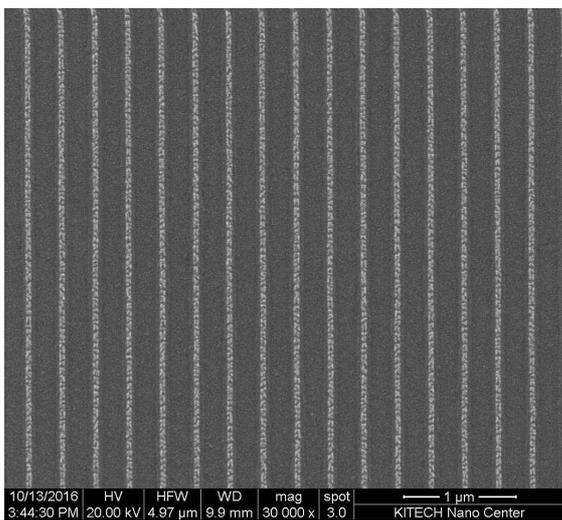
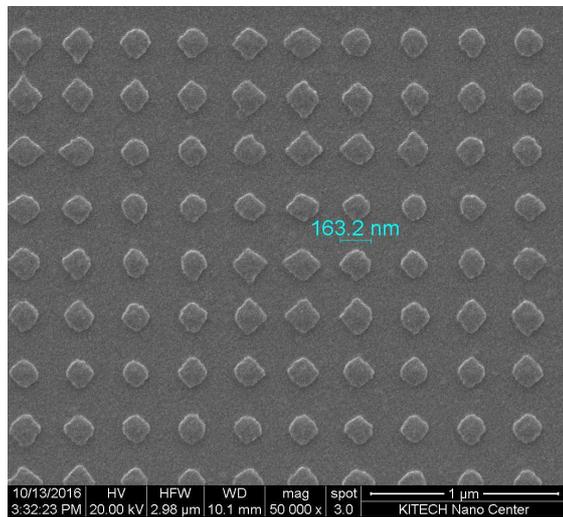
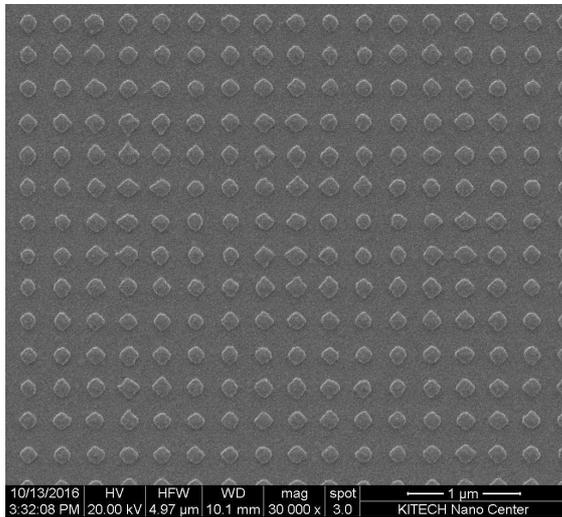
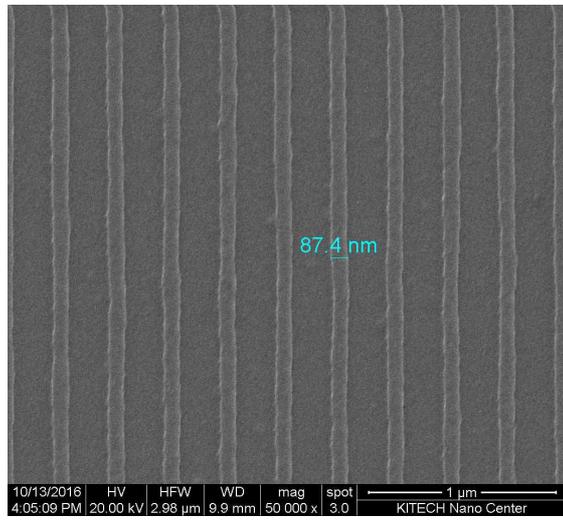
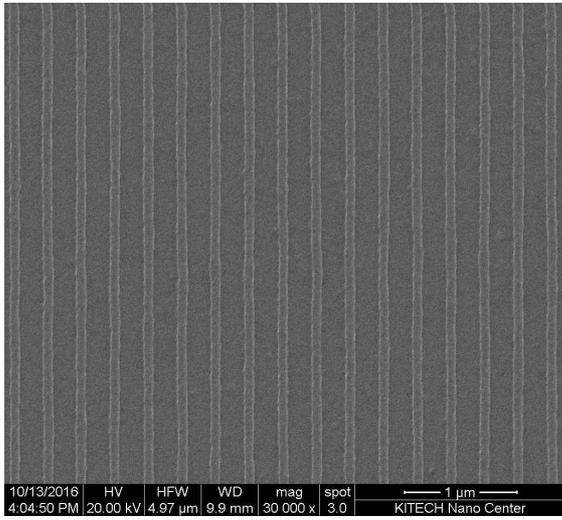


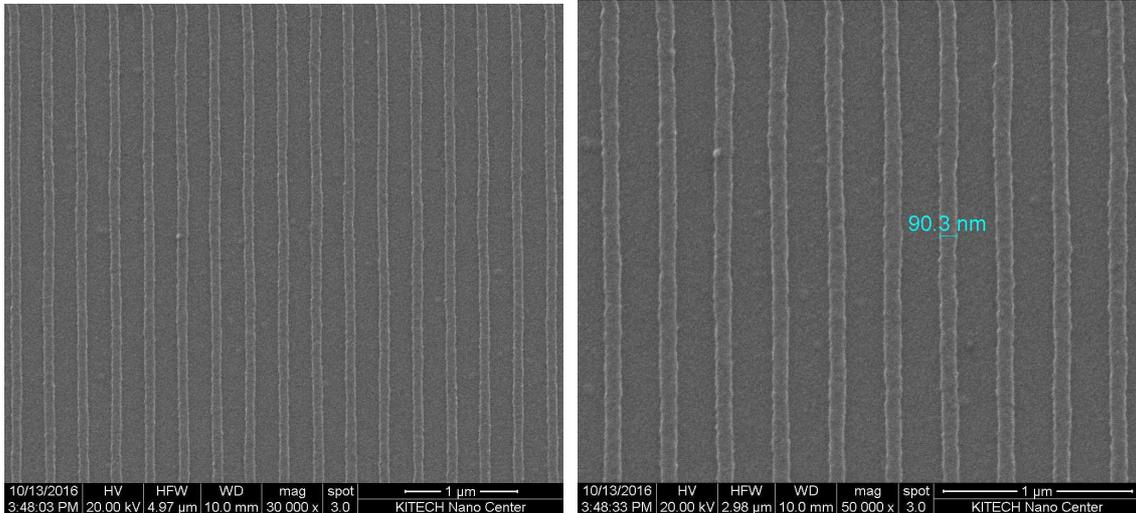
< SiO₂ 나노 구조 제어 >

위의 SEM 분석 결과는 SiO₂ 나노 구조를 나타내고 있다. SiO₂ 나노 구조가 일정하게 Line 형태를 유지하지 못한 결과를 보여주고 있다. 이는 나노 패터닝이 일정하게 패터닝 되지 않아 그에 따른 SiO₂ 에칭 공정이 이루어지지 않았음을 보여주는 결과이다.

나노 패터닝 실험을 시작으로 SiO₂ 에칭 공정까지 실험을 진행하였다.





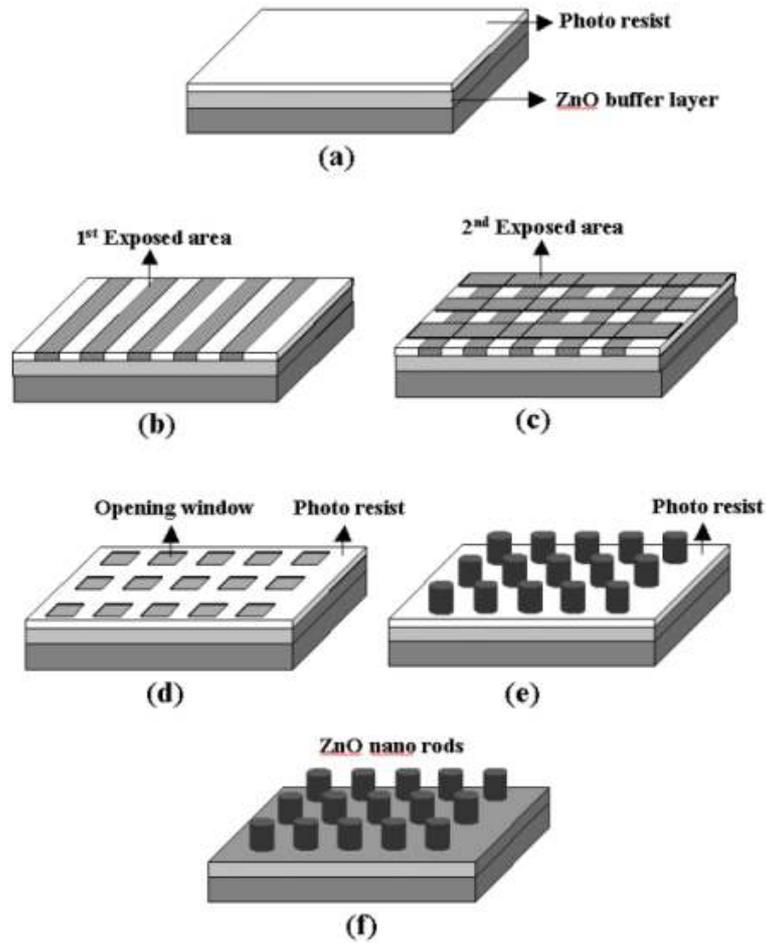


< SiO₂ 나노 구조 제어 >

위는 SiO₂ 나노 구조의 SEM 분석 결과이다. Line 형태의 SiO₂ 나노 구조물은 49.5nm 부터 90.3nm 까지 일정한 형태를 나타내고 있으며, 패터닝이 일정하게 이루어졌음을 보여준다. 또한 2차원 나노 구조의 경우 크기가 163.2nm로 나타났으며, Line 패터닝과는 다르게 패턴의 크기와 SiO₂ 나노 구조물의 크기가 유사하게 나타났다.

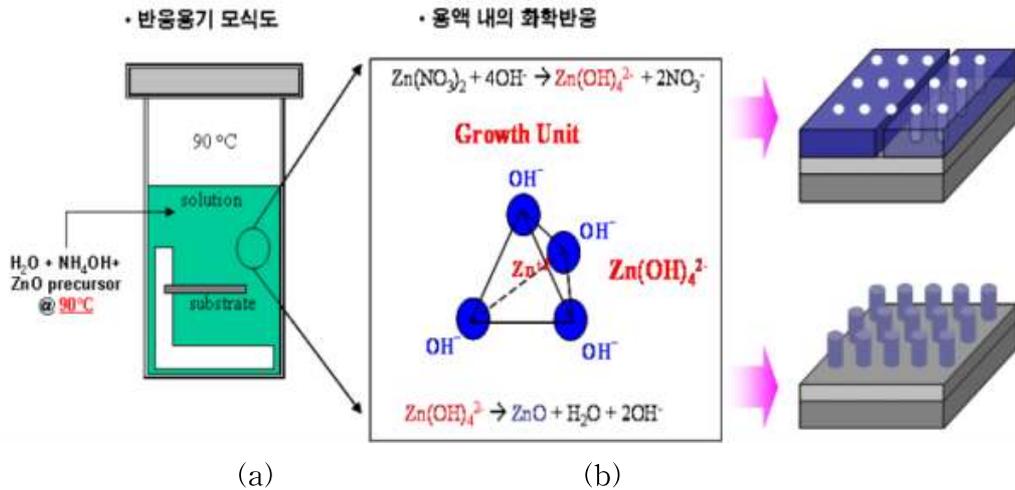
○ ZnO 나노 구조 제어

ZnO 에피 박막을 성장하기 위하여 개발한 100°C 이하의 온도, 즉 90°C에서 공정을 진행하는 저온수열합성법이다. 이와 같은 저온수열합성법은 저가공정, 공정의 용이성, 정확한 화학 조성 제어 등의 큰 장점들이 있기 때문에 나노 패턴이 형성된 상태에서 ZnO 나노 구조물을 성장시키기에 가장 이상적인 방법이다. 일반적으로 수열합성법에는 두 가지 방법이 존재한다. 한 가지는 기존에 이미 잘 알려져 있고, 현재 보통크기의 (약 3" 크기까지의 판상 형태) 단결정을 성장시키기 위하여 사용되고 있는 고온/고압 수열합성법이고, 다른 한 가지는 90°C~150°C 사이의 온도에서 0.1 μm에서 20 μm 정도 두께의 단결정 박막을 성장시키기 위하여 UCSB의 Lange 그룹에 의하여 개발된 저온 수열합성법이다. UCSB의 Lange 그룹에서 개발한 저온 수열합성법은 아래 그림(a)와 같이 수열합성 용기 (autoclave) 내에 ZnO의 원료물질로 zinc nitrate와 같은 Zn 염(salt)을 녹인 수용액을 넣고 그 안에 적절한 기판을 함께 배치한 후, 이 용기를 90°C~150°C 사이의 저온에서 원하는 공정시간 만큼 유지하면 ZnO가 기판위에 합성된다. 용액 내에서 ZnO 결정의 생성은 그림(b)에서와 같이 ZnO의 성장단위 (growth unit)인 Zn(OH)₄²⁻를 만드는 화학반응에 의하여 이루어진다. 본 연구에서는 공정이 쉽고 빠르며 대량 생산이 가능한 레이저 간섭 리소그래피를 이용한 나노 패턴과 제조된 나노 패턴을 보호하기 위한 저온 공정이며, 단순하고, 저가공정인 수열합성법을 이용하여 주기적인 형태를 갖는 ZnO 나노 구조체를 제조하였다.

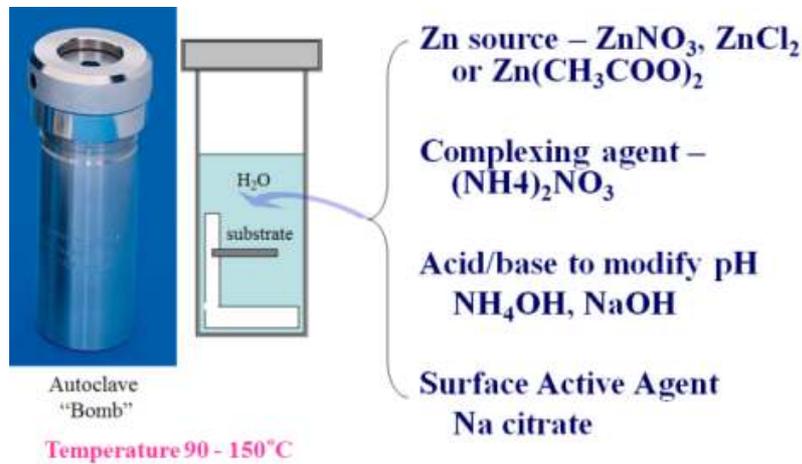


< ZnO 나노 구조 제조 방법 >

먼저 Seed 층을 형성하기 위하여 ZnO 박막을 스퍼터링 방법을 이용하여 증착한 후, 레이저 간섭 리소그래피를 이용하여 주기적인 패턴을 가지는 나노 패턴 형성을 형성하였다. 레이저 간섭 리소그래피의 노광시간 및 입사빔과 샘플의 각도, 그리고 2차 노광 전 샘플의 회전 각도에 따른 패턴의 변화를 관찰하여 본 연구에 필요한 2D Bravais 격자를 가지는 나노 패턴을 형성하였다.



< 수열합성 반응용기의 모식도(a) 및 용액 내의 화학반응 (b) >



< ZnO 나노 구조 성장 방법 >

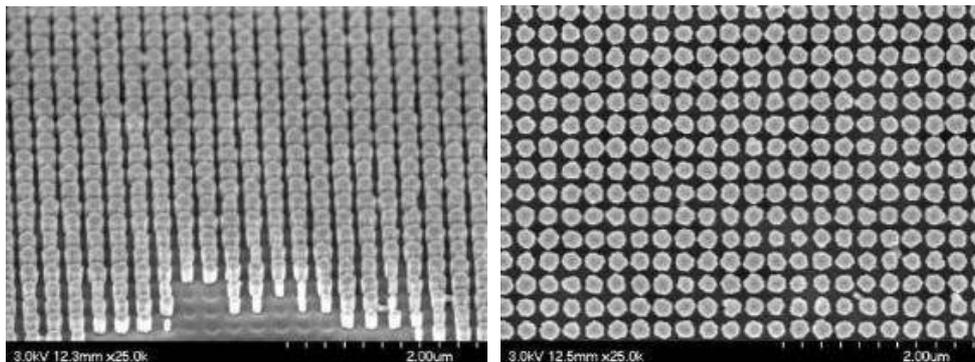
그리고 수열합성법을 이용한 ZnO 결정 성장을 위하여 원료물질로 Zn-nitrate(Zn(NO₃)₂ · 6H₂O)를 사용하였으며, NH₄OH를 이용하여 수용액의 pH를 조절하였고, 표면활성제(surfactant) 이온으로는 Na-citrate를 이용하여 ZnO 나노 구조물의 형상을 조절하였다.

이렇게 형성된 ZnO 나노 구조물은 주사전자 현미경을 사용하여 분석 및 관찰하였고, 이를 통하여 레이저 간섭 리소그래피를 통해 제작된 나노 패턴과 ZnO 나노 구조물의 형상과의 상관관계 및 수열합성법에서 사용된 용액의 pH 및 표면활성제의 첨가물여부에 따른 성장된 ZnO 나노 구조물의 형상간의 상관관계를 실험하여 본 연구에 적합한 ZnO 나노 구조물을 형성하였다.

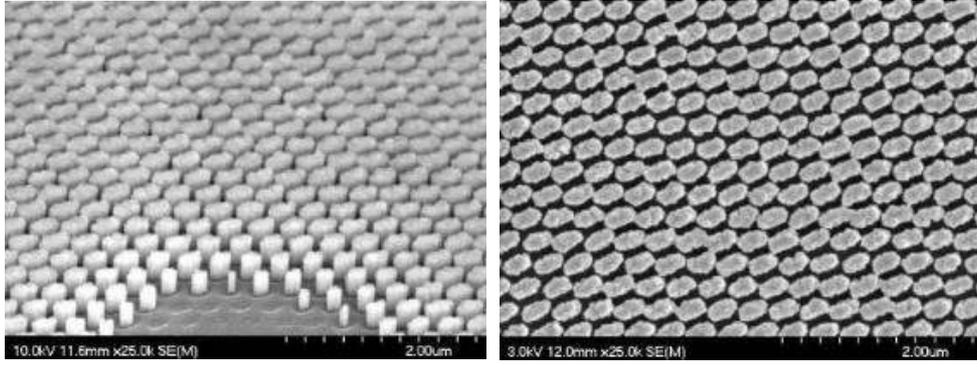


< 수열합성 실험 예 >

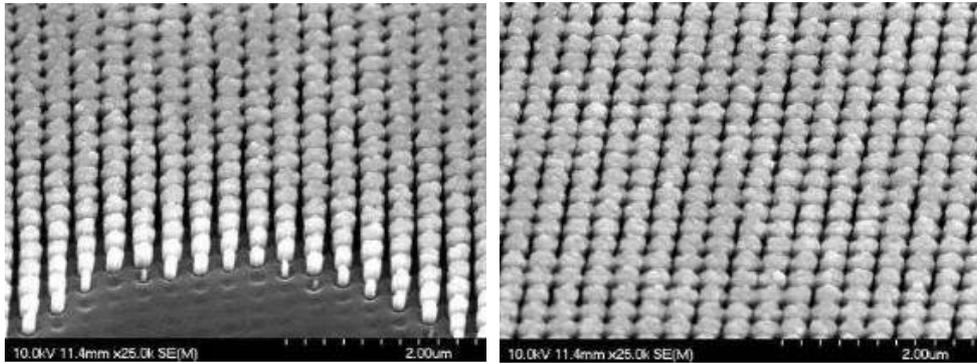
수열합성법을 이용한 ZnO 결정 성장을 위하여 원료물질로 Zn-nitrate($Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$)를 사용하였으며, NH_4OH 를 이용하여 수용액의 pH를 조절하였고, 표면활성제 (surfactant) 이온으로는 Na-citrate를 이용하여 ZnO 결정의 모양을 조절하여 실험을 진행하였다.



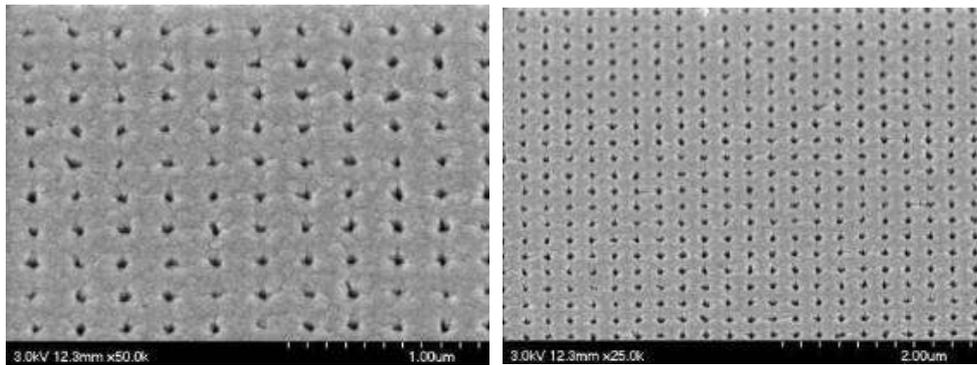
(a) Square



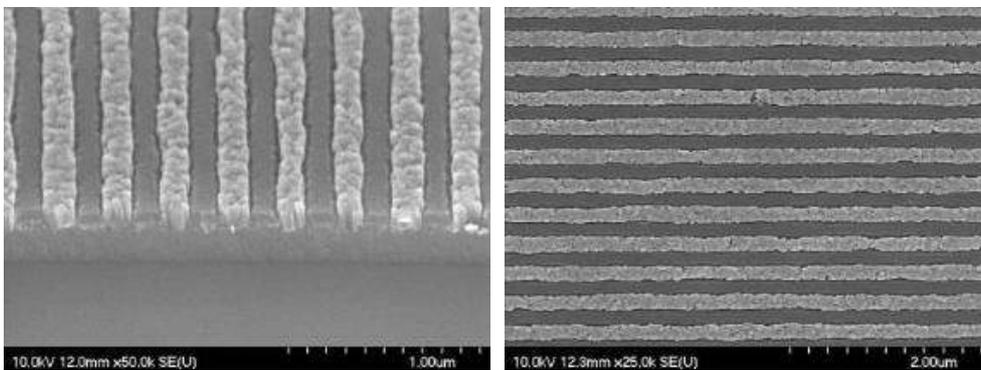
(b) C-rectangular



(c) Oblique



(d) Nano hall



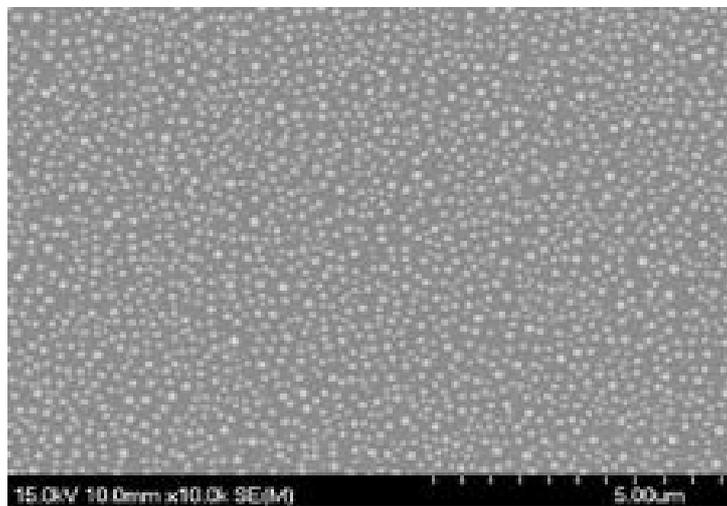
(e) Line

< 패턴에 따른 ZnO 나노 구조물 >

위의 그림은 2차 노광 방법에 따른 패턴에 따라 ZnO 나노 구조를 제어할 수 있음을 보여주는 주사전자현미경 분석 결과이다. 2차원 Bravais Lattice 중 Square, Centered-rectangular, Oblique의 배열을 가지는 ZnO 나노 구조를 제조 할 수 있었고(그림 (a)~(c)), 나노 구조의 성장 제어를 통하여 Nano-hall 구조를 제조 할 수 있었다. 위와 같은 나노 구조물은 3차년도 정렬된 Au 나노 구조를 통하여 바이오 센서의 감도 제어를 위해 사용될 예정이다.

○ 유해병원균 살균을 위한 항균/살균 플라즈모닉스 나노 구조 제어

1차년도 연구개발을 통하여 보유한 플라즈모닉스 형성 기술을 바탕으로 박막상에 귀금속 소재 및 나노 구조 개발을 완료하였다.



< 열처리를 통한 Ag 나노 입자 제어 >

이를 활성화하기 위하여 LED 광원을 이용하여 활성산소종을 생성하는 기술 개발을 실시하였다. 또한 플라즈모닉스와 Metal mesh 필터의 결합을 통한 병원균 살균 시스템 개발을 실시하였고, 이를 이용하여 무창축사 공기정화 모듈 개발을 실시하였다.

TiO₂ 와 귀금속을 결합한 플라즈모닉스 특성을 나타내는 Metal mesh를 제조하기 위하여 진공증착 장비와 열처리를 위한 RTA(Rapid Thermal Annealing system)를 사용할 경우 대량생산이 어렵고, 기업에서 초기 투자비용이 큰 문제점이 발생하여 Sol-gel 법을 이용한 TiO₂ 합성을 통하여 용액법을 이용한 대량생산 공정을 위한 실험을 실시하였고, 하이브리드 졸-겔 법을 이용하여 바인더를 개발하였다.

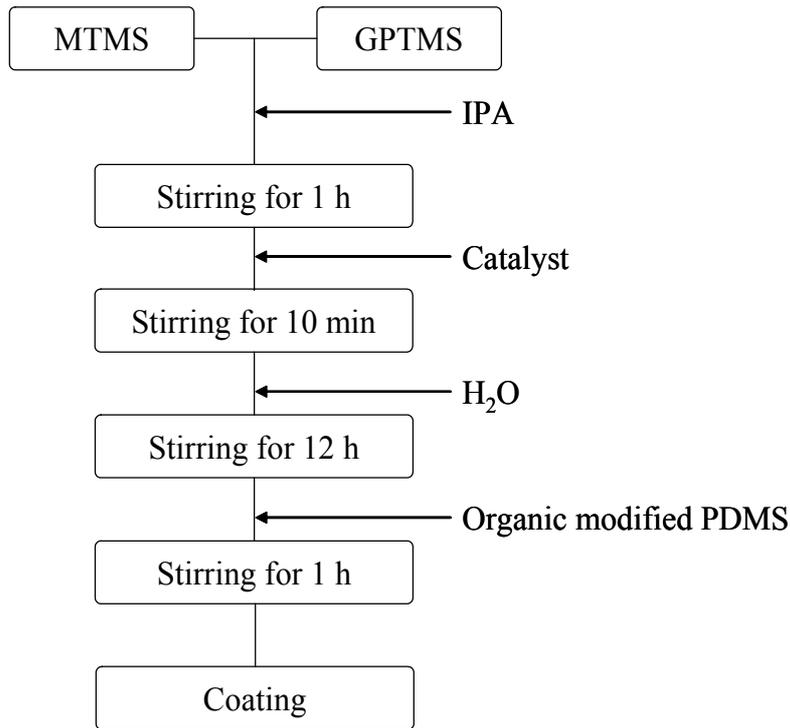
바인더는 SiO 기반 Silane을 이용하여 제조하였으며, 그 방법은 아래에 나타내었다.

MTMS(Methyltrimethoxysilane)와 GPTMS(3-Glycidoxypropyltrimethoxysilane)의 몰비를 1 : 0.2, 0.4, 0.7, 1.0로 하고 용매로 THF(Tetrahydrofuran)와 에탄올을 사용하여 하이브리머 제조하고, Silane : THF : H₂O : Catalyst : Ethanol = 1 : 0.4 : 4 : 0.01 : 4의 mole비로 고정하고 반응 순서는 용매와 실란을 희석하여 이 용액에 촉매가 용해된 DI water를 dropping하면서 12시간동안 500rpm으로 교반하여 Sol을 형성하였다.

이 때 반응열은 60℃ 수준이었으며 2시간동안 지속시켜 실험을 실시하였고, 12시간 교

반이 끝난 후 0.4wt%의 변성실리콘오일(상품명 : EFKA-3030)을 첨가하고 1시간 동안 다시 교반하여 투명한 sol을 완성하였다. 합성된 sol의 초기점도는 1.74~2.32cP로 GPTMS가 증가할수록 점도가 상승하였다.

MTMS : GPTMS = 1 : 0.2인 sol을 제외하고는 150℃에서 평활한 도막을 형성하지 못하였다. 코팅에 부적합한 sol은 표면에서 수축현상을 나타내었고 부착력이 저하되는 결과를 얻었다.

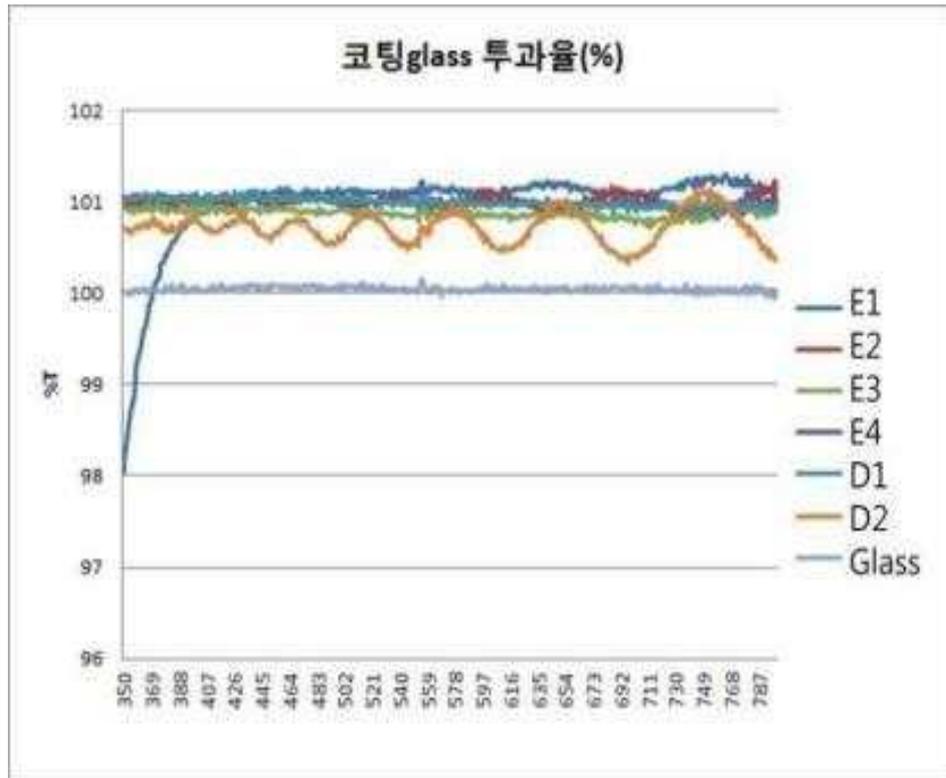


< Silane 기반의 바인더 제조 방법 >

Titanium(IV) isopropoxide(Ti[OCH(CH3)2]4, F.W 284.26, 98%)를 이용하여 Titania sol을 합성하였다. Ti-alkoxide는 가수분해 속도가 매우 빠르므로 Si-alkoxide와 공가수분해 시키지 않고 따로 반응시켜 첨가 중합 방향으로 실험하였다.(공가수분해 시 빠른 겔화) 이 때 Ti-alkoxide : AcAc(Acetyl Acetone, 99%) : Isopropyl alcohol(순도99.5%) : water(DI) : HAc(Acetic acid, 순도 98%) = 1 : 1.5 : 50 : 4 : 0.04의 몰비로 하였으며 상온에서 2시간, 60℃에서 2시간 동안 교반하여 가수분해를 완료시키고 1μm 종이필터로 여과하여 투명한 titania sol(yellowish)을 완성하였다. 이 순반응된 sol 용액은 다양한 몰비로 수차례 실험하여 최적의 몰비를 도출한 것이며 특히 Acetyl acetone의 첨가량이 안정화에 크게 영향을 미쳤으며 Acetyl acetone/Ti-alkoxide의 비율이 1이하에서는 가수분해 진행 과정 중에 흰색의 침전이 자주 발생하였다.

본 기술개발의 조성에서 MTMS와 GPTMS는 유기작용기를 가지고 있는 실란(silane)으로서 Si-O 결합과 Si-R (R은 유기작용기)결합을 분자구조에 포함하고 있다. MTMS의 CH3기는 비반응성으로 3차원 가교 도를 조절하는데 유용하며(유연성 측면에서),

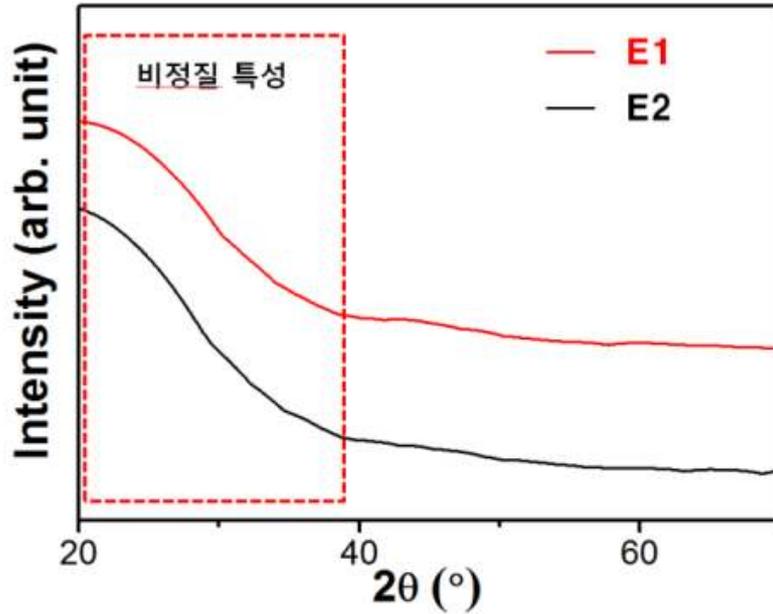
GPTMS의 Glycidoxypropyl은 에폭시 작용기로서 sol 용액의 저장성에 크게 관여(gel화 지연)함과 동시에 유기소재에 대한 부착력을 증가시킨다. 본 기술개발에서는 MTMS 또는 GPTMS와 같은 실란에 국한하지 않고 다양한 유기실란과 무기물 간의 결합을 통해 표면경도와 광투과율, 내화학성 등을 향상시켰다.



< 바인더의 가시광 투과율 >

플라즈모닉스 효과를 가지는 박막형성을 위해서는 LED 모듈에서 발생한 광원이 높은 투과율을 가지고 나노 입자 내로 입사해야 하므로, 바인더의 투과율을 분석하였다.

spin coating 방법으로 도포하여 얻어진 코팅 필름의 투과율 변화를 UV-visible spectroscopy(Cary 100, Varian, Mulgrave, Australia)를 이용하여 측정된 결과이다. 그래프에서 나타나는 바와 같이 모든 조건의 박막이 가시광선 영역에서 필름의 가시광 투과율은 100% 이상의 투과율을 나타내었다. (Bare glass 대비)



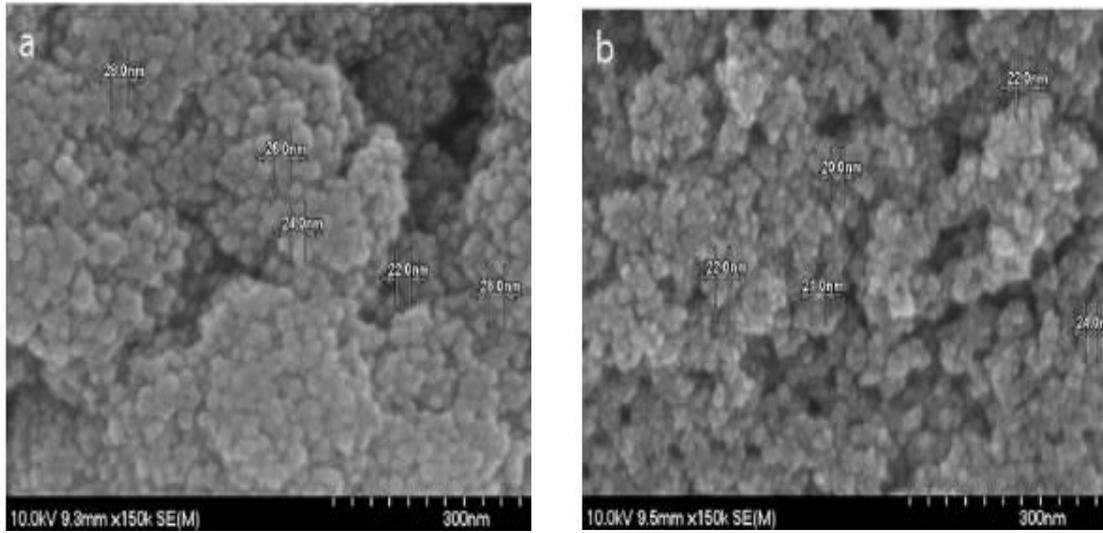
< 바인더의 결정성 분석 >

위의 그림은 Metal mesh에 적용하기 위해 스프레이 방법으로 도포하여 얻어진 코팅 필름의 결정학적 특징을 high-resolution X-ray diffraction (XRD, X'pert PRO, Philips, Eindhoven, Netherlands)를 이용하여 측정한 결과이다. 모든 조건의 박막에서 특정한 주 peak 가 관찰되지 않았으며 비정질의 특징을 나타내었다. 위의 결과를 바탕으로 고투명성 바인더 및 이를 이용한 코팅 박막 제조 기술을 개발하였으며, 이를 플라즈모닉스 나노입자가 함유된 용액으로 제조하여 Metal mesh에 코팅하여 필터를 제조하고자 연구를 진행하였다.

TiO₂ 합성은 졸-겔 방법을 이용하였다. 출발 물질로는 TTIP (Titanium tetra-isopropoxide, 99.9%, Aldrich)와 증류수를 이용하였으며, HCl (Hydrochloric acid, Aldrich)은 촉매로써, TBAOH (Tetrabutylammonium hydroxide, Aldrich)는 촉매와 분산제로 사용하였다. 보통 TiO₂의 합성 시 나노분말의 분산을 위해 산성 용액을 이용한다. 하지만 산성 용액을 이용할 경우 TiO₂ 상변이가 빨라지게 되므로 아나타제 상에서 루타일 상으로의 변이가 많아지게 된다. 따라서 본 연구는 졸-겔법으로 TiO₂ 합성 과정 중 상변이를 억제하기 위하여 염기성 촉매 성분으로 TBAOH와 암모니아수를 이용하였다.

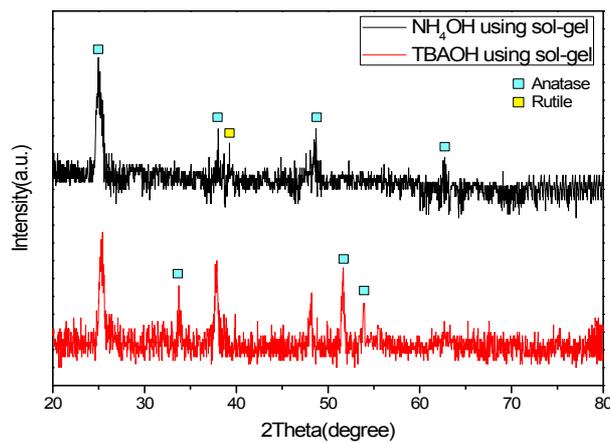
특히, TBAOH는 TiO₂ 입자의 합성초기 과정에서 입자의 크기를 억제, TiO₂ 입자 형성 시 루타일 상으로 변화하는 것을 방지하여 결정성이 우수한 아나타제 상을 형성, 그리고 분산 특성이 우수한 TiO₂ 분말을 제조하는 역할을 한다.

아래 그림(a)는 암모니아수와 (b)는 TBAOH를 각각 졸-겔법으로 합성한 TiO₂ 박막의 표면 형상을 나타내었다. FE-SEM으로 TiO₂의 입자 크기를 측정한 결과 (a)의 입자 크기는 약 24~28 nm의 크기를 보이며 (b)의 입자 크기는 약 20~24 nm의 크기를 보인다. 이는 염기성 촉매제는 TiO₂의 성장억제를 하는 역할을 하며 (a)의 암모니아수 보다 (b)의 TBAOH가 TiO₂의 입자 성장을 더 억제하는 역할을 하는 것으로 생각 된다.



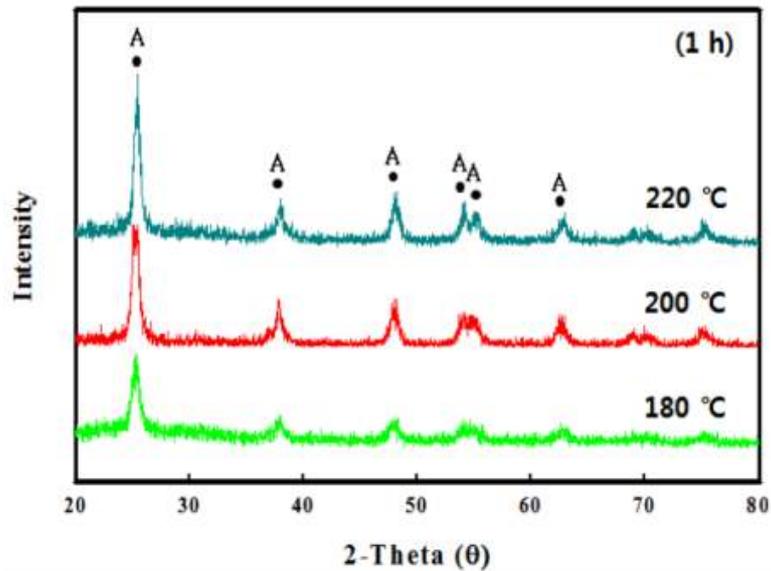
(a) (b)
 < 졸-겔법을 이용한 TiO₂ 박막의 표면 형상 >

아래 그림은 암모니아수와 TBAOH를 각각 졸-겔법으로 합성한 TiO₂에 대한 결정구조를 XRD를 통해 분석한 결과를 나타낸다. 암모니아수를 첨가한 TiO₂ 나노분말은 아나타제상과 루타일상의 피크가 함께 나타났고, TBAOH를 첨가하여 합성한 TiO₂는 모든 피크가 아나타제상으로 나타났다. 암모니아를 첨가한 TiO₂의 계산된 값의 TiO₂ 입자 사이즈는 25.0° 일 때 26.3 nm와 39.3° 일 때 59 nm로 계산되었고, TBAOH를 첨가한 TiO₂는 25.3° 일 때 23.4 nm로 나타났다.



< 졸-겔법을 이용한 TiO₂의 XRD >

아래 그림은 수열합성법으로 제조한 TiO₂ 나노 분말의 합성 온도 180, 200 및 220°C 에서 각각 1시간에 따른 결정성의 변화를 XRD 측정결과를 나타내었다. 그림에서는 25.2, 37.9, 48.1, 55.1, 56.6, 62.8, 69.0 및 70.4° 피크는 모두 아나타제 상을 나타낸다. 이는 수열합성 온도에 의해서 합성된 TiO₂의 상은 모두 아나타제임을 알 수 있다.



< 수열합성법을 이용한 온도에 따른 TiO₂의 XRD >

졸-겔법 및 수열합성법을 통해서 결정성에 대한 분석을 하였고, 최적의 TiNT를 만들기 위해서 분말 입자 형상 및 크기 제어를 위한 가열온도, 유지 시간, 분위기 등의 연구를 진행하였다. 나노 튜브 형태인 TiNT 만들기 위해서 수열합성법으로 P25의 TiO₂ 파우더와 NaOH를 이용하였다.

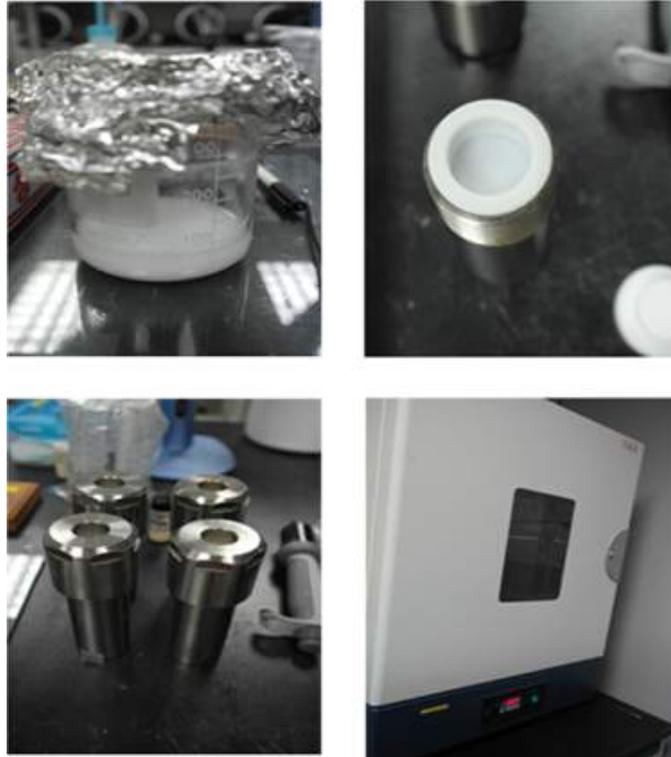
실험 진행 순서



< 실험 공정 순서 >

실험 공정 순서는 위와 같은데, 초기에 P25, D.I water 그리고 NaOH가 잘 혼합이 되도록 섞어주는 교반 과정을 12시간동안 수행했다. 수열합성은 고온과 압력에 의해서 서로 다른 물질이 반응하여 새로운 물질로 변하는 것으로, 교반된 혼합물을 테프론 용기에 담고 챔버 내를 200 °C 이내로 유지하도록 하고, 48시간 동안 수열합성을 진행하였다.

수열합성 과정에서 과량으로 투입된 NaOH로 인해 pH 농도가 12 ~ 13 값으로 강한 염기성을 갖고 있는데, 분말 응집 방지를 위한 질산처리 공정에서 문제가 발생할 수 있어서 pH 중성화 공정을 수행했다. pH 중성화 공정은 D.I 에 샘플을 용액을 넣고 TiNT가 바닥면에 모두 침전을 하면, pH를 측정하는 방식으로 반복해서 수행하여 pH가 7정도까지 낮추도록 하였다.



< 챔버 내에서 수열합성 >

수열합성을 통해서 제조된 TiNT 용액을 100°C 챔버에 30분 동안 가열해서 수분을 증발시킨다. 아래 그림의 왼쪽은 수분이 증발되고 남은 순수한 TiNT이고, 오른쪽은 균일한 TiNT 분말을 얻기 위해서 막대를 이용해서 균일하게 만들었다.



< 수분이 증발된 TiNT >

수열합성법에 의해 제조된 입자의 경우 건조 과정에서 발생하는 차등적 수분의 증발에 따라 입자간 응집이 심화되는 문제점이 있다. 이러한 입자간 응집은 높은 비표면적을 갖는 입자의 표면 특성을 충분히 활용하지 못하게 하는 원인을 제공하며, 불균질한 코팅막을 형성하게 되므로 이러한 문제점을 극복하기 위해 수열합성 후 얻어진 분말의 용액 내 분산성을 향상시키는 연구를 수행하였다.

본 연구에서는 분말 응집 방지를 위해서 질산처리 공정을 수행하였다. 질산처리 공정은 D.I water 100ml에 HNO₃ 7.68g을 넣고 교반 후에, 10분 후에 TiNT 분말을 넣고 12시간 교반하였다.

질산 처리한 TiNT 화합물을 원심분리기를 이용해서 TiNT 혼합물을 얻는 공정을 수행했다. 원심분리기를 할 때, 질산 처리한 TiNT 화합물의 용량만큼 D.I water를 넣은 용기를 반대편에 넣어주어야 한다. 그 이유는 원심 분리기의 균형을 맞추기 위한 것으로 균형이 맞지 않으면, 분말과 콜로이드 용액이 제대로 분리가 되지 않기 때문이다.



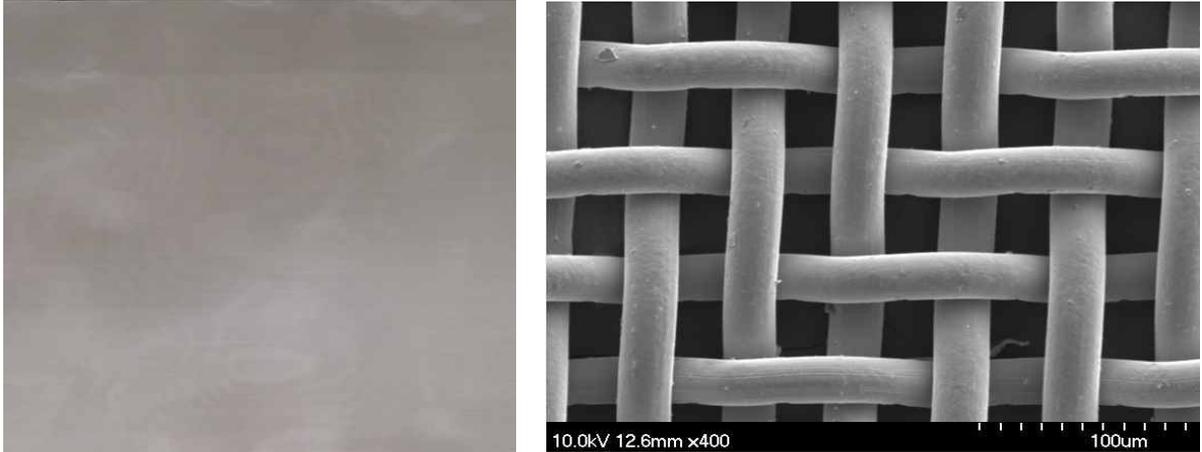
< 원심분리 공정 >

아래 그림은 원심 분리를 통해서 얻어진 질산 처리된 TiNT 혼합물로, 상층액은 D.I water이고, 중간액은 고운 질산 처리한 TiNT 콜로이드 혼합물, 그리고 하층은 질산 처리한 TiNT 분말이다. 원심 분리를 통해 얻은 중간액과 하층의 분말을 이용하여, 스테인레스 스틸 mesh를 코팅하였다.



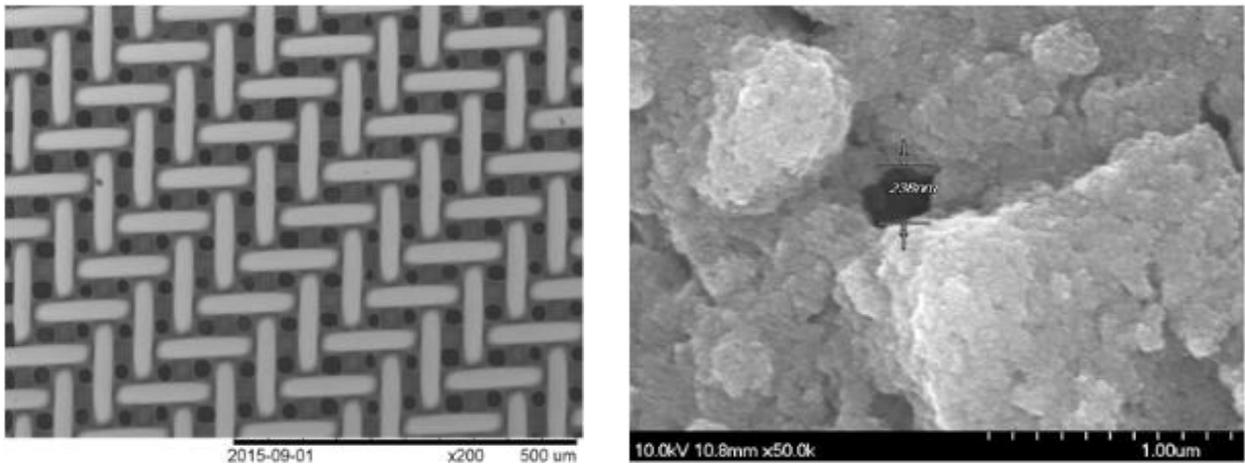
< 원심분리를 통해서 얻어진 TiNT 혼합물 >

분말압출법을 이용하여 제작된 30 μ m 직경의 Metal wire를 제작한 후 평직과 능직의 직조방법으로 필터 media인 Metal mesh(와이어 직경 30 μ m, 홀너비 27 μ m(445mesh))를 준비하였다.



< 필터 media 및 SEM 측정 사진 >

제작된 필터 미디어에 TiO₂ 페이스트 2.0g과 하이브리머와 IPA가 1:5로 희석된 3ml를 합성해서 금속 메쉬에 코팅하고, 오븐에서 250 $^{\circ}$ C로 10분간 열처리를 함으로써 기공조절을 통한 필터 media 제작하였다.

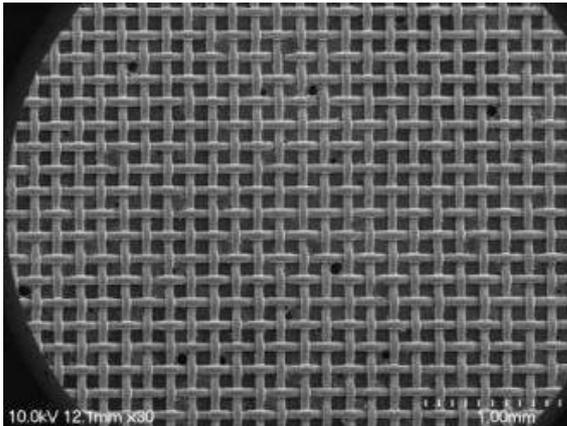


< 필터 media의 SEM 측정 사진 >

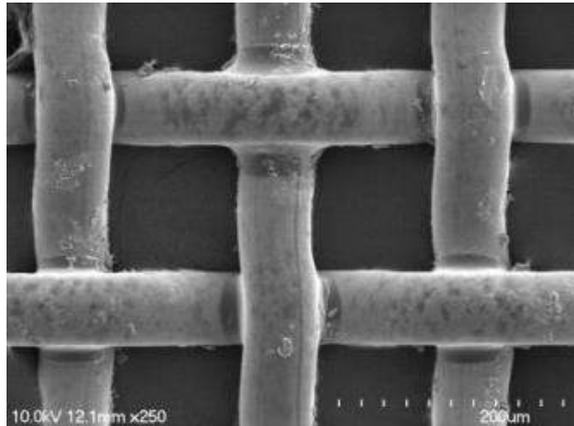
제작된 필터 미디어에 TiO₂ 페이스트 2.0g과 하이브리머와 IPA가 1:5로 희석된 3ml를 합성해서 금속 메쉬에 코팅하고, 오븐에서 250 $^{\circ}$ C로 10분간 열처리를 함으로써 기공조절을 통한 필터 media 제작하였다.

위에서 제작한 메쉬의 경우 기공의 크기가 작아 실제 공기정화 필터에 사용이 어려운 점, TiO₂ 나노 구조만을 제조하여 가시광에서 반응하지 않는 문제점이 있다. 따라서 실제 유연성을 가지는 Metal Mesh를 100 μ m 기공, 60 μ m 기공, 30 μ m 기공을 가지는 Mesh를 각각 사용하여 1차 2차 3차에 걸쳐 바이러스 및 병원균에 대한 필터 기능을 탑재하도

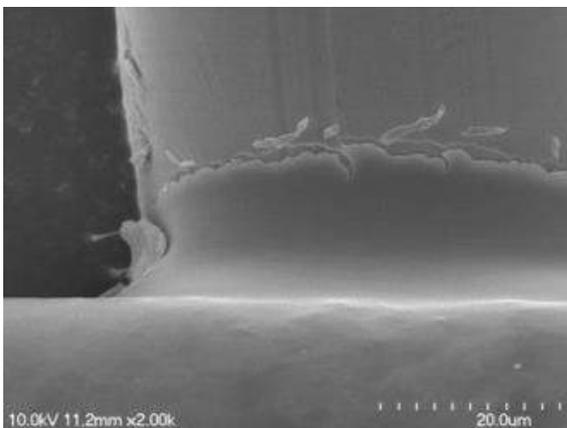
록 설계하였으며, 살균율에 따라 필터를 추가하여 97%의 살균을 가질 수 있도록 필터를 제작하였다. 또한, TiO₂ 나노 구조 대신에 Ag-TiO₂ 나노 코어셸을 제작하여 증착을 실시하였다.



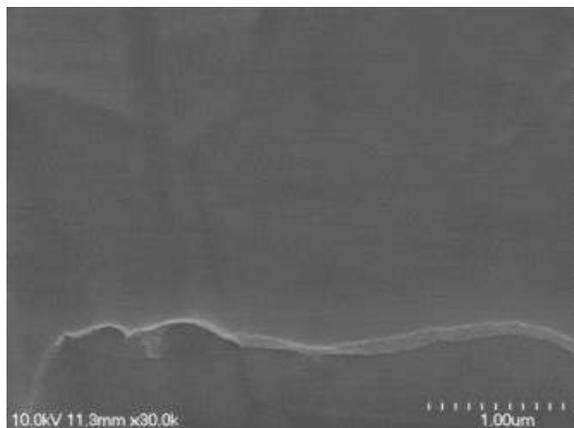
(a)



(b)



(c)

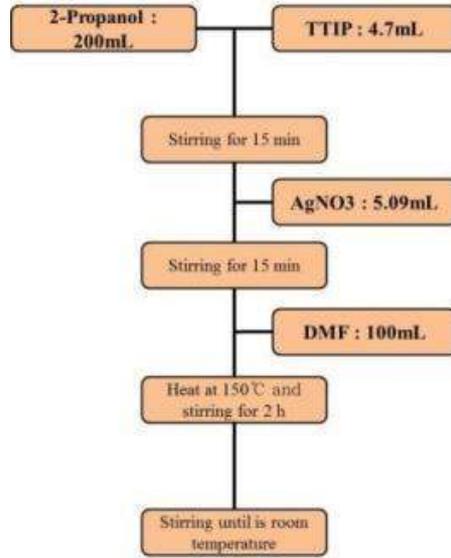


(d)

< Hybrid sol-gel 법을 이용한 바인더 코팅 결과 >

위의 그림에서 볼 수 있듯이, (a)는 바인더상에 코팅된 Si-O-Si 구조를 가지는 바인더의 SEM 분석 사진이며, (c), (d) 그림은 유연성을 가지면서 Metal mesh 상에 코팅된 Si 기반 바인더를 나타내었다.

바인더 상에 Ag-TiO₂ 코어셸을 코팅하여 가시광에 의한 항균/살균 효과를 가지는 박막을 Metal mesh 상에 코팅하고자 실험을 진행하였다. 먼저, 500 mL 삼각 플라스크에 용매로 사용되는 2-propanol을 넣고 TTIP를 일정량 혼합하여 상온에서 15분간 교반한다. 이에 AgNO₃를 넣어 천천히 혼합용액에 첨가하고 30분동안 교반 후 DMF를 첨가하여 상온에서 5분 동안 교반 시켜 Ag-TiO₂ 코어셸을 제조하였다. 이때 DMF와 2-propanol의 비율에 따라 응집이 일어나므로 일정 비율을 유지시켜 교반을 실시하였다. 교반 후 혼합용액은 환류기를 이용하여 100℃에서 2시간동안 교반과 동시에 환류 시켜 준다. 환류 후 상온으로 온도가 떨어질 때까지 교반 시켜 실험을 진행하였다.



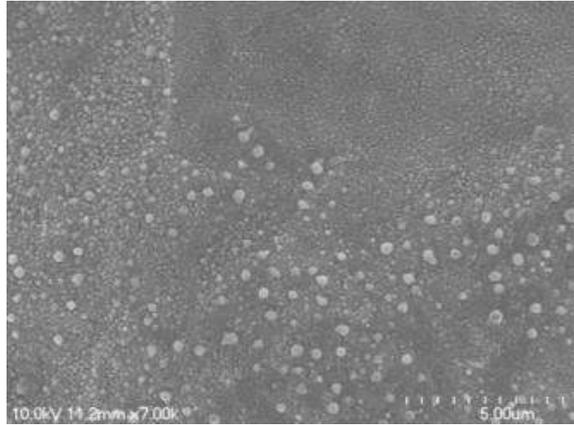
< Ag-TiO₂ core shell 제조 공정 >

			
2-Propanol+TTIP 첨가	상온에서 15분간 교반	2-Propanol+TTIP 용액에 AgNO ₃ 첨가	상온에서 15분간 교반
			
2-Propanol+TTIP+ AgNO ₃ 용액에 DMF 첨가	150°C 전열기에 환 류기를 이용하여 2 시간 동안 REFLUX 진행	2시간 경과 후 길은 갈색으로 변하고 상 온으로 온도가 떨어 질 때까지 교반	최종 Ag/TiO ₂ core shell 용액

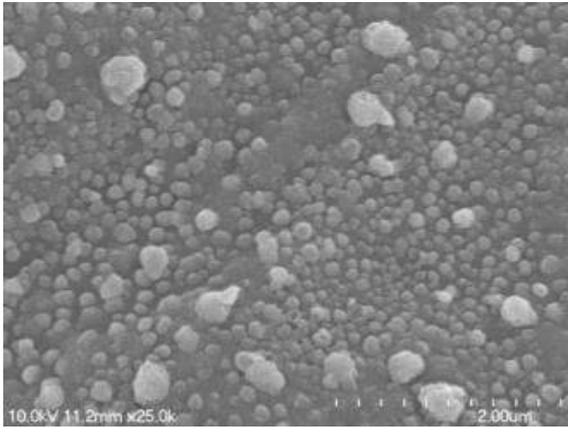
< Ag/TiO₂ core shell 실험 진행 순서 >



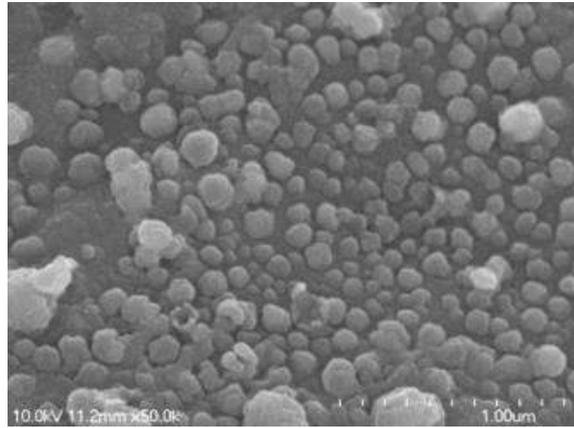
(a)



(b)



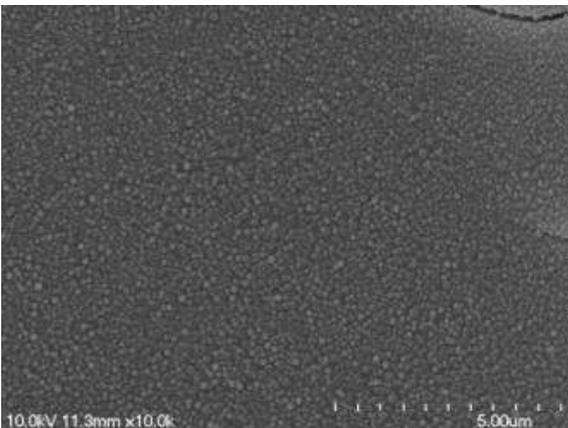
(c)



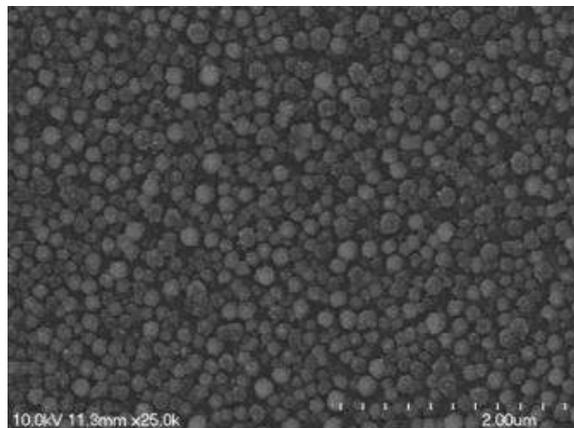
(d)

< Ag-TiO₂ core shell >

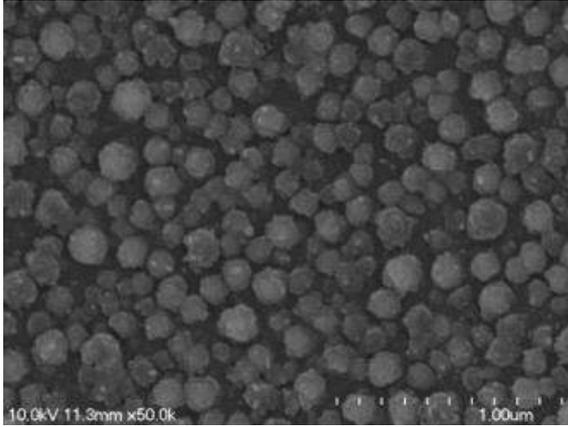
위의 그림에서 볼 수 있듯이, Ag-TiO₂ 나노 코어셸이 Metal mesh상에 고르게 코팅되어 있음을 확인할 수 있었다. 또한 코팅 공정상 나타난 Si 기반 바인더 상에서 두 번째 열처리시 Si기반 바인더와 잘 결합하여 유연성을 가지는 Flexible Metal mesh를 완성하였다.



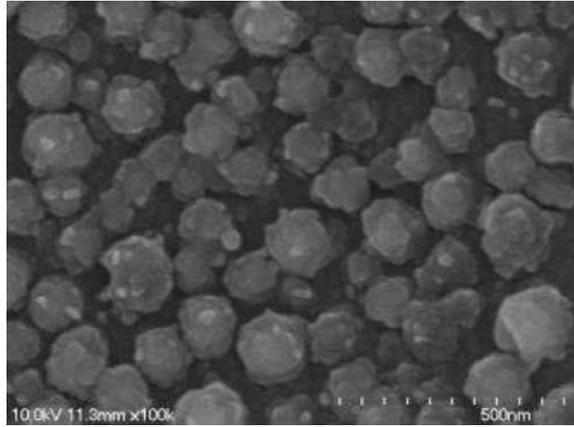
(a)



(b)



(c)

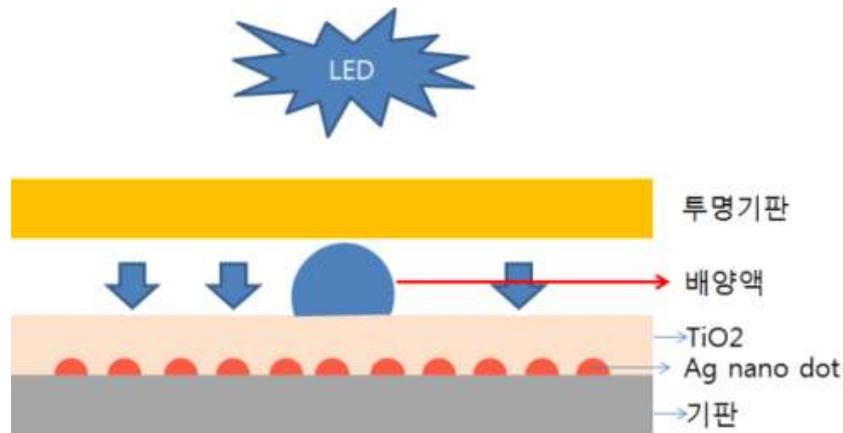


(d)

< 최적화된 Ag-TiO₂ core shell >

제조된 코어셸의 크기 및 분포를 최적화하기 위한 실험을 실시하였다. 2-propanol과 DMF의 비율을 2:1로 제어하여 실험을 진행하여 Ag-TiO₂ 코어셸 응집방지를 통하여 최적화를 실시하였다. 코어셸의 크기가 약 100nm ~ 200nm 정도로 일정한 크기를 보이고 있으며, Ag에 TiO₂ 가 감싸는 형태를 가지는 것을 확인하였다.

항균/살균 효율 비교를 위하여 1차년도에 제작된 플라즈모닉스 기관과 용액법으로 제작된 플라즈모닉스 기관간에 비교 분석을 의뢰하였다. 항균/살균 효율은 한국건설생활환경시험연구원에서 실시하였으며, 그 방법에 대한 개략도를 아래 그림에 첨부하였다.

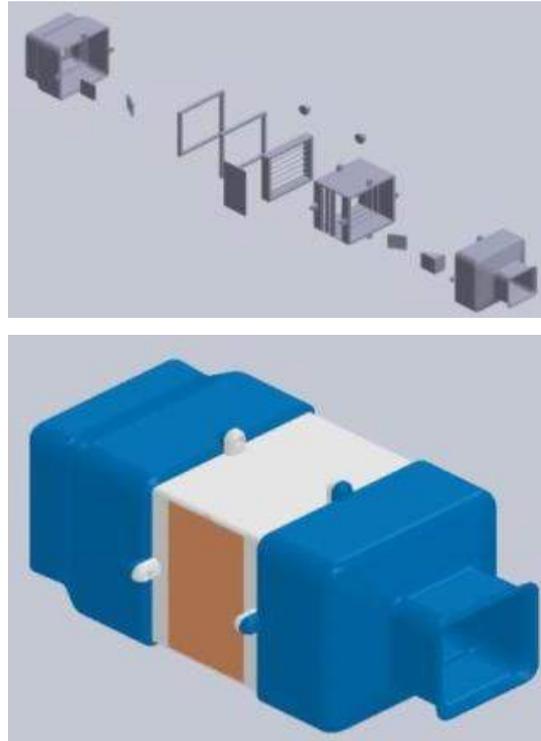


< 항균/살균 시험 방법 >

항균/살균 시험 결과 30분간 진행하였을 경우 99.9%의 살균력을 나타내었다. 그러나 본 연구에서는 위와 같은 배양액이 아닌 공기중에서 살균력을 가지므로 실제 살균력은 크게 증가할 것으로 보인다. 그리고 용액법을 통하여 제조된 기관의 30분간 83%의 살균력을 나타내었다. Ag-TiO₂ 나노 코어셸의 경우는 2차년도에서 시작된 방식이나 대량생산을 위해서는 꼭 필요한 방법으로서, 살균력을 향상시키기 위해 3단계에 걸쳐 항균/살균을 진행하므로 실질적인 살균력은 98% 이상이 될 것이라 예상된다. 위에서 설명한 내용은 한국건설생활환경시험연구원에서 시험한 내용을 토대로 작성하였다.

○ 대면적 공기정화 시스템 제작

위에서 실험한 내용을 바탕으로 코팅된 필터가 공기정화 필터에 쓰일 수 있도록 공기정화 모듈용으로 20cm×2위에서 제작된 필터를 기준으로 공기정화 모듈 제작을 실시하였다. 공기정화 모듈의 크기는 20cm × 20cm로 제작하였으며, 이를 위한 LED 모듈, 공기정화 모듈 디자인 등을 실시하였다.



< 공기정화 모듈 디자인 >

위의 그림은 공기정화 모듈 디자인을 나타내었다. 위에서부터 3종의 필터를 위하여 각각 틀을 제작하였다. 삽입된 필터의 공극은 각각 100 μ m, 60 μ m, 30 μ m로 공기가 이동함에 따라 필터링을 거칠 수 있도록 제작하였고, LED 모듈은 상부에 설치하여 약 45도의 각도로 필터에 입사할 수 있도록 제작하였다. 또한 입구에 팬을 설치하여 공기의 유입을 쉽게 할 수 있도록 디자인을 실시하였다.



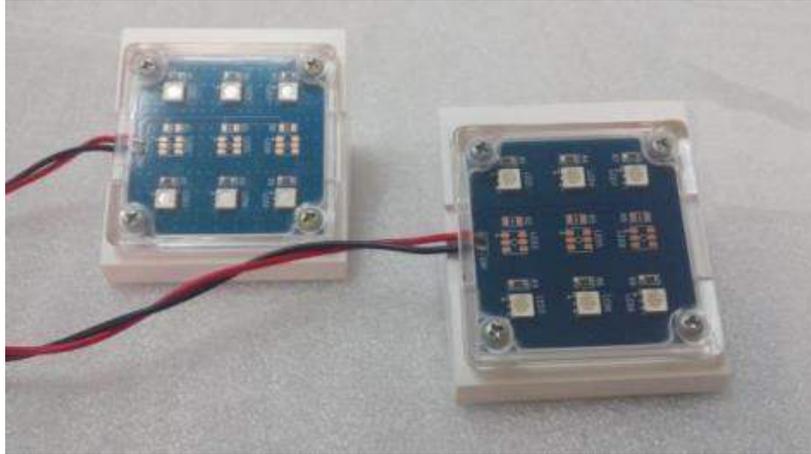
< 공기정화 필터 제작 >

공기정화 필터 Media 제작 사진을 나타내었다. 필터는 위의 설명과 같이 각각 100 μm , 60 μm , 30 μm 의 공극을 가지는 필터를 사용하였으며, 마지막 30 μm 는 공기의 흐름과 필터링, 살균력 향상을 위한 면적을 최대화하기 위하여 지그재그 형태로 제작하였다.



< 공기정화 필터 시스템 제작 >

공기정화 필터 Media 를 이용한 공기 정화 필터 시스템의 제작 사진이다. 공기의 방향에 따라 항균/살균을 최대화로 하기 위하여 각각의 필터를 나열하였으며, 필터의 형태는 앞으로의 연구결과에 따라 변화하여 실험을 실시할 예정이다.

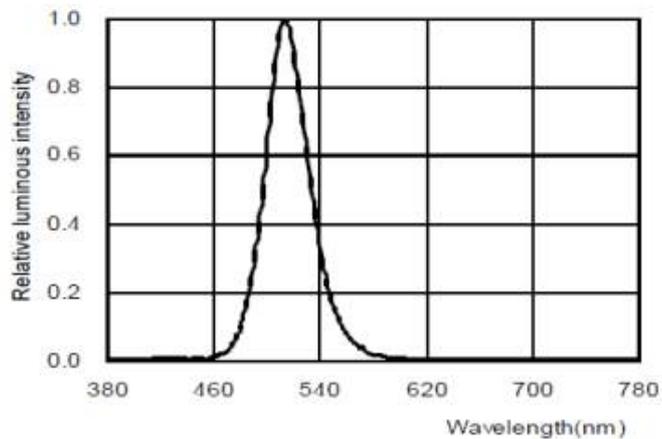


< 플라즈모닉스 효과를 위한 LED 모듈 >

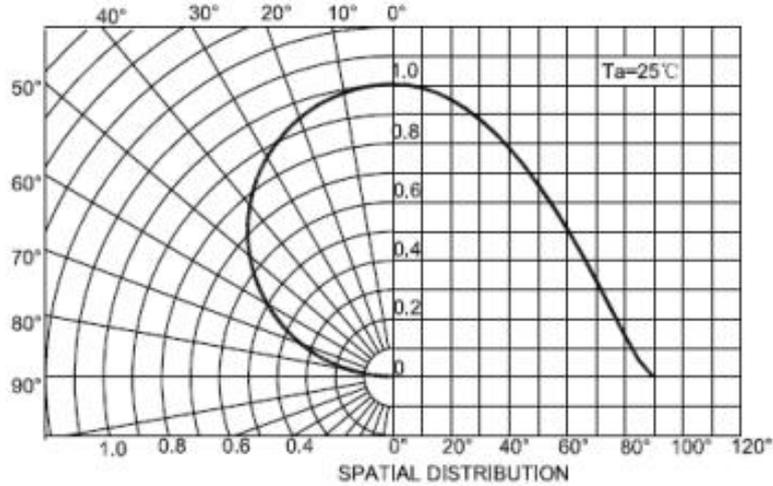
플라즈모닉스 효과를 극대화하기 위한 LED 모듈을 보여주고 있다. LED 소자는 6개를 배치하였으며, 현장에서 직접 사용이 가능하도록 220V에 적합하도록 모듈을 디자인하고 제작을 실시하였다. 파장은 green 520nm로 플라즈모닉스 효과가 최대로 나타나는 파장 중 상용화가 쉬운 LED 파장을 선택하여 모듈을 제작하였다. 제작된 LED 모듈은 공기정화 모듈 내에서 45도 각도로 삽입되었으며, 필터에 직접 빛이 닿아 플라즈모닉스 효과를 통한 항균/살균 기능이 최적화 될 수 있도록 공기정화 모듈을 제작하였다.



(a) LED 소자



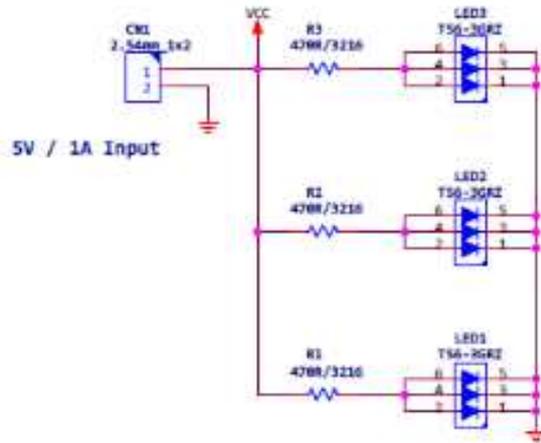
(b) LED 소자의 파장



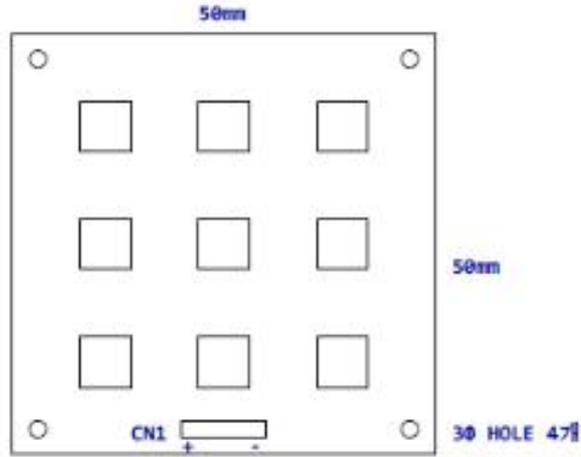
(c) LED 소자의 색밀도

< LED 소자의 Spec >

플라즈모닉스 효과를 극대화하기 위한 삽입된 LED 모듈내의 LED 소자 특성을 나타내고 있다. LED소자는 520nm의 파장을 가지고 있으며, 1차년도의 시뮬레이션을 통하여 나타낸 플라즈모닉스 극대화 효과를 보여주는 560nm의 파장을 사용하고자 하였으나, 상용화가 진행된 제품 중 플라즈모닉스 효과를 극대화하기 위해서 520nm의 파장을 사용하였다. LED 소자의 각도에 따른 색밀도는 90도일 때 가장 큰 값을 가지나 모듈 제작을 위해서 45도로 제작을 실시하였다.



(a) LED 모듈 제조 회로도



(b) LED 모듈 제작 도안

< LED 모듈 제작 도안 >

LED 모듈 제작 도안을 나타내었다. 위 그림 (a)에서 볼 수 있듯이, 5V, 1A의 조건으로 LED 소자 내에 전류를 주입하도록 디자인하였으며, LED 소자의 밝기 (Intensity)를 조절 할 수 있는 성능을 첨가하여, 정상시나 저오염도를 나타내는 경우는 낮은 Intensity로 필터에 LED 소자의 빛이 주입되도록 디자인하였다. 또한 고오염도를 나타내는 경우 Intensity를 강화하여 살균/항균 효과를 극대화 할 수 있도록 LED 모듈을 제작하여 공기 정화 모듈 내에 장착하였다.



< 제작된 공기정화 모듈 >

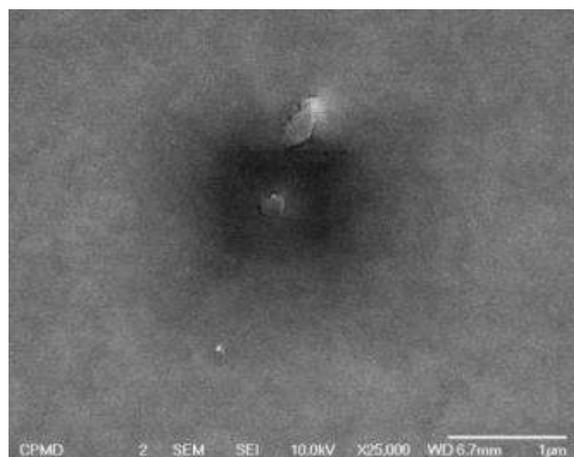
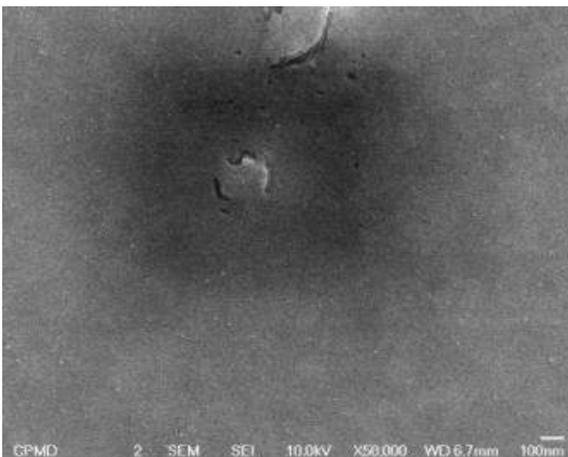


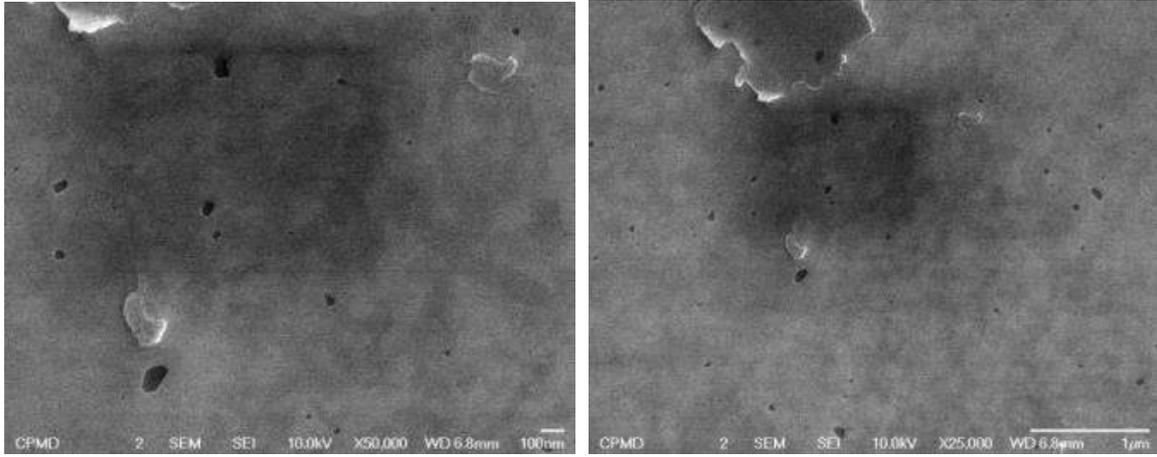
< 제작된 공기정화 모듈 >

제작이 완료된 공기정화 모듈과 제작된 공기정화 모듈의 동작을 확인하는 사진을 나타내었다. 필터 양쪽에 LED 모듈을 설치하여 필터자체에 520nm의 파장을 가진 LED의 광원이 입사하는 것을 확인하였다.

○ PLASMONICS 나노 센서 (바이러스 감지) 제작

바이오센서를 제작하기 위해서는 Au 나노구조를 Glass 기판상에 집적하여 바이오센서를 제조하여야 한다. 이를 위하여 Au 나노 구조 제어를 위한 실험을 실시하였다. Au의 나노 구조 제어를 위해서는 Au를 Glass 기판상에 E-beam evaporator을 이용하여 Au 나노 박막을 증착한 후, RTA(Rapid thermal annealing system)을 이용하여 열처리를 실시하여 나노 구조 제어를 실시하였다.

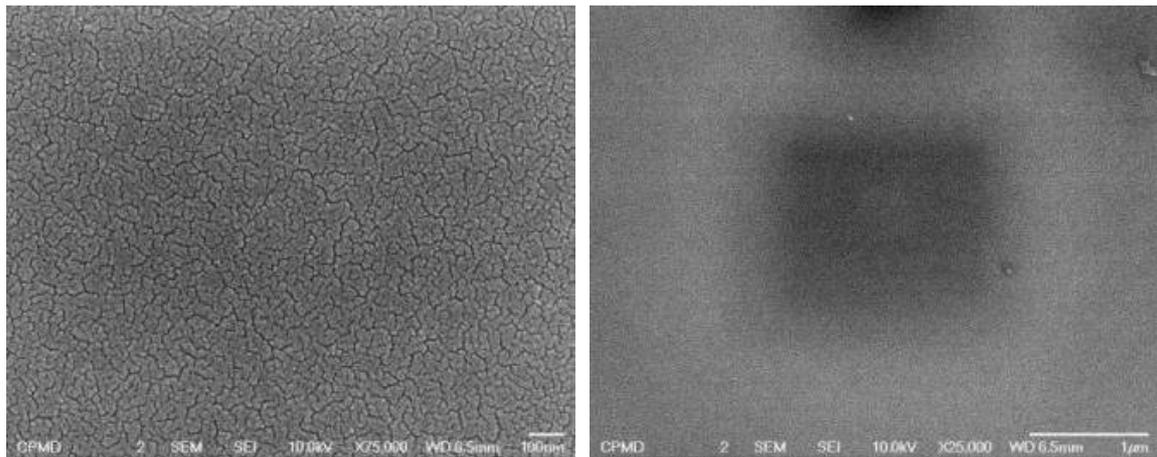




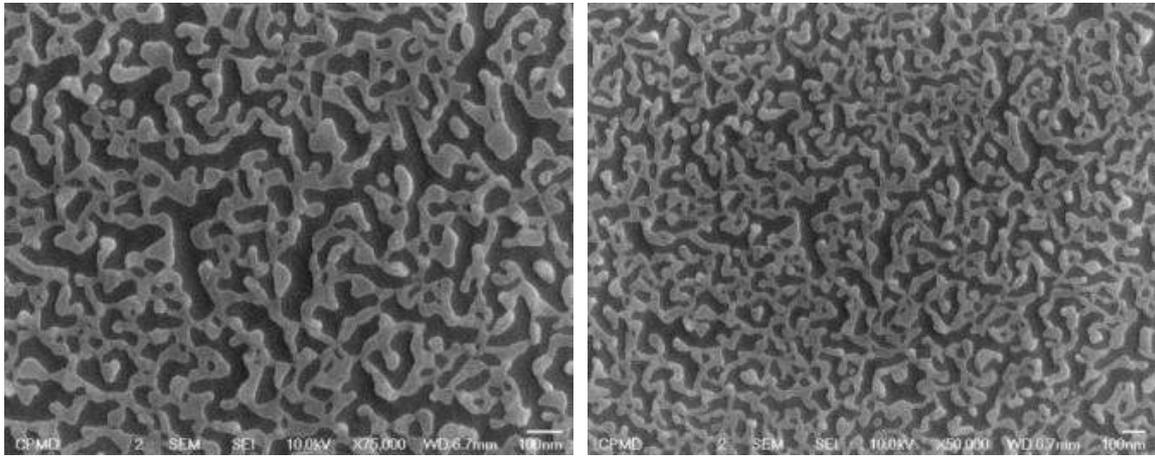
< Au 10nm 코팅 결과 >

1차년도 Ag의 나노 구조 제어 결과를 토대로 하여 선행실험을 실시하였다. Au를 두께에 따라 증착을 실시하였고, 열처리 온도는 400℃로 고정하여 나노 구조를 관찰하였다. 먼저 Au의 두께를 5nm, 10nm로 각각 코팅한 후, 열처리 시간을 각각 10초, 30초, 60초, 90초로 나누어 실험을 실시하였다.

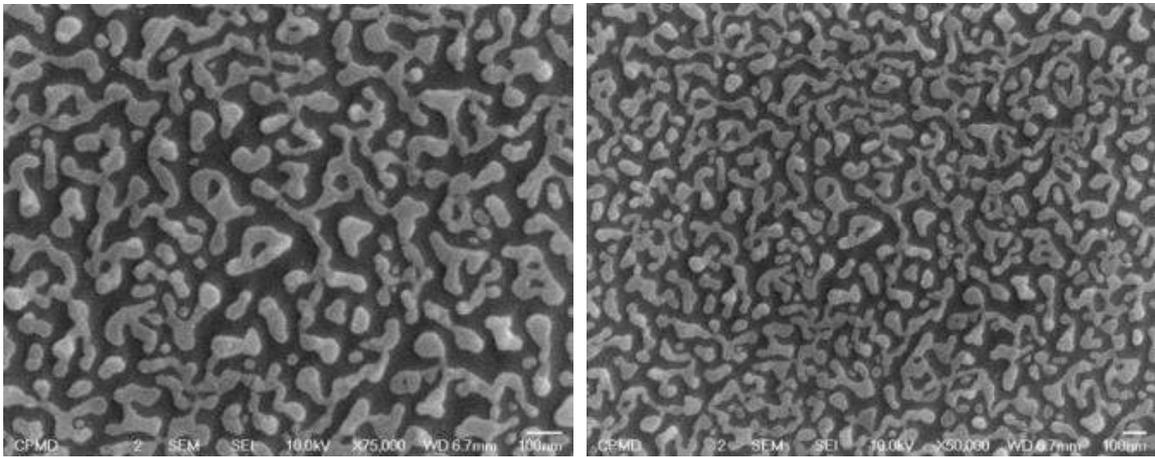
Au를 10nm 코팅했을 때의 결과를 나타내고 있다. 위의 그림에서 확인할 수 있듯이 10nm를 증착할 경우, 열처리의 시간에 관계없이 박막의 형태로 증착이 이루어짐을 확인하였고, 이는 본 연구과에서 제조하고자 하는 나노 구조에 사용이 불가하였다.



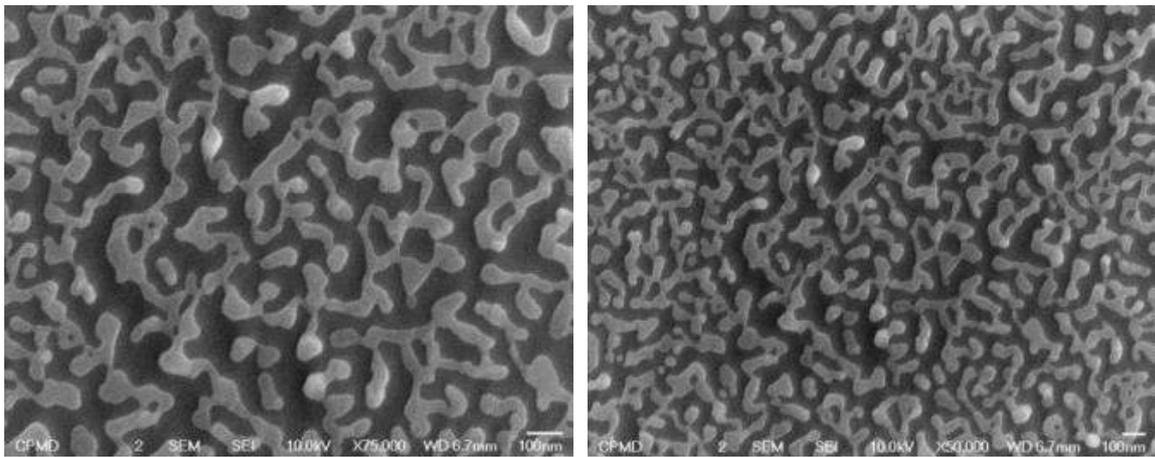
(a) 5nm 증착, 열처리 하지 않음



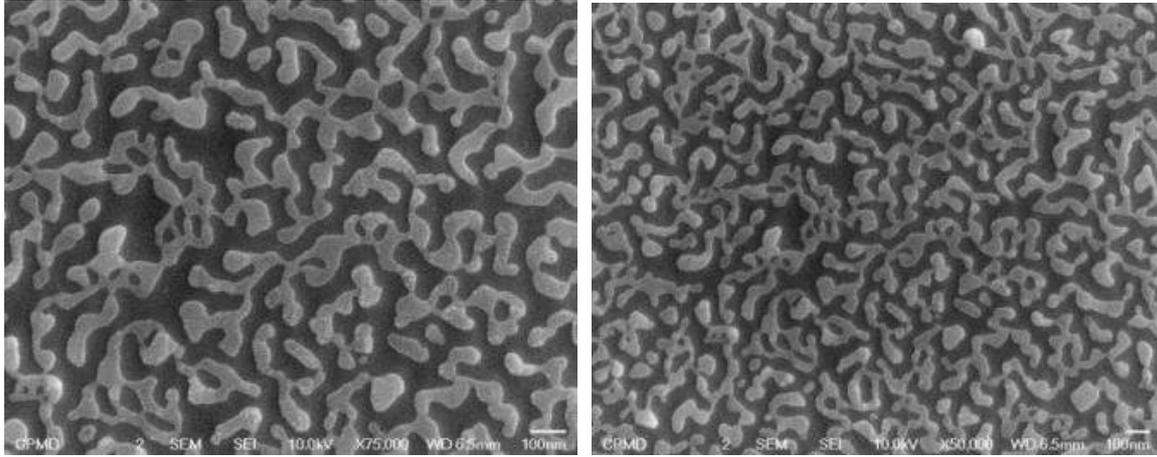
(b) 5nm 증착, 10초간 열처리



(c) 5nm 증착, 30초간 열처리



(d) 5nm 증착, 60초간 열처리

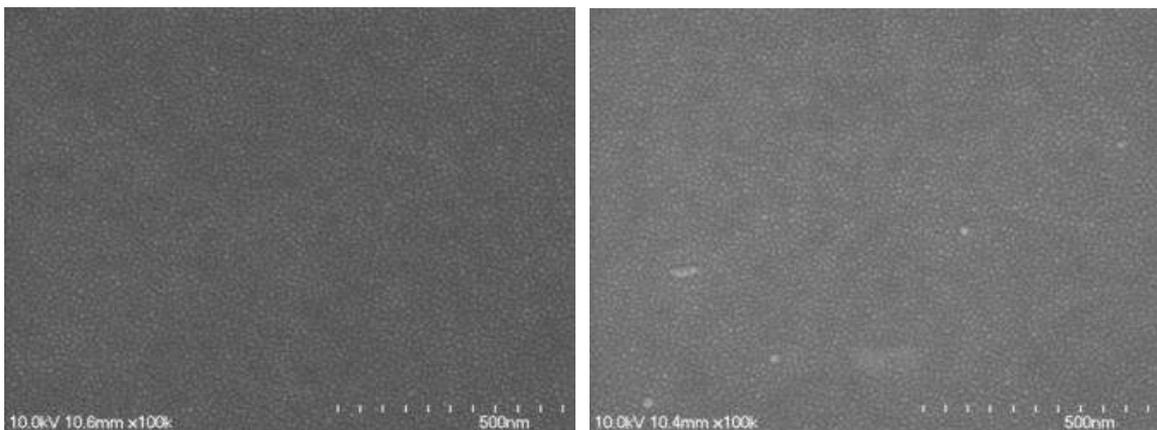


(e) 5nm 증착, 90초간 열처리

< 열처리 시간에 따른 Au 나노 구조 변화 >

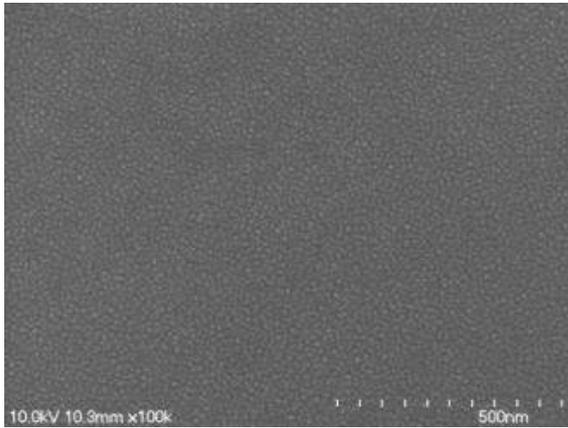
Au를 5nm 증착한 후, (a)~(e)까지 증착후, 열처리 시간에 따른 변화까지 주사전자현미경을 통하여 그 변화를 관찰하였다. 증착 후는 표면의 rms 값이 작은 박막 형태로 코팅이 이루어졌으며, 열처리 시간에 따라 Au 나노 입자간의 결합이 이루어져 나노 구조 형태가 이루어짐을 확인 할 수 있었다. 그러나 Ag 나노 입자 형태를 이루지 못하여 바이오센서용 칩으로 사용은 어려웠다.

위의 결과를 바탕으로 본 연구개발을 통하여 제조하고자 하는 Au 나노 구조 제어 실험을 실시하였다. Au 나노 구조 제어를 위하여 Au의 증착 두께를 조절하였고, 위의 실험 결과에서 열처리 시간에 따른 변화는 미비하였으므로, 열처리 온도에 따른 실험을 실시하였다. Au 두께는 0.5nm로 고정하였고, 열처리 온도는 350도에서 600도까지 각각 50도 간격으로 실험을 실시하였다. 결과는 아래에 나타내었다.

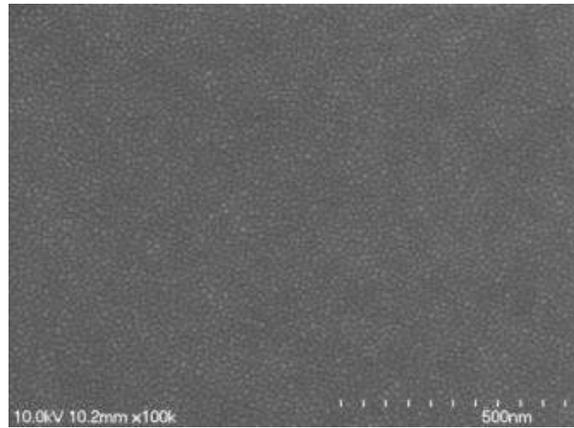


(a) 350°C

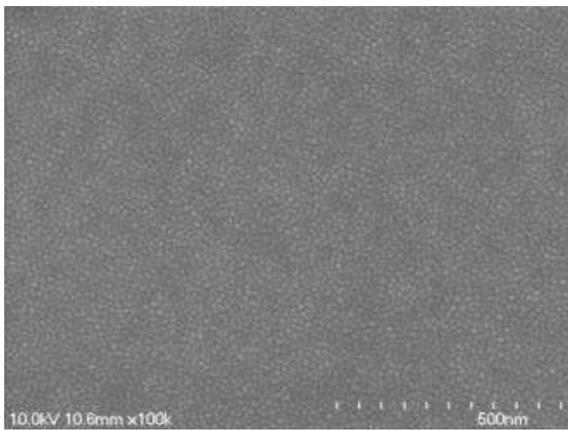
(b) 400°C



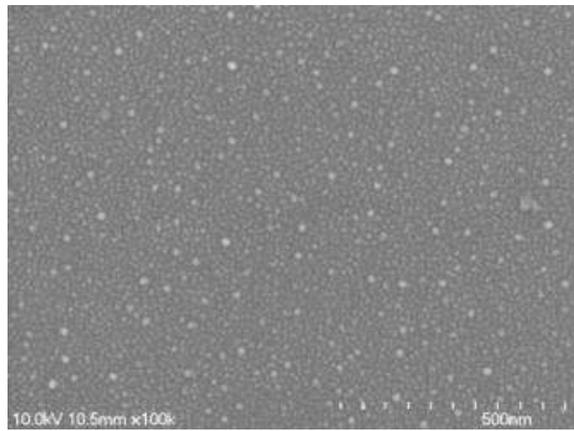
(c) 450°C



(d) 500°C



(e) 550°C

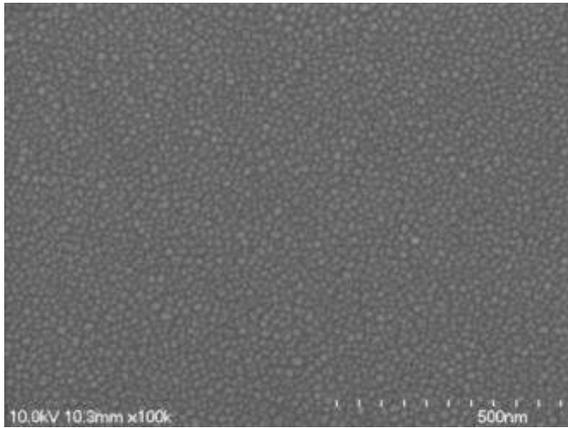


(f) 600°C

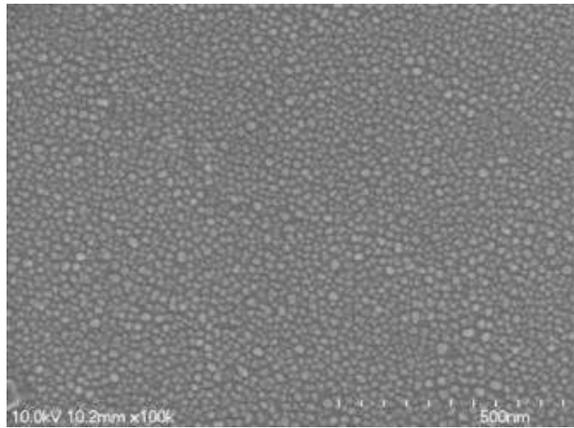
< 열처리 온도에 따른 Au 나노 구조 변화 >

Au 나노 박막을 0.5nm 증착한 후 열처리 온도에 따른 결과를 나타내었다. 위의 결과에서 볼 수 있듯이, Au 나노 구조는 Au의 두께가 중요한 요소로 작용하였으며, 열처리 온도에 따라 Au 나노 입자간의 거리 제어에 대한 변화가 나타났다. 350°C의 경우, 입자의 크기가 평균 10nm 정도로 나타났으며, 열처리 온도가 증가 할수록 그 크기가 증가하여 600°C의 경우 약 10~20nm의 Au 나노 구조가 나타났다. 그러나 위의 조건에서는 Au 나노 구조의 크기가 일정하지 않아, 바이오센서용 칩으로 사용이 어렵고, 센서의 데이터가 일정하게 나타나지 않으므로 두께 제어 및 열처리 온도 제어를 통하여 나노 구조를 제어하고자 실험을 실시하였다.

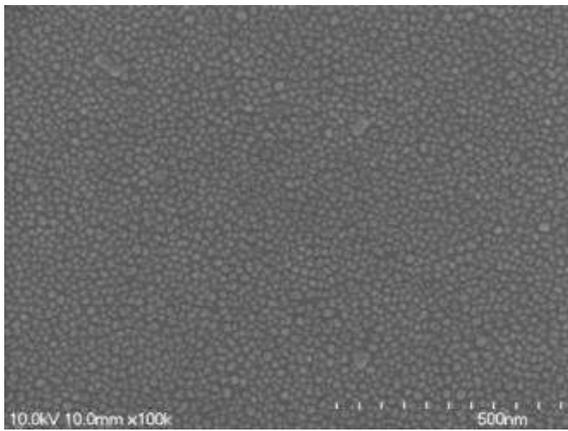
Au의 일정한 입자 제어를 위하여 일정량 이상의 Au 증착이 이루어져야 하므로, 증착 두께를 0.5nm에서 1nm로 증가시켰으며, 열처리 온도는 열처리 온도는 위와 같이 350도에서 600도까지 각각 50도 간격으로 실험을 실시하였다.



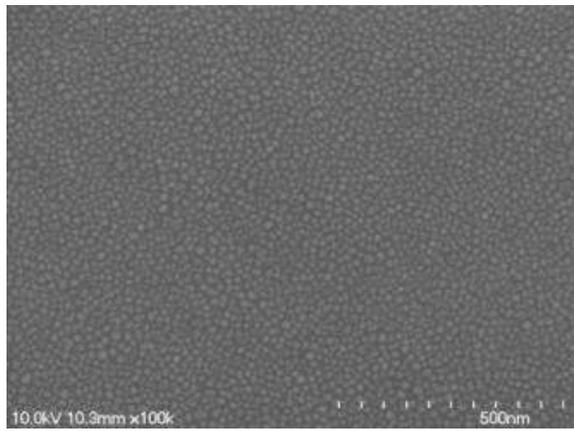
(a) 350°C



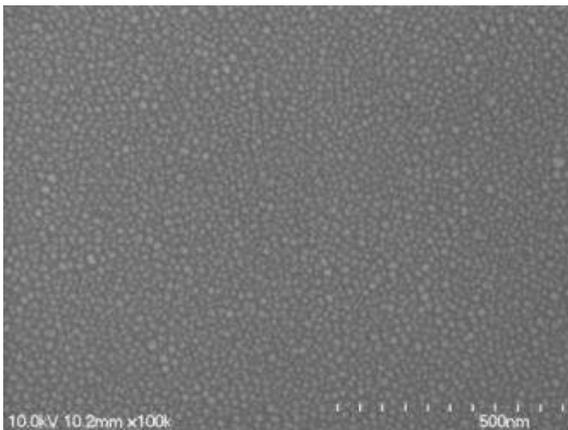
(b) 400°C



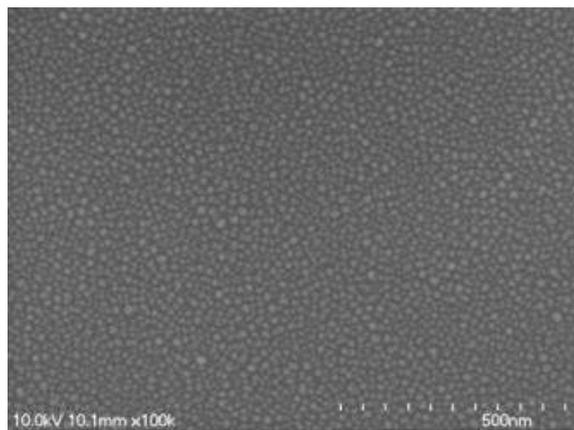
(c) 450°C



(d) 500°C



(e) 550°C

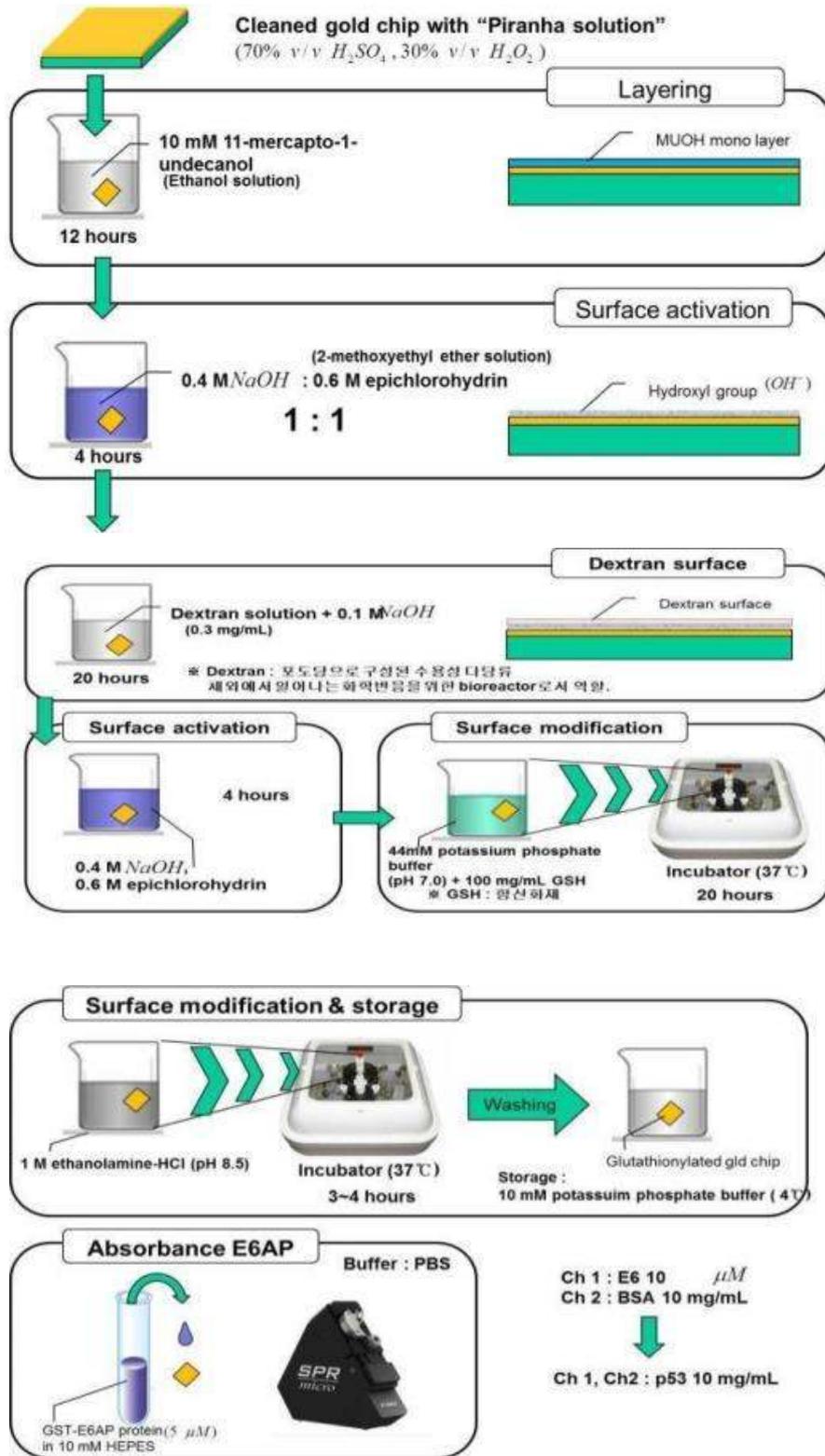


(f) 600°C

< 열처리 온도에 최적화에 따른 Au 나노 구조 변화 >

Au의 증착두께를 1nm로 고정하고 열처리 온도에 따라 열처리를 실시한 결과이다. 위의 실험결과와는 달리 입자의 균일도가 일정하게 나타났으며, 입자의 크기는 400°C에서 열처리한 결과가 가장 일정한 값과 크기를 나타내었다. 이는 열처리 온도의 증가에 의한 입자간의 결합이 400°C를 기준으로 온도가 상승 할수록 크게 증가하여 입자의 크기가

감소하는 것으로 볼 수 있으며, 평균크기 또한 450°C에서부터 큰 입자들이 나타남을 확인할 수 있었다. 따라서 Au 1nm의 박막을 400°C에서 열처리 하였을 때 가장 이상적인 바이오센서용 칩을 제조 할 수 있었다.



< 바이오 칩 제조 공정 >

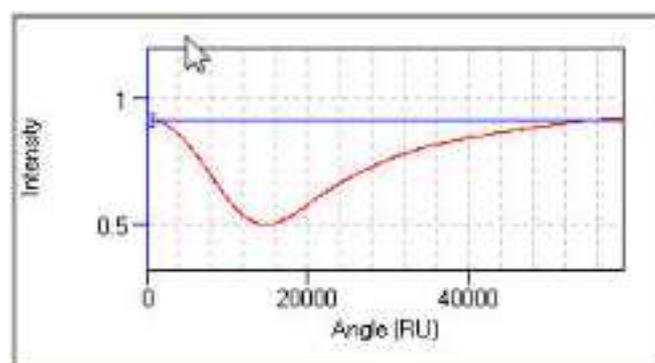
위 그림은 Au 나노 구조가 정렬된 바이오센서 칩을 제작하는 공정을 나타내었다. 바이오 칩 표면의 유기물 제거를 위하여 Au 나노 구조가 형성된 BK-7 Glass 기판 sensor 칩을 황산과 과산화수소의 혼합물에 담가 cleaning을 실시하고, 메탈 표면에 OH-를 형성시키기 위하여 미리 몰라(mM) 농도의 MUA 조제를 위해, MUA 43.672 mg과 ethanol을 섞어 200 mL를 제조하였다.

바이오센서 칩은 먼저 Au나노 구조를 BK7 glass 상에 정렬한 다음, MUOH mono layer 제조를 위해서 11-mercapto-1-undecanol 용액에 12시간 담가 layering 공정을 실시하여 gold 표면에 Carboxyl membrane을 형성시켜 -OH기를 만든 다음, ethanol solution을 사용하여 10 mM의 EDC 용액과 1 mM의 NHS 용액을 제조하였다.

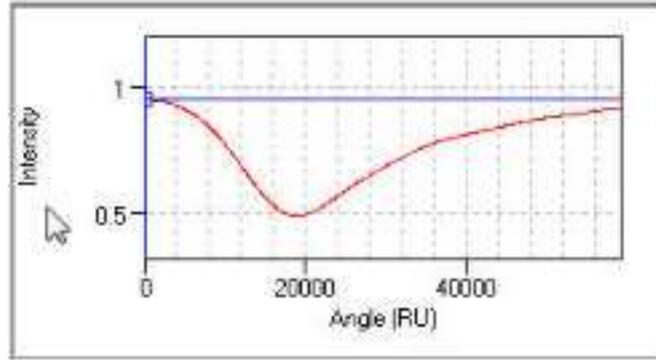
Carboxyl membrane이 형성된 gold chip을, 앞에서 제조한 EDC와 NHS 용액을 1:1 부피비로 섞은 혼합 용액에 넣고 인큐베이터에 넣고 인큐베이터의 온도를 37도로 맞추고 30분동안 두면 Carboxyl membrane의 OH기 위에 Antibody가 붙을 수 있는 분자구조를 형성시켜 표면을 활성화시킨다. 표면이 활성화된 gold chip의 표면에 IgG가 1mg/mL의 농도로 혼합된 용액을 떨어뜨려 antibody를 고정시켜 실험을 진행하면, 해당 antibody에 반응하는 antigen이 결합하여 표면의 굴절율이 변하게 된다.

Antibody로는 BIONOTE사에서 제조한 PRRS 항체 엘리자 4.0을 사용하였고, 이를 이용하여 Gold chip 상에 Antibody를 집적하였다. 또한 Antigen으로는 Boehringer Ingelheim사에서 제조한 돼지 생식기 호흡기 증후군 생독백신 (인겔백 피알알에스 생독)을 사용하여 실험을 진행하였다.

SPR 측정기에 PRRS 항체가 처리된 플라즈모닉 센서 칩을 Loading 한 후, 버퍼용액을 SPR 측정기에 흘려보내면서 SPR 측정기의 Angle(RU) 값을 확인하고 다시 희석된 PRRS 생독 백신을 SPR 측정기에 흘려보내 SPR 측정기의 Angle(RU)값을 확인하여 바이러스 측정에 대한 실험을 진행하였고, 자세한 내용은 한국생산기술원(KITEC)에서 측정한 결과보고서에 나타내었다.



(a) 버퍼용액(증류수)의 측정 값



(b) 희석된 PRRS 생독 시료의 측정

< PRRS 바이러스 측정값 비교 >

측정값은 버퍼용액일 때 14,430 RU로 나타났고, 희석된 PRRS 생독 시료의 경우 16,953 RU로 나타났다. 이 둘의 차이는 2,523 RU였고, Angle 값으로 환산할 경우 0.2523°로 나타났다. 이는 PRRS 바이러스에 대한 특정한 변화 값으로 앞으로 PRRS 바이러스 센싱에 기본이 될 것이다.

○ 공인 시험인증 평가

본 과제의 사업계획서를 토대로 기술개발의 정량적 항목을 만족하기 위해 자체적으로 개발제품에 대한 성능평가를 진행하였으며, 만족스러운 결과를 도출하였다. 국내 우수 공인시험인증 기관인 한국전자통신연구원(ETRI)에 시험 의뢰를 진행하여 개발된 1Gbps 급 Ethernet POF Converter에 대하여 국제 규격인 Telcordia 시험 규격을 적용하여 최종 기술개발 시제품에 대한 기술적 검증과 공인인증 평가를 진행하여 아래와 같은 시험 평가에 대한 결과를 도출 할 수 있었다.

○ 공인 시험인증 평가

본 연구과제 수행결과는 사업계획서를 토대로 정량적 항목을 도출하기 위하여 공인시험기관에서 시험을 실시하였으며 나노패턴, 산화물반도체 나노구조, 플라즈모닉 센서는 한국생산기술원(KITECH)에서 시험을 실시하여 정량적 항목을 만족하는 시험 분석 결과를 얻었으며, 살균/항균 특성은 한국건설생활환경시험연구원(KCL)에서 분석하여 그 결과를 통보받았다.

- 정량적 평가항목 달성도 (목표)

평가항목 (주요성능)	단 위	세계최고 수준 보유국/ 보유기업	기술수 준	최종 개발 목표치	년차별 개발 목표			평가방법
					1차년 도	2차년도	3차년도	
1. 광 손실	dB	1.5 (대만/fire comms)	1.8	<1.5	<1.5	-	-	공인시험 기관(KETI) GR326
2. 인장력	dB	0.2 (일본/ yajaky)	0.2	0.2	0.2	-	-	공인시험 기관(KETI) GR326
3. 광분배기 손실	dB	8.5 (일본/ yajaky)	8.5	<8	<8	-	-	공인시험 기관(KETI) GR326
4. 광 전송속도	Gbps	1.25 (대만/fire comms)	150Mbps	> 1	-	> 1	-	공인시험 기관(KETI) GR326
5. 나노 패턴 형성(Pitch)	nm	150 (미국/ IBM)	~um	<150	200	<150	-	공인시험기관 (KITECH) SEM 분석
6. 나노패턴 구현 (두께)	nm	150 (미국/ IBM)	~um	<50	<50	-	-	공인시험기관 (KITECH) SEM 분석
7. Plasmonics 센서 구조설계	Δn	10-6 (미국 / UCSB)	10-6	10-6	10-6	-	-	설계 결과 제시
8. 산화물반도 체 나노구조 제어	종	-	4종	4종	1종 (박막)	2종 (line, dot)	1종 (mesh)	공인시험기관 (KITECH) SEM 분석
9. Plasmonics 센서 제작	종	-	3종	3종		1종 (random)	2종 (1D/2D)	공인시험기관 (KITECH) SEM 분석
10. Plasmonics 나노센서 (바이러스 감지)	종	-	-	> 1	-	> 1	> 1	공인시험기관 (KITECH)
11. 대면적공기 정화 시스템	Size	-	-	20×20c m	-	15×15c m	20×20c m	공인시험기관 (KITECH)
12. 유태병원균 살균시험	%	-	95	> 99	-	> 97	> 99	공인시험기관 (KICM)

- 정량적 평가항목 달성도 (달성치)

평가항목 (주요성능)	단위	세계최고 수준 보유국/ 보유기업	당해연도 개발 목표치	평가결과	달성도
1. 광 전송속도	Gbps	1.25 (대만/firecomms)	> 1	> 1	100
2. 나노 패턴형성 (Pitch)	nm	150 (미국/IBM)	<150	104nm	100
3. 산화물반도체 나노 구조 제어	종	-	2종 (line, dot)	SiO ₂ /ZnO 2종 Line, Dot 구조 완성	100
4. Plasmonics센서 제작	종	-	1종 (random)	Au nano 구조 제조	100
5. Plasmonics나노센서 (바이러스 감지)	종	-	> 1	PRRSv 측정 완료	100
6. 대면적공기 정화 시스템	Size	-	15×15cm	20×20cm 제작	100
7. 유해병원균 살균시험	%	-	> 97	99% (30분)	100

- 부록 : 공인인증 시험평가, 매출증빙, 특허출원
 - 시험 성적서 (광 전송속도)



시험결과기록서

1. 의뢰자

- 기관명 : 한국생산기술연구원
- 주소 : 광주광역시 북구 첨단과리로 108번길 (오동동)
- 의뢰일자 : 2016. 09. 28.

2. 시험물품/시료명 : Plasmonic 센서, PRRS 검지

3. 시험방법 : SPR 센서 시스템에서의 최적된 PRRSv 처리 시료의 감지 용무 확인

4. 시험환경

- 온도 : (22.4 ± 0.4) °C
- 습도 : (51 ± 3) % RH

5. 시험결과 :

- 시험결과 및참 조표

KITECH

시험자 : 김진 

2016. 10. 05.

본 결과는 인공신경망 설계이전 기준

1. 시험 결과

- 시료 제조사 : 한국생산기술연구원
- 시료명 : PRRS 센서 칩
- 시험항목 : PRRS 유무 감지
- 시험 장비 : SPR 측정기 (제조사 : K-MAC, 모델명 : SPR micro)



그림 - 칩의 사진.

- 시험 기간 : 2016. 10. 04

- 시험결과

- 1) SPR 측정기에 PRRSv 처리된 Plasmonic 센서 칩을 loading 한다.
- 2) 비커용액(중류수)을 SPR 측정기에 흘려보내서 SPR 측정기의 Angle(RU)값을 확인한다.
- 3) 최적된 PRRS 생독 시료용 SPR 측정기에 흘려보내서 SPR 측정기회 Angle(RU) 값을 확인한다.
 - ① 시야명 : Boehringer Ingelheim, 인공해 피알일예스 생독 (Ingelvac PRRS MLV)
 - ② 최적방법 : 백색의 동결건조 생독백신 분말과 염산 최적액을 섞어 사용
 - ③ SPR 측정기에서 측정된 비커용액(중류수)과 최적된 PRRS 생독 시료에서의 차이값인 Angle(RU)값을 기록한다.
 - ④ SPR 측정기의 Angle값인 1 RU는 10,000° 에 해당한다.
 - ⑤ 측정값 차이를 구한 다음, RU에서 ° 환산한다.

- 시험결과

- 1) 비커용액(중류수)의 측정값 : 14,430 RU

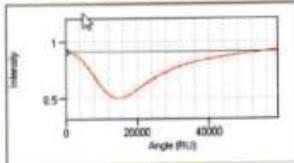


그림 - 비커용액(중류수)의 측정.

- 2) 최적된 PRRS 생독 시료의 측정값 : 16,953 RU

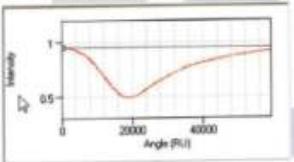


그림 - 최적된 PRRS 생독 시료의 측정.

3) 측정값 차이

- ① 측정값 Angle 차이 : 1 RU = 2,523 RU
 : 16,953 RU(최적된 PRRS 생독 시료의 측정값) - 14,430 RU(비커용액(중류수)의 측정값) = 2,523 RU
- ② Angle (°) 환산 : 2,523 RU = 0.2523°
 : 2,523 RU ÷ 10,000° (RU) = 0.2523°

- 시험 성적서 (나노 패턴 측정)

평가결과서

한국생산기술연구원 나노-광융합기술센터 <small>광주광역시 북구 첨단과기로 200(신성 5호동동)</small> <small>TEL: 052-600-9513, Fax: 052-600-9509</small>	결과서 번호 MM-16-012 페이지 [1 / 총 7]	
	한국생산기술연구원 나노-광융합기술센터 <small>광주광역시 북구 첨단과기로 200(신성 5호동동)</small> <small>TEL: 052-600-9513, Fax: 052-600-9509</small>	

1. 의뢰내역
 - 기관명 : 한국생산기술원
 - 주소 : 광주광역시 북구 첨단과기로 106(영진 9 (월출동))
 - 의뢰일자 : 2016. 10. 13
2. 평가결과서의 용도 : 과제 제출용
3. 평가품목/명목 : FE-ESEM을 이용한 나노패턴 및 SiO₂ 나노 구조 분석
4. 평가품사명
 - 시료명 : Nano pattern, SiO₂ on Si substrate
 - 시료 크기 : 5mm × 5mm
 - 시료 수량 : 10 EA
5. 평가일자 : 2016. 10. 13
6. 평가환경
 - 온도 : (22 ± 1) °C, 습도 : (45 ± 5) % RH
 - 챔버진공도 : 1.43 × 10⁻⁶ Torr
7. 평가결과
 - 평가결과 참조

확인	담당자		확인자	
	직위	연구원	직위	성명
	실명	김민준		

이체 나노기술협력센터는 공인인증기관이 아니므로 본 평가결과서는 공인 인증서 서명정보를 포함하지 않습니다.
 비고 : 본 평가결과서는 고객에 제시한 자료의 평가결과도 전체 제출에 대한 품질 및 성능을 보증하지 않습니다.
 본 평가결과서는 한국생산기술연구원과 공동 연구 및 공동으로 사용될 수 있습니다.

평가결과

한국생산기술연구원 나노-광융합기술센터 <small>광주광역시 북구 첨단과기로 200(신성 5호동동)</small> <small>TEL: 052-600-9513, Fax: 052-600-9509</small>	결과서 번호 MM-16-012 페이지 [2 / 총 7]	
	한국생산기술연구원 나노-광융합기술센터 <small>광주광역시 북구 첨단과기로 200(신성 5호동동)</small> <small>TEL: 052-600-9513, Fax: 052-600-9509</small>	

- 1-1. 평가조건
 - 평가방법 : High Vacuum Mode(Schottky Field emission)
 - 평가조건 : Surface SEM Image
 - 평가기기 : FE-ESEM/Quanta 300 FEG
- 1-2. 평가결과
 - Nano pattern size : 104.9nm ~ 160.3nm

No	Nano-pattern size(nm)
#1	125.9 (Line)
#2	129.9 (Line)
#3	160.3 (Dot)
#4	104.9 (Line)
#5	104.9 (Line)

 - SiO₂ Nano structure size : 49.5nm ~ 163.2nm

No	SiO ₂ nano structure size(nm)
#6	58.3 (Line)
#7	87.4 (Line)
#8	163.2 (Dot)
#9	49.5 (Line)
#10	91.3 (Line)

평가결과

한국생산기술연구원 나노-광융합기술센터 <small>광주광역시 북구 첨단과기로 200(신성 5호동동)</small> <small>TEL: 052-600-9513, Fax: 052-600-9509</small>	결과서 번호 MM-16-012 페이지 [3 / 총 7]	
	한국생산기술연구원 나노-광융합기술센터 <small>광주광역시 북구 첨단과기로 200(신성 5호동동)</small> <small>TEL: 052-600-9513, Fax: 052-600-9509</small>	

- 1-3. 시료사진

No	FE-SEM Image
#1	
#2	

평가결과

한국생산기술연구원 나노-광융합기술센터 <small>광주광역시 북구 첨단과기로 200(신성 5호동동)</small> <small>TEL: 052-600-9513, Fax: 052-600-9509</small>	결과서 번호 MM-16-012 페이지 [4 / 총 7]	
	한국생산기술연구원 나노-광융합기술센터 <small>광주광역시 북구 첨단과기로 200(신성 5호동동)</small> <small>TEL: 052-600-9513, Fax: 052-600-9509</small>	

- 1-3. 시료사진

No	FE-SEM Image
#3	
#4	

평가 결과

한국생산기술연구원
나노·광융합기술센터
평우광역시 북구 평단로7길 200번길 50호(평원)
Tel: 052-609-6513, Fax: 052-609-6509

결과서 번호
MM-16-012
페이지 [5 / 총 7]



1-3. 시료사진

No	FE-SEM Image	
	#4	
#5		



National Center for Manufacturing and Equipment Support



평가 결과

한국생산기술연구원
나노·광융합기술센터
평우광역시 북구 평단로7길 200번길 50호(평원)
Tel: 052-609-6513, Fax: 052-609-6509

결과서 번호
MM-16-012
페이지 [6 / 총 7]



1-3. 시료사진

No	FE-SEM Image	
	#7	
#8		



National Center for Manufacturing and Equipment Support



평가 결과

한국생산기술연구원
나노·광융합기술센터
평우광역시 북구 평단로7길 200번길 50호(평원)
Tel: 052-609-6513, Fax: 052-609-6509

결과서 번호
MM-16-012
페이지 [7 / 총 7]



1-3. 시료사진

No	FE-SEM Image	
	#9	
#10		



National Center for Manufacturing and Equipment Support



- 매출증빙

영수번호 : 20181222-4100006-5796227 영수번호 : EX2018122204237

전자 세금계산서 (공급자 보관용)		연번호	2018	연	12	호		
		일련번호						4
등록번호	409-81-76652			등록번호	124-86-94166			
상호	정대(주)	상명	최성수	상호	주이회사 정대(주)	상명	이승호	
사업장 주소	경주광역시 북구 연개동 1015번지			사업장 주소	경기도 수원시 영통구 악성대로 148번길 21			
장태	제조·도소매	통사입장번호		장태	도소매	통사입장번호		
종목	상품산출권			종목	통신부품			
작성일자	공급가액			세액				
2018	12	22	41,000,000		4,100,000			
비고								
품	일	품목명	가격	수량	입가	공급가액	세액	비고
12	22	정대(주)정대 PCF 클리프보드	794	300	11,000	5,800,000	500,000	
12	22	정대(주)정대 PCF 클리프보드	1184	300	10,000	3,000,000	300,000	
12	22	정대(주)정대 PCF 클리프보드	1584	400	30,000	12,000,000	1,200,000	
12	22	정대(주)정대 PCF 클리프보드	2184	400	35,000	15,200,000	1,520,000	
합계금액	현금	구분	여금	차감 할 수 있음	이 금액을 청구 함			
45,100,000	0	0	0	45,100,000				

인쇄횟수 : 1

*본 세금계산서는 부가가치세법에 의거하여 발행된 세금계산서이며, 전자서명법에 의거한 전자인출 서명으로 인증받았으며, 전자도장과 함께 효력을 갖습니다.
 *고객문의부 대행사명지 : (02)5128-0100 (134-41-0947)

영수번호 : 20180418-4100006-7609228 영수번호 : EX2018041804212

전자 세금계산서 (공급자 보관용)		연번호	2018	연	04	호		
		일련번호						20
등록번호	409-81-76652			등록번호	409-86-24955			
상호	정대(주)	상명	최성수	상호	주이회사 정대(주)	상명	이승호	
사업장 주소	경주광역시 북구 연개동 1015번지			사업장 주소	경주광역시 북구 영단면차도1015번길 5300(영동동, 천국문화관광단지) (영단면차도1015번길 5300)			
장태	제조·도소매	통사입장번호		장태	제조·도소매	통사입장번호		
종목	상품산출권			종목	상학기과 교학자재			
작성일자	공급가액			세액				
2018	04	18	7,050,000		705,000			
비고								
품	일	품목명	가격	수량	입가	공급가액	세액	비고
04	18	PCF Keyboard				7,050,000	705,000	
합계금액								
7,755,000	0	0	0	7,755,000	이 금액을 청구 함			

인쇄횟수 : 2

*본 세금계산서는 부가가치세법에 의거하여 발행된 세금계산서이며, 전자서명법에 의거한 전자인출 서명으로 인증받았으며, 전자도장과 함께 효력을 갖습니다.
 *고객문의부 대행사명지 : (02)5128-0100 (134-41-0947)

입금번호 : 20190409-40900080-76652

출금번호 : 2019040900000000

전자 세금계산서 (공급자 보관용)		계약호	2019 년	04 호					
		발행번호	8						
등록번호	409-81-76652		등록번호	409-86-10596					
상호	포이(주)	상장	유상주	상호	주제이코테크	상장	상장	발행일	2019.04.29
사업장 주소	경주광역시 북구 연계동 1015번지			사업장 주소	경주광역시 북구 장단과거리 513-8동 802호(대동동, 제주이테크센터)				
업태	제조, 도·소매		통신판매업종	업태	제조업		통신판매업종	전자상거래업	
과세표준	15,600,000		세액	1,560,000					
발행일자	2019.04.29		합계	17,160,000					
비고									
일	일	종목명	금액	수량	단가	합계	세액	비고	
04	29	대구경북발전채권	144	200	70,000	15,600,000	1,560,000		
합계		합계	17,160,000	0	0	0	17,160,000	이 금액을 청구 함	

인쇄횟수 : 2

*본 세금계산서는 부가가치세법에 의하여 발행된 세금계산서이며, 전자서명 등에 의하여 전자인용 서명으로, 전자상거래 업체로 발행된 세금계산서로 발행되었습니다.
 *고부당부 발행시일자 : (409)전자서명 (194-81-0947)

입금번호 : 20190427-40900080-76652

출금번호 : 2019040900000000

전자 세금계산서 (공급자 보관용)		계약호	2019 년	04 호					
		발행번호	8						
등록번호	409-81-76652		등록번호	305-86-00461					
상호	포이(주)	상장	유상주	상호	주제이코테크	상장	상장	발행일	2019.04.27
사업장 주소	경주광역시 북구 장단신로1015번지			사업장 주소	대전 유성구 용산동 559-1 51호(대동동, 대동 510호)				
업태	제조, 도·소매		통신판매업종	업태	제조업, 제조업		통신판매업종	전자상거래업	
과세표준	12,300,000		세액	1,230,000					
발행일자	2019.04.27		합계	13,530,000					
비고									
일	일	종목명	금액	수량	단가	합계	세액	비고	
04	27	대구경북발전채권	144	150	80,000	12,300,000	1,230,000		
합계		합계	13,530,000	0	0	0	13,530,000	이 금액을 청구 함	

인쇄횟수 : 2

*본 세금계산서는 부가가치세법에 의하여 발행된 세금계산서이며, 전자서명 등에 의하여 전자인용 서명으로, 전자상거래 업체로 발행된 세금계산서로 발행되었습니다.
 *고부당부 발행시일자 : (409)전자서명 (194-81-0947)

- 특허등록 (무창축사 환기시스템)

발급번호 : 5-5-2016-074394645



특허등록원부

특 허 번 호 제 1667316 호

[권 리 란]

표시번호	등 록 사 항			
1번	출원연월일	2014년 04월 25일	출원번호	2014-0060290
	특허공청(실용)연월일	2016년 02월 29일	특구번호의 함수	1
	분류기호	A01K 1/00, F24F 7/00		
	발명의 명칭	무창축사 환기시스템		
	등록기간(명칭)연월일	2034년 04월 25일		
				2016년 10월 12일 등록

[특 허 료 란]

제 1 - 03 년분 (2016.10.12 - 2019.10.12) 금 액 25,200 원(초가액) 2016년 10월 12일 납입

[특 허 권 자 란]

순위번호	등 록 사 항
1번 (최종권자)	(최종권자) 모미주식회사 (200111-*****) 광주광역시 북구 첨단연신로 268번길 30 (안저동)
1번 (등록권자)	(등록권자) 모미주식회사 (200111-*****) 광주광역시 북구 첨단연신로 268번길 30 (안저동)
	2016년 10월 12일 등록

이 등본(초본)은 등록원부의 불림이 있음을 증명합니다.
(제 00234166 호)

2016년 10월 17일

특 허 청

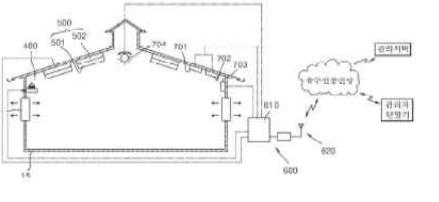


◆ 본 등본서는 원본과 함께 발급됩니다. 원본은 홈페이지(www.kipo.go.kr)의 '특허청-공과정보공개' 메뉴를 통해 열람 가능하며, 또는 특허청의 '특허정보' 메뉴의 '특허청-공과정보' 메뉴를 클릭하여 열람 가능합니다. 단, '특허청'은 '특허청'에 대한 정보를 제공합니다.

	(19) 대한민국특허청(KR)	(45) 공고일자	2016년10월19일
	(12) 등록특허공보(B1)	(11) 등록번호 10-1667316	(24) 등록일자 2016년10월12일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.)	A01J 1/00 (2014.01)	F24F 7/00 (2006.01)	(73) 특허권자 포비주식회사
(21) 출원번호	10-2014-0050240	2014년04월25일	출구광역시 북구 절단면신로 768번길 30 (연계동)
(22) 출원일자	2014년04월25일	심사일자	2014년04월25일
(43) 공개일자	2015년01월24일	(56) 공개번호	10-2015-0124600
(58) 신청시점	2015년11월05일	(72) 발명자	최상우
(59) 출원시점	2015년11월05일	(71) 출원인	출구광역시 북구 서강로 77, 108동 1003호 (준안동, 온림산이비프라이베드)
(60) 선행기술문헌	KR101269327 B1* KR100819371 B1* JP2013145137 A* KR102059904A003 A*	(71) 대리인	이계양
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌			
본 발명의 명칭: 무장축사 환기시스템		심사관: 박영란	

(57) 요약
본 발명은 무장축사 환기시스템에 관한 것으로서, 축사에 설치되는 상기 축사 외부의 공기를 상기 축사 내부로 유입시키는 환기부, 상기 축사에 설치되어 상기 축사 내부의 공기를 상기 축사 외부로 배출시키는 배출부, 상기 축사에 설치되며, 상기 축사 내부에 포함된 유해한 및 오염물질을 측정하는 공기질센서닛, 상기 축사 내 (이하에 계속)

도 1



발명자

청구항 1

축사에 설치되어 상기 축사 외부의 공기를 상기 축사 내부로 유입시키거나 상기 축사 내부의 공기를 상기 축사 외부로 배출시키는 환기부;
상기 축사에 설치되며, 상기 축사 내부에 포함된 유해한 및 오염물질을 측정하는 공기질센서닛;
상기 축사 내부에 설치되어 공을 발생시키는 조명부채, 상기 축사 내부에 설치되며, 상기 조명부채로부터 발생된 공을 흡수하고, 필터드럼을 이용한 정화처리를 일으켜 상기 축사의 내부공기를 정화시키는 정화부채로부터 발생된 공기정화유닛;
상기 공기정화유닛을 통해 측정된 상기 유해한 및 오염물질의 측정데이터를 토대로 상기 조명부채로부터 발생된 공의 양을 조절하여 상기 정화부채의 정화처리를 일으키고, 상기 공기정화유닛을 통해 측정된 측정데이터를 유무선통신망을 통해 원격으로 전송하는 제어유닛;을 구비하고,
상기 공기정화유닛은 표면 플라즈마 광명을 이용하여 상기 축사 내부에 포함된 유해한 및 오염물질을 측정하며, 내부에 상기 축사의 내부공기를 유입할 수 있는 유입공간이 마련된 케이스와,
상기 케이스에 설치되며, 입사되는 공을 반사시키는 프리즘과, 상기 프리즘에 입사면이 결합되며, 상기 프리즘에 입사된 공에 반동하여 표면 플라즈마 광명을 발생시키는 제1탈출과, 상기 제1탈출에 직각에 결합되며, 입사된 공기 유입공간이 노출되도록 상기 케이스에 설치되며, 상기 표면 플라즈마 광명 및 제1탈출에 의해 생성된 표면파의 파장 이동을 일으켜 상기 축사의 내부공기를 정화할 수 있게 하는 제2탈출이 마련된 가스센서 닷과,
상기 프리즘으로, 광을 입사시키는 발광부채,
상기 프리즘으로부터 반사된 공을 집광하는 수렴부채,
상기 수렴부채를 통해 집광된 공을 분사하여 상기 축사의 내부공기 내 상기 유해한 및 오염물질을 분해하는 분해부채를 구비하고,
상기 축사 내부의 온도를 측정할 수 있도록 상기 축사에 설치된 온도센서;
상기 축사 내부의 습도를 측정할 수 있도록 상기 축사에 설치된 습도센서;
상기 축사 내부에 발생된 케탄가스를 측정할 수 있도록 상기 축사에 설치된 케탄가스센서;
상기 축사에 설치되어 상기 축사 내부를 살균할 수 있도록 적외선을 발출하는 살균램프를 구비하고,
상기 제어유닛은 상기 온도센서, 습도센서 및 케탄가스센서를 통해 측정된 측정데이터를 유무선통신망을 통해 상기 관리자 단말기로 송출하는 것을 특징으로 하는 축사 환기 시스템.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 무장축사 환기시스템에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 표면 플라즈마 광명을 이용하여 상기 축사 내부에 포함된 유해한 및 오염물질을 측정할 수 있는 측정센서가 마련된 무장축사 환기시스템에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 최근 축산농가가 대형화, 단지화가 되어 많은 가축을 정밀화된 축사내부에서 밀집 사육하고 있으며, 이러한 축사 사육방식은 우리나라와 같이 국토가 비좁은 나라에서는 가장 적절한 사육 방식이다.

[0003] 그런데, 이와 같은 축사 사육방식의 경우, 사육되는 가축의 호흡 및 분뇨에 의하여 이산화탄소, 일산화탄소, 황화수소, 암모니아, 악취와 같은 각종 유해가스가 발생되므로, 이러한 유해가스는 축사 내부의 공기를 오염시켜 생육 환경을 악화하게 만들었다. 이러한 악취한 생육 환경을 개선하고자, 축사에 환기시스템을 설치하여 적절한 주기로 외부의 신선한 공기를 축사 내부로 유입시키고 있다.

[0004] 국내 특허출원 제10-2007-0002845호에는 축사 환기 시스템이 개시되어 있다.

[0005] 상기 축사 환기 시스템은 축사 내부에 설치되어 공기의 오염 정도를 감지하는 가스센서와, 축사 내부에 설치되어 공기의 온도를 감지하는 온도센서와, 축사 내부에 설치되어 공기의 습도를 감지하는 습도센서와, 축사 외부의 신선한 공기를 축사 내부로 유입하기 위한 환기부, 축사 내부로 유입되는 공기를 가열하는 공기가열부, 축사 내부의 오염된 공기를 축사 외부로 배출하기 위한 배출부(300)와; 축사 내부의 습도를 낮여주기 위한 가습부와, 상기한 가스센서, 온도센서, 습도센서, 환기부, 공기가열부, 배출부(300) 및 가습부와 유기적으로 연결되는 컨트롤러;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0006] 상기 축사 환기 시스템은 공기를 통한 축사 내의 공기를 정화시키는 시스템에 관한 것으로, 우리나라의 축산농가가 대형화, 단지화가 되어 많은 가축을 정밀화된 축사내부에서 밀집 사육하고 있어 어느 한자의 축산농가가 조후관리, 구제역, 광우병 등 질병에 취약한 경우 상기 축사에서 발생하는 공기는 심각하게 오염된 상태로 방출되어 인근 축사에서까지 질병발원이 우려되는 문제점이 있었다.

[0007] 또한, 상기 축사 환기 시스템의 가스센서는 축사 내부공기 중 유해가스의 존재유무를 감지할 수 있으므로 유해가스의 존재 및 유해도에 대한 측정에 어려움이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 발명한 것으로서, 축사 내부의 공기 내 포함된 유해한 및 오염물질을 보다 정확하게 측정할 수 있도록 표면 플라즈마 광명을 이용하는 공기정화유닛이 마련되고, 축사 내부의 공기를 정화하여 이용하여 정화할 수 있는 공기정화유닛이 마련된 무장축사 환기시스템을 제공하는 데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 무장축사 환기시스템은 축사에 설치되어 상기 축사 외부의 공기를 상기 축사 내부로 유입시키는 환기부, 상기 축사에 설치되어 상기 축사 내부의 공기를 상기 축사 외부로 배출시키는 배출부, 상기 축사에 설치되며, 상기 축사 내부에 포함된 유해한 및 오염물질을 측정하는 공기질센서닛과, 상기 축사 내부에 설치되어 공을 발생시키는 조명부채와, 상기 축사 내부에 설치되며, 상기 조명부채로부터 발생된 공을 흡수하고, 필터드럼을 이용한 정화처리를 일으켜 상기 축사의 내부공기를 정화시키는 정화부채로부터 발생된 공기정화유닛, 상기 공기정화유닛을 통해 측정된 상기 유해한 및 오염물질의 측정데이터를 토대로 상기 조명부채로부터 발생된 공의 양을 조절하여 상기 정화부채의 정화처리를 일으키고, 상기 공기정화유닛을 통해 측정된 측정데이터를 유무선통신망을 통해 원격으로 전송하는 제어유닛을 구비한다.

[0010] 상기 공기정화유닛은 표면 플라즈마 광명을 이용하여 상기 축사 내부에 포함된 유해한 및 오염물질을 측정하는

것이 바람직하다.

[0611] 상기 공기제어유닛은 내부에 상기 축사의 내부공기가 유입될 수 있는 유입공인 다관된 케이스와, 상기 케이스에 설치되며, 입사되는 공을 반사하는 프리즘과, 상기 프리즘에 연결된 결합부, 상기 프리즘에 입사된 공에 반사되어 표면 플라즈몬 공명을 발생시키는 메탈층과, 상기 메탈층의 다관된 결합부, 입출력 공기 유입 공간에 노출되도록 상기 케이스에 설치되며, 상기 표면 플라즈몬 공명에 따라 생성된 표면파의 파장 이동을 일으키는 공기 축사의 내부공기를 감지할 수 있게 하는 감지층이 마련된 가스센서, 상기 공기 제어유닛을 통해 입사되는 방출부재와, 상기 공기 제어유닛이 반사된 공을 감지하는 수광부재와, 상기 수광부재를 통해 감지된 공을 분석하여 상기 축사의 내부공기 내에 상기 유체군 및 오염물질을 관별하는 관별부를 구비하는 것이 바람직하다.

[0612] 한편, 본 발명에 따른 무광축사 환기시스템은 상기 축사 내부의 온도를 측정할 수 있도록 상기 축사에 설치된 온도센서와, 상기 축사 내부의 습도를 측정할 수 있도록 상기 축사에 설치된 습도센서와, 상기 축사 내부에 발생된 메탄가스를 측정할 수 있도록 상기 축사에 설치된 메탄가스센서를 더 구비하고, 상기 제어유닛은 상기 온도센서, 습도센서 및 메탄가스센서를 통해 측정된 측정데이터를 유무선통신망을 통해 상기 관리자 단말기로 송출한다.

[0613] 또한, 본 발명에 따른 무광축사 환기시스템은 상기 축사에 설치되어 상기 축사 내부를 살균할 수 있도록 적외선 송출을 하는 살균램프를 더 구비한다.

발명의 효과

[0614] 본 발명에 따른 무광축사 환기시스템은 공기 축사를 통해 공기제어유닛을 통해 측정된 데이터를 관리자에게 송신하도록 원격으로도 관리자가 용이하게 축사의 상태를 인지할 수 있다.

[0615] 또한, 본 발명에 따른 무광축사 환기시스템은 표면 플라즈몬 공명을 이용한 공기제어유닛이 마련되어 축사 내부 공기 내에 포함된 유체군 및 오염물질을 보다 정밀하게 측정할 수 있고, 공기제어유닛을 통해 축사 내부 공기 분산이냐나 축사 외부로 배출되는 공기를 정화할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0616] 도 1은 본 발명에 따른 무광축사 환기시스템에 대한 개념도이고,
 도 2는 도 1의 무광축사 환기시스템의 공기제어유닛에 대한 개념도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0617] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 무광축사 환기시스템을 더욱 상세하게 설명한다.

[0618] 도 1 및 도 2에는 본 발명의 실시 예에 따른 무광축사 환기시스템(100)이 도시되어 있다.

[0619] 도면을 참조하면, 무광축사 환기시스템(100)은 축사(15)에 설치되어 공기 축사(15) 외부의 공기를 상기 축사(15) 내부로 유입시키거나 공기 축사(15) 내부의 공기를 공기 축사(15) 외부로 배출시키는 환기부(300)와, 공기 축사(15)에 설치되며, 표면 플라즈몬 공명을 이용하여 공기 축사(15) 내부에 포함된 유체군 및 오염물질을 측정하는 공기제어유닛(400)과, 공기 축사(15) 내부에 설치되며, 공기를 정화하는 공기정화유닛(500)과, 공기 제어유닛(600)을 통해 측정된 상기 유체군 및 오염물질의 측정데이터를 대외로 상기 공기정화유닛(500)을 조절하고, 상기 공기제어유닛(400)을 통해 측정된 측정데이터를 유무선통신망을 통해 등록된 관리자 단말기로 송출하는 제어유닛(600)을 구비한다.

[0620] 환기부(300)는 복수개 공기 축사(15)의 양측면과 좌측 설치되며, 외부공기를 축사(15) 내부로 강제흡입시키거나 축사(15)의 내부공기를 축사(15) 외부로 강제흡입시킬 수 있도록 형성되며, 입출력 공기 축사(15)의 외부로 방출하고, 내측은 축사(15)의 내부로 방출하도록 설치되는 것이 바람직하다.

[0621] 공기제어유닛(400)은 내부에 공기 축사(15)의 내부공기가 유입될 수 있는 유입공인 다관된 케이스(410)와, 상기 케이스(410)에 설치되는 가스센서 집(420)과, 상기 가스센서 집(420)에 공을 입사시키는 방출부재(430)와, 상기 가스센서 집(420)으로부터 반사된 공을 감지하는 수광부재(440)와, 상기 수광부재(440)를 통해 감지된 공을 분석하여 공기 축사(15)의 내부공기 내에 포함된 유체군 및 오염물질을 양을 산출하는 관별부(450)를 구비한다.

[0622] 케이스(410)는 상기 축사(15)의 내부에 설치되며, 일측면에 공기 유입공으로서 축사(15)의 내부공기가 유입될

수 있도록 유입구가 형성되어 있다. 또한, 케이스(410)의 다관면에는 유입공인 내부공기가 축사(15) 외부로 배출될 수 있도록 배출구(411)가 설치되어 있다. 상기 배출구(411)는 입사된 공기 케이스(410)에 연속되게 설치되며, 타단은 축사(15) 외부로 배출되며 설치된다. 또한, 상기 배출구(411)에는 케이스(410) 내부의 공기를 축사(15) 외부로 강제 배출시킬 수 있도록 제어밸브(412)가 설치되는 것이 바람직하다.

[0623] 가스센서 집(420)은 프리즘(421), 메탈층(422) 및 결합부(423)를 구비한다.

[0624] 프리즘(421)은 삼각구조를 갖고, 측면에는 유리렌즈(424)가 마련되어 있다. 상기 프리즘(421)과 유리렌즈(424)은 동일한 축에서 90도 이격되어 입사된 공을 반사시키는 방출부재이다. 90도는 결합길이 1.515659(A=0.576 μm)인 유리이고, 제조과정상 프리즘(421)에 직접 메탈층(422)을 형성하여 유리로부터 프리즘(421)과 동일 축상의 유리렌즈(424)에 메탈층(422)을 형성한 후 프리즘(421)과 결합한다.

[0625] 메탈층(422)은 프리즘(421)의 하측 유리렌즈(424)에 일측면이 결합되며, 상기 방출부재에 입사된 공을 반사하여 표면 플라즈몬 공명을 발생시킨다. 상기 메탈층(422)은 금(Au)으로 된 단층 구조로 형성되거나 은(Ag) 층과 금(Ag) 층으로 이루어진 이중 구조로 형성될 수도 있다. 또한, 메탈층(422)은 Ag, Au, Al 등의 금속(A)의 최외곽 원자를 표면 플라즈몬 공명(Surface Plasmon Resonance) 크로스를 제어하게 만들 수 있고, 이에 따라 도파도에 의한 표면 플라즈몬 공명 크로스의 변화를 민감하게 측정할 수 있다.

[0626] 감지층(423)은 상기 메탈층(422)의 타측면에 결합되며, 입출력 공기 유입공간에 노출되도록 공기 케이스(410)에 설치되고, 상기 표면 플라즈몬 공명에 따라 생성된 표면파의 파장 이동을 일으키는 공기 축사(15)의 내부공기를 감지할 수 있게 한다.

[0627] 상기 감지층(423)은 케이스(410) 내부에 유입된 축사(15) 내부공기의 반응열 또는 전열도를 제공하기 위해 유전체 재료(Dielectric Material)로 이루어지는 것이 바람직하다.

[0628] 방출부재(430)는 공기 프리즘(421)에 공을 입사시키는 것으로서, 레이저나 발광 다이오드(LED)를 사용할 수 있다. 수광부재(440)는 프리즘(421)에 의해 반사된 공을 수광하는 것으로서, 포토 다이오드 또는 포토 트랜지스터를 사용할 수 있다.

[0629] 관별부(450)는 상기 수광부재(440)에 연결되어 공기 수광부재(440)를 통해 측정된 입사공의 반응도를 전기적인 신호로 변환하는 신호처리부(451)와, 상기 신호처리부(451)로부터 전달된 전기적인 신호를 대외로 축사(15)의 내부공기 내에 유체군 및 오염물질을 관별하는 분석부(452)를 구비한다.

[0630] 상기 연광선 비파괴 광학 측정된 가스센서 집(420)은 방출부재(430)부터 광이 입사되면, 메탈층(422)과 감지층(423)의 공진을 통해 의해 생성된 표면 플라즈몬 파(SPP: Surface Plasmon Wave)의 광원의 빛이 흡수되면서 표면 플라즈몬 공명 현상이 발생되고, 감지층(423)과 유체군 또는 오염물질을 반응(흡수) 혹은 회절(반사)하면 메탈층(422)과 감지층(423) 사이에 형성되는 표면 플라즈몬 파(SPP)가 변화되어 관별부(450)가 반사되는 세기(Belectances)를 분석하여 감지된 가스 성분은 정량적으로 분석할 수 있다.

[0631] 공기정화유닛(500)은 공기 축사(15) 내부에 설치되어 공을 정화시키는 조영부재(501)와, 공기 축사(15) 내부에 설치되며, 공기 조영부재(501)로부터 방출된 공을 흡수하고, 흡수된 공을 이용한 정화제반응을 일으키는 축사(15) 내 공기를 정화시키는 정화부재(502)를 구비한다.

[0632] 상기 조영부재(501)는 축사(15) 내부에 설치되어 공을 발생시키고, 공기 정화부재(502)에서 정화제반응을 일으켜 정화할 수 있도록 한다. 공기 조영부재(501)는 흡수제에서 형성되는 가스공진 대역의 공을 발생시키는 것으로서, 가스공진을 발생내는 행렬광, LED, LD 등 다양한 광원을 이용할 수 있다.

[0633] 상기 정화부재(502)는 공기 조영부재(501) 주변에 위치한 조영부(503)로부터 방출된 빛을 흡수하고 흡수된 빛을 이용한 정화제반응을 일으키는 공기에 포함된 유체카스와 이온을 정화한다. 공기 정화부재(502)의 구조는 도면에 도시된 바와 같지만, 하단에 기판이 위치하고, 이산화티타늄(TiO₂) 등의 광촉매 박막으로 기판을 덮는다. 이때, 공기 조영부재를 발생하는 광원인 금(Au), 은(Ag), 금합금(AuAg), 은합금(AgCu)을 나노크기로 정화제반응막 사이 또는 광촉매 막 상부 또는 광촉매 막 하부에 결합시킨다.

[0634] 플라즈몬을 발생시킬 수 있는 귀금속 나노 구조는 전자선표화법(Electron beam lithography), 나노 임프린트(nano-imprint) 및 레이저 간섭법(Laser Interference lithography) 등을 사용하여 포토레지스트 또는 레진류 나노 패턴을 형성하고 스퍼터(Sputter, evaporator)를 이용하여 귀금속을 증착하여 이를 귀금속의 두께는 100nm

이하로 하며 111~(n)111 발명에 의해 최종적으로 귀금속 나노 구조를 형성한다. 상기 귀금속의 나노구조는 100nm 이하로 적층된, 원형, 세브형 등으로 분류된다.

[0635] 또한, 플라즈몬을 생성할 수 있는 귀금속을 최외곽 탑상, 망막으로 나노, 하이브리, 나노 패턴을 형태로 레조라어 이를 기판에 부착하여 고정할 수 있다.

[0636] 그리고, 도면에 도시된 바와 같이, 공기 정화부재(502)의 표면적을 넓히기 위하여 정화부재(502)를 조영부의 상단에 사다리꼴, 거그네형, 2단 사다리꼴형으로 만들어 공기와 접촉하는 단면적을 확대할 한다. 이러한 공기 정화부재(502)의 구조는 한정되지 않고 설치장소나 구비되는 구성요소에 따라 다양하게 변형되어 구현될 수 있다.

[0637] 제어유닛(600)은 상기 공기제어유닛(400)을 통해 측정된 공기 유체군 및 오염물질의 측정데이터를 대외로 상기 조영부재(501)로부터 방출된 광의 강기를 조절하여 공기 정화부재(502)의 정화제반응을 조절하는 제어부(610)와, 상기 공기제어유닛(400)을 통해 측정된 측정데이터를 유무선통신망을 통해 등록된 관리자 단말기 또는 관리자별로 송출하는 통신부(620)를 구비한다.

[0638] 제어부(610)는 공기제어유닛을 통해 측정된 유체군 및 오염물질의 측정데이터가 사전에 설정된 공기조영도의 기준치 이하인 경우, 조영부재(501)의 조영을 차단하고, 측정된 유체군 및 오염물질의 측정데이터가 기준치 이상인 경우 조영부재(501)의 조영을 작동시켜 공기를 정화하도록 한다.

[0639] 통신부(620)는 유무선통신망을 접속하여 데이터를 송수신할 수 있는 적재된 단말기를 구비하여 관리자 단말기로 공기제어유닛으로부터 측정된 측정데이터를 송출한다.

[0640] 이에, 관리자 단말기는 유무선통신망을 접속하여 데이터를 송수신할 수 있는 장치로서, 컴퓨터, 휴대폰 또는 피 디이치(PDA)인 것이 바람직하다. 상기 통신부(620)는 통신망을 통해 공기제어유닛(400)을 통해 측정된 데이터를 관리자에게 송신하도록 원격으로도 관리자가 용이하게 축사(15)의 상태를 인지할 수 있다. 특히, 통신부(620)는 정보통신망의 관리자에게도 축사(15)의 측정데이터를 송출하므로 AI 나 공개적 알람식 나노 신속한 대처가 가능하다.

[0641] 한편, 통신부(620)는 도면에 도시된 바와 같이, 이온 유리로 된 광섬유를 통해 레이저 광의 전송을 이용하여 정보를 전송하는 광통신 방식으로 사용할 수도 있다.

[0642] 상기 연광선 비파괴 광학 측정된 가스센서 집(420)은 표면 플라즈몬 공명을 이용한 공기 제어유닛(400)이 마련되며, 축사(15) 내부공기 내에 포함된 유체군 및 오염물질을 보다 정밀하게 측정할 수 있고, 공기정화유닛(500)을 통해 축사(15) 내부 공기 분산이냐나 축사(15) 외부로 배출되는 공기를 정화시킬 수 있는 장점이 있다.

[0643] 또한, 통신부(620)를 통해 공기제어유닛(400)을 통해 측정된 데이터를 관리자에게 송신하도록 원격으로도 관리자가 용이하게 축사(15)의 상태를 인지할 수 있다.

[0644] 한편, 본 발명에 따른 무광축사 환기시스템(100)은 공기 축사(15) 내부의 온도를 측정할 수 있도록 공기 축사(15)에 설치된 온도센서(701)와, 공기 축사(15) 내부의 습도를 측정할 수 있도록 공기 축사(15)에 설치된 습도 센서(702)와, 공기 축사(15) 내부에 발생된 메탄가스를 측정할 수 있도록 공기 축사(15)에 설치된 메탄가스센서(703) 및 공기 축사(15)에 설치되어 공기(15) 내부공기를 살균하는 살균램프(704)를 더 구비한다.

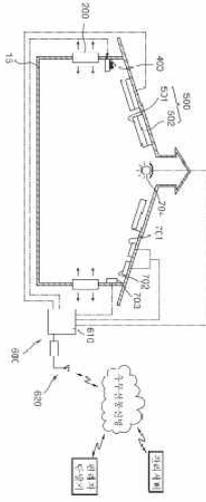
[0645] 공기 제어유닛(600)의 통신부(620)는 상기 온도센서(701), 습도센서(702) 및 메탄가스센서(703)를 통해 측정된 측정데이터를 유무선통신망을 통해 상기 관리자 단말기로 송출한다. 관리자는 관리자에서 통신부(620)를 통해 제공되는 축사(15) 내부의 온도, 습도, 메탄가스 데이터를 대외로 보다 상세한 축사(15)의 상태를 인지할 수 있다.

[0646] 살균램프(704)는 다수개 공기 축사(15) 내부에 분포되어 설치되며, 축사(15) 내부공기를 살균할 수 있도록 해당으로 적외선을 발생한다. 제어부(610)는 공기제어유닛을 통해 측정된 유체군 및 오염물질의 측정데이터가 사전에 설정된 공기조영도의 기준치 이상인 경우 살균램프(704)를 작동시켜 축사(15) 내부공기를 살균한다.

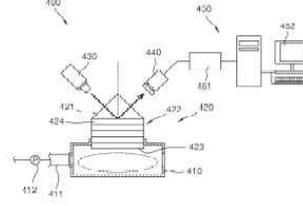
[0647] 본 발명은 도면에 도시된 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다.

[0648] 따라서 본 발명의 진정한 보호 범위는 첨부된 청구범위에 기재된 바에 의해 결정된다.

도면
도면1



도면2



관인생략

출원번호통지서

출원일자 2016.08.28
 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
 출원번호 10-2016-0109714 (접수번호 1-1-2016-0835622-96)
 출원인명칭 포미주식회사(1-2004-004680-6)
 대리인성명 김태영(9-2016-001027-2)
 발명자성명 허상휴 조경재
 발명의명칭 무창축사 환기시스템

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
 ※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
 ※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허-실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
 ※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드
 ※ 우선권 인정기간 : 특허-실용신안은 12개월, 상표-디자인은 6개월 이내
 ※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
 ※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 종업원이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 승계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.
8. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

2016-08-28

【요약서】

【요약】

본 발명은 두장측사 환기 시스템에 관한 것으로, 시스템은 측사에 설치되어 상기 측사 외부의 공기를 상기 측사 내부로 유입시키거나 상기 측사 내부의 공기를 상기 측사 외부로 배출시키는 환기부와; 상기 측사에 설치되며, 상기 측사 내부에 포함된 유해균 및 오염물질을 측정하는 공기센서유닛과; 상기 측사 내부에 설치되어 광을 발생시키는 조명부재와, 상기 측사 내부에 설치되며, 상기 조명부재로부터 발생된 광을 흡수하고, 플라즈몬을 이용한 광촉매반응을 일으켜 상기 측사의 내부 공기를 정화시키는 정화부재가 마련된 공기정화유닛과; 상기 공기센서유닛은 제1광대역광원, 제2광대역광원, 격자부, 표면 플라즈몬 센서부를 포함하고, 제1광대역광원은 격자부의 중심과정에 의해서 표면 플라즈몬 센서부에 입사되는 광원의 중심과정이 결정되고, 제2광대역광원이 잠긴된 광원의 중심과정을 측정하여, 공기센서유닛의 온도를 측정하여, 표면 플라즈몬 현상에 의해서 얻은 광원의 세기정보를 보정하는 것을 특징으로 한다.

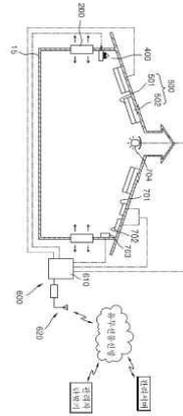
【대표도】

도 2

22-20

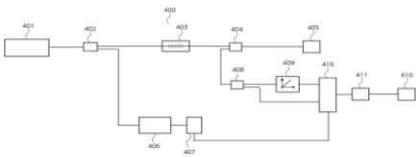
【도면】

【도 1】

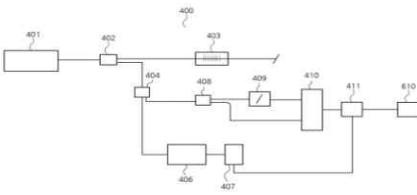


22-21

【도 2】



【도 3】



22-22

○ 논문 (The study of light waveguide effects on ZnO nanorod arrays)

The Study of Light Waveguide Effects on ZnO Nanorod Arrays

Tae-U Kim,¹ Myung-Gil Gang,² Jo-A Kim,² Jong-Ha Moon,² Don-Gun Kim,¹ Seon-Hoon Kim,¹ Hyun-Chul Ki,¹ Ju-Hyeon Choi,^{1*} and Ju-Hyeon Kim^{1*}

¹Photonics Fusion System Research Center Korea Photonics Technology Institute, Gwangju 506-774, Korea
²Department of Materials Science and Engineering and Optoelectronics Convergence Research Center Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

(received date: 7 August 2015 / accepted date: 18 November 2015 / published date: 30 March 2016)

Two different types of ZnO nanorods (hexagonal pyramid-shaped nanorod and hexagonal prism-shaped nanorod) were integrated on light emitting diodes (LEDs) for the investigation of light waveguide effects, which were evaluated using electrochromance (EL) and current-voltage (*I*-*V*) characteristics. EL intensity in LEDs with hexagonal pyramid-shaped ZnO nanorod arrays was improved by 18% while EL intensity in LEDs with hexagonal prism-shaped ZnO nanorods was reduced by 23% compared to bare LEDs. Finite-difference time-domain (FDTD) programs were used to simulate the light waveguide effect on the two different shapes of ZnO nanorods. In addition, photonic crystal (PC) effects in ZnO nanorod arrays were simulated to verify the light waveguide effect. It was found that light in a hexagonal pyramid-shaped ZnO nanorod propagated from the bottom to the top end. However, in a hexagonal prism-shaped ZnO nanorod, was distributed on the lateral face. The light extraction efficiency in ZnO nanorod arrays was dominated by the top end shape and plane density of ZnO nanorods.



Keywords: ZnO nanorod, light extraction efficiency, laser interference lithography, hydrothermal synthesis, finite-difference time domain method, photonic crystal

1. INTRODUCTION

Photonic crystals (PCs) offer unique opportunities for controlling the band-gaps or pseudo-gaps in the band-gap, enhance local field and nonlinear optical effect in dielectric materials, modulate the spontaneous emission factors, and to provide group velocity.¹¹ These properties offer unique applications in optical communications,¹² low-threshold lasing,¹³ frequency conversion,¹⁴ and sensing in opto-electronic devices.¹⁵ As the technology of PCs has developed, the patterns and crystals of photonic crystals have become micro- and nanometer in scale, including AlO and TiO₂

nanorods,¹⁶ SiO₂ and GaN nanorods, and ZnO nanowires.^{17,18} Among these nanoscale PC materials, ZnO PCs have attracted considerable attention for their wide range of applications because of their outstanding electrical and optical properties.¹⁹ ZnO PCs have been applied to solar cells to enhance light trapping²⁰ and energy conversion efficiency,²¹ in the case of quantum dot solar cells, direct electron transport networking and strong light scattering has been presented, using light waveguide and photonic crystals.²² In addition, ZnO nanorods have been integrated with LEDs to enhance external light extraction efficiency,²³⁻²⁵ and most recently has reported the enhancement of light extraction efficiency in LED regardless of the shape of ZnO nanorods.^{26,27}

For further theoretical prediction, ZnO nano- and microrods for the light waveguide have been simulated to study the

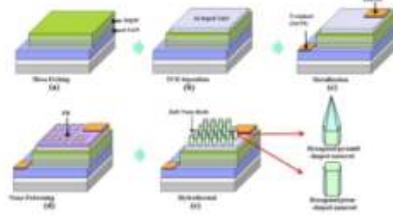
effect of the width of ZnO rods, in which the calculation region was limited to one ZnO rod.^{28,29} In previous research, the waveguide effect of ZnO nanorods was usually approximated by fiber waveguide.³⁰ Specifically, the shape of ZnO nanorods has typically been a hexagonal prism, in which the light waveguide effects were ignored since most studies focused on photonic crystal effects and bandgap engineering.^{31,32} Consequently, challenges remain in understanding the light waveguide and photonic crystal effects in ZnO nanorod arrays for improving light extraction efficiency. These challenges can be overcome by both theoretical and experimental studies. ZnO nanorod arrays have been fabricated by various methods such as solution methods,^{33,34} and vapor deposition methods.^{35,37} Solution methods such as aqueous and hydrothermal processes lead to clearly defined ZnO nanorod arrays with various morphology. However, the arrays obtained were not well aligned vertically and showed less periodicity. Vapor deposition methods such as sputter, MOCVD, PLD, and MBE methods lead to vertically aligned ZnO nanorods but still have a difficulty in controlling the periodicity, arrangement, and width of ZnO nanorods.

Therefore, in this study two different shapes of ZnO nanorod arrays have been fabricated using hydrothermal methods vertically aligned on nano-patterned LED to investigate the light waveguide effect and photonic crystal effect. The light extraction efficiency of ZnO nanorod integrated LEDs were analyzed by electrochromance

(EL) and the output power and current-voltage (*I*-*V*) were measured. For comparison between experimental and simulation results, light waveguide and photonic crystal effects were modeled according to the shape of the ZnO nanorods using the COMSOL program and three-dimensional finite-difference time-domain (FDTD) methods. It was found that the light extraction efficiency in arrayed ZnO nanorod arrays was dominated by the top end shape and plane density of ZnO nanorods.

2. EXPERIMENTAL PROCEDURE

The fabrication procedure for the ZnO nanorod array-based LED is shown in Scheme 1. LED fabrication: The p-GaN/NiO_x/GaInN/GaN/InGaN LED structure was etched using an inductively coupled plasma system to expose the n-GaN layer (Scheme 1a). An Al-doped ZnO (AZO) film was sputtered on the p-GaN top layer (Scheme 1b). Metal electrodes (Ni, Si/Al:Ag, 100 nm) were evaporated on top of the ZnO and n-GaN layer, followed by annealing at 550°C for 1 min (Scheme 1c). 2D nano-patterning: The 2D nano-patterns was generated on top of the pre-fabricated LED devices using the LLE method. For the LLE method, photomask (PM) is positioned on the LED device at 2500 rpm and baked at 100°C for 1 min. The PM contact sample was exposed to the laser irradiation. After the first exposure, the sample was rotated by 90° and was again exposed to the laser irradiation. The 2D nano-patterning was formed after dipping the sample in the



Scheme 1. Schematic diagrams showing the procedure for fabrication of LEDs and generating the nano-pattern on pre-fabricated LEDs and the subsequent growth of ZnO nanorods from the patterned area using hydrothermal synthesis at 90°C. (a) Bare Al-doped ZnO (AZO) top layer (b), AZO ZnO nanorod growth by hydrothermal process (c), ZnO nanorod growth by hydrothermal process (d), ZnO nanorod growth by hydrothermal process (e), ZnO nanorod growth by hydrothermal process (f), ZnO nanorod growth by hydrothermal process (g). The shape of ZnO nanorod (hexagonal pyramid-shaped ZnO nanorod or hexagonal prism-shaped ZnO nanorod) was controlled by current bias voltage.

*Corresponding author: juhyeon@kpti.ac.kr
*Corresponding author: juhyeon@kpti.ac.kr
© IET and Springer

developing solution (Scheme 1d).

Growth of ZnO nanorods: Two different types of precursor solutions are prepared for the growth of the ZnO nanorods: zinc stearic hecolithate (ZnCl₂·6H₂O, 98%, Aldrich) dissolved in distilled water (24 mL, H₂O), zinc nitrate hexahydrate (Zn(NO₃)₂·6H₂O, 98%, Aldrich) in distilled water (24 mL, H₂O) and sodium citrate (0.25g, Na₂C₆H₅O₇·H₂O, 99%, Aldrich) as a surfactant. The Ammonium hydroxide (NH₄OH, 29.2%, Aldrich) was added in the precursor solution and the pH reached 10.8. The 2D nano-patterned samples were placed in the precursor solution for 75 minutes at 90°C and then immersed in acetone for 10 min to remove the PM pattern. Finally, two different types of the nanorod arrays were obtained on the pre-fabricated LEDs (Scheme 1e).

3. RESULTS AND DISCUSSION

LED devices integrated with ZnO nanorods were fabricated to investigate the light extraction efficiency by changing the top end of the ZnO nanorods. The schematic diagram shows the procedure from the fabrication of LEDs to the growth of the ZnO nanorods on the patterned areas (Scheme 1). Here, hexagonal pyramid-shaped ZnO nanorods or hexagonal prism-shaped ZnO nanorods were obtained by controlling the hydrothermal processing, i.e., with or without Na-citrate tribasic dehydrate (Na₂C₆H₅O₇·H₂O, 99%, Aldrich). More detailed procedures are described in the experimental section. Figure 1 shows the FESEM image of highly arrayed ZnO nanorods on LED devices. Figure 1(a) shows a plan-view field emission scanning electron microscopy (FE-SEM) image of ZnO nanorod integrated LED device. Figure 1(b) shows the cross-sectional image of ZnO nanorod grown in solution without Na-citrate tribasic dehydrate (b), and in a solution with Na-citrate tribasic dehydrate (c). It was found that the ZnO nanorods were grown on Al-doped ZnO (AZO) transparent conducting oxide (TCO) layer with growth side face with a high alignment in large scale. The shape of ZnO nanorods were controlled by surface variation (Na-citrate tribasic dehydrate). The shape ZnO nanorod grew into a hexagonal pyramid shape (DTPD),

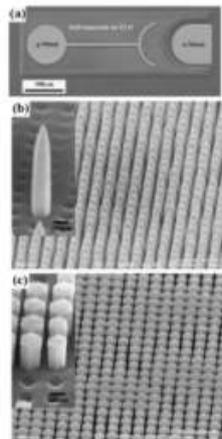


Fig. 1. Plan-view field emission scanning electron microscopy (FE-SEM) image of ZnO nanorod integrated LED device. (a) Plan-view image of ZnO nanorod grown in solution without Na-citrate tribasic dehydrate (b), and in a solution with Na-citrate tribasic dehydrate (c). It was found that the ZnO nanorods were grown on Al-doped ZnO (AZO) transparent conducting oxide (TCO) layer with growth side face with a high alignment in large scale. The shape of ZnO nanorods were controlled by surface variation (Na-citrate tribasic dehydrate). The shape ZnO nanorod grew into a hexagonal pyramid shape (DTPD),

the ZnO nanorod could be successfully controlled by Na-citrate as described in previous work.³⁶ In this work, we were able to change the long hexagonal pyramid-shaped ZnO nanorods to short hexagonal prism-shaped ZnO nanorods by adding citrate ions into the growth solution. The period and width of ZnO nanorods were 380 nm and 250 nm, respectively. From the period and width, the number of ZnO nanorods per unit area and the planar density of ZnO nanorods were 1.1×10^7 (cm²) and 0.45, respectively. By accurately controlling the process, the

highly arrayed ZnO nanorods were successfully fabricated in an inch scale area with uniformity and periodicity.

The optical and electrical properties of two types of ZnO nanorod integrated LEDs were examined using EL spectra, light output power, and *I*-*V* characteristics for light extraction efficiency. For relative comparison, EL and optical power from LEDs without ZnO nanorods were used as reference points. In order to investigate the shape effect of ZnO nanorods in LEDs, the typical GaN LED with AZO TCO layer, the hexagonal pyramid-shaped ZnO nanorod, and the hexagonal prism-shaped ZnO nanorod were prepared as shown in Fig. 1. The relationship between the shape of the top end of the ZnO nanorods and light extraction efficiency was investigated as described below.

The injection current was 20 mA for EL measurement. The EL intensity of LED with hexagonal prism-shaped ZnO nanorods increased by 18% in comparison with the typical GaN LED with AZO TCO layer. On the other hand, the EL intensity of LED with the hexagonal pyramid-shaped ZnO nanorods was decreased by 23%. The wavelength of typical LED and LED with hexagonal prism-shaped ZnO nanorod array was 446 nm. However, the wavelength of LED with the hexagonal pyramid-shaped ZnO nanorod arrays shifted to 450 nm because of the quantum-confined state effect (QCSE). Wang et al. reported that QCSE led to the red shift

in LED³⁸ QCSE arises from an external electric field on the light absorption spectrum or emission spectrum of a quantum well. It is thus expected that the QCSE occurred at the top end of the hexagonal pyramid-shaped ZnO nanorods which is affected by the internal electric field from the TCO layer.

Another important property of LEDs is slope efficiency. In order to investigate the shape effect of ZnO nanorods in LEDs, the light output power versus the input current (*I*-*I*) characteristics of LEDs were determined in order to investigate light extraction efficiency for the different top ends integrated on LEDs. Light extraction efficiency is generally divided into internal and external light extraction efficiency. As shown in Fig. 2b, the *I*-*I* curves of three different LEDs increased as current increased. Usually, these curves are almost linear but nonlinearity can occur as a consequence of the quasi-Fermi-level characteristics of the gain medium or thermal effect. However, these effects were ignored because the LED system in this work remained constant and only the light waveguide effects from ZnO nanorods were considered. The light output power of LEDs integrated with the hexagonal prism ZnO nanorods was enhanced 18% while that integrated pyramid-shaped ZnO nanorod arrays was decreased 23% at 20 mA. The output power among these LEDs was the same as that obtained in EL intensity.

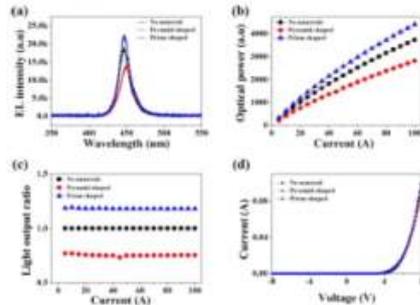


Fig. 2. Electrochromance (EL) spectra at 20 mA, (a) optical power versus injection current (I-I), and current-voltage (*I*-*V*) characteristics (b) of hexagonal prism-shaped ZnO nanorods and (c) hexagonal pyramid-shaped ZnO nanorods. It is found that the light extraction efficiency is controlled by the shape of the ZnO nanorods.

In addition, the effect of light extraction efficiency on current variation was evaluated to investigate the origin of light extraction efficiency. In the case of LEDs without ZnO nanorods, the light output ratio remained unity as the current increased, as shown in Fig. 2(b). The light output ratios of LEDs with the hexagonal pyramid-shaped and prism-shaped ZnO nanorods remained 0.75 and 1.18, respectively. With the assumption that the three different LEDs had the same internal light extraction efficiency based on the light output ratio up to 100 mA, only the external light extraction efficiency would be affected by the shape of the ZnO nanorods. Most of the previous studies reported the enhancement of light extraction efficiency in LED irrespective of the morphology of ZnO nanorods such as the bottom of the shape and the width of the nanorods.^{17,18} In this work, the hexagonal prism-shaped ZnO nanorods only increased the external light extraction efficiency as shown in Figs. 2(b) and 2(c). This indicates that the changes in the output power are closely related to the external light extraction efficiency and are influenced by the top-end shape of the ZnO nanorods. As observed in Fig. 2(a), the EL properties of LEDs were consistent with the results obtained as shown in Figs. 2(b) and 2(c) showing the improvement in the hexagonal prism-shaped ZnO nanorods. It was concluded that the most important morphological factors affecting light extraction efficiency are not the bottom shape but the top-end shape of the ZnO nanorods.

To assess the reliability in optoelectronic devices, an analysis of the *J-V* characteristics was performed to investigate the influence of the hydrothermal process on LEDs as shown in Fig. 2(d). The electrical properties of the ZnO nanorod integrated LEDs show that ZnO nanorods grown on the AZO TCO layer without any effect on the AZO TCO layer and pad metal layer. The electrical properties of ZnO nanorod integrated LEDs were not affected by the hydrothermal process and the process was therefore suitable for optoelectronic devices for the integration of ZnO nanorods. The hydrothermal process can be used in optoelectronic devices such as LEDs, laser diodes (LDs), photo diodes (PDs), and photonic devices without any negative effect.

The light propagation in ZnO nanorods was simulated using the 3D-FDTD method to investigate the mechanism between light extraction efficiency and the shape of the ZnO nanorods. The parameters used here are a wavelength of 450 nm and the ZnO nanostructure refractive index of 2.1054. The lengths of the hexagonal pyramid and prism-shaped ZnO nanorod were 1,000 and 400 nm, respectively. The light waveguide effect of the hexagonal pyramid-shaped and hexagonal prism-shaped ZnO nanorods is shown in Fig. 3.

In the case of the hexagonal pyramid-shaped ZnO nanorod, the light was not propagated to the top end and was dispersed in the lateral face as shown in Fig. 3(a). The dispersed occurred

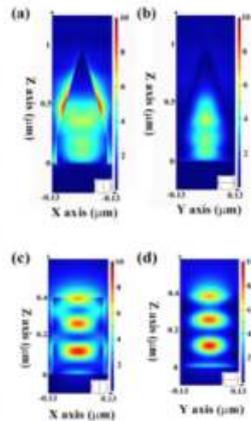


Fig. 5. The simulation results showing the light waveguide effect for XZ plane (a) and YZ plane (b) of hexagonal pyramid-shaped single ZnO nanorod for 500 nm and (c) and YZ plane (d) of hexagonal prism-shaped single ZnO nanorod. The width of the ZnO nanostructure and wavelength were fixed at 270 nm and 450 nm, respectively, and the length of hexagonal pyramid and prism-shaped ZnO nanostructure was 1000 and 400 nm, respectively.

in the width between 130 and 140 nm. Also, the dispersion was not observed at the lateral edge in the hexagonal pyramid as shown in Fig. 3(b). It is assumed that the dispersion effect lead to a decrease of EL intensity as observed in Fig. 2(a). Consequently, QDSE resulted in LED wavelength with hexagonal pyramid-shaped ZnO nanorods which then lead to a red-shift from 440 nm to 450 nm. However, most of the light via hexagonal prism-shaped ZnO nanorods was propagated from the bottom to the top end with a single mode. Dispersion did not occur in the rectangular faces and edges of the hexagonal column. The increase of light extraction efficiency in the arrayed ZnO nanorods was expected because of the single mode propagation to the top

Electron Mater Lett 12, No. 2 (2010)

end, which was consistent with the EL improvement as observed in Fig. 2.

In order to study the correlation between the width of ZnO nanorods and the number of light waveguide modes, many previous studies have been carried out on propagation in

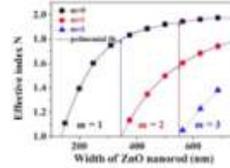


Fig. 6. The dependence of refractive index and number of modes (*m*) on the width of ZnO nanorods at a wavelength of 450 nm. The number of modes is the number of pairs of waveguide modes in the *xy* plane. The single mode condition is from 130 nm to 140 nm, the multimode starts from 140 nm.

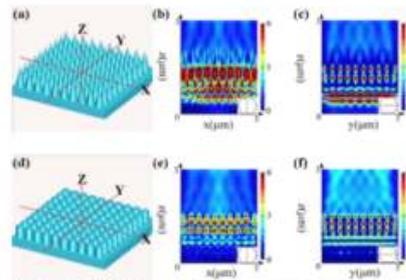


Fig. 7. Calculated electromagnetic fields of light passing through arrayed ZnO nanorods using light waveguide effect. (a) 3D model of hexagonal prism-shaped array of ZnO nanorods, (b) light output in XZ plane on the top of arrayed hexagonal prism-shaped ZnO nanorods, (c) light output in YZ plane of arrayed hexagonal prism-shaped ZnO nanorods, (d) 3D model of hexagonal pyramid-shaped array of ZnO nanorods, (e) light output in XZ plane on the top of hexagonal pyramid-shaped ZnO nanorods, (f) light output in YZ plane of arrayed hexagonal pyramid-shaped ZnO nanorods.

Electron Mater Lett 12, No. 2 (2010)

and QDSE was observed at 130 nm, which is consistent with the 3D-FDTD simulation showing dispersion at the lateral face at a width of about 130 nm.

The external light extraction property of ZnO nanorod arrays was simulated using the 3D-FDTD method to investigate the relation between the light extraction efficiency and the top-end shape of the ZnO nanorods. Figures 5(a) and 5(b) show 3D-FDTD model images of the hexagonal pyramid and prism-shaped ZnO nanorod arrays on the AZO TCO layer, respectively. The 3D-FDTD model were designed according to FDTD images as shown in Fig. 1. In addition, the simulation conditions were identical to the parameters used in the single ZnO nanorod.

The light waveguide effect in the hexagonal pyramid-shaped ZnO nanorod integrated LEDs of the longitudinal plane cross-sections are shown in Figs. 5(a) and 5(b). Figure 5(a) shows the XZ plane showing a cross-section of the lateral faces, this demonstrates that most of the light was confined in a certain width of the hexagonal pyramid of Zn nanorods, indicating a cut-off width. In addition, the light confinement effect was not observed in the YZ plane between the lateral edges, showing no light below the cut-off width as shown in Fig. 5(b). On the other hand, a light with a single mode propagated along the hexagonal prism-shaped ZnO nanorods as shown in Figs. 5(c) and 5(f). Only a slight difference of light propagation properties was observed between the XZ and YZ planes.

In terms of the crystallographic plane, the electromagnetic field in the ZnO nanorod array is confined in the crystallographic direction. The electromagnetic fields in the ZnO nanorods interconnected with each other in the XZ direction as shown in Fig. 5(b). However, the electromagnetic fields were separate from each other as shown in Fig. 5(f). The electromagnetic field in the ZnO nanostructure propagated differently in the crystallographic direction, which will be practically applied to advanced functional optoelectronic devices.

The existing shapes of the ZnO nanorod arrays were almost the same in the XZ plane (Figs. 5(a) and 5(c)) and the YZ plane (Figs. 5(b) and 5(f)) because the refractive index dispersion is one of the photonic crystal effects and is controlled by the arrangement of nanorods. Based on the experimental and simulation results, it is found that the light extraction efficiency and photonic crystal effect in the array of ZnO nanorods was determined by the top-end shape of the ZnO nanorods and arrangement of nanorods, respectively.

4. CONCLUSIONS

Two types of ZnO nanorods including a hexagonal prism and pyramid-shaped nanorods were successfully integrated on an AZO transparent conducting layer of LED device.

The light extraction efficiency of LED was evaluated by EL and light output power properties. The light extraction efficiency in LEDs with hexagonal prism-shaped ZnO nanorod arrays was improved by 18%. However, the light extraction efficiency of LEDs with hexagonal pyramid-shaped ZnO nanorod arrays was reduced by 27% compared to bare LEDs. Light waveguide and photonic crystal effects according to the shape of ZnO nanorods were simulated using the COMSOL program and 3D-FDTD method. In addition, the photonic crystal (PC) effects in arrayed ZnO nanorods were simulated to verify the light waveguide effect. The external light extraction efficiency was considerably changed by the top-end shape of ZnO nanorods, because the nanorods have a propagation cut-off width. It was found that the light in the hexagonal prism-shaped single ZnO nanorod propagated from the bottom to the top end. However, the light in the hexagonal pyramid-shaped single ZnO nanorod was dispersed on the lateral face. It was found that the light extraction efficiency in the arrayed ZnO nanorods was strongly determined by the end shape and plane density of the ZnO nanorods.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Human Resources Development of the Korea Institute of an Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) grant funded by the Korea Government Ministry of Trade, Industry and Energy (No. 2012A0202110).

This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (IPET) through (Agriculture Technology Development Program), funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MARA) (No. 11400-3).

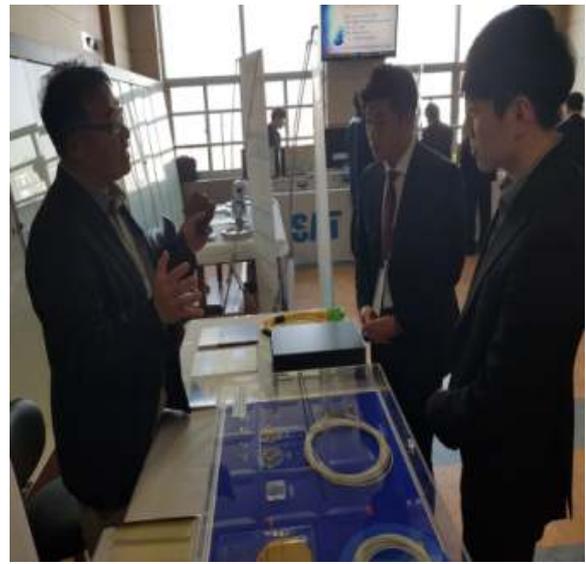
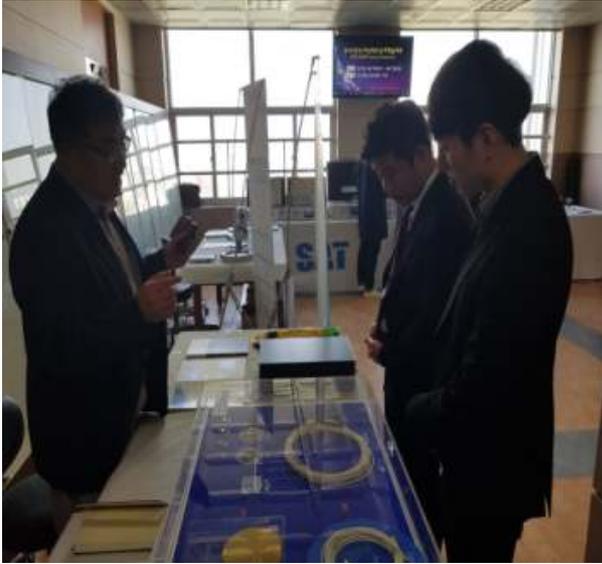
REFERENCES

1. Park N, Prasad, Sanjivkumar, V, John Wiley & Sons, Inc., Canada (2006).
2. N. Vasilevskovic, K. Terakita, I. Sakellari, V. Pavlyk, D. Greg, C. M. Soukoulis, M. Saitoh, M. Kalliani, and M. Farnik, *Adv Mater* 24, 1161 (2012).
3. J. Farnik, T. Kasai, and T. Sasaki, *Adv Mater* 23, 3615 (2011).
4. D. Lopez, T. Pappert, T. Le Baillet, B. Voss, and U. Griebel, *Adv Funct Mater* 21, 3344 (2011).
5. X. He, J. Gong, L. Zhang, and J. C. Yu, *Adv Mater* 20, 4849 (2008).
6. C. T. Yip, H. T. Huang, L. M. Shiu, K. Y. Yu, Y. Wang, T. H. Peng, J. S. Li, and W. Y. Sun, *Adv Mater* 23, 5624 (2011).
7. L. Batten, B. Coating, H.-G. Bryan, J. Effkan, A. Hardy, M. D'Onofrio, J. V. Manca, and M. E. Van Der, *Adv*

8. T. U. Kim, J. A. Kim, S. M. Pooja, J. H. Moon, and J. H. Kim, *Chem Commun* 18, 4234 (2009).
9. Y. J. Kim, H. J. Park, A. Yoon, M. Y. Kim, G. C. Yi, and C. U. Lee, *Nanoscale* 22, 2430 (2011).
10. S. R. Kim, M. S. Kim, H. G. Park, G. W. Yoon, H. S. Yoon, and J. Y. Lee, *Electron Mater Lett* 18, 562 (2014).
11. A. S. Kumar, N. M. Huang, and H. S. Nataraja, *Electron Mater Lett* 18, 773 (2014).
12. K. K. Kim, S. D. Lee, H. Kim, J. C. Park, S. N. Lee, Y. Park, S. J. Park, and S. W. Kim, *Appl Phys Lett* 94, 071111 (2009).
13. J. J. Upping, A. Beckwith, R. B. Whetstone, T. Beckler, R. Caris, U. Rau, S. Fahn, C. Beckwith, F. Ledner, M. Kroll, T. Borch, L. Bock, and R. Zorn, *Adv Mater* 23, 3048 (2011).
14. T. P. Chen, Q. Zhang, G. E. Fryslund, and G. Z. Cao, *Adv Mater* 19, 2898 (2007).
15. S. K. Kim, J. H. Lee, C. Cheng, L. Liu, L. T. Su, A. L. Y. Tok, and H. J. Fan, *Adv Mater* 24, 4077 (2012).
16. J. Y. Kim, M. K. Ewon, S. J. Park, S. H. Kim, and K. H. Lee, *Appl Phys Lett* 96, 251101 (2010).
17. K. S. Kim, S. M. Kim, H. Jeong, M. S. Jeong, and G. Y. Jung, *Adv Funct Mater* 20, 879 (2010).
18. T. Y. Yoo, G. T. Yeoung, F. Muter, S. Miller, C. Rensing, D. Kujawinski, and F. Mollot, *Nano Lett* 7, 3675 (2007).
19. X. Wang, Q. Ding, H. Huang, and S. Yang, *Phys Lett A* 368, 177 (2007).
20. Z. Wang, J. Zhang, J. Yu, C. Li, Y. Li, S. Liang, Z. Han, T. Wang, H. Zhang, H. Li, W. Xu, and B. Yang, *Adv Funct Mater* 20, 3704 (2010).
21. S. Guo, D. Li, Y. Li, X. Li, J. Wang, H. Li, Q. Yu, F. Guo, and L. Zhou, *J Alloy Compd* 498, 289 (2012).
22. F. S. Kaiser, F. Pohl, A. D. Rag, D. Mangoldt, D. Nauer, A. Galdikas, and S. Ramakrishna, *Appl Surf Sci* 208, 4765 (2012).
23. M. Kuroda, M. H. Bahmani, S. H. Kuroda, W. Wada, A. H. K. Kalamkar, *Mater Lett* 64, 791 (2010).
24. D. N. Mousong, A. Saitoh, C. Martin-Torres, V. Malozemov, and V. Salje, *J Opt Commun* 28, 122 (2012).
25. K. J. Moshinsky, M. Kuter, S. M. Darby, and R. J. Kruus, *Superlattice Microsc* 43, 294 (2009).
26. D. Bekerman, A. Gappone, D. Barnea, L. Ronen, A. D. Dor, A. Frenkel, D. S. Lederman, C. Maccioni, V. Yaniv, and G. Vaynshteyn, *Opt Commun* 301, 2011 (2010).
27. B. Zhou, Z. Jia, Y. Wang, Y. Wang, Z. Wang, Z. Xu, Z. Wang, and H. Sun, *J Opt Commun* 301, 407 (2010).
28. J. H. Kim, D. Andam, and E. E. Lange, *Adv Mater* 18, 2451 (2006).
29. J. H. Kim, E. M. Kim, D. Andam, D. Thomson, A. F. Demaree, and E. E. Lange, *Adv Funct Mater* 17, 601 (2007).
30. C. Y. Wang, L. Y. Chen, C. P. Chen, Y. W. Cheng, M. Y. Ka, M. Y. Hsieh, H. M. Wu, L. H. Peng, and F. Huang, *Opt Express* 16, 10548 (2008).
31. L. H. Kwon, E. M. Suh, and Y. S. Park, *Phys Rev Lett* 95, 1264 (2005).
32. X. H. Lee, J. G. H. Johnson, C. E. Drey, and J. Yu, *Appl Phys Lett* 98, 151111 (2011).

Electron Mater Lett 12, No. 2 (2010)

- 홍보전시

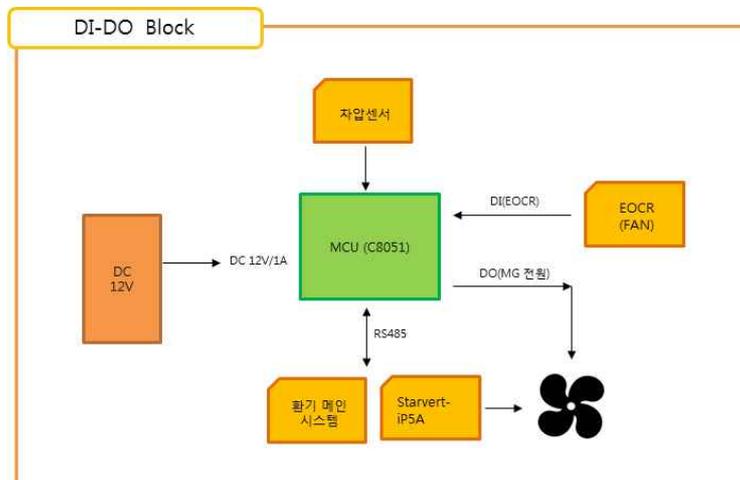


3-3 3차년도

○ 최적 환기를 위한 통풍 및 차압 센싱 시스템 개발

축사내 광통신 시스템이 원활히 구현될 수 있도록 2차년도에 POF Converter Module 제작에 따른 미디어컨버터 개발을 진행하였으며, 이를 활용하여 최종 목표인 질병을 감지하고 이를 자동으로 축사내 공기를 환기시키는 시스템인 광기술 기반 축사환경 관리 시스템의 주요기능인 축사 내부 환경 유지 공기정화를 위한 주요 기능들을 구현하였다.

일반적인 무창 축사에서는 주로 음압방식을 이용하여 환기를 하게 되며, 이는 돈사내 공기압을 음압으로 만들어 외부의 공기가 유입되게 하며 배기팬을 이용 배출 하는 방식이다. 이 방식은 공기의 유입구와 유입된 공기를 배출시키는 배기팬의 위치에 따라 환기 효과의 차이가 나타나며, 겨울에는 최소 환기량에 따라 유입구의 크기가 작게 열리며 여름철에는 이와 반대로 입기구가 크게 열려 많은 양의 공기가 유입되도록 설정하는 구조를 가지고 있다.



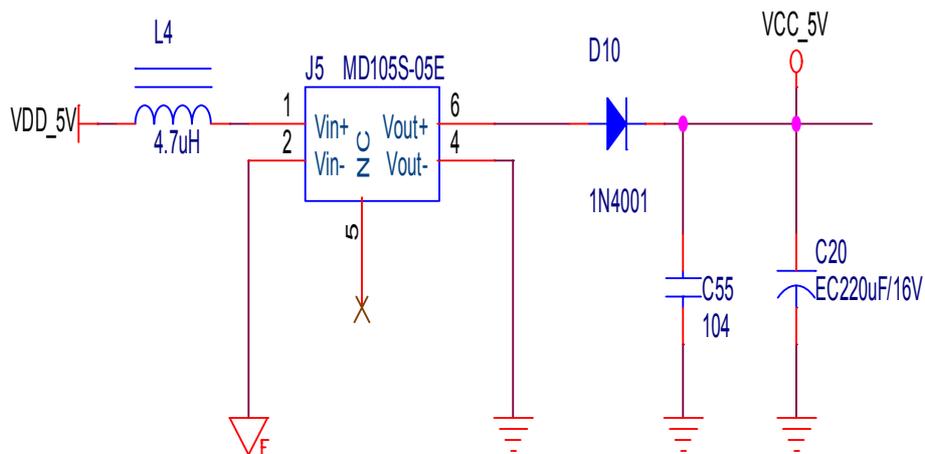
< DI-DO BOARD 블록도 >

이를 활용하여 본 시스템에서 최적 환기를 위한 통풍 시스템으로 FAN ON/OFF 기능 및 차압 센서와 연동하여 인버터 정역운전과 속도를 제어 하였으며, 입력 (DI)접점을 이용하여 FAN상태를 체크할 수 있도록 설정하였다. 위 그림은 시스템에 적용된 DI-DO BOARD 블록도를 나타내고 있다.

구분	DI- DO Board
입력 전원	DC 12V
소비 전력	2W(최대)
통신방식	RS-485(Modbus-RTU)
Baud Rate	9600
Parity	None
Stop Bits	1
Byte Size	8
응답시간	최대 200ms
DI	X 8CH (12V ~ 24V)
DO	X 8CH (250V / 1A)

< DI/DO Board 사양 >

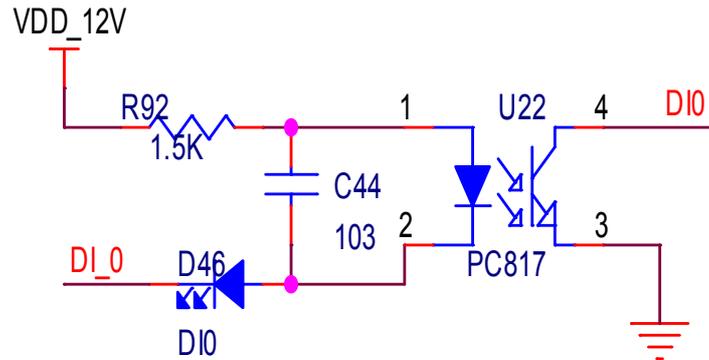
또한 위 표와 같이 DI/DO Board 구성에 따른 전원 전력 및 통신방식 등 최적의 사양을 적용하였으며, 입력 8점(DI), 출력 8점(DO)을 내장하고 있어 최대 8개까지 팬 구동이 가능하고, 입력 8점은 FAN Fault 신호 및 구동 신호 입력 회로로 FAN상태를 실시간으로 모니터링이 가능할 수 있는 회로도를 설계하였다.



< DI/DO 전원 절연 회로 >

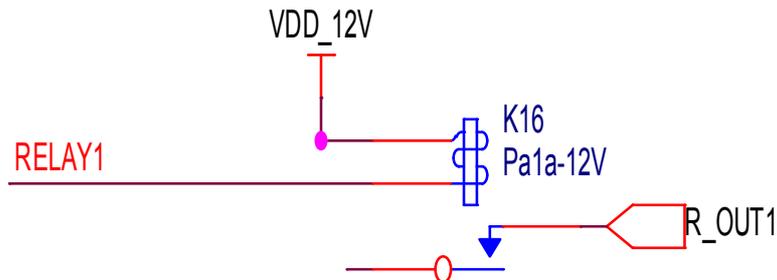
- 1W 출력 전력
- 컨버팅 효율 80%
- 쇼트 보호 기능
- 스위칭 주파수 100khz
- 동작 온도 -40℃ ~ 105℃

MD105S-05E DC-DC 컨버터 모듈을 사용함에 따라 모든 입출력 회로를 전기적으로 절연하여 외부 전원 노이즈를 고려하여 설계를 진행하였다. 위 그림은 설계된 DI/DO 전원 절연 회로도도를 나타내고 있다.



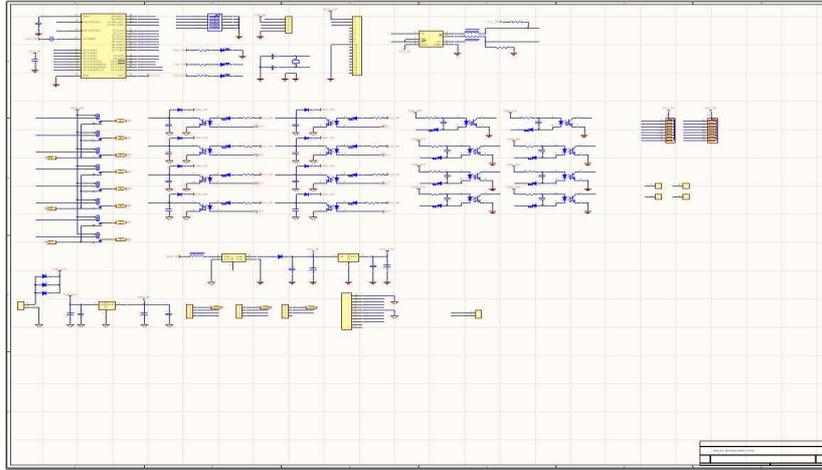
< 입력 DI 회로 >

입력단 외부 노이즈 제거를 위해 노이즈 저감용 캐패시터(C44)를 적용 하였으며, 입력 측에 LED(D10)를 설치하여 하드웨어 상에서도 입력 상태를 확인 할 수 있도록 설계를 진행하였다. 또한 범용성을 위해 DI 입력 전원을 24V까지 입력받을 수 있도록 저항값 (R92)을 선정 하여 구동회로 설계를 진행하였다. 아래 그림은 출력 DO Board 구동 회로도를 나타내고 있다.



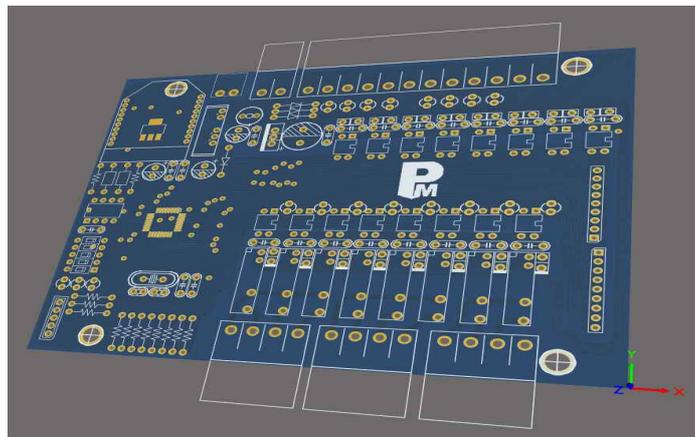
< 출력 DO 구동 회로 >

제품 소형화를 위해 Size를 줄여줄 수 있는 Pa1a - 12V 릴레이를 적용 하였으며, 단일 릴레이 상태에서 최대 250V/1A Load를 적용 할 수 있도록 설계를 진행하였다. 이에 본 시스템에서는 MG/SW를 이용하여 제어가 가능할 수 있도록 구성하였으며, 위 회로도도를 바탕으로 DI-DO PCB 2D설계를 진행하였다. 아래 그림은 DI-DO PCB 2D 설계도를 나타내고 있다.



< DI-DO PCB 회로도 >

또한 DI-DO PCB 2D 설계도를 바탕으로 오차범위를 최소화 하기 위한 3D 아트웍 설계를 진행하였으며, 구조분석을 통해 PCB크기를 고려하여 가공을 진행하여 DI-Do PCB 시제품제작을 완료하였다. 아래 그림은 DI-Do PCB 아트웍 3D 및 DI-Do PCB 시제품을 나타내고 있다.



< DI-Do PCB 아트웍 3D >



< DI-Do PCB 시제품 >

DI/DO Board의 통신인터페이스는 RS-485로 연결하며, ModBus RTU 프로토콜을 활용하여 데이터를 송수신 할 수 있도록 구성하였다. 또한 레지스터를 이용하여 해당 번지의 입력 상태 및 출력 상태를 읽기 및 쓰기가 가능할 수 있도록 구성하였으며, 아래 그림은 Di-Do Modbus 레지스터 구성도를 나타내고 있다.

FC	START ADDRESS (Dec)		항목	Type	Size (byte)	단위	비고
	Start	End					
03h 04h	30001 40001	0x0000	디지털 입력	Uint16		15bit = 15번 채널에 대한 디지털 입력상태 0bit = 0번 채널에 대한 디지털 입력상태	R
	30002 40002	0x0001	디지털 출력	Uint16		15bit = 15번 채널에 대한 디지털 입력상태 0bit = 0번 채널에 대한 디지털 입력상태	R/W
	30003 40003	0x0002					
	30004 40004	0x0003					
	30005 40005	0x0004					

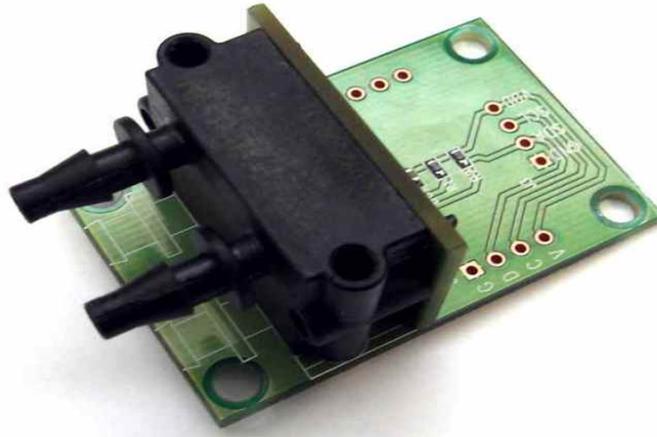
*참조 - (03, 04, 06)

FC	START ADDRESS (Dec)	항목	Type	단위	비고
01h 05h	0x0000	디지털 출력	디지털 출력0 채널	0xFF00 = 출력 ON, 0x0000 = 출력 OFF	R/W
	0x0001	디지털 출력	디지털 출력1 채널	0xFF00 = 출력 ON, 0x0000 = 출력 OFF	R/W
	0x0002	디지털 출력	디지털 출력2 채널	0xFF00 = 출력 ON, 0x0000 = 출력 OFF	R/W
	0x0003	디지털 출력	디지털 출력3 채널	0xFF00 = 출력 ON, 0x0000 = 출력 OFF	R/W
	0x0004	디지털 출력	디지털 출력4 채널	0xFF00 = 출력 ON, 0x0000 = 출력 OFF	R/W
	0x0005	디지털 출력	디지털 출력5 채널	0xFF00 = 출력 ON, 0x0000 = 출력 OFF	R/W
	0x0006	디지털 출력	디지털 출력6 채널	0xFF00 = 출력 ON, 0x0000 = 출력 OFF	R/W
	0x0007	디지털 출력	디지털 출력7 채널	0xFF00 = 출력 ON, 0x0000 = 출력 OFF	R/W
	0x0008	디지털 출력	디지털 출력8 채널	0xFF00 = 출력 ON, 0x0000 = 출력 OFF	R/W
	0x0009	디지털 출력	디지털 출력9 채널	0xFF00 = 출력 ON, 0x0000 = 출력 OFF	R/W
	0x000A	디지털 출력	디지털 출력10 채널	0xFF00 = 출력 ON, 0x0000 = 출력 OFF	R/W
	0x000B	디지털 출력	디지털 출력11 채널	0xFF00 = 출력 ON, 0x0000 = 출력 OFF	R/W
	0x000C	디지털 출력	디지털 출력12 채널	0xFF00 = 출력 ON, 0x0000 = 출력 OFF	R/W
	0x000D	디지털 출력	디지털 출력13 채널	0xFF00 = 출력 ON, 0x0000 = 출력 OFF	R/W
	0x000E	디지털 출력	디지털 출력14 채널	0xFF00 = 출력 ON, 0x0000 = 출력 OFF	R/W
	0x000F	디지털 출력	디지털 출력15 채널	0xFF00 = 출력 ON, 0x0000 = 출력 OFF	R/W

*참조 - (01, 05)

< Di-Do Modbus 레지스터 >

본 시스템에 적용된 환기를 위한 통풍 및 차압 센싱을 위한 센서는 NDP-P6X로 선정하였으며, 온도 보상 된 차압 측정용 디지털 센서 모듈로 Digital I2C로 데이터 값 출력이 가능하도록 구성하였으며, 측정 범위는 12~16 Bit 해상도로 -500Pa ~ +500Pa(+/-2 inch)범위를 갖는다. 아래그림은 선정된 차압센서 NDP-P6X로써 센서 특성 및 프로토콜을 나타내고 있다.



< 차압센서 NDP-P6X >

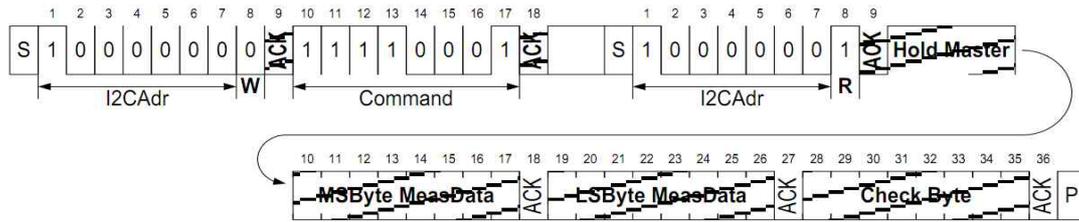
Parameter	SDP5xx / SDP6xx
Operating voltage	3.0– 3.6 V (A supply voltage of 3.3 V is recommended)
Current drain	< 6 mA typical in operation
Interface	Digital 2-wire interface (I ² C)
Bus clock frequency	100 kHz typical, 400 kHz max.
Default I ² C address	64 (binary: 1000 000)
Scale factor⁸	
SDP6xx-500Pa & SDP5xx	60 Pa ⁻¹
SDP6x0-125Pa	240 Pa ⁻¹
SDP6x0-25Pa	1200 Pa ⁻¹
Scale factor to alternative units ⁹	For all 500 Pa versions: 6'000 mbar ⁻¹ 413'686 psi ⁻¹ 14'945 (inch H ₂ O) ⁻¹
SDP 6x0-125Pa	24'000 mbar ⁻¹ 1'654'744 psi ⁻¹ 59'780 (inch H ₂ O) ⁻¹
SDP6x0-25Pa	120'000 mbar ⁻¹ 8'273'719 psi ⁻¹ 298'900 (inch H ₂ O) ⁻¹

< NDP-P6X 센서 특성 >

I²C Measurement

8-bit command code: **hF1**

Command: **Trigger differential pressure measurement**



Hatched areas indicate that the sensor controls the SDA line.

< NDP-P6X I2C Protocol >

무창측사내 통풍시스템의 3상 FAN을 원활히 구동하기 위해 Starvert-iP5A 장비를 활용하였으며, RS485 통신방식을 사용하여 FAN 용량에 따른 가동 제어가 가능할 수 있도록 하였다. 또한 차압센서의 데이터를 확보함에 따라서 환기 시 적정 음압을 유지하며, 최적의 환기 조건을 설정할 수 있도록 설정하였다. 아래 그림은 통풍 및 차압센싱 시스템제어가 가능할 수 있도록 선정된 Starvert-iP5A 장비를 나타내고 있다.



< Starvert-iP5A >

SV □□□ IG5A-2□		004	008	015	022	037	040	055	075	110	150	185	220
적용 모터	(HP) ^{주1)}	0.5	1	2	3	5	5.4	7.5	10	15	20	25	30
	(kW)	0.4	0.75	1.5	2.2	3.7	4.0	5.5	7.5	11	15	18.5	22
출력 특성	정격 용량 (kVA) ^{주2)}	0.95	1.9	3.0	4.5	6.1	6.5	9.1	12.2	17.5	22.9	28.2	33.5
	정격 전류 (A) ^{주3)}	2.5	5	8	12	16	17	24	32	46	60	74	88
	최대 출력 주파수	400 [Hz] ^{주4)}											
	최대 출력전압 (V)	3상 200 ~ 230V ^{주5)}											
입력 전원	정격 전압 (V)	3상 200 ~ 230 VAC (+10%, -15%)											
	정격 주파수	50 ~ 60 [Hz] (±5%)											
냉각 방식	자연 냉각	강제 냉각											
인버터 중량 (kg)		0.76	0.77	1.12	1.84	1.89	1.89	3.66	3.66	9.00	9.00	13.3	13.3

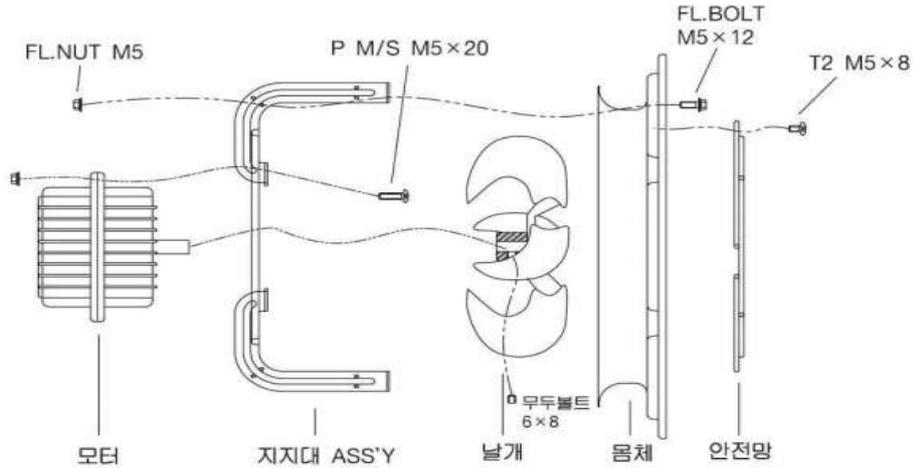
< 인버터 모델별 사양 >

통신인터페이스는 RS-485로 연결하며, ModBus RTU 프로토콜을 활용하여 데이터를 송수신 하였으며, 레지스터를 이용 하여 해당 번지의 입력 상태 및 출력 상태를 읽기 및 쓰기가 가능할 수 있도록 구성하였다. 아래 그림은 인버터 통신 레지스터를 나타내고 있다.

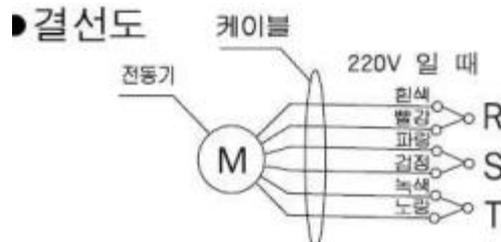
Address	Parameter	Scale	Unit	R/W	비트별 할당내용
					BIT 8 ~ 12 : 주파수 지정 정보 0 : DRV-00, 1 : 사용 안 함, 2 : 다단속1 3 : 다단속2, 4 : 다단속3, 5 ; 다단속4 6 : 다단속5, 7 : 다단속6, 8 ; 다단속7 9 : 옴, 10 : 다운, 11 : 엄다운 제로, 12 : V0 13 : V1, 14 : I, 15 : V0+I, 16 : V1+I, 17 : JOG, 18 : PID, 19 : 통신운전, 20 ~ 31 : Reserved
0x0007	가속 시간	0.1	sec	R/W	기능 테이블 참조
0x0008	감속 시간	0.1	sec	R/W	기능 테이블 참조
0x0009	출력 전류	0.1	A	R	기능 테이블 참조
0x000A	출력 주파수	0.01	Hz	R	기능 테이블 참조
0x000B	출력 전압	0.1	V	R	기능 테이블 참조
0x000C	DC Link전압	0.1	V	R	기능 테이블 참조
0x000D	출력 파워	0.1	kW	R	기능 테이블 참조
0x000E	운전 상태 (status of Inverter)			R	BIT 0 : 정지 BIT 1 : 정방향 운전중 BIT 2 : 역방향 운전중 BIT 3 : Fault (Trip) BIT 4 : 가속중 BIT 5 : 감속중 BIT 6 : 속도 도달 BIT 7 : DC Braking 중 BIT 8 : 정지중 Bit 9 : not Used BIT10 : Brake개방신호 BIT11 : 정방향지령(지령이면 1) BIT12 : 역방향지령(지령이면 1) BIT13 : REM. R/S BIT14 : REM. Freq.

< 인버터 통신 레지스터 >

또한 무창축사의 내부공기가 유동적으로 순환될 수 있도록 축사에서 사용되는 3상 환풍기를 활용하였으며, 인버터 전원 및 3상 220V의 모터구동이 가능할 수 있도록 제작하였다. 아래 그림은 무창축사에 적용된 환풍팬 구성도 및 모터 내부도를 나타내고 있다.



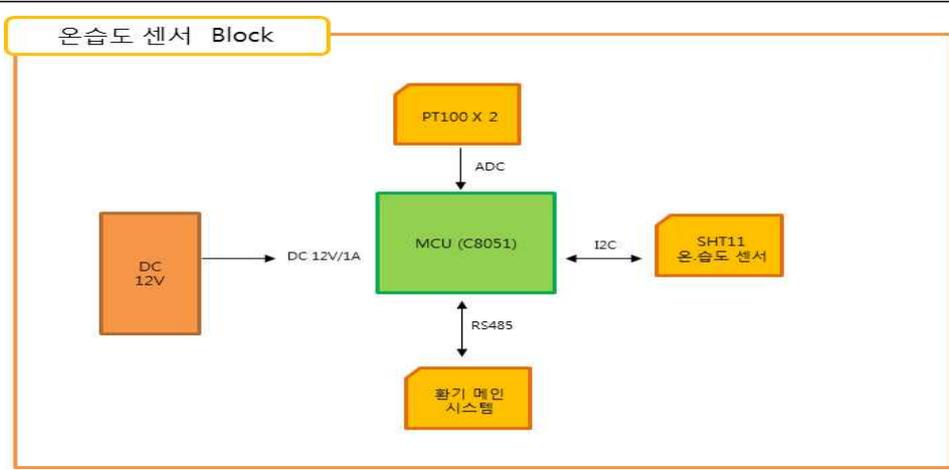
< 환기팬 구성 >



< 모터 내부 결선도 >

○ 무창 축사 소독 및 온습도 제어 시스템 개발

앞서 진행된 최적의 축사환기를 위한 통풍 및 차압 센싱시스템과 연동이 가능한 무창축사내 온습도 제어 시스템개발을 진행하였으며, 이는 돈사내부의 온도와 습도를 측정하고, 이를 메인시스템에 전송 및 제어가 가능할 수 있도록 하기 위함이다. 아래 그림은 온습도 제어를 위한 센싱보드 블록도와 온습도 센싱보드 구성도를 나타내고 있다.

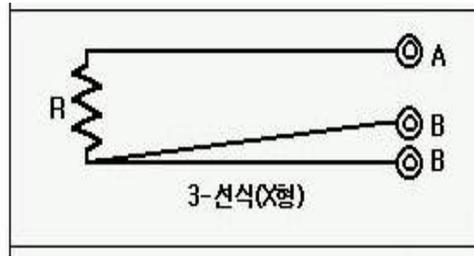


< 온습도 센싱 보드 블록도 >

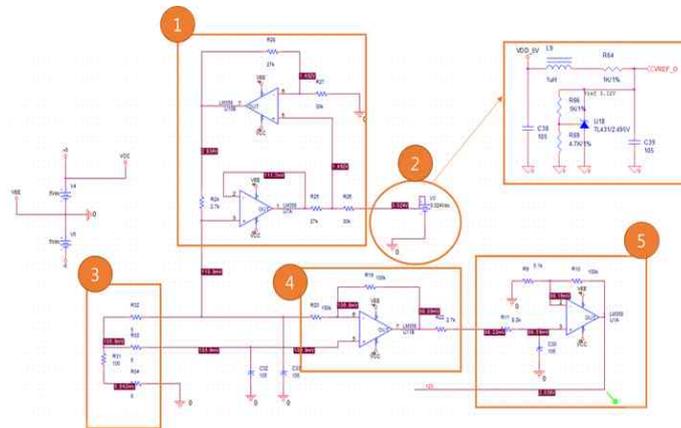
구분	온습도 센싱 보드
입력 전원	DC 12V
소비 전력	1W(최대)
통신방식	RS-485(Modbus-RTU)
Baud Rate	9600
Parity	None
Stop Bits	1
Byte Size	8
응답시간	최대 200ms
온도 센서	PT100 X 2CH
온도 범위	-70℃~ 120℃
습도 센서	SHT11 X 1CH
습도 범위	0.0% ~ 99.9%

< 온습도 센싱보드 사양 >

온습도 센싱보드를 통하여 돈사 내 온도와 습도를 측정하고 이를 메인시스템에 전송하여 최적의 내부 온도 및 습도를 제어하게 되며, 측정을 위한 적합한 온도센서로는 PT100센서를 선정하였으며, 습도센서는 SHT11센서로 선정하였다. 이는 무창축사의 내부 특성에 따른 적합성을 고려하였으며, PT100Ω은 다른 센서들에 비해 낮은 반응이지만, 정확성과 정밀성에 따른 오차범위가 매우 낮기 때문에 PT100Ω 3선식을 최종 선정하였다. 아래 그림은 선정된 PT100Ω 온도센서를 나타내고 있다.



< 3선식 Pt100Ω 온도 센서 >



< 3선식 Pt100Ω 회로 >

PT100센서 회로도 는 다음과 같다.

- 정전류 회로

PT100센서에 보내는 전류를 1mA 정전류로 안정시켜 리니어리티를 보장하고 센서의 발열을 억제하며, 센서에 1mA를 흘리면 $V=IR$ 법칙의 의해 R값에 따라 V값이 변화함. 변화하는 V값을 측정한다면 R값을 역으로 구할 수 있다.

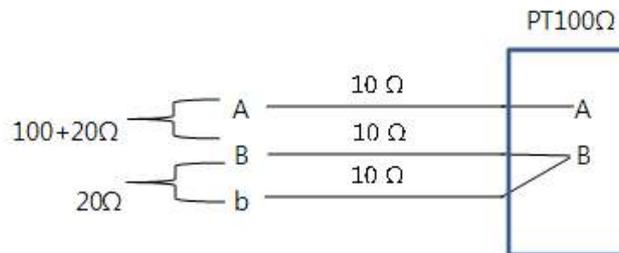
Ex) 센서에 1mA를 흘리고 있고 현재 측정되는 저항값이 0.1V라면 $V=IR$ 공식에 대입 $0.1 = 0.001 * R \rightarrow R = 0.1/0.001$ 저항값은 100옴이 됨 -> PT100센서의 경우 100옴 일 때 섭씨 0도임으로 현재 온도는 0도가 된다.

- Vref 전정압 회로

ADC시 기준 전압원으로 측정 정밀도를 좌우함으로 매우 중요한 회로이며, 출력값은 3.02V이다.. PC 또는 디지털장치는 아날로그 신호를 직접적으로 처리할 수 없으므로,

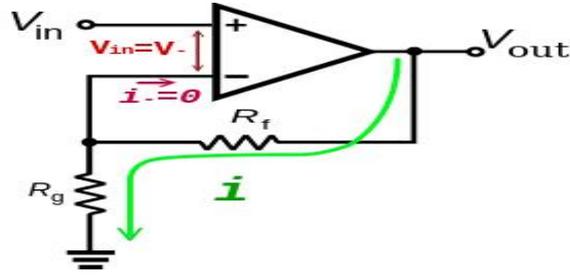
디지털신호로의 변환 과정을 거쳐야 하며, 이렇게 아날로그 신호를 디지털신호로 변환하는 것을 A/D변환이라 하고, 변환하는 장치는 ADC(Analog to Digital Converter)이다. 분해능(Resolution)이란 A/D 변환 시 얼마나 세밀하게 나타낼 수 있는지를 의미한다.

- PT100Ω 및 선로 저항
 - R31-> PT100Ω 센서
 - R32, R33, R34-> 선로 저항값
- 3선식 센서 Wire 선로저항 오차 보상 회로



PT100Ω은 상온 0도 일 때 자체 저항값이 100Ω이 되지만, 센서의 거리가 멀어지면 선로 저항 때문에 문제가 발생함. 특히 PT100Ω의 경우 저항의 변화에 따른 온도를 감지하므로 선로의 저항이 포함되면 부적합하며, A와 B간에 100Ω B와 b는 저항의 한쪽 단자에서 통합되며, 반드시 같은 사양 3가닥 전선으로 온도계 또는 온도 컨트롤러에 연결하여야 함. 선로저항이 10Ω이라 가정하면 100Ω에 선로 2가닥 저항 20Ω이 더해져 나타나며, B와 b단자간 선로 저항값 또한 20Ω이 나오며, 이값을 PT100Ω 저항값에서 마이너스 해주면 순수한 저항값 즉 온도 데이터를 확보할 수 있다.

- 비반전 증폭회로 전압 최종 증폭
 - R9 R10의 저항값으로 증폭률을 조정 ($Gain = (R10/R9) + 1$). 증폭전 최종적으로 전압으로 출력되는 값은 0도 일 때 0.1V로 아주 작은 값이다. 이값을 제대로 ADC하려면 증폭을 해줘야 하는데 비반전 증폭기를 사용하여 입력되는 전압 값을 증폭시킬 수 있다.

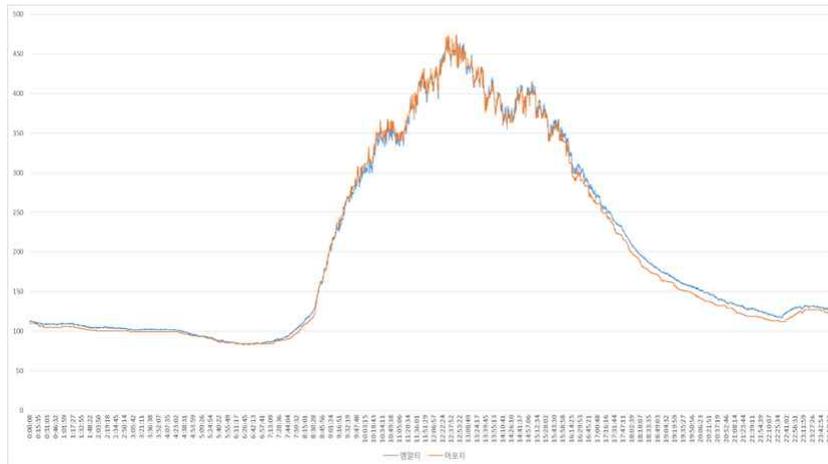


< 비반전 증폭회로 >

pt100옴 온도-저항 테이블									
101도	102도	103도	104도	105도	106도	107도	108도	109도	110도
139.49	139.88	140.27	140.66	141.05	141.45	141.84	142.23	142.62	143.01
91도	92도	93도	94도	95도	96도	97도	98도	99도	100도
135.58	135.97	136.36	136.75	137.15	137.54	137.93	138.32	138.71	139.10
81도	82도	83도	84도	85도	86도	87도	88도	89도	90도
131.67	132.06	132.45	132.84	133.24	133.63	134.02	134.41	134.80	135.19
71도	72도	73도	74도	75도	76도	77도	78도	79도	80도
127.76	128.15	128.54	128.93	129.33	129.72	130.11	130.50	130.89	131.28
61도	62도	63도	64도	65도	66도	67도	68도	69도	70도
123.85	124.24	124.63	125.02	125.42	125.81	126.20	126.59	126.98	127.37
51도	52도	53도	54도	55도	56도	57도	58도	59도	60도
119.94	120.33	120.72	121.11	121.51	121.90	122.29	122.68	123.07	123.46
41도	42도	43도	44도	45도	46도	47도	48도	49도	50도
116.03	116.42	116.81	117.20	117.60	117.99	118.38	118.77	119.16	119.55
31도	32도	33도	34도	35도	36도	37도	38도	39도	40도
112.12	112.51	112.90	113.29	113.69	114.08	114.47	114.86	115.25	115.64
21도	22도	23도	24도	25도	26도	27도	28도	29도	30도
108.21	108.60	108.99	109.38	109.78	110.17	110.56	110.95	111.34	111.73
11도	12도	13도	14도	15도	16도	17도	18도	19도	20도
104.30	104.69	105.08	105.47	105.87	106.26	106.65	107.04	107.43	107.82
1도	2도	3도	4도	5도	6도	7도	8도	9도	10도
100.39	100.78	101.17	101.56	101.96	102.35	102.74	103.13	103.52	103.91
0도	-1도	-2도	-3도	-4도	-5도	-6도	-7도	-8도	-9도
100.00	99.61	99.22	98.83	98.44	98.05	97.65	97.26	96.87	96.48
-10도	-11도	-12도	-13도	-14도	-15도	-16도	-17도	-18도	-19도
96.09	95.70	95.31	94.92	94.53	94.14	93.74	93.35	92.96	92.57
-20도	-21도	-22도	-23도	-24도	-25도	-26도	-27도	-28도	-29도
92.18	91.79	91.40	91.01	90.62	90.23	89.83	89.44	89.05	88.66
섭씨온도=(저항옴-100옴)/0.391									

< PT100옴 온도 특성표 >

위 그림은 비반전 증폭회로 및 온도 특성표를 나타내고 있으며, 온습도 센싱시스템의 습도 측정을 위한 센서 선정을 진행하였다. 시리얼로 데이터가 출력되 ADC과정에서 오차범위를 최소화 할 수 있는 SH11 센서를 선정하였으며, 아래 그래프와 같이 휴대용 계측기와 온도 비교 테스트 결과 오차범위 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 로 거의 차이가 없음을 확인하였다.



< 온도 실험 그래프 >

또한 습도 0.05 % 온도 0.01 °C의 해상도로 습도 0~100% , 온도 -40 ~ 123.8 °C 까지 측정이 가능하기 때문에 최종선정을 하였으며, 아래 그림은 SHT11 센서 특성분석결과를 나타내고 있다.

Sensor Performance

Relative Humidity

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution ¹		0.4	0.05	0.05	%RH
		8	12	12	bit
Accuracy ² SHT10	typical	±4.5			%RH
	maximal	see Figure 2			
Accuracy ² SHT11	typical	±3.0			%RH
	maximal	see Figure 2			
Accuracy ² SHT15	typical	±2.0			%RH
	maximal	see Figure 2			
Repeatability		±0.1			%RH
Hysteresis		±1			%RH
Non-linearity	linearized	<<1			%RH
Response time ³ τ (63%)		8			s
Operating Range		0		100	%RH
Long term drift ⁴	normal	< 0.5			%RH/yr

Temperature

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution ¹		0.04	0.01	0.01	°C
		12	14	14	bit
Accuracy ² SHT10	typical	±0.5			°C
	maximal	see Figure 3			
Accuracy ² SHT11	typical	±0.4			°C
	maximal	see Figure 3			
Accuracy ² SHT15	typical	±0.3			°C
	maximal	see Figure 3			
Repeatability		±0.1			°C
Operating Range		-40		123.8	°C
		-40		254.9	°F
Response Time ⁶ τ (63%)		5		30	s
Long term drift		< 0.04			°C/yr

< SHT11 센서 특성 >

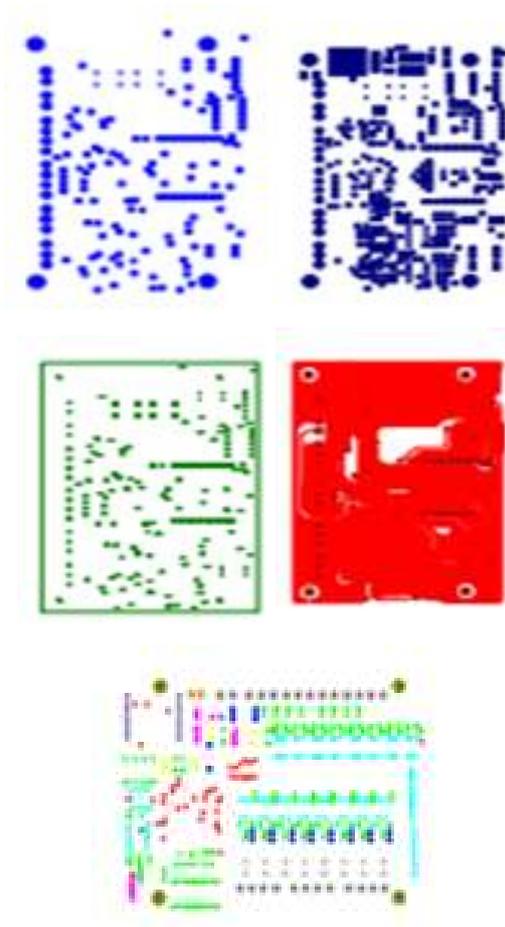
통신인터페이스는 RS-485로 연결 되고 ModBus RTU 프로토콜을 이용하여 데이터를 송수신 한다. 아래 레지스터를 이용 하여 해당 번지의 입력 상태 및 출력 상태를 읽기 및 쓰기가 가능할 수 있도록 구성하였다.

FC	START ADDRESS (Dec)		항목	Type	Size
					(byte)
03h 04h	30001	0x0000		Sint16	PT100 CH1 온도
	30002	0x0001		Sint16	PT100 CH2 온도
	30003	0x0002		Sint16	SHT10 온도
	30004	0x0003		Uint16	SHT10 습도
	30005	0x0004		Uint16	조도
	30006	0x0005		Uint16	가스
	30007	0x0006			예비
	30008	0x0007			예비
	30009	0x0008			예비
	30010	0x0009			예비

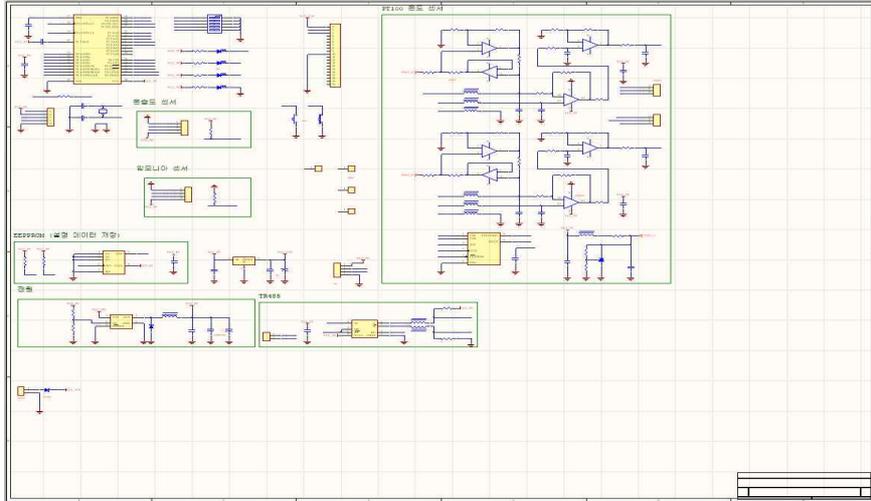
평선 - (03, 04)

< 환경 센서 Modbus 레지스터 >

온습도 센싱보드 제작을 위해 OrCAD를 활용하여 PCB 거버를 설계하였으며, 제품소형화와 센싱에 따른 오차범위 최소화를 위한 Sensor PCB 회로도 2D 설계를 진행하였다. 아래 그림은 온습도 센싱보드 거버 및 PCB 회로도를 나타내고 있다.

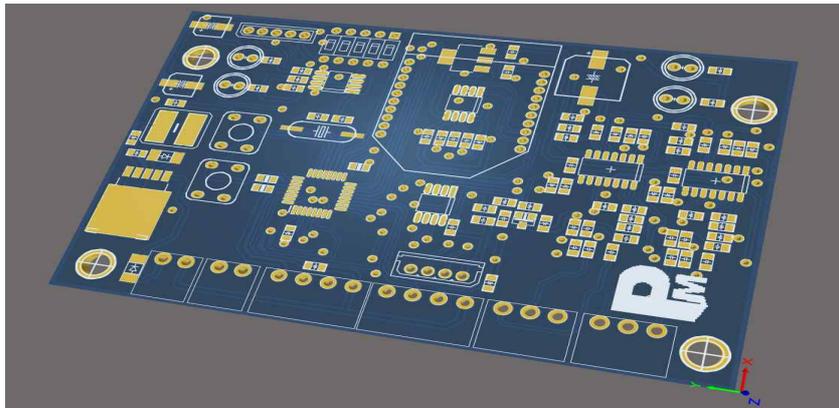


< SENSOR PCB 거버 >



< Sensor PCB 회로도 >

Sensor PCB 2D 회로도 도면을 바탕으로 정밀한 구조의 PCB 설계를 위해 3D 아트웍 설계를 추가적으로 진행하였으며, 가공을 통한 최종 Sensor PCB 제작을 완료하였다. 이를 통하여 필드테스트에 결함공정을 진행하였으며, 아래 그림은 Sensor PCB 시제품 및 현장에 적용된 Sensor PCB를 나타내고 있다.



< Sensor PCB 아트웍 3D >



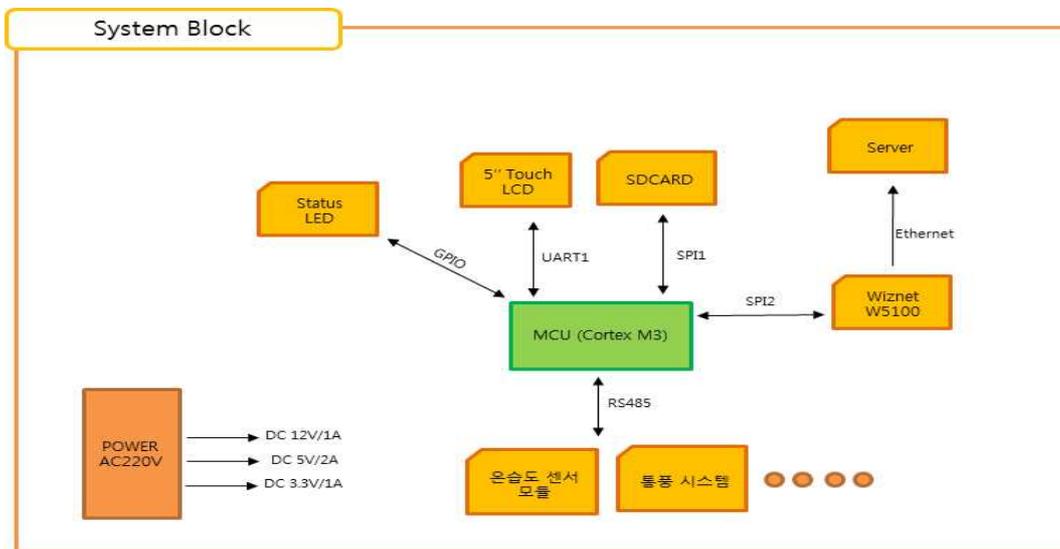
< Sensor PCB 시제품 >



< Sensor PCB 현장 설치 >

○ 무창 축사 환기 관리를 위한 메인 컨트롤 시스템 개발

앞서 개발이 진행된 축사내부의 최적 환기를 위한 통풍 및 차압 센싱 시스템의 센서 데이터를 수집하고, 데이터 처리를 통한 구동 및 제어가 가능할 수 있는 메인 컨트롤 시스템 개발을 진행하였다. 아래 그림은 최종 제작될 메인컨트롤 시스템 블록도를 나타내고 있다.

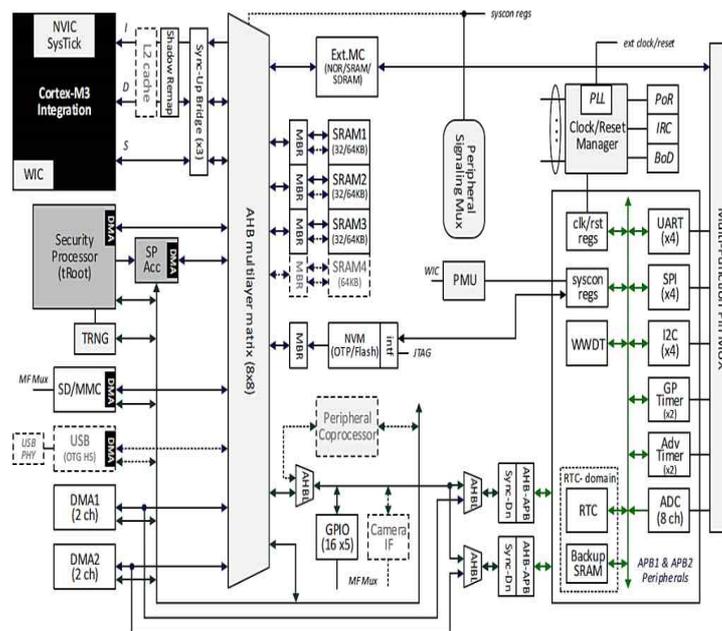


< 전체 시스템 블록도 >

10.1\"/>

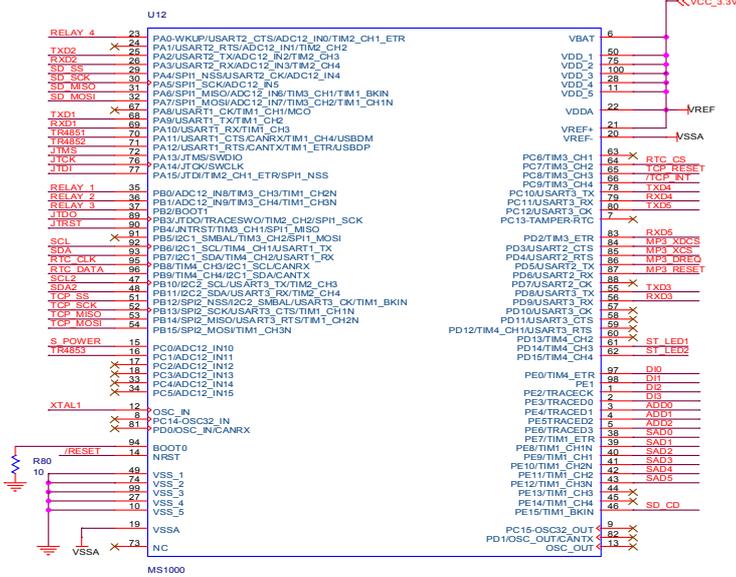
위 전체 시스템 블록도를 활용하여 MCU 회로 설계를 진행하였으며, 모든 데이터 처리를 담당하는 메인 MCU는 ST사의 STM32F103VCT를 선정하였으며, 내부 구성은 다음과 같다.

1. 32-bit Cortex-M3 Architecture 구조 프로세스 사용
2. Harvard Bus 구조
 - 명령어와 데이터를 동시에 처리함으로써 처리시간이 단축되는 구조
3. 3State Pipeline 구조로 명령어 처리
 - Fetch -> Decode -> Execute
4. 중첩 벡터 인터럽트 컨트롤 지원
 - Nvic : 중첩 벡터 인터럽트 컨트롤러의 약자이며 제어레지스터, 인터럽트 처리 레지스터, 제어로직 지원.
5. Debug Access Port 지원
 - Debug 를 지원하여 실시간 내부 Debugging 가능.
6. Bus Matrix는 M3 내부 블록간의 인터페이스 담당
 - 하버드 아키텍처를 갖기 때문에 명령어 버스와 데이터 버스가 별도로 존재하여 동시에 접근이 가능함으로 빠른 처리가 가능.
7. HW 암호화 엔진이 내장되어 있어 실시간으로 암호화 데이터처리가 가능.



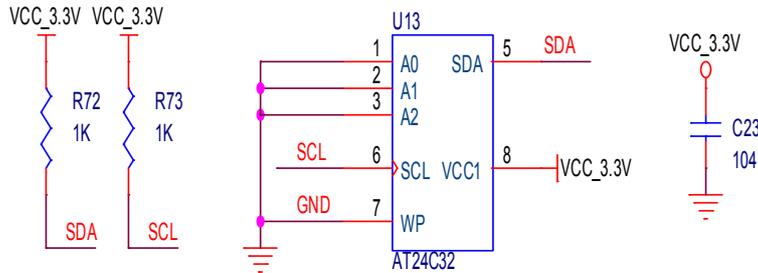
< STM32F103VCT BLOCK DIAGRAM >

MCU



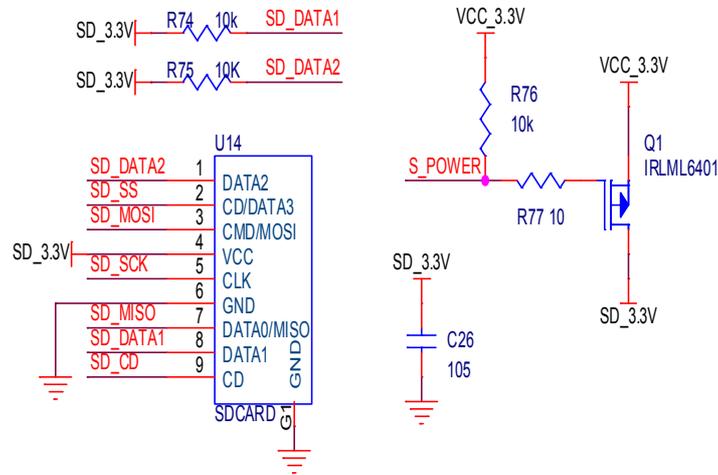
< STM32F103VCT MCU 회로 >

MCU 회로 설계를 바탕으로 데이터 저장회로 설계를 진행하였으며, 중요한 데이터를 전원이 차단되어도 유지되도록 별도의 EEPROM에 저장하도록 구성하였다. 또한 2-Wire Serial Interface (I2C) 로 간단히 데이터를 Read, Write 하고, 400kHz 속도로 64k의 용량을 저장 할 수 있으며, 100만회까지 쓰기동작이 가능하도록 설계하였다. 아래 그림은 EEPROM 저장회로 설계를 나타내고 있다.

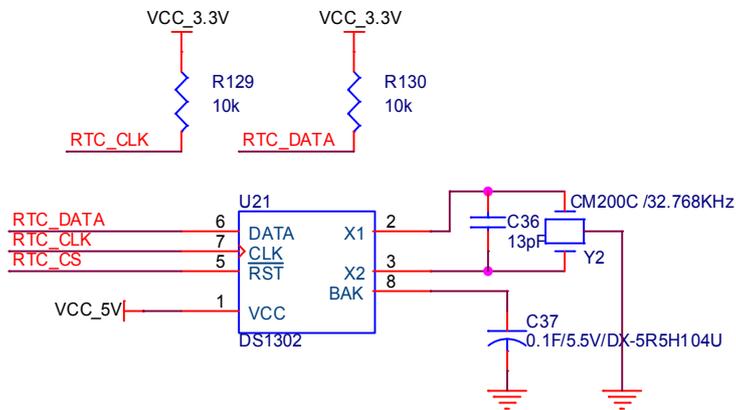


< EEPROM 저장 회로 >

또한 대용량 LOG 데이터를 전원이 차단되어도 유지될 수 있도록, 별도의 SDCARD에 저장되며, SPI 통신으로 데이터를 Read/Write 할 수 있도록 SDCARD 저장 회로를 설계하였다. 또한 현재시간을 실시간 저장하고, 데이터 확보가 가능할 수 있는 RTC 회로 설계를 추가적으로 진행하였다. 아래 그림은 설계된 SDCARD 저장 회로와 RTC회로설계도를 나타내고 있다.

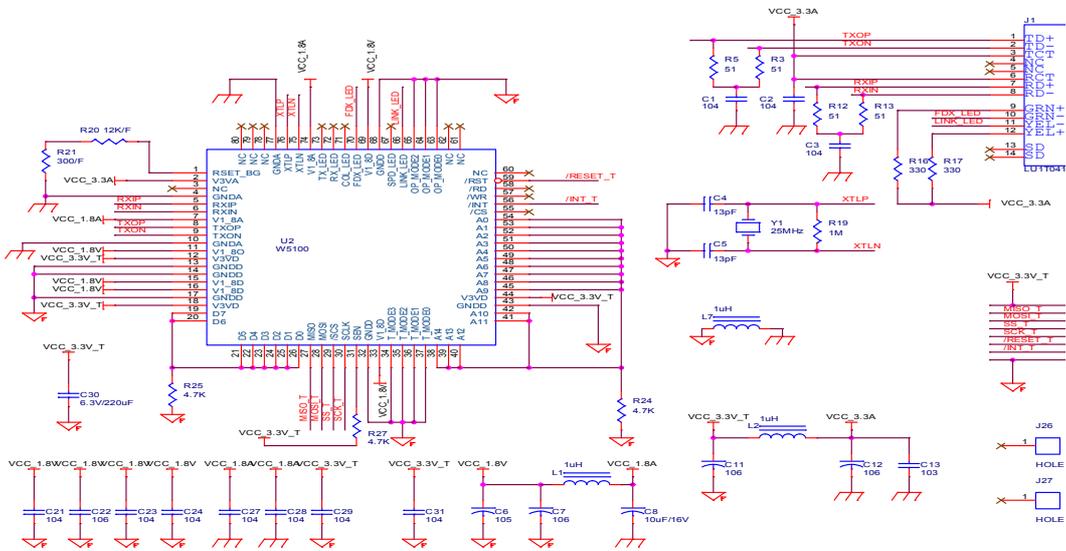


< SDCARD 저장회로 >



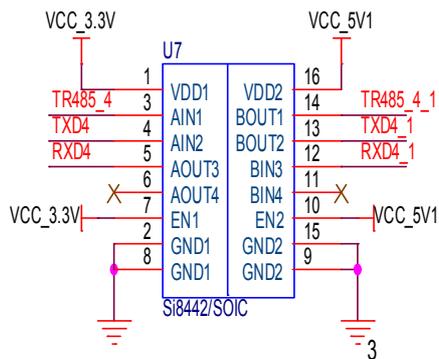
< RTC 회로 >

축사내 메인컨트롤 시스템에서 데이터 및 정보전송을 위해 인터넷 연결을 쉽게 수행하기 위해 W5100을 선정하였으며, 이는 하드웨어 방식의 Tcp/IP가 내장된 이더넷 컨트롤러 칩으로써 임베디드 시스템에 인터넷 연결이 가능하다. 또한 하나의 칩에 TCP/IP와 10/100 이더넷 MAC & PHY를 내장하고 있으며, 보다 안정된 연결을 구현할 수 있도록 최적화 되어 있다. 하드웨어에 내장된 TCP/IP는 TCP, UDP, IPc4, ICMP, ARP, IGMP, Ppoe등을 지원하여 다양한 연결방식을 지원할 수 있으며, 4개의 독립된 하드웨어 소켓을 동시에 사용 가능하여 MCU와는 SPI를 통해 인터페이스 구현이 가능하다. 아래 그림은 선정된 W5100 이더넷 칩 회로도들을 나타내고 있다.

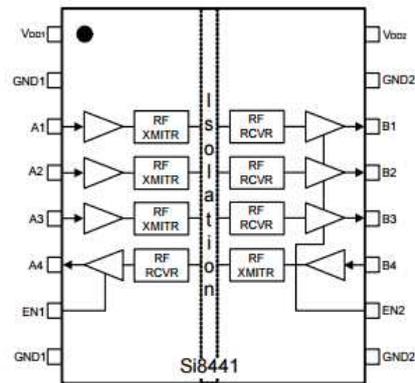


< W5100 회로 >

시스템의 통신절연을 위해 Low-Power Quad-Channel Digital Isolator로 150Mbps속도의 신호를 RF방식으로 절연하여 처리할 수 있는 IC인 Si8441 IC를 선정하였으며, 메인 컨트롤 시스템의 모든 통신 신호들은 이 IC를 통해 외부와 절연 되며 AIN 라인의 입력 신호가 그대로 출력되는 구조로 구성하였다. 또한 2.7V ~ 5.5V 전압범위를 갖고 있어 신호 레벨이 달라도 정상적인 통신이 가능하며, 아래 그림은 선정된 Si8441 IC 회로도 및 내부 블록도를 나타내고 있다.

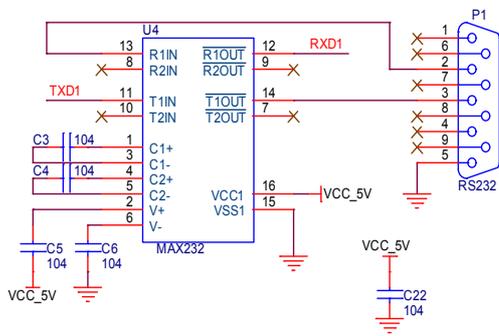


< 통신 절연 회로 >

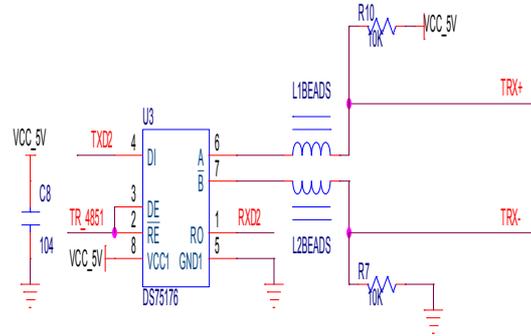


< SI8441 내부 블록도 >

추가적으로 메인컨트롤 시스템과 연동된 PC 및 터치방식의 LCD 등의 외부 장비들과의 연결이 가능할 수 있도록 RS-232 회로로 구성된 포트를 구성하였으며, 위에서 언급된 데이터전송을 위한 시스템과 마찬가지로 외부에 결합된 장치들과 연결이 가능한 RS-485를 선정하였으며, 외부 장치와 연결 되며 230,400bps 까지의 통신 속도로 데이터를 송수신이 가능하며, 2 Wire로 연결되며 최대 1.2km까지 통신할 수 있다. 아래 그림은 외부장치와 연결이 가능할 수 있는 연결포트 RS-232 회로도도 와 외부장치와 통신이 가능한 RS-485 회로도도를 나타내고 있다.

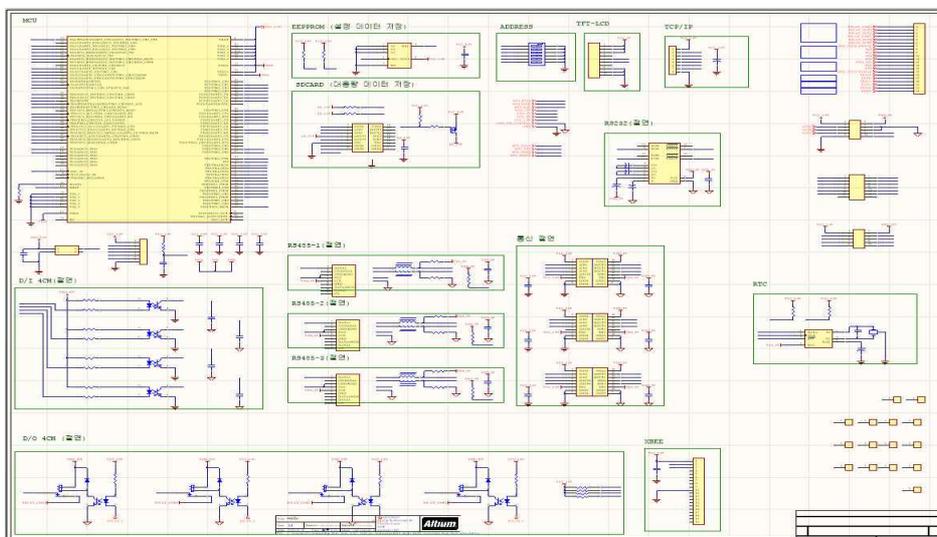


< RS-232 회로 >



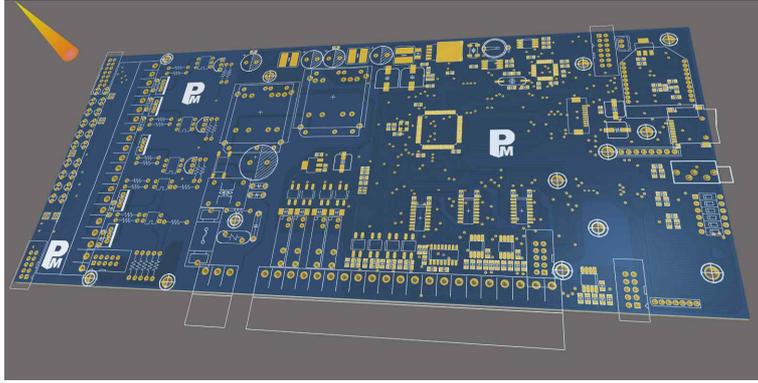
< RS-485 회로 >

위 구성된 시스템 블록도 및 회로도를 바탕으로 통풍 및 차압 센싱 시스템의 센서 데이터를 수집하고, 데이터 처리를 통한 구동 및 제어가 가능할 수 있는 메인 컨트롤 시스템의 핵심이 되는 Main PCB 회로도 2D설계를 진행하였으며, 아래그림은 Main PCB 2D 회로도를 나타내고 있다.



< Main PCB 회로도 >

Main PCB 2D 회로도를 바탕으로 최종제작에 앞서 추가적으로 Main PCB 아트웍 3D 설계를 진행하였으며, 이는 실시간으로 구동되는 메인시스템의 여건상 시스템의 오류 및 문제점들을 사전에 차단하기 위해 정밀성을 고려하였으며, 최적의 설계를 바탕으로 Main PCB 제작을 완료하였다. 아래그림은 PCB 3D 설계도 및 최종제작된 Main PCB를 나타내고 있다.



< Main PCB 아트웍 3D >



< Main PCB 시제품 >

위 제작된 메인 PCB를 연동하여 필드테스트에 적용하기 위해서 제작된 무창측사내부에 현장 설치를 진행하였으며, 위 개발에 진행되었던 통풍 및 차압 센싱 시스템, 측사내부 온습도 제어 시스템 등 측사 환경 관리 시스템 구동을 위하여 최종 메인 컨트롤러를 적용시켰다. 아래그림은 현장 측사에 적용된 메인 컨트롤러 시스템을 나타내고 있다.



< Main 컨트롤러 현장 설치 >

최종 제작된 통풍 및 차압 센싱 시스템, 온습도 제어 시스템, 환기 관리를 위한 메인 컨트롤 시스템의 연동에 따른 LCD 사용자 인터페이스를 개발하였으며, 메인화면 부, 수동제어 부, 설정 부, 설명부로 나누었으며, 사용자가 보다 쉽게 조작할 수 있도록 구성하였다. 구동설명은 다음과 같다.

- 메인화면



* 녹색은 바로 설정 입력 가능 메뉴 *

1. PC통신 상태 - PC통신 정상 시 녹색 표시, 이상 시 검정 표시
2. 센서 통신 상태 - 센서 통신 정상 시 녹색 표시, 이상 시 검정 표시
3. 출력 통신 상태 - DI-DO 통신 정상 시 녹색 표시, 이상 시 검정 표시
4. 동 표시 - 1~ 15동까지 설정 가능
5. ~ 8. 각 메뉴로 이동
9. 온도 상태 표시 - 정상 흰색 이상, 적색 표시
- A. 제어 센서 선택 표시
- B. 현재 습도 표시
- C. 현재 앞 온도 표시
- D. 현재 뒤 온도 표시
- E. 팬 연동 지연 (히터 동작후 팬 동작 지연시간 - 남은 시간 후 팬 동작)
- F. 히터 동작 상태 표시 - 동작시 녹색, 정지시 검정
- G. 현재 히터 설정 온도
- H. 팬 환기 켜 시간 - 끄 시간 후 동작 시간
- I. 팬 환기 끄 시간 - 켜 시간 후 동작 시간

- J. 팬 동작 상태 표시 - 동작 시 녹색, 정지 시 검정
- K. 환기 주기 다음 상태 기다림 시간 표시
- L. 환기 팬 설정 온도
- M. 환기량(팬 속도) 설정 0.00 ~ 60.00 설정
- N. 현재 내부 기압 표시
- O. 내부 조명 상태 및 제어
- P. 살균 램프 상태 및 제어
- Q. 가슴밸브 상태 - 동작 시 녹색, 정지 시 검정
- R. 가슴지연 시간 표시 - 시간 후 가슴 동작
- S. 바이러스 검출 상태 - 미검출시 정상, 검출시 검출 표시
- T. 현재 출입문 상태 표시 - 닫힘시 닫힘, 열림시 열림 표시

- 수동 제어

메인
수동제어
설정
설명

제어시 해당 아이콘 누름(토글 동작)

자동 복귀 남은 시간 1 분 초

	SHT-XX 온도	SHT-XX 습도	
	2	3	
	°C	%	

	<u>환기팬</u>	<u>열풍기</u>	가슴밸브	<u>내부조명</u>
출력 1	4	5	6	7
	<u>살균램프</u>	채널 6	채널 7	<u>부저</u>
출력 2	8	9	A	B

1. 자동 복귀 남은시간 - 시간후 자동 동작으로 복귀 함 (수동제어시 모든 출력 OFF 시작)
2. SHT-11 센서 온도 표시
3. SHT-11 센서 습도 표시
- 4~B. 수동제어 상태 표시 및 제어 (클릭시 토글 동작 - ON, OFF)

- 설정

히터팬 동작 연계 ①				메인	수동제어	설정	설명
히터팬지연시간	온도 보정 앞 ② °C	환기 하한 온도					
① 분 초	온도 보정 뒤 ③ °C	④ °C					
히터 제어 편차	가습지연	분 초	가습열림시간				
⑤ °C	설정습도	⑥ %	⑦ 초				
휨 제어 편차	동 지정	온도경보상한					
⑧ °C	A 동	B °C					
제어 온도센서 선택		온도경보하한					
⑨		C °C					

0. 히터팬 동작 연계 선택 - 선택시 히터 동작 시 지연시간후 팬 동작
1. 히터팬 지연 시간 - 0번과 연계 - 설정 시간 후 팬동작
2. 온도 보정 앞 - 온도 센서 앞 보정 0.1도 단위
3. 온도 보정 뒤 - 온도 센서 뒤 보정 0.1도 단위
4. 환기 하한 온도 설정 - 현재온도가 설정온도 이하일 때 팬 동작 안함.
5. 히터 제어 편차 - EX) 히터 동작 온도를 25.0도, 열풍기 제어 편차를 1.5로 설정 하면 25.0도에서 켜지고 26.5에서 꺼짐
6. 가습지연 및 설정 습도 - 가습후 설정 시간후 다시 가습동작함.
7. 가습열림 시간 - 가습밸브 열림시간 설정
8. 휨 제어 편차 - EX) 휨 동작 온도를 28.0도, 휨 제어 편차를 0.2로 설정 하면 28.2도에서 켜지고 28.0에서 꺼짐
9. 제어 온도 센서 선택 - 상황별로 앞 뒤 센서를 선택 가능 선택된 온도센서에 의해 제어 동작됨
 - A. 동 지정 - 제어 동이 여러동일 경우 지정
 - B. 온도 경보 상한 - 설정 온도 이상시 부저 경보 울림
 - C. 온도 경보 하한 - 설정 온도 이하시 부저 경보 울림

- 설명

메인 수동제어 설정 설명

→ 웬 동작 온도를 28.0도, 웬 제어 편차를 0.2로 설정 하면 28.2도에서 켜지고 28.0에서 꺼짐

→ 히터 동작 온도를 25.0도, 열풍기 제어 편차를 1.5로 설정 하면 25.0도에서 켜지고 26.5에서 꺼짐

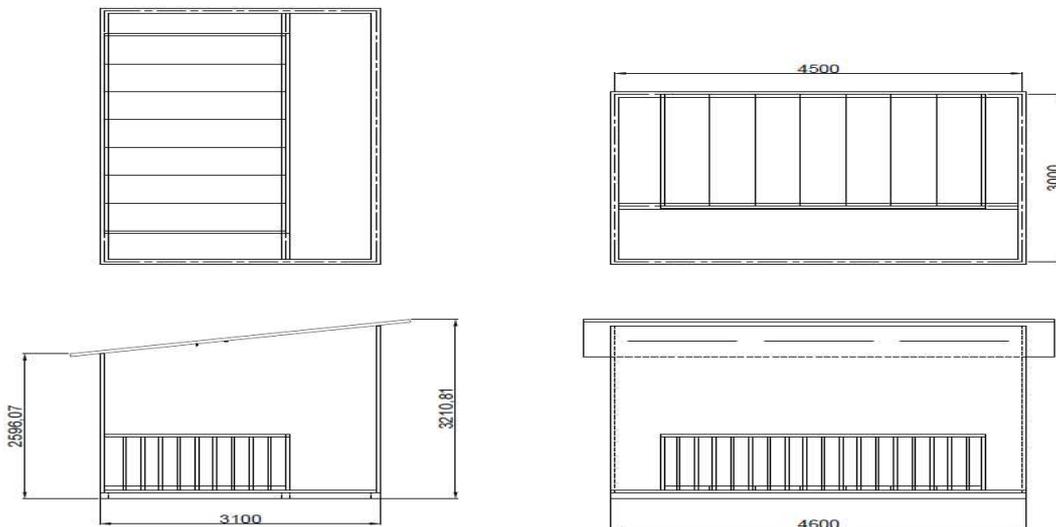
→ 현재온도가 환기하한온도 이하일 경우 환기 동작 안함

→ 히터 가동후 히터웬지연시간 후에 팬동작함, **지연시간안에는 온도동작 안함(웬에만 해당)**

1. 사용자가 설명서가 없어도 LCD상에서 구동을 할 수 있도록 간략한 설명서 제공

○ 간이 무창측사 구축

최종 제작된 통풍 및 차압 센싱 시스템, 온습도 제어 시스템, 환기 관리를 위한 메인 컨트롤 시스템의 필드테스트를 진행하기 위해 간이 무창측사 설계를 진행하였으며, 측사 내부의 병원균 및 최적의 테스트가 가능할 수 있도록 X : 4,6m, Y : 3m 구조로 선정하여 측사내부 구조를 설계를 진행하였다. 아래 그림은 간이무창측사 도면을 나타내고 있다.



< 무창측사 도면 >

위 무창측사 도면을 바탕으로 간이 무창측사를 구축하였으며, 본 기술개발에서 제작된 통풍 및 차압센싱 시스템, 온습도 제어 시스템, 메인 컨트롤 시스템 적용이 가능할 수 있는 최적의 구조 및 위치를 선정하여 측사 내외부에 적용하였다. 또한 시스템의 핵심이 되는 제어함을 측사 입구에 적용함으로써 전압계, 전원램프, 전류계, LCD를 통한 사용자가 편리하게 모니터링 할 수 있는 구조로 적용시켰다. 이에 본 과제를 통하여 제작된 광기술 기반 측사 환경 관리 시스템 개발을 완료하였다. 아래그림은 최종 제작된 간이 무창측사와 본 시스템들이 적용된 제어함 및 측사내부를 나타내고 있다.



< 측사 전면 >



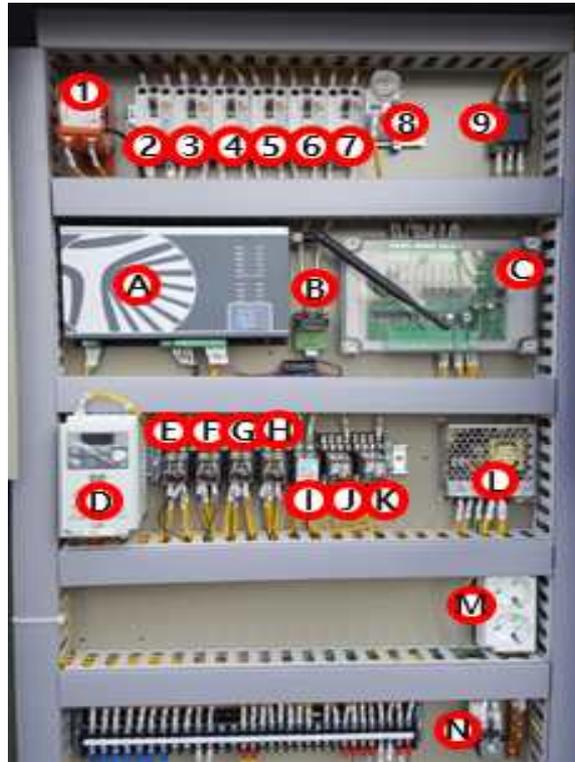
< 측사 측면 >



< 무창측사 제어함 외부 >

구분	설명
1. 전압계	현재 입력 AC 전원의 전압을 표시한다.
2. 전원 램프	AC 전원 입력시 점등
3. 전류계	현재 소비 AC 전류를 표시한다.
4. 10" LCD	센서, 팬 등의 상태 표시 및 제어를 할수 있다.

< 무창측사 제어함 외부 구성도 >



< 무창측사 제어함 내부 >

구분	설명
1. CT	전류 측정용
2. 3. 4. 5. 6. 7. 차단기	메인, 팬, 전등, 예비1, 예비2, 조작 차단기
8. 퓨즈	조작 전원 퓨즈 (220V/ 5A)
9. 노이즈 필터	메인컨트롤러 노이즈 저감용
A. 메인 컨트롤러	시스템 제어 및 입력
B. 차압센서	측사 내외부의 기압 차 측정
C. DI-Do 보드	외부 입출력 보드
D. 인버터	단상 TO 삼상 모터 제어용 인버터
E. F. G. H. I. J. K 릴레이	부저, 예비1, 예비2, 전등, 인버터, LED, 가습밸브 전원제어 릴레이
L	12V 전원 공급
M.	콘센트
N.	가습용 솔레노이드밸브

< 무창측사 제어함 내부 구성도 >



< 환경관리 시스템이 적용된 무창축사 내부 >

구분	설명
1. 환기팬	환기를 위한 팬
2. 안개 분무 노즐	습도조절을 위한 안개분무 노즐
3. 전등	내부 조명용 전등
4. Sensor 컨트롤러	온, 습도 센서 컨트롤러
5. 습도 센서	SHT - 11 센서
6. 7.	PT100 센서 1, 2
8. 소독 LED 및 필터	소독 LED 및 필터

< 축사 내부 장비 설치 구성도 >

○ Plasmonics 센서 기반 실시간 바이러스 검출 시스템기술 개발
(Ag/TiO₂ core shell 재료 및 합성)

- 합성 재료

본 연구에 있어 합성에 사용한 시약들은 Aldrich 사와 Duksan 사에서 구입을 하여 사용하였다. 반응에 사용한 용매는 Aldrich 사 제품을 사용하였다.

- Ag/TiO₂ core shell 합성

본 연구의 합성은 1,000 mL 이중자켓 반응조를 이용하였다. 초기 반응조의 온도는 30°C로 고정하여 실험하였다. 용매로 사용되는 2-propanol을 400mL 넣고 TTIP 9.4mL 넣어 녹인다. 혼합 용액이 들어있는 반응조는 30°C의 상온에서 15분간 교반시켜준다. 이때 교반 속도는 300rpm으로 고정하였다.

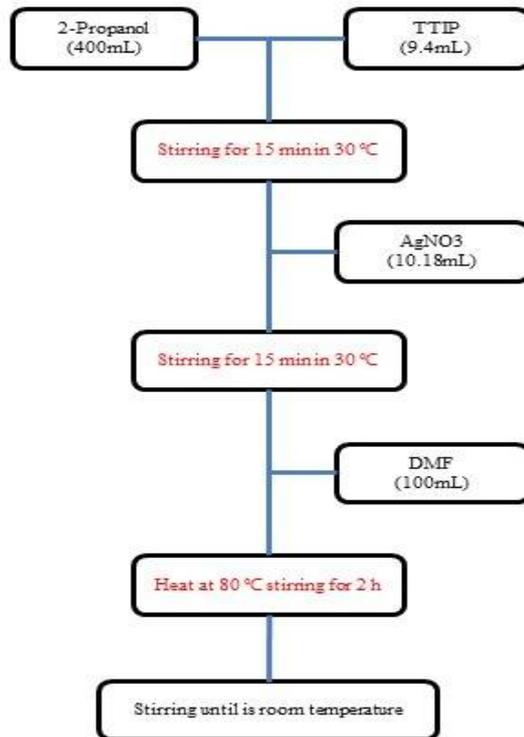
AgNO₃를 10.18mL 넣어 천천히 혼합용액에 첨가하고 30분 동안 교반 후 DMF를 200mL 첨가하여 상온에서 15분 동안 교반 시킨다. 이때 DMF와 2-propanol의 비율이 맞지 않으면 응집이 일어나게 된다. 교반 후 혼합용액은 환류기를 이용하여 80°C에서 2시간동안 교반과 동시에 환류 시켜준다.

환류 후 상온으로 온도가 떨어질 때까지 교반 시킨다. 환류가 진행되면 진한 갈색의 용액으로 나타난다. 갈색 용액은 IPA를 이용하여 세척하여 준비하였다.

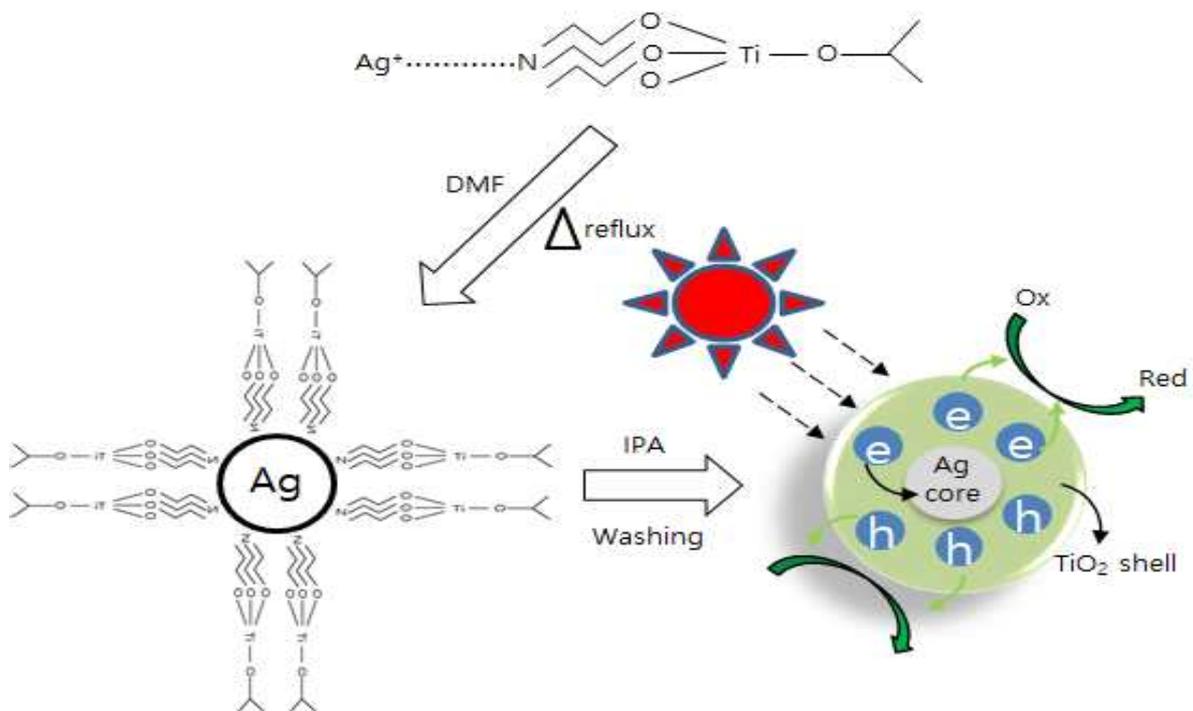
- 건조, 분쇄 및 paste 제조

core shell 합성 후 sol은 120°C 24시간 동안 건조기에서 건조하였다. 건조된 core shell은 막자사발을 이용하여 분쇄하였고, core shell 분말을 완성하였다.

core shell 분말은 sus mesh에 코팅하고자(Spray 방식을 채택) 100mL의 에탄올 용매에 분말 10g을 첨가하였다. 혼합된 용액을 섞어주기 위해 paste mixer (PDM-300, DAE HWA TECH, Korea)를 이용하여 1,250 rpm의 속도로 1시간 동안 mixing 하였다.



< Ag/TiO₂ core shell 합성 모식도 >

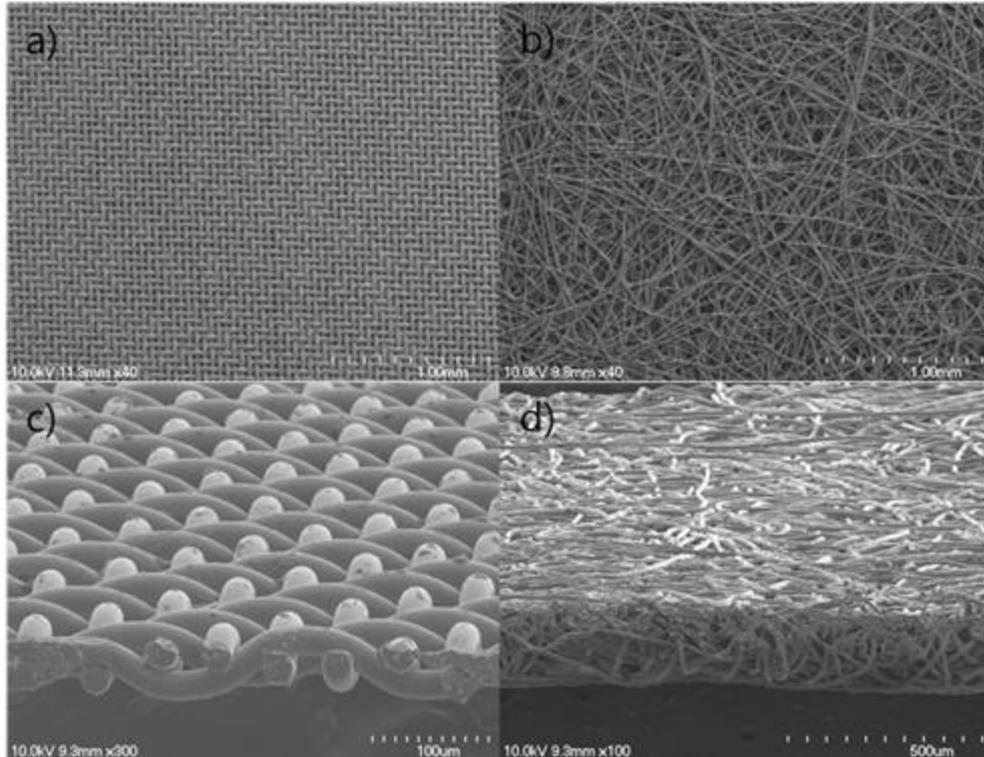


< 구형 Ag/TiO₂ 코어-셸 나노 입자의 제조 >

○ 분석

- FE-SEM

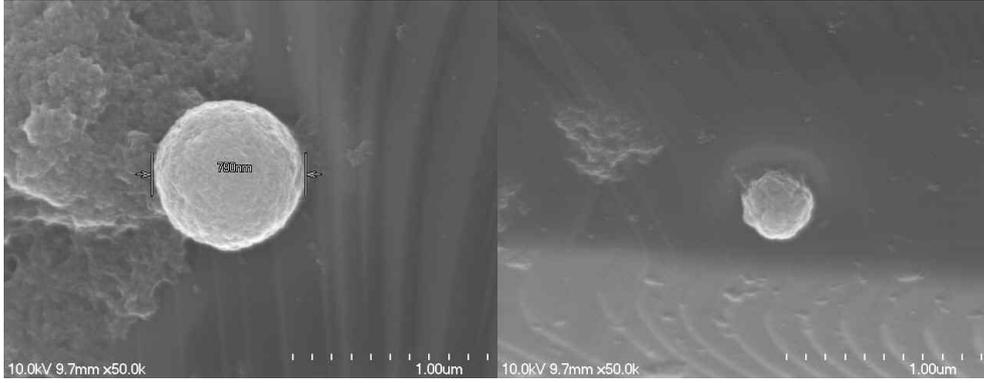
본 연구에서는 두 가지 mesh를 사용하여 코팅하였다. 와이어 형태의 sus mesh와 부직포 형태의 sus mesh를 사용하였다. (와이어 형태의 mesh를 sus1, 부직포 형태의 mesh를 sus2로 명명하였다.) 그림 3은 sus1 (a, c)과 sus2 (b, d)의 표면과 단면 tilting 이미지이다. sus1의 와이어 형태에 비해 sus2의 부직포 형태가 더 촘촘함을 확인할 수 있다.



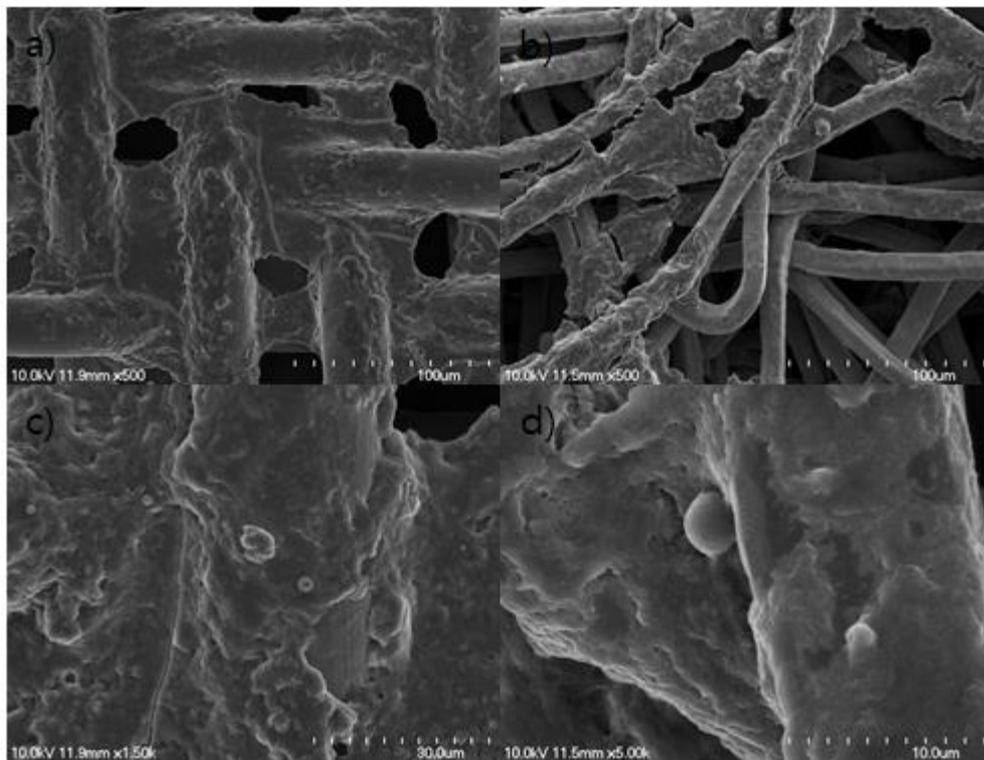
< sus1 (a, c)과 sus2 (b, d)의 표면과 단면 tilting 이미지 >

아래의 그림은 본 연구에서 합성된 Ag/TiO₂ core shell의 고배율 FE-SEM 이미지이다. 구 형태의 core shell이며, 그 크기는 약 790nm 정도이다. sus에 core shell이 잘 부착됨을 확인할 수 있다.

아래의 그림은 sus1과 sus2의 primer 코팅 후 Ag/TiO₂ core shell 코팅 FE-SEM 이미지이다. sus1과 sus2의 표면 이미지를 확인하면 Ag/TiO₂ core shell이 잘 분산되어 코팅됨을 확인할 수 있다. 또한 sus1에 비해 sus2가 더 촘촘하기 때문에 sus 표면에 Ag/TiO₂ core shell이 더 많은 양이 부착될 것으로 생각되며, 그에 따라 항균효과 또한 더 향상된 결과치가 나올 것으로 생각된다.



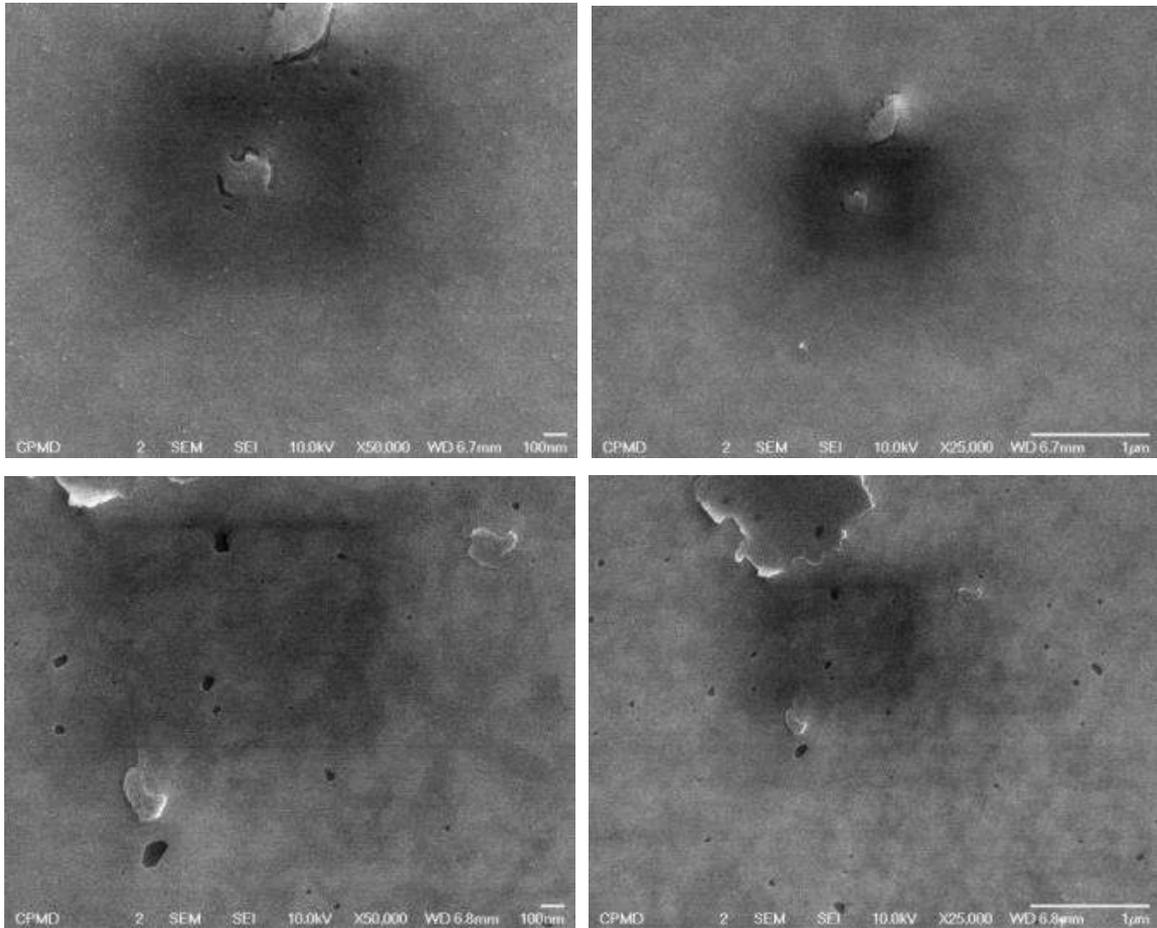
< sus1과 sus2의 primer 코팅 후 core shell 코팅 표면 고배율 이미지 >



< sus1 (a, c)과 sus2 (b, d)의 primer 코팅 후 core shell 코팅 표면 저배율 이미지 >

○ PLASMONICS 나노 칩 제작

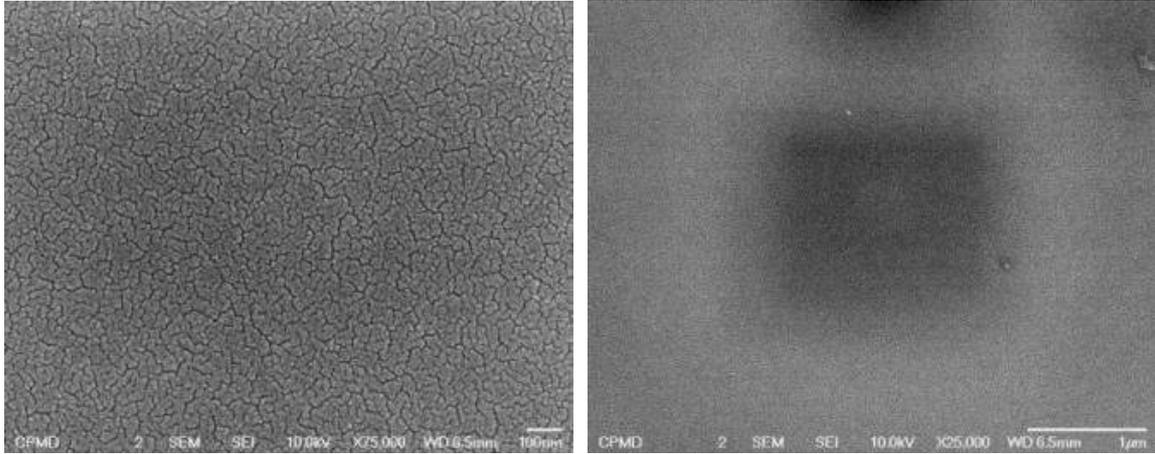
3차년도 연구에서는 바이오센서를 제작하기 위해서 Au 나노구조를 Glass 기판상에 집적하여 바이오센서칩을 제조하여야 한다. 이를 위하여 Au 나노 구조 제어를 위한 실험을 실시하였다. Au의 나노 구조 제어를 위해서는 Au를 Glass 기판상에 E-beam evaporator을 이용하여 Au 나노 박막을 증착한 후, RTA(Rapid thermal annealing system)을 이용하여 열처리를 실시하여 나노 구조 제어를 실시하였다.



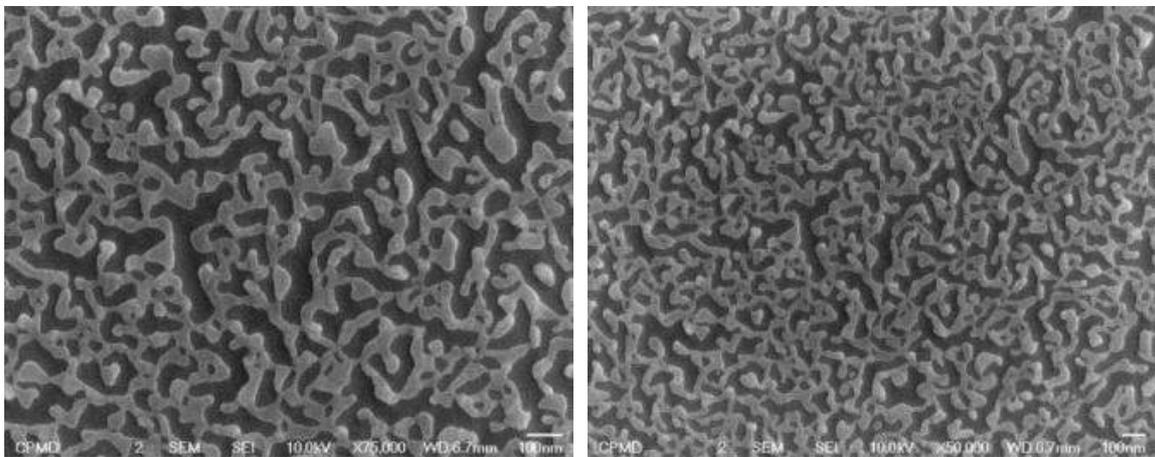
< Au 10nm 코팅 결과 >

1,2 차년도 Ag의 나노 구조 제어 결과를 토대로 하여 실험을 실시하였다. Au를 두께에 따라 증착을 실시하였고, 열처리 온도는 400℃로 고정하여 나노 구조를 관찰하였다. 먼저 Au의 두께를 5nm, 10nm로 각각 코팅한 후, 열처리 시간을 각각 10초, 30초, 60초, 90초로 나누어 실험을 실시하였다.

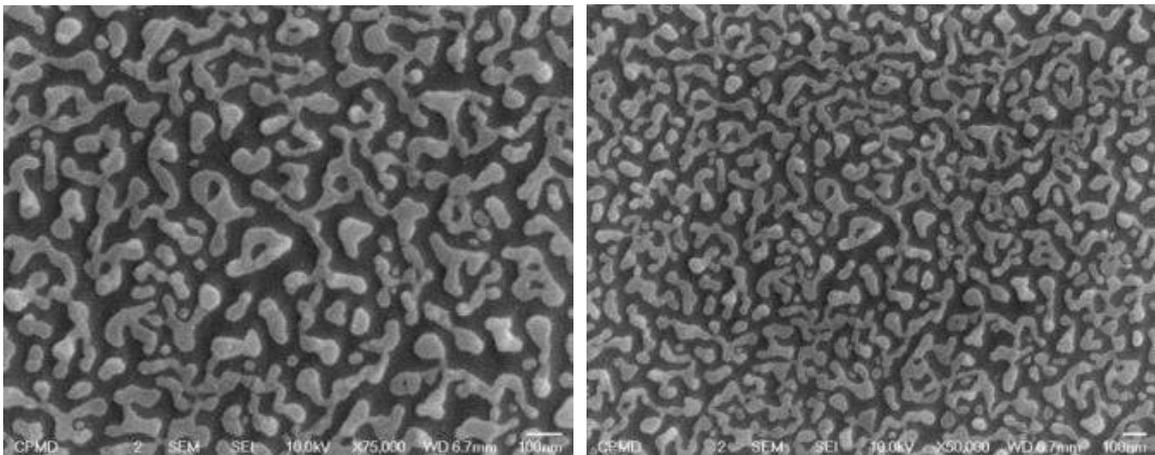
Au를 10nm 코팅했을 때의 결과를 나타내고 있다. 위의 그림에서 확인할 수 있듯이 10nm를 증착할 경우, 열처리의 시간에 관계없이 박막의 형태로 증착이 이루어짐을 확인하였고, 이는 본 연구과에서 제조하고자 하는 나노 구조에 사용이 불가하였다.



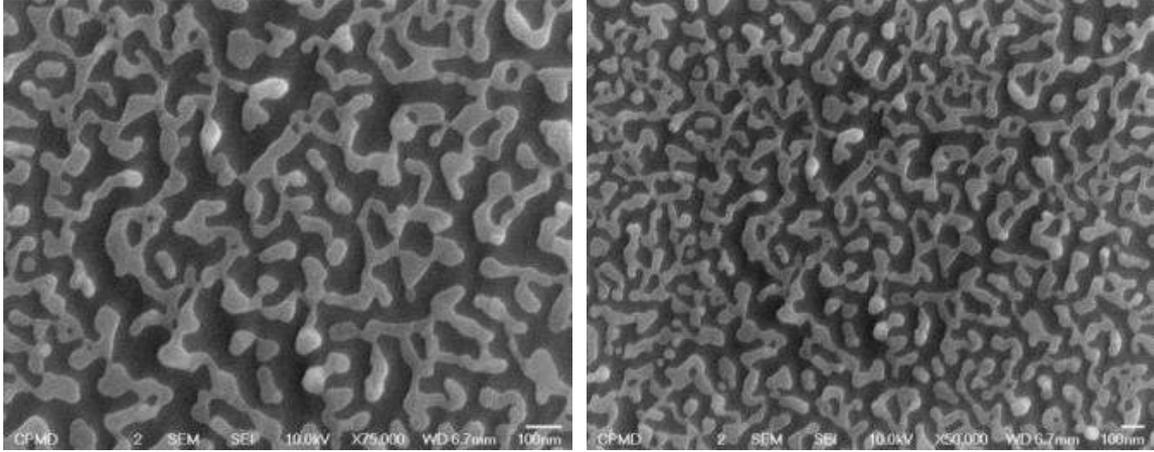
(a) 5nm 증착, 열처리 하지 않음



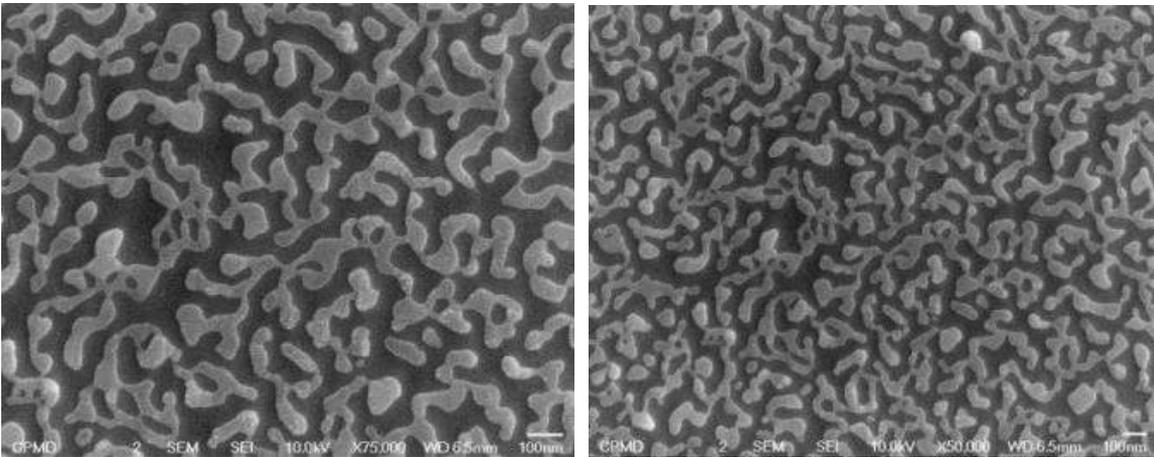
(b) 5nm 증착, 10초간 열처리



(c) 5nm 증착, 30초간 열처리



(d) 5nm 증착, 60초간 열처리

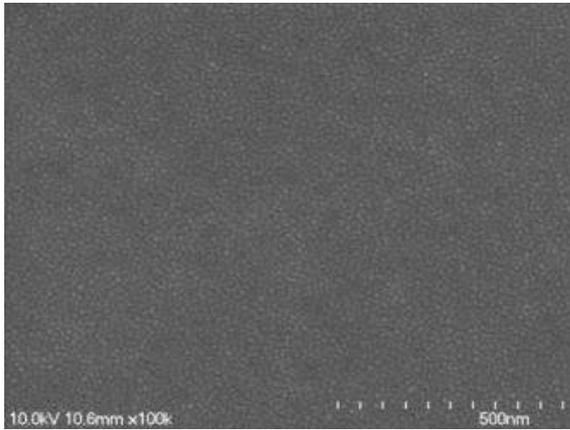


(e) 5nm 증착, 90초간 열처리

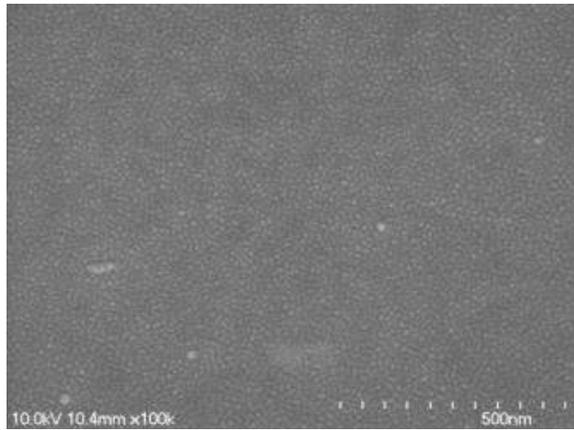
< 열처리 시간에 따른 Au 나노 구조 변화 >

Au를 5nm 증착한 후, (a)~(e)까지 증착후, 열처리 시간에 따른 변화까지 주사전자현미경을 통하여 그 변화를 관찰하였다. 증착 후는 표면의 rms 값이 작은 박막 형태로 코팅이 이루어졌으며, 열처리 시간에 따라 Au 나노 입자간의 결합이 이루어져 나노 구조 형태가 이루어짐을 확인 할 수 있었다. 그러나 Ag 나노 입자 형태를 이루지 못하여 바이오센서용 칩으로 사용은 어려웠다.

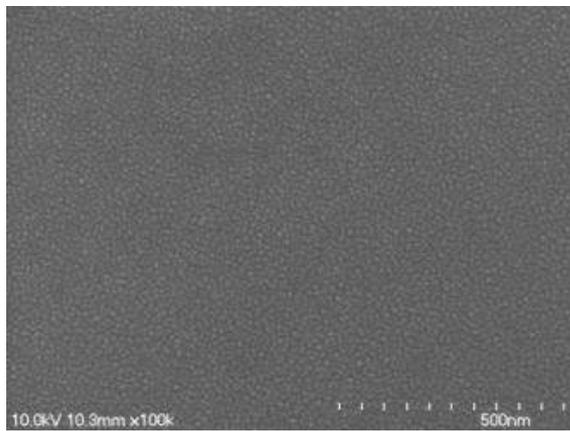
위의 결과를 바탕으로 본 연구개발을 통하여 제조하고자 하는 Au 나노 구조 제어 실험을 실시하였다. Au 나노 구조 제어를 위하여 Au의 증착 두께를 조절하였고, 위의 실험 결과에서 열처리 시간에 따른 변화는 미비하였으므로, 열처리 온도에 따른 실험을 실시하였다. Au 두께는 0.5nm로 고정하였고, 열처리 온도는 350도에서 600도까지 각각 50도 간격으로 실험을 실시하였다. 결과는 아래에 나타내었다.



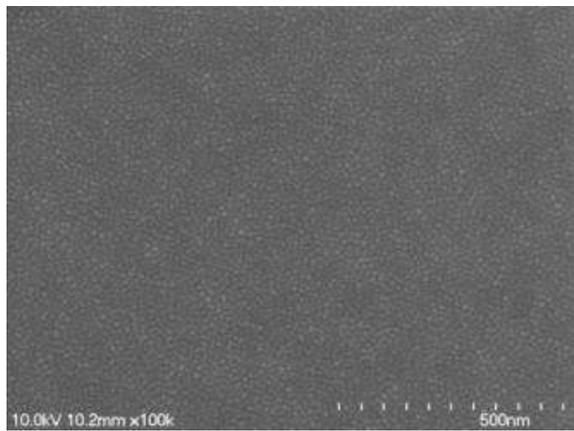
(a) 350°C



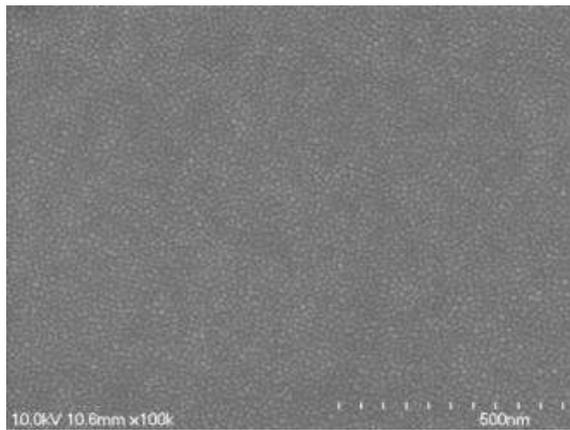
(b) 400°C



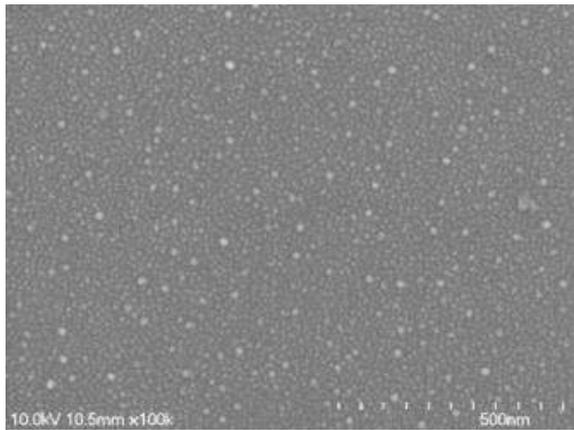
(c) 450°C



(d) 500°C



(e) 550°C



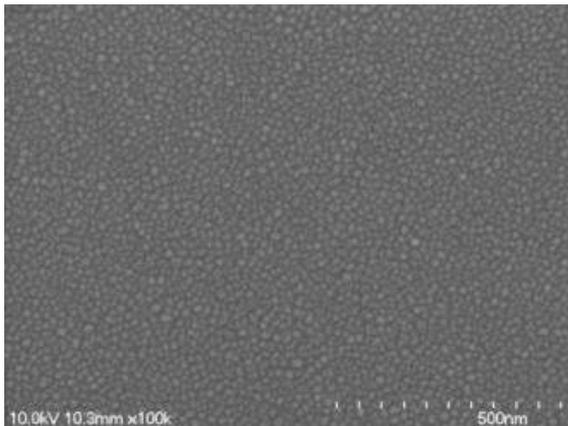
(f) 600°C

< 열처리 온도에 따른 Au 나노 구조 변화 >

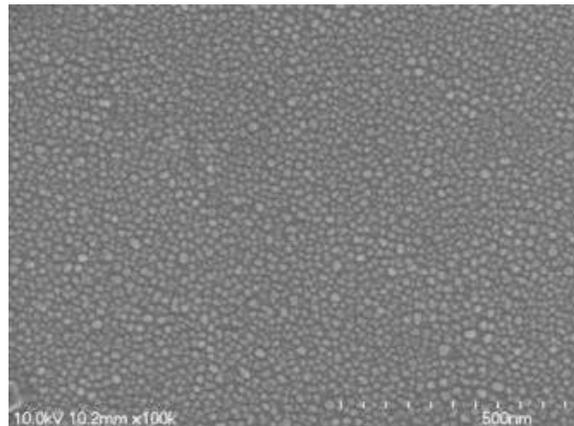
Au 나노 박막을 0.5nm 증착한 후 열처리 온도에 따른 결과를 나타내었다. 위의 결과에서 볼 수 있듯이, Au 나노 구조는 Au의 두께가 중요한 요소로 작용하였으며, 열처리 온도에 따라 Au 나노 입자간의 거리 제어에 대한 변화가 나타났다. 350°C의 경우, 입자의 크기가 평균 10nm정도로 나타났으며, 열처리 온도가 증가 할수록 그 크기가 증가하여 600°C의 경우 약 10~20nm의 Au 나노 구조가 나타났다. 그러나 위의 조건에서는 Au

나노 구조의 크기가 일정하지 않아, 바이오센서용 칩으로 사용이 어렵고, 센서의 데이터가 일정하게 나타나지 않으므로 두께 제어 및 열처리 온도 제어를 통하여 나노 구조를 제어하고자 실험을 실시하였다.

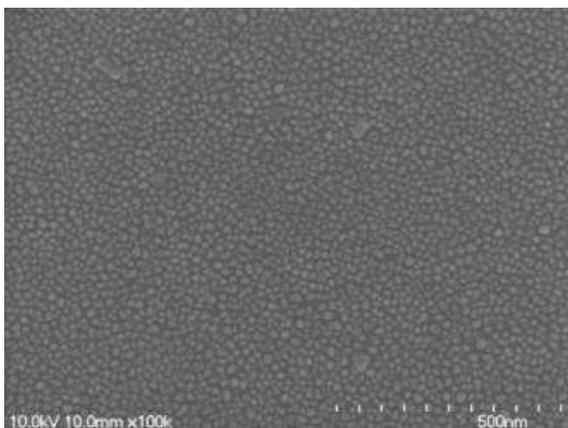
Au의 일정한 입자 제어를 위하여 일정량 이상의 Au 증착이 이루어져야 하므로, 증착 두께를 0.5nm에서 1nm로 증가시켰으며, 열처리 온도는 열처리 온도는 위와 같이 350도에서 600도까지 각각 50도 간격으로 실험을 실시하였다.



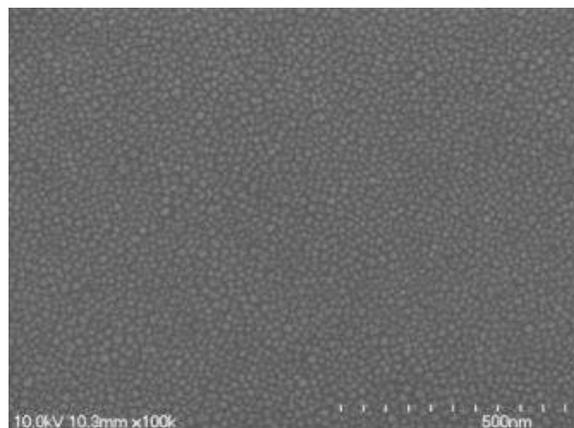
(a) 350°C



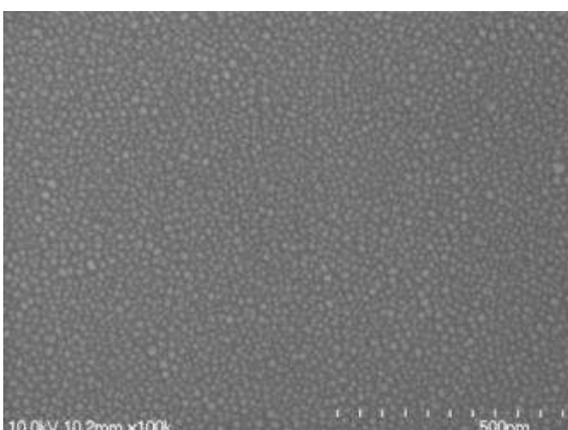
(b) 400°C



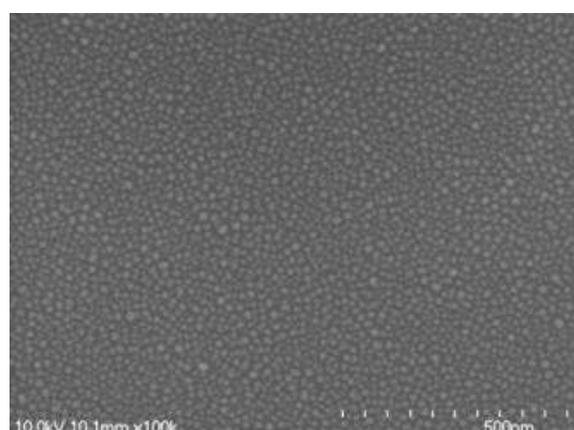
(c) 450°C



(d) 500°C



(e) 550°C



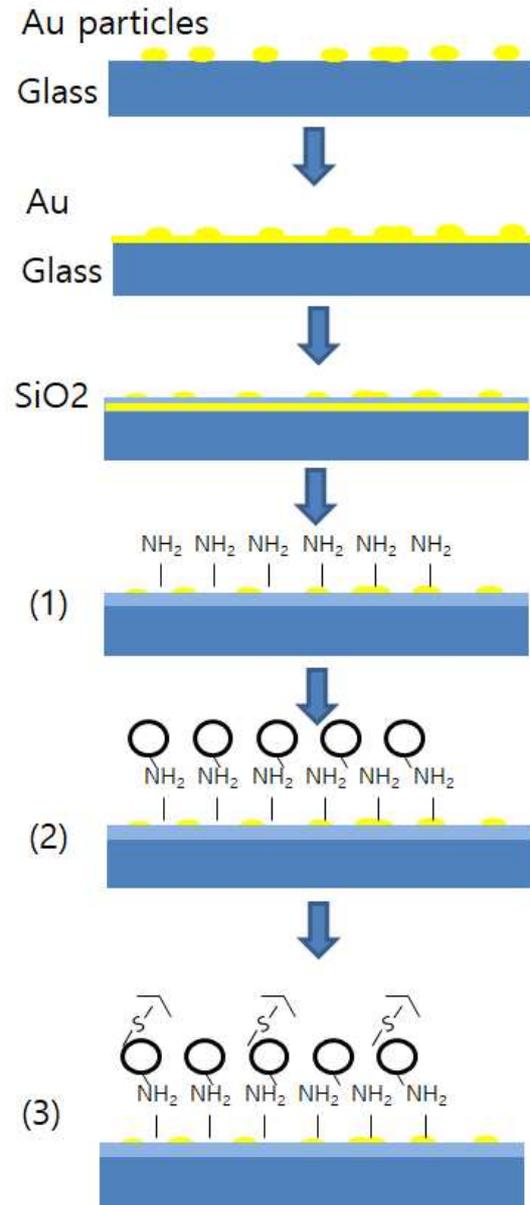
(f) 600°C

< 열처리 온도에 최적화에 따른 Au 나노 구조 변화 >

Au의 증착두께를 1nm로 고정하고 열처리 온도에 따라 열처리를 실시한 결과이다. 위의 실험결과와는 달리 입자의 균일도가 일정하게 나타났으며, 입자의 크기는 400℃에서 열처리한 결과가 가장 일정한 값과 크기를 나타내었다. 이는 열처리 온도의 증가에 의한 입자간의 결합이 400℃를 기준으로 온도가 상승 할수록 크게 증가하여 입자의 크기가 감소하는 것으로 볼 수 있으며, 평균크기 또한 450℃에서부터 큰 입자들이 나타남을 확인할 수 있었다. 따라서 Au 1nm의 박막을 400℃에서 열처리 하였을 때 가장 이상적인 바이오센서용 칩을 제조 할 수 있었다.

o 금 나노 입자가 포함된 센서 칩 제작

PRRSv를 검출하기 위해 먼저 민감도 향상을 위한 금 나노 입자가 포함된 센서칩을 제작하였다. BK7 기판 위에 금 박막 2 nm를 E-beam evaporator를 이용하여 증착한다. 이후에 Rapid Thermal Annealing(RTA) 장치를 이용하여 600도에서 2분간 가열한다. 다음으로 전체 표면에서 표면 플라즈몬 공명을 일으키기 위한 금 박막을 30 nm 증착한다. 금 박막 표면의 접착력을 좋게 하기 위해서 PECVD 장비를 이용하여 SiO₂ 10 nm 증착을 진행한다. 이 단계에서 기본적인 칩 공정은 완료가 된다.



< PRRS_v 측정 칩 제작 공정 순서 >

위 공정을 통하여 제작된 센서칩의 최종표면은 SiO₂ 층이다. 따라서 일반적인 Au 기반의 바이오센서에서 활용하는 Au표면의 카르복실기를 대체하여야 한다. 본 연구에서는 SiO₂ 층 표면에 아미노기를 형성함으로써 이를 대체하였다. 실험에 들어가기에 앞서 Coupling buffer를 만들어야 하는데, 항원-항체 반응이 일어나는 pH를 항상 일정하게 하기 위함이다. PBS-EDTA (50 mM Phosphate, 0.15 M NaCl, 10 mM EDTA, pH 7.2) 용액을 사용하는데, PBS pack (Product. 28372)을 사용하고 EDTA를 10 mM의 농도로 첨가한다. EDTA는 pH 8.0 이상에서 녹기 때문에 NaOH를 사용해서 pH를 조절한 후 녹여서 사용한다.

위의 그림은 (1) 과 같이 아미노기를 형성하기 위해서는 Aminosilane Reagent가 필요한데, 이를 위해 3-Aminopropyltriethoxysilane (Product No. 80370) 용액을 아세톤과

49:1 로 희석하여 사용한다. 30 sec 동안 아세톤 혼합액에서 담궜다가 아세톤으로 충분히 세척해준 후 공기중에 말려둔다.

2단계로 crosslinker로 사용되는 말레이미드를 활성화해야한다. 이를 위해 1 ml의 coupling buffer 용액에 2 mg의 crosslinker (Sulfo-SMCC) (Product No. 22322)를 사용하는데, 이 용액은 가수분해의 영향으로 필요할 때마다 만들어서 사용해야 한다. 제작된 용액을 (1)의 센서칩 표면에 뿌려준 후 RT에서 1시간 보관한 후 Coupling buffer로 세척한다.

3단계는 Antibody를 센서칩에 부착하기 위해 필요한 작업이다. 방법은 두 가지가 있는데, 먼저 Partially Reduce Antibody를 부착시키는 방법을 사용한다.

4 mg의 Antibody(IgG)를 475 μ l 의 coupling buffer에 섞는다.

6 mg 의 Reducing Agent(2-Mercaptoethylamine (2-MEA) (Product No. 20408))을 100 μ l 의 coupling buffer에 섞는다.

50 μ l 의 Reducing agent 혼합액을 (2)의 450 μ l antibody 혼합액에 섞는다.

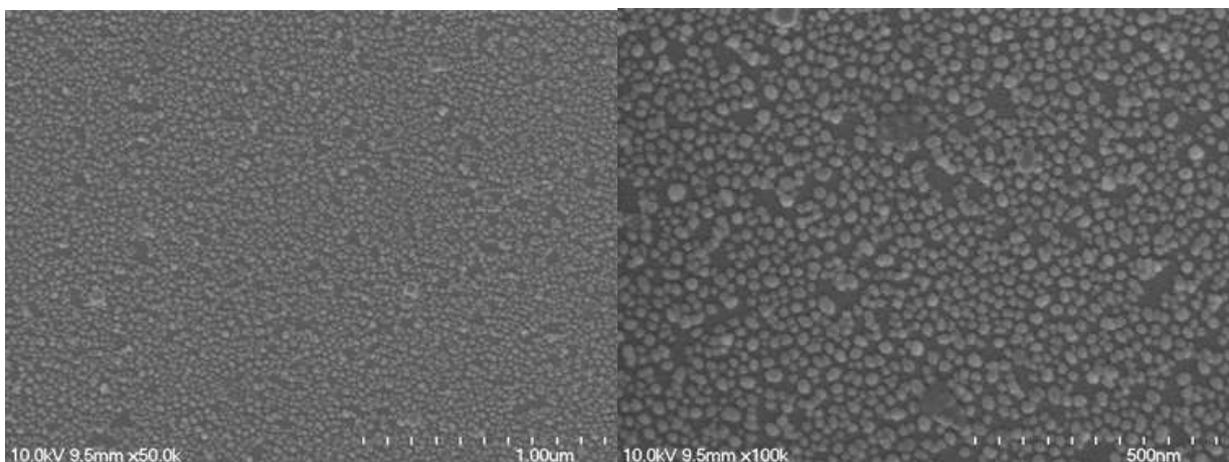
37도에서 90분간 그대로 둔다.

4단계는 활성화된 센서칩에 3단계에서 만들어둔 antibody 혼합액을 부착시키는 작업이다. 표면에 antibody 혼합액으로 덮은 후 2-4 시간을 RT에서 보관한다. 이후에 coupling buffer로 씻어내는 작업을 거치는데, 표면에 달라붙지 않은 antibody를 제거해주는 역할을 한다. 이후에 표면을 blowing 한 후 측정에 사용하면 된다.

측정에 사용하지 않은 antibody 부착된 센서칩은 0.02% 의 sodium azide 수용액에 담궈서 보관하면 오래 보관할 수 있다.

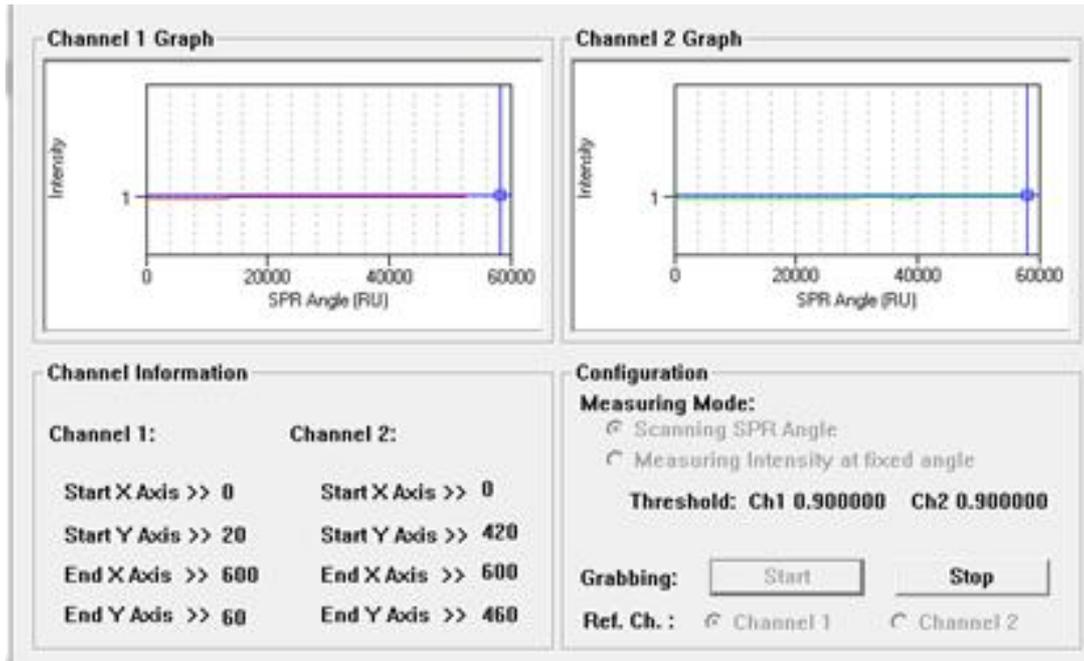
○ 금 나노 입자 기반의 센서칩 제작의 최적화

아래의 그림은 2 nm 금박막이 증착된 칩 표면을 RTA 600 도에서 2분동안 가열한 후의 SEM 이미지를 보여준다. 표면이 40~60 nm 의 사이즈로 금 나노 입자가 잘 형성된 것을 볼 수 있다.



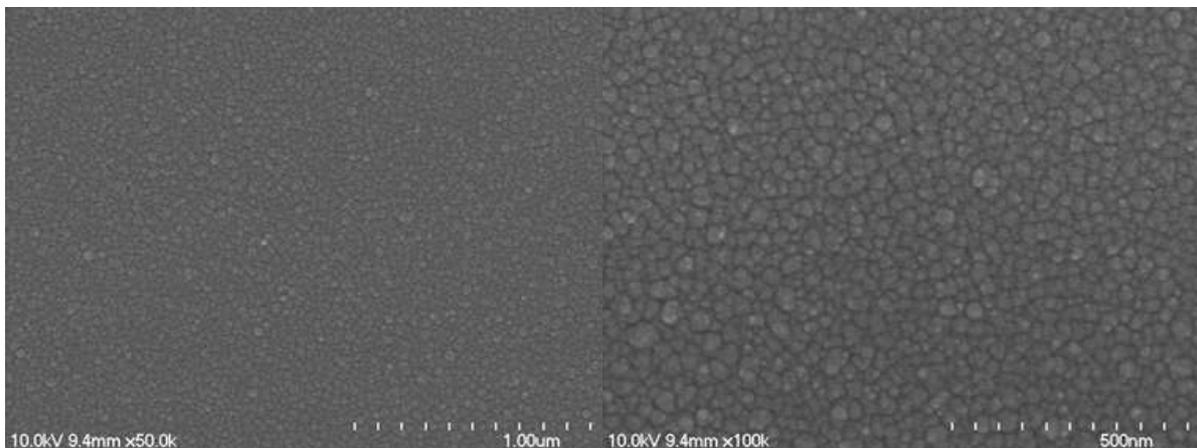
< RTA 600도에서 가열된 금 나노 입자의 SEM이미지 >

아래의 그림은 제작된 칩을 바탕으로 표면 플라즈몬 공명 분석을 한 결과이다. 표면에 형성된 금 나노 입자 주변에 표면 플라즈몬이 형성은 되지만 빛이 거의 전반사 되므로 공명 각이 발생되지 않았다. 따라서 이를 보완하기 위한 작업으로 SiO₂ 박막을 증착하면서 그 결과를 분석하였다.

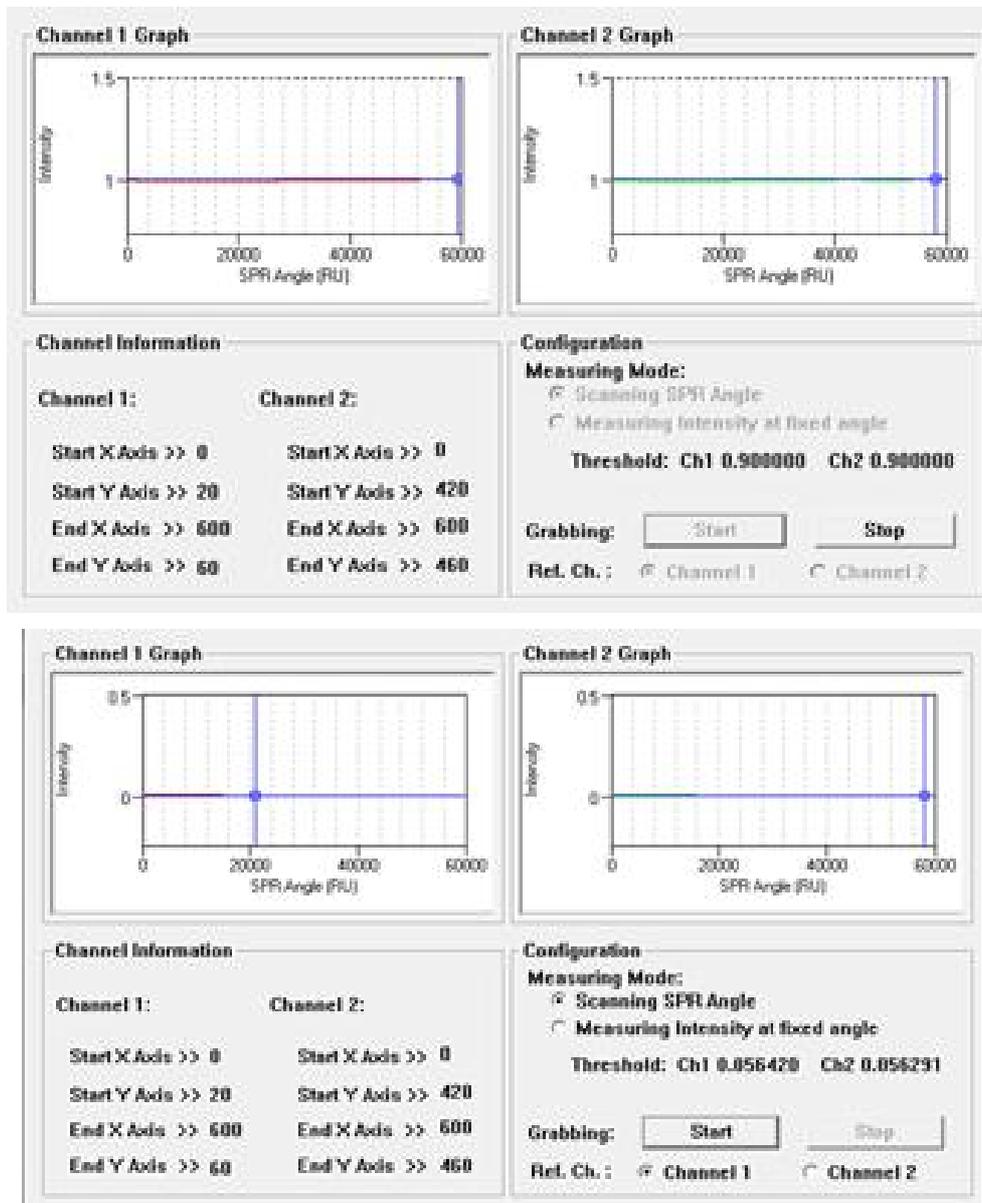


< SPR 피크 검출 실험 결과 >

아래의 그림은 금 나노 입자 표면에 SiO₂ 박막을 각각 50 nm, 100 nm 증착한 후의 SEM이미지이다. 금 나노 입자가 SiO₂로 덮여서 좀 더 두꺼워짐을 볼 수 있다. 마찬가지로 표면에서 공명이 발생하지 않으므로 그림 9와 같이 공명각이 제대로 나타나지 않은 것을 확인할 수 있었다. 따라서 표면의 금 나노 입자에서 좀 더 공명각이 일어날 수 있는 방안을 찾아야한다.

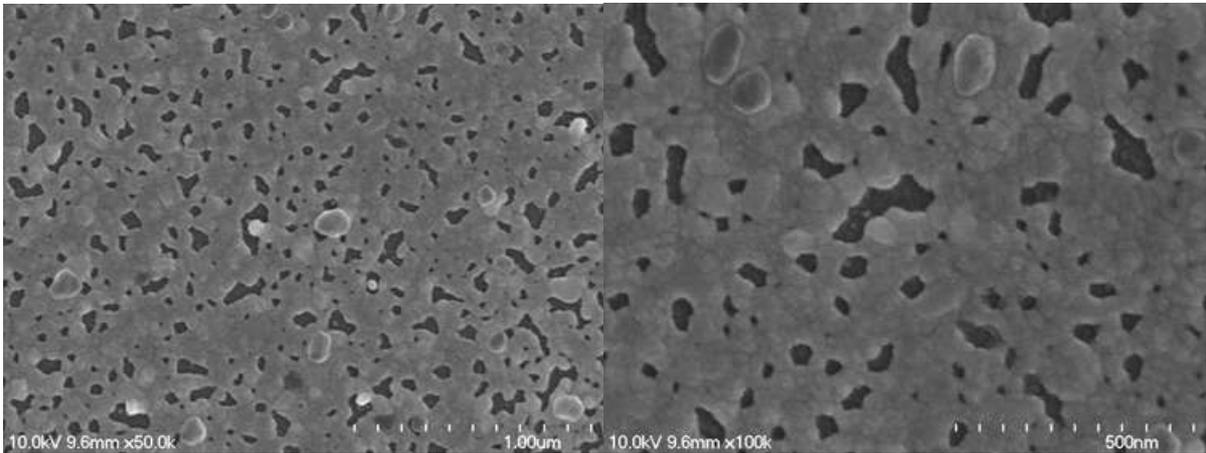


< 금 나노 입자 표면에 SiO₂ 50 nm 증착의 SEM이미지 >



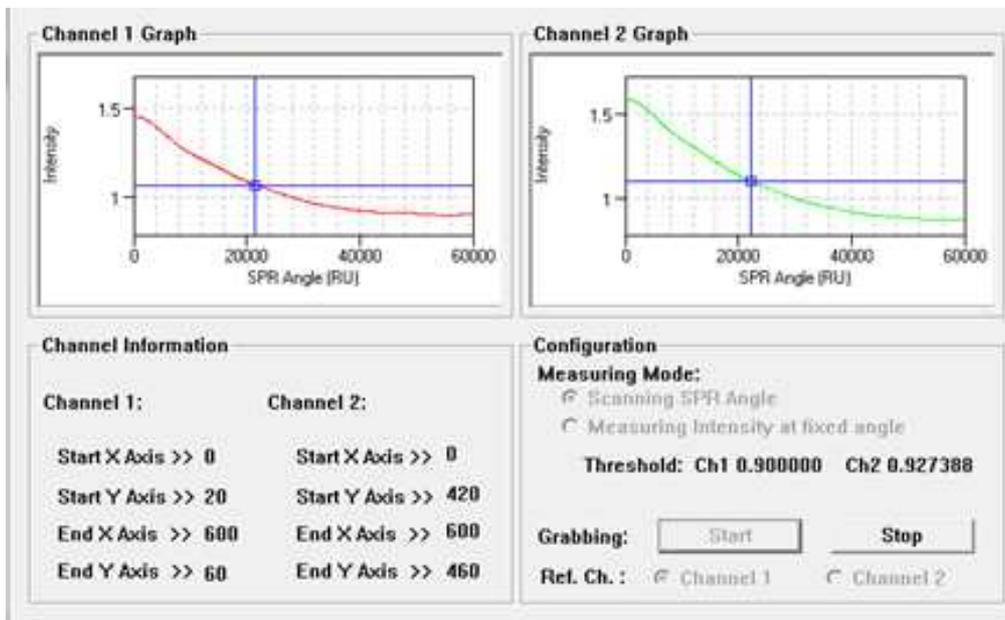
< SiO₂ 50 nm와 100 nm에 대한 SPR 피크 검출 실험 결과 >

금 나노를 이용한 센서칩에서 표면 플라즈몬 공명을 일으키기 위한 방법으로 금 박막을 10 nm 단위로 30 nm 까지 추가 증착을 진행해 보았다. 그림 10은 금 나노 입자 표면에 Au 10 nm를 추가 증착한 칩의 SEM 이미지를 보여준다.



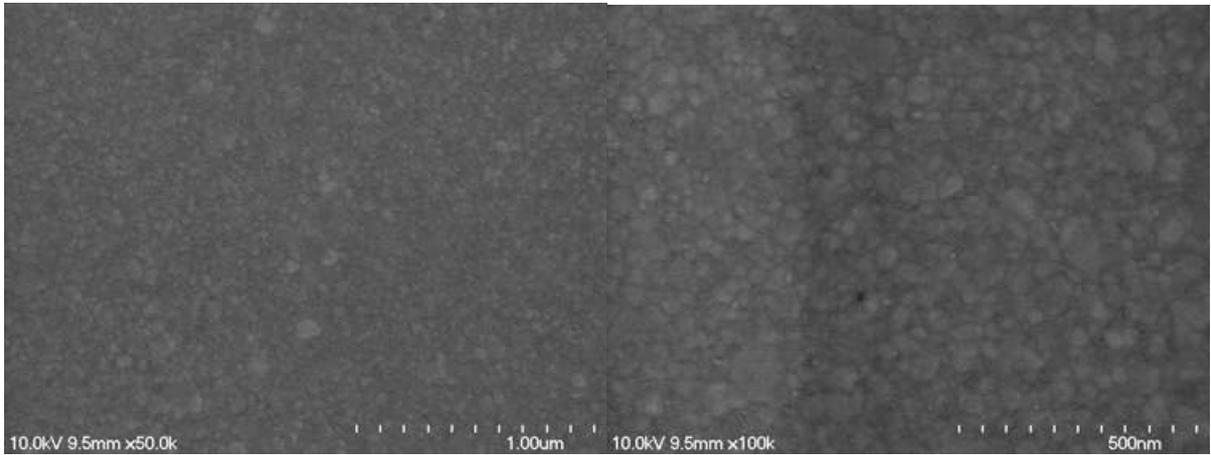
< 금 나노 입자 표면에 Au 10 nm 증착의 SEM이미지 >

아래의 그림은 제작된 칩의 표면 플라즈몬 공명 특성을 측정한 결과이다. 공명각이 크게 나타나지는 않지만 40000 RU 이상의 큰 각에서 점차 공명 피크가 나타나는 것을 보여준다. 따라서 표면의 Au 층 두께를 좀 더 두껍게 할 필요가 있다.



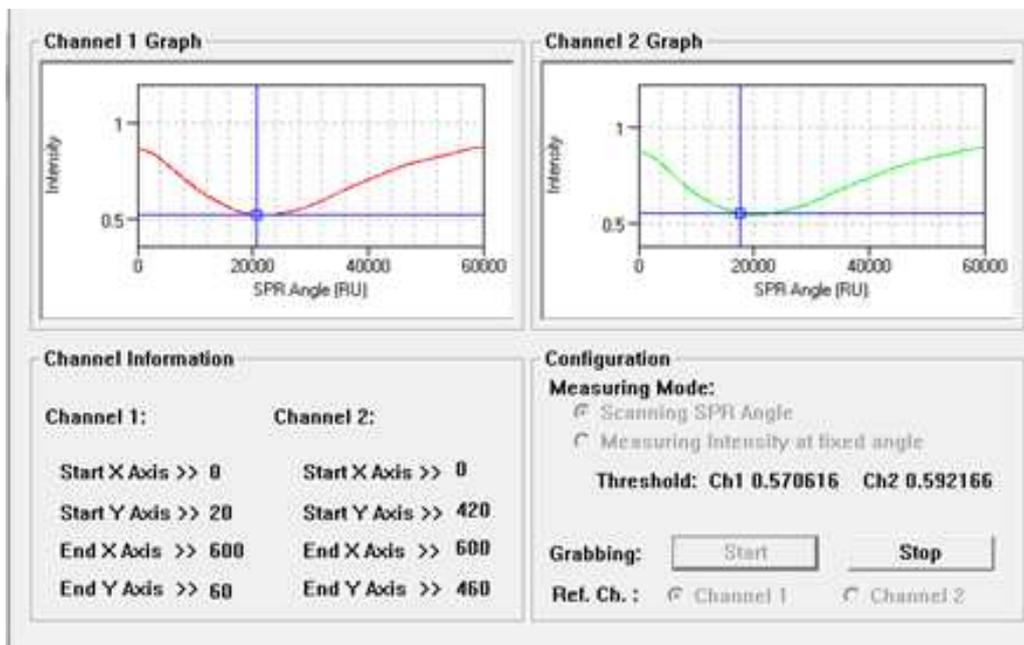
< SPR 피크 검출 실험 결과 >

아래의 그림은 금 나노 입자 표면에 금 박막 20 nm를 추가적으로 증착한 칩의 SEM 이미지를 보여준다. 이에 따른 공명 피크 분석을 진행하였다.



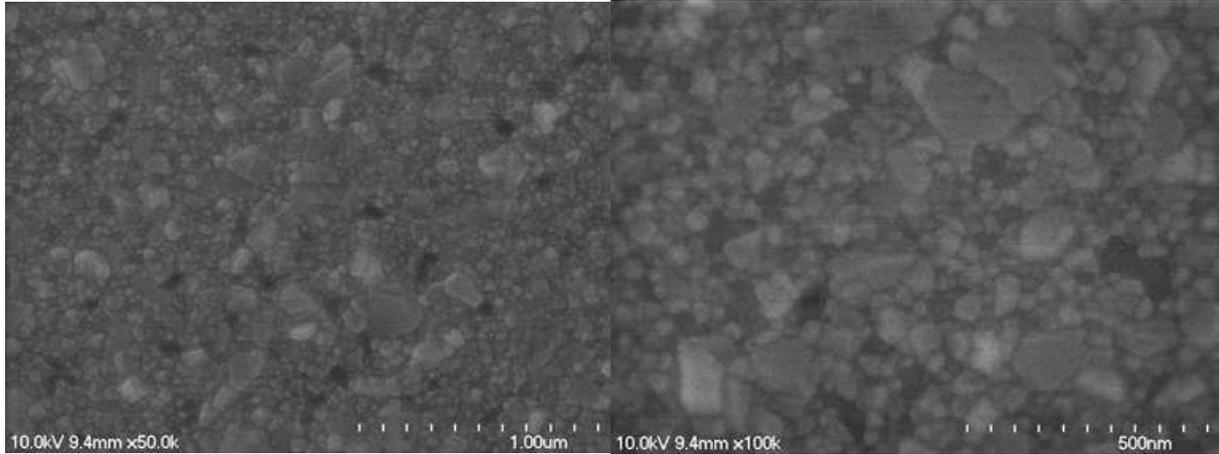
< 금 나노 입자 표면에 Au 20 nm 증착의 SEM이미지 >

아래의 그림을 보면 공명 피크가 20000 RU 부근에서 형성됨은 볼 수 있다. 하지만 피크의 특성이 넓게 나타나므로 이를 보완하고자 금 박막 증착을 추가적으로 진행하였다.



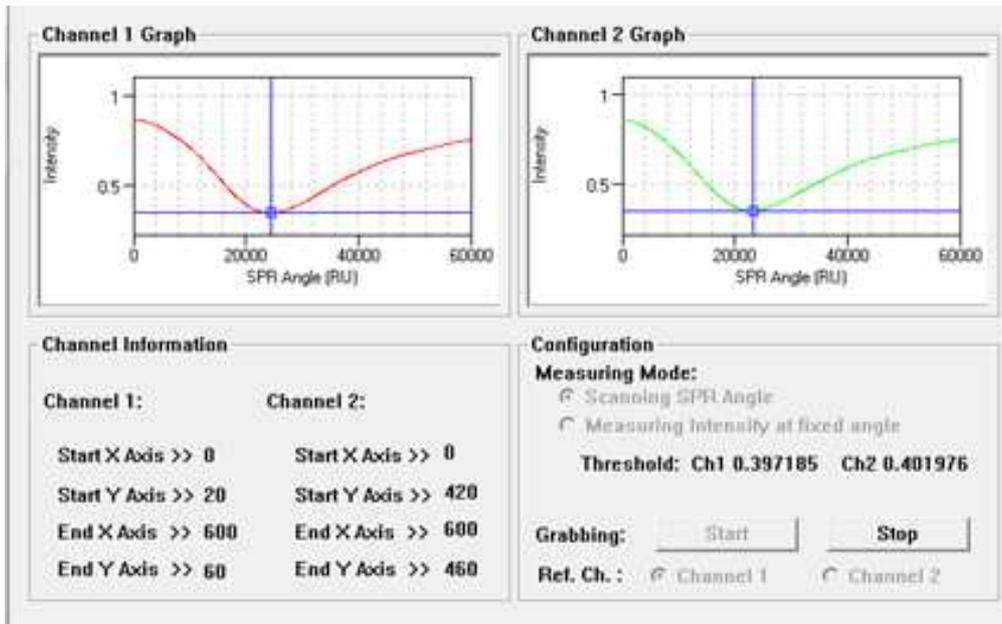
< SPR 피크 검출 실험 결과 >

아래의 그림은 금 나노 입자 표면에 금 박막 30 nm를 추가적으로 증착한 칩의 SEM 이미지를 보여준다. 표면의 금 박막이 두꺼워질수록 금 입자 역시 두꺼워지는 것을 확인할 수 있다. 또한 표면의 굴곡이 생기는 것을 볼 수 있다. 이는 박막 표면적을 더 넓게 가져가는 효과를 주어 항원-항체 반응에 따른 표면 민감도를 증가시키는 효과를 볼 수 있다.



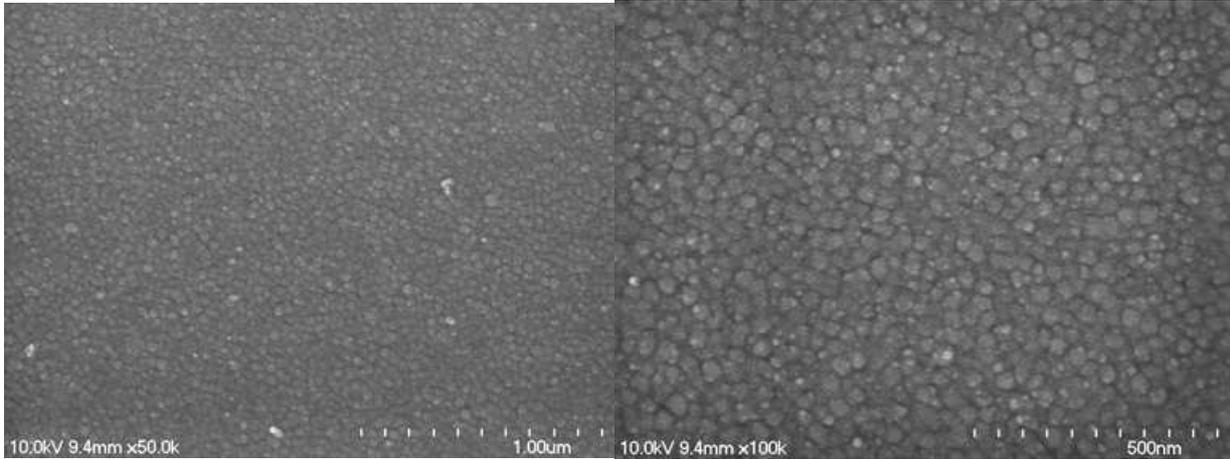
< 금 나노 입자 표면에 Au 30 nm 증착의 SEM이미지 >

아래의 그림을 보면 공명 피크가 24000 RU 부근에서 형성됨은 볼 수 있고, 피크 특성은 이전 결과에 비해 좀 더 뾰족하게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 따라서 추가 금 박막 30 nm 증착을 기본으로 하여 박막을 보호하기 위한 SiO₂ 증착을 진행하였다.

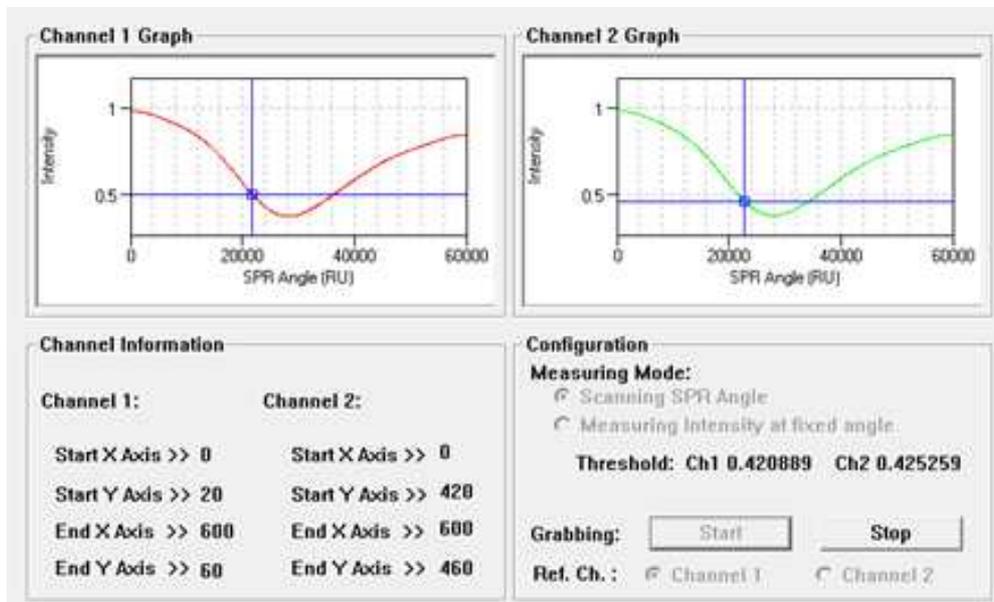


< SPR 피크 검출 실험 결과 >

아래의 그림은 제작된 센서칩의 표면층을 보호하기 위한 SiO₂ 박막 증착의 SEM 이미지를 보여준다. 이를 바탕으로 공명 피크 검출 실험 결과를 보면 위의 그림들의 결과에 비해 아래 그림의 결과에서 4000 RU 정도 큰 각으로 이동한 것을 확인할 수 있다. 이는 표면의 증착층으로 인해 유효굴절률이 변화하였기 때문으로 볼 수 있고, 1.46의 굴절률을 가지는 10 nm 의 SiO₂ 는 대략 0.4도의 크기로 공명각이 변화하는 것을 확인할 수 있다.



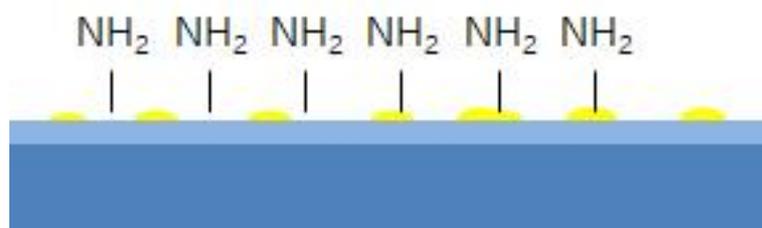
< 제작된 센서칩 표면에 SiO₂ 박막 증착의 SEM이미지 >

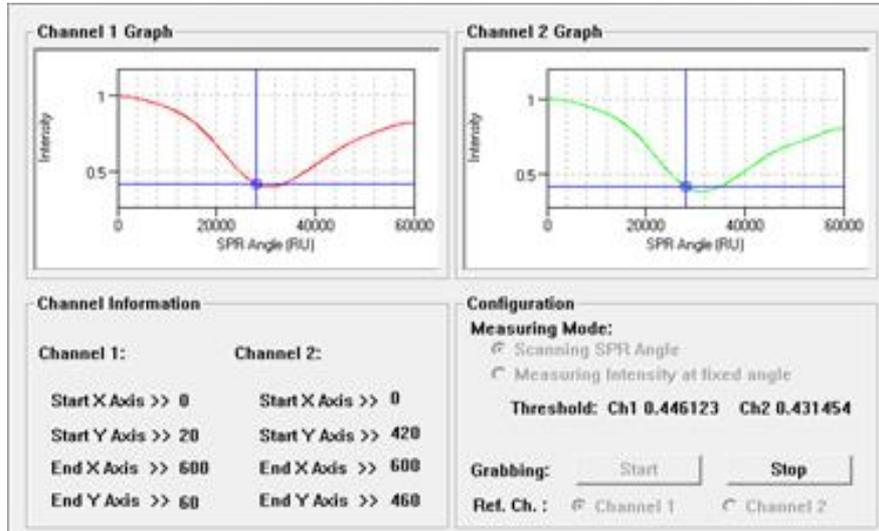


< 위 칩의 SPR 피크 검출 실험 결과 >

○ 제작된 센서칩의 바이러스 측정 단계별 특성 분석

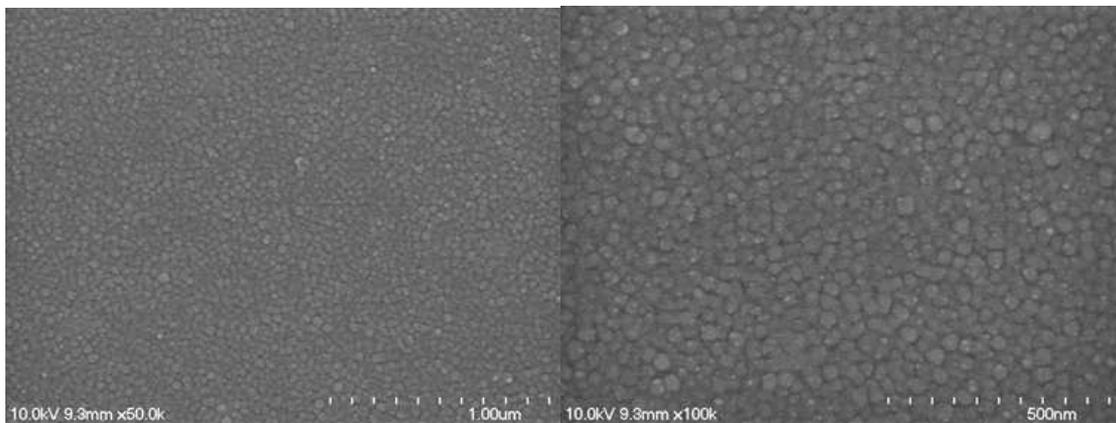
아래의 그림은 제작된 센서칩을 기반으로 표면에 아미노기를 형성한 다음 분석한 결과를 보여준다. 측정값은 29000 RU로 기본 센서칩에 비해 1000 RU 정도 큰 각으로 이동한 것을 확인할 수 있다. 따라서 센서표면에 아미노기가 잘 형성된 것으로 볼 수 있다.





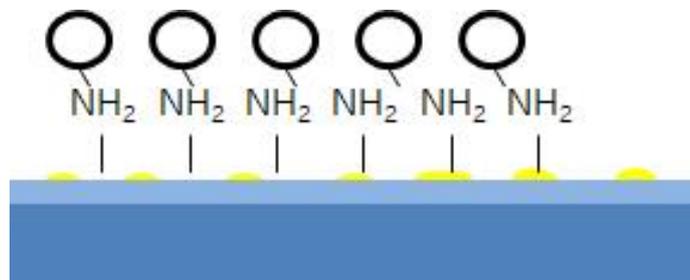
< 센서칩 표면에 아미노기 형성 후 SPR 피크 검출 실험 결과 >

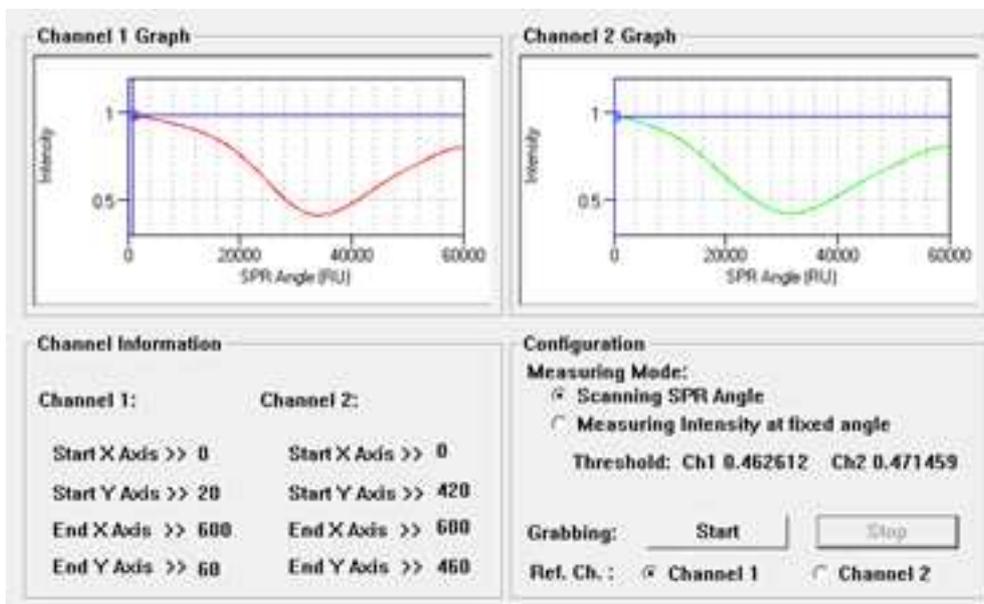
아래의 그림은 센서칩 표면의 아미노기를 SEM을 통하여 본 결과이다. 고분자 물질의 특성상 SEM 이미지에서 그 특징을 알아보는 것은 쉽지 않다.



< 아미노기가 형성된 칩의 SEM 이미지 >

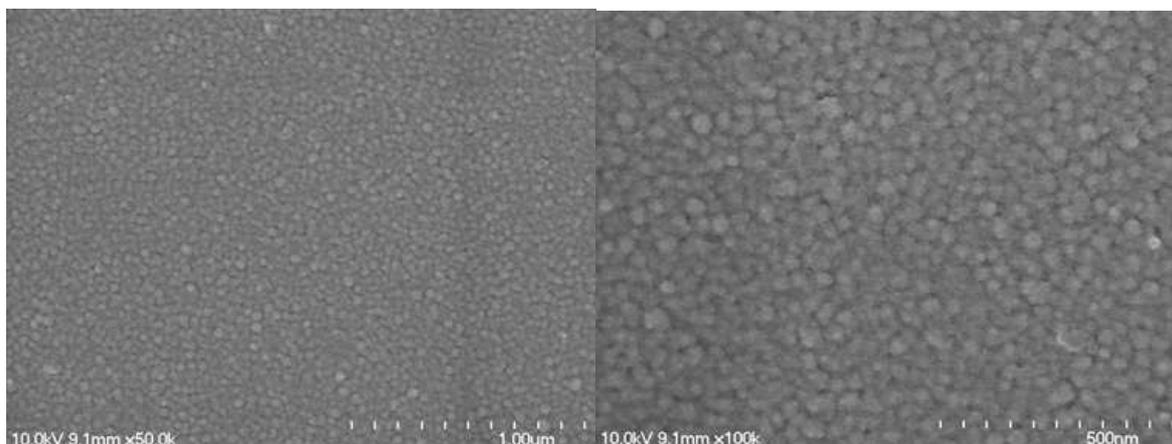
아래의 그림은 아미노기가 형성된 표면을 항체가 붙을 수 있도록 활성화시키기 위해 말레이미드를 부착시키는 과정을 거친 후의 SPR 피크 검출 실험결과이다. 측정값은 32000 RU로 3000 RU 정도 큰 각으로 이동한 것을 확인할 수 있다. 따라서 센서표면에 말레이미드가 잘 형성된 것으로 볼 수 있다.





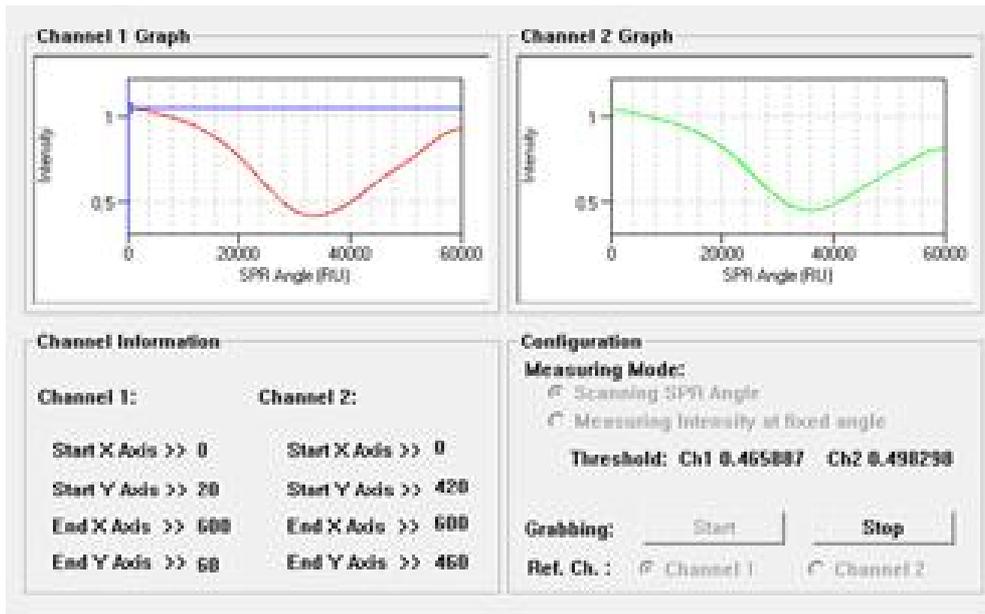
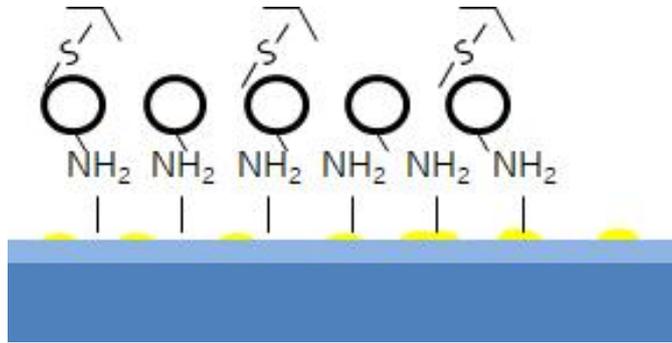
< 센서칩 표면에 아미노기 형성 후 SPR 피크 검출 실험 결과 >

아래의 그림은 센서칩 표면에 활성화된 말레이미드를 SEM을 통하여 본 결과이다. 위의 그림과 비교해서 표면이 조금 더 두꺼워진 것을 확인하였다.



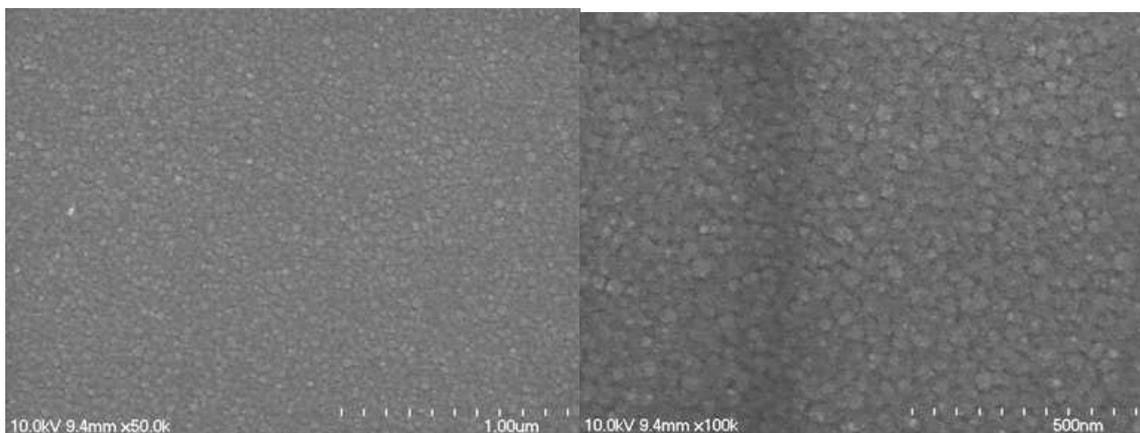
< 말레이미드가 활성화된 칩의 SEM 이미지 >

아래의 그림은 말레이미드가 활성화된 표면에 Partially Reduce PRRSv 항체를 부착시킨 후의 SPR 피크 특성 측정 결과이다. PRRSv 항체는 BLOSS antibodies 사의 Catalog # bs-4504R를 사용하였다. 측정값은 34000 RU로 2000 RU 정도 큰 각으로 이동한 것을 확인할 수 있었고, 이를 통해 PRRSv 검출 실험을 진행하였다.



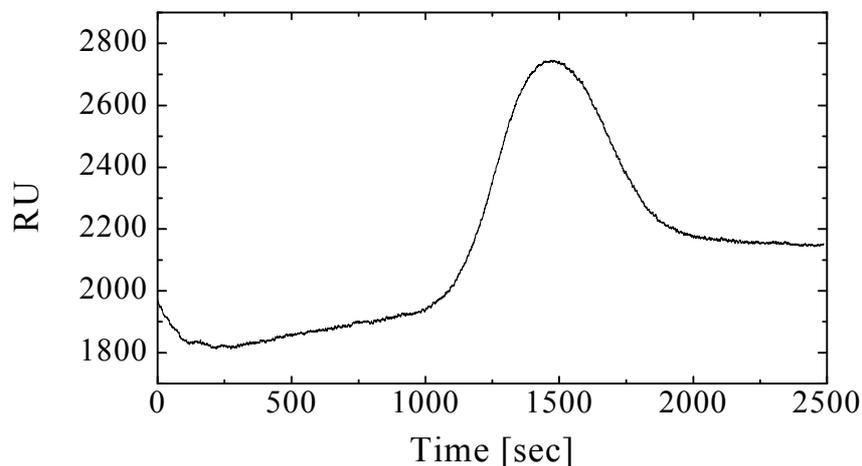
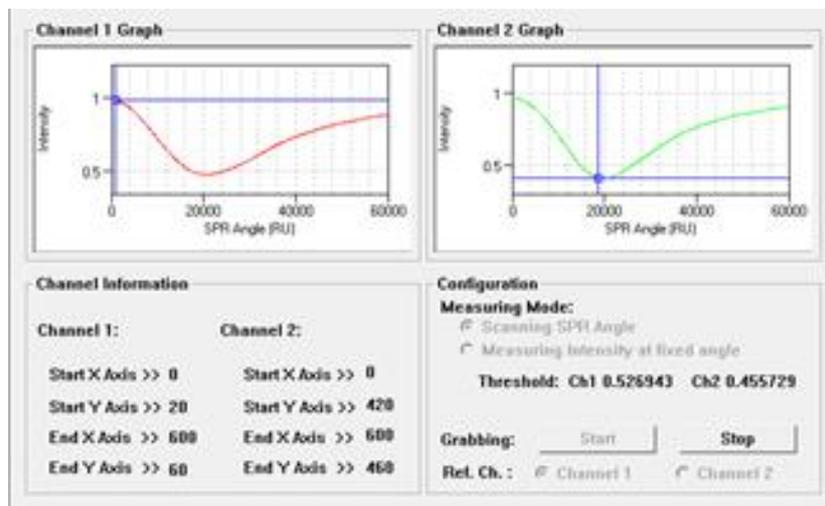
< 센서칩 표면에 아미노기 형성 후 SPR 피크 검출 실험 결과 >

아래의 그림은 PRRS_v 항체가 부착된 칩의 SEM이미지이다. 앞의 이미지와 비교했을 때 표면이 점점 더 두꺼워지는 것을 확인하였다.



< 항체가 부착된 칩의 SEM 이미지 >

아래의 그림은 Partially Reduce 항체가 부착 완료된 칩을 이용하여 PRRSv를 주입하여 검출 반응을 실험한 결과를 보여준다. 채널 1의 붉은 색 SPR 피크 그래프는 reference를 나타내고, 채널 2의 녹색 SPR 피크 그래프는 실제 바이러스가 주입되는 채널을 나타낸다. 우측 그래프 결과는 채널 2 - 채널 1의 결과를 보여준다. 바이러스를 주입하기에 앞서 채널 1과 2는 같은 buffer용액을 주입하여 측정을 시작한다. 출력 그래프가 안정하게 되면, 바이러스를 채널 2로 주입하게 되는데, 바이러스는 PRRS-ATCC VR 2332 strain 생독백신을 사용하였고, 주입량은 100 μl 주입하였다. 플로우셀의 속도는 분당 57 μl 의 속도로 흘러가도록 설정하였다. 바이러스 주입 후 1000 초가 지나면 센서칩의 표면에 도달하게 되고, 이때 표면의 유효굴절률 변화로 인해 채널 2의 SPR 피크 변화가 나타난다. 그 결과 RU 출력값이 증가하게 된다. 값이 점점 증가하다가 다시 바이러스 주입이 끝나고 buffer 용액이 흘러가게 되면서, 센서칩 표면을 덮고 있는 반응하지 않은 바이러스가 씻겨 나가게 된다. 따라서 1500초 부근부터 굴절률 감소로 인해 RU 값이 줄어들게 된다. 이후에 2000초 부근부터는 실제 반응하여 센서칩 표면을 덮고 있는 바이러스만 남게된다. 따라서 저농도의 생독 백신 바이러스 주입시 약 300 RU의 변화를 보이게 된다.



< PRRSv 바이러스 검출 결과 >

아래의 그림은 (3) 과 같이 항체를 일부만 부착시켜 얻어진 결과가 아닌 Sulfhydryl 그룹을 추가시켜 전체적으로 부착시키는 법을 보여준다. 위 검출 결과의 반응도를 더 크게 하고자 시도한 방법인데, 제작방법은 다음과 같다.

10 ml의 coupling buffer를 NaOH를 이용해서 pH 8.0으로 맞춘다.

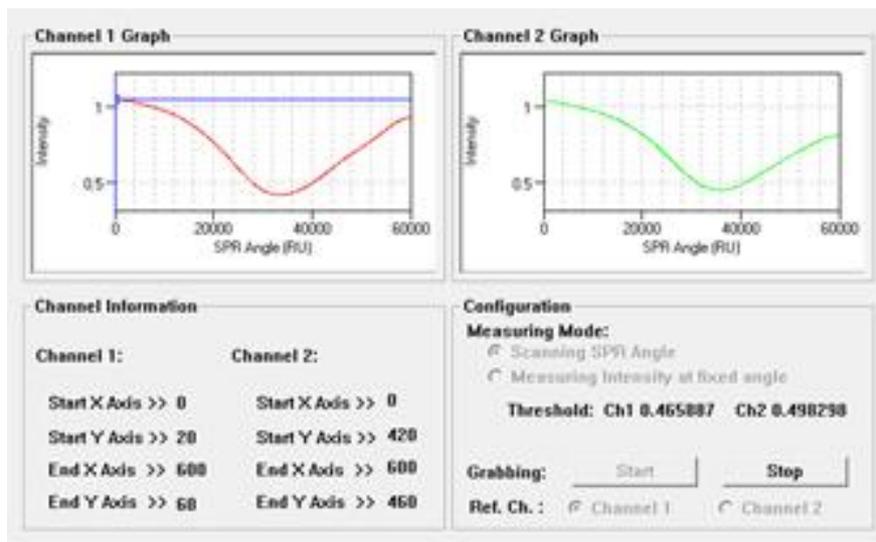
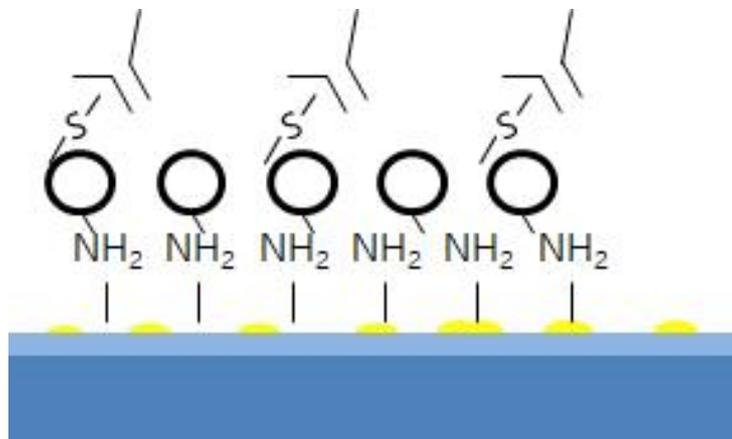
다음으로 4 mg의 Antibody(IgG)를 475 μ l 의 pH조절된 coupling buffer에 섞는다.

2 mg 의 Traut's Reagent (2-Iminothiolane.HCl, Product No. 26101)를 1ml의 pH조절된 coupling buffer에 섞는다.

즉시 25 μ l 의 Traut's Reagent 혼합액을 (2)의 antibody 혼합액에 섞는다.

RT에서 45분간 그대로 둔다.

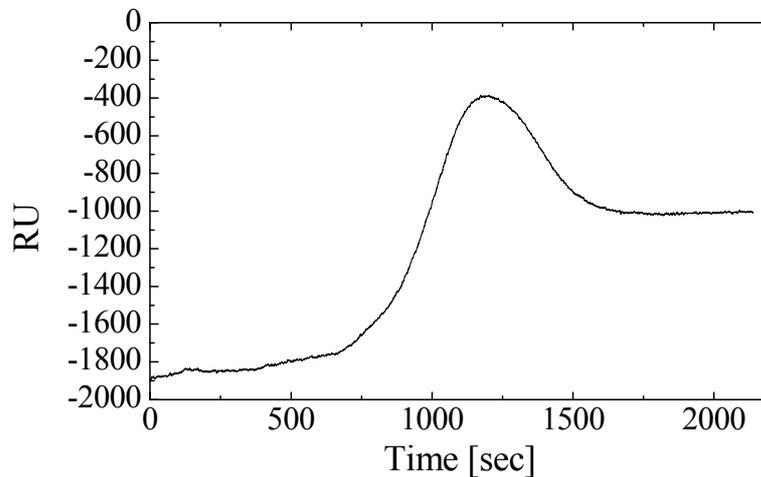
이를 통해 얻어진 antibody를 말레이미드가 활성화된 센서칩에 부착하고 SPR피크를 측정하였다.



< antibody 측정 결과 >

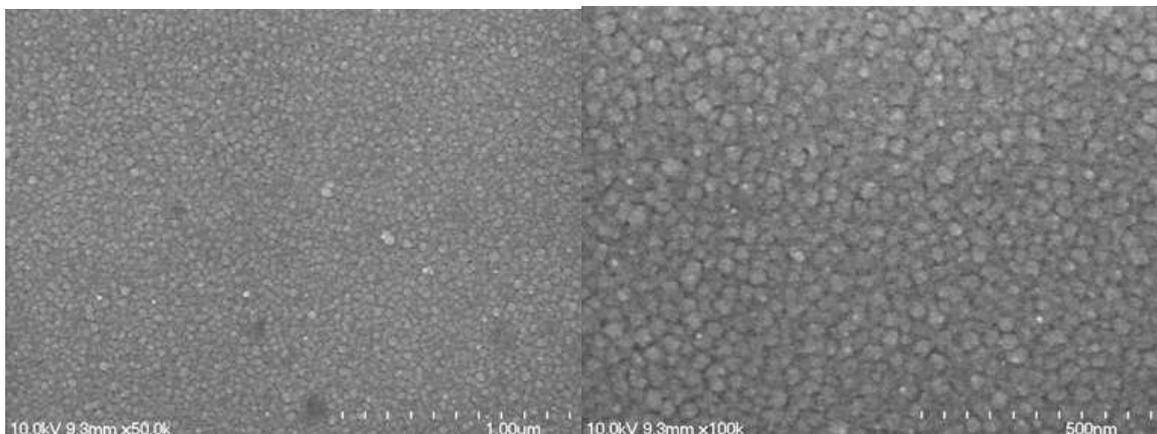
아래의 그림은 항체가 부착 완료된 칩을 이용하여 PRRS_v를 주입하여 검출 반응을 실험한 결과를 보여준다. 그래프 결과는 채널 2 - 채널 1의 결과를 보여준다. 바이러스를

주입하기에 앞서 채널 1과 2는 같은 buffer용액을 주입하여 측정을 시작한다. 출력 그래프가 안정하게 되면, 바이러스를 채널 2로 주입하게 되는데, 바이러스는 PRRS-ATCC VR 2332 strain 생독백신을 사용하였고, 주입량은 100 μ l 주입하였다. 플로우셀의 속도는 분당 57 μ l의 속도로 흘러가도록 설정하였다. 바이러스 주입 후 750 초가 지나면 센서칩의 표면에 도달하게 되고, 이때 표면의 유효굴절률 변화로 인해 채널 2의 SPR 피크 변화가 나타난다. 그 결과 RU 출력값이 증가하게 된다. 값이 점점 증가하다가 다시 바이러스 주입이 끝나고 buffer 용액이 흘러가게 되면서, 센서칩 표면을 덮고 있는 반응하지 않은 바이러스가 씻겨 나가게 된다. 따라서 1250초 부근부터 굴절률 감소로 인해 RU 값이 줄어들게 된다. 이후에 1500초 부근부터는 실제 반응하여 센서칩 표면을 덮고 있는 바이러스만 남게된다. 그 결과 약 800 RU의 변화를 보이게 된다. 이는 앞서 측정된 항체 결과에 비해 500 RU가 더 커진 값으로 추후 실험시에는 위와 같은 방식을 통해 측정하는 것이 더 큰 변화량을 얻을 수 있다는 것을 알 수 있다.



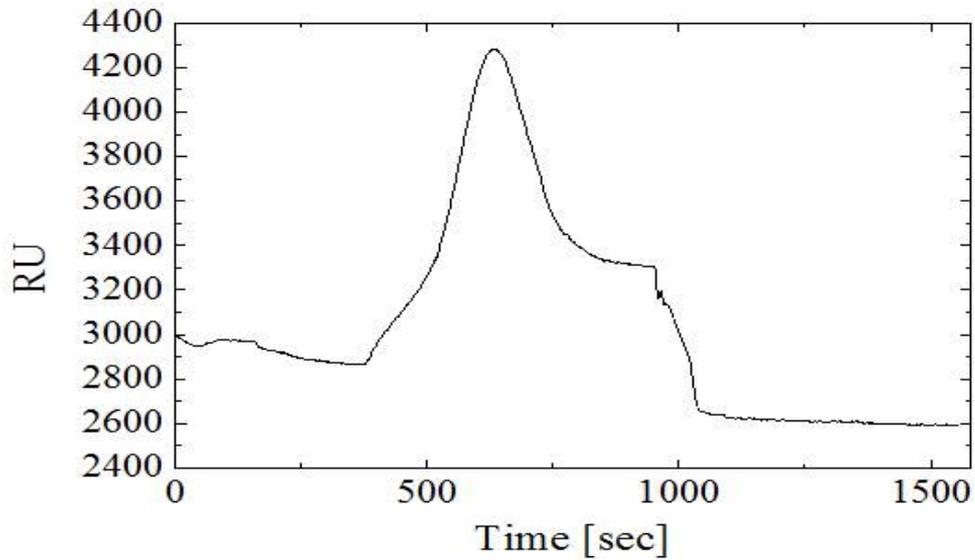
< Add Sulfhydryl antibody의 PRRSv 바이러스 검출 결과 >

아래의 그림은 측정 완료된 칩의 SEM 이미지 결과를 보여준다. 바이러스가 부착되고 표면의 상태가 더 거칠어지는 것을 확인할 수 있다.



< PRRSv 바이러스가 부착된 칩의 SEM 이미지 >

PRRSv 항체가 부착 완료된 칩을 이용하여 돼지유행성설사바이러스 (PED 바이러스)를 주입하였을 때 PRRSv항체가 반응하는지 여부를 확인하기 위해 실험한 결과이다. 같은 조건으로 PED 생독백신을 주입했을 때 400 sec에서부터 칩 표면에 도달하기 시작해서 PRRSv 바이러스에 비해 크게 RU값이 증가하게 된다. 하지만 600 sec부근부터 buffer 용액이 도달하면서 RU값이 감소하기 시작하는데, 표면에 반응하는 바이러스가 없기 때문에 전체적으로 씻겨나가게 된다. 이후 1000 sec가 지나면 초기값으로 돌아오게 된다. 전체적으로 RU값이 줄어드는 이유는 표면이 일부 안정화가 되지않아서 PRRSv 항체도 일부가 떨어져나가기 때문으로 보인다.



< PED 바이러스 주입 시의 결과 >

자세한 내용은 한국생산기술원(KITEC)에서 측정한 결과보고서에 나타내었다.

평가결과서

한국생산기술연구원 나노 광융합기술그룹 <small>광주광역시 북구 첨단과기로 208번길 (효오동) (Tel: 062-600-6504, Fax: 062-600-6509)</small>	결과서 번호 MM-17-009 페이지 [1 총 8]	
---	---	--

1. 의 의 자
 - 기관 명 : 한국생산기술연구원
 - 주 소 : 광주광역시 북구 첨단과기로 108번길 9
 - 회의일자 : 2017. 11. 15.
2. 평가결과서의 용도 : 과제 증빙용 (평가승인만 즉시환경 관리시스템 개발)
3. 평가품목/항목 : FE-ESEM을 이용하여 현미 표면형상 및 특성측정 향상
4. 평가품사양
 - 시 료 명 : 나노구조, 바이오센서
 - 시료 크기 : 15 mm x 15 mm
 - 시료 수량 : 각 1ea
5. 평가일자 : 2017. 11. 15
6. 평가환경
 - 온도 : (22 ± 1) °C, 습도 : (45 ± 5) % R.H.
7. 평가결과
 - 평가결과 참조

확인	담당자		확인자	
	직 위	연구원	직 위	그룹장
	성 명	박기성	성 명	김기성

본 센터는 생산기술지원사업은 국가연구개발사업의 일환으로 수행되는 사업이며, 본 센터는 본 사업의 성공적인 수행을 위하여 평가결과서도 함께 제출해 달란 등의 요청을 드리고자 합니다. 본 평가결과서는 평가결과서작성요령에 따라 작성, 검토 및 도출물 등으로 제출할 수 있습니다.

평가결과

한국생산기술연구원 나노 광융합기술그룹 <small>광주광역시 북구 첨단과기로 208번길 (효오동) (Tel: 062-600-6504, Fax: 062-600-6509)</small>	결과서 번호 MM-17-009 페이지 [2 총 8]	
---	---	--

I-1. 평가조건

- FE-SEM
 - 평가방법 : High Vacuum Mode(Schottky Field emission)
 - 평가조건 : SEM Surface Image
 - 평가기기 : FE-ESEM(Quanta 300 FEG)

I-2. 평가결과

시료명	Surface	
	x50,000	x100,000
Au_2nm		
Au_2nm+SiO2_5nm		

평가결과

한국생산기술연구원 나노 광융합기술그룹 <small>광주광역시 북구 첨단과기로 208번길 (효오동) (Tel: 062-600-6504, Fax: 062-600-6509)</small>	결과서 번호 MM-17-009 페이지 [3 총 8]	
---	---	--

시료명	Surface	
	x50,000	x100,000
Au_2nm+Au_10nm		
Au_2nm+Au_20nm		

평가결과

한국생산기술연구원 나노 광융합기술그룹 <small>광주광역시 북구 첨단과기로 208번길 (효오동) (Tel: 062-600-6504, Fax: 062-600-6509)</small>	결과서 번호 MM-17-009 페이지 [4 총 8]	
---	---	--

시료명	Surface	
	x50,000	x100,000
Au_2nm+Au_30nm		
Au_2nm+Au_30nm+SiO2_10nm		

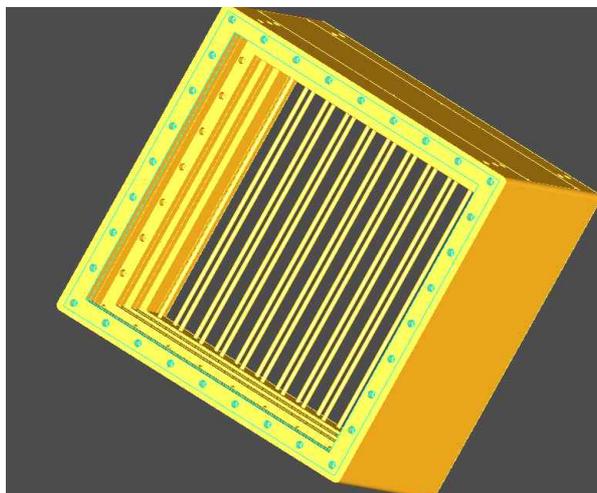


○ 무창 측사 환경 유지 공기정화 시스템 기술 개발

2차년도의 공기정화 모듈을 나타내었다. 아래의 제품은 실제 측사에 적용이 어려웠으며, 이를 타개하기 위하여 항균 필터부분은 측사 내부에 위치하도록 디자인을 실시하였으며, 환기를 담당하는 팬을 측사 외부에 위치하도록 설계하였다. 팬의 경우 대용량을 사용하기 때문에 심한 진동에 의한 공기정화 모듈의 파손을 방지할 수 있는 장점이 있다. 또한 20cm×20cm의 크기를 가지는 공기정화 모듈을 30cm×30cm의 크기로 실제 적용이 가능하도록 변화시켜 제작을 진행하였다.

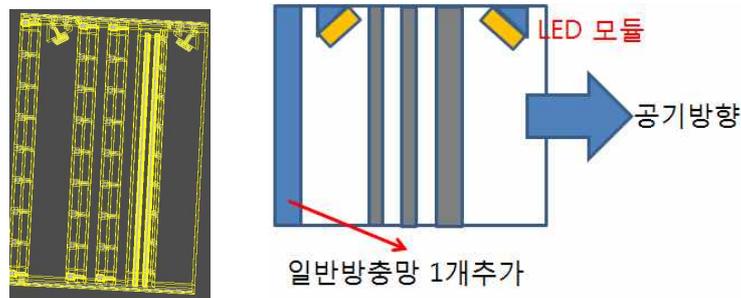


< 2차년도 제작된 공기정화 모듈 >

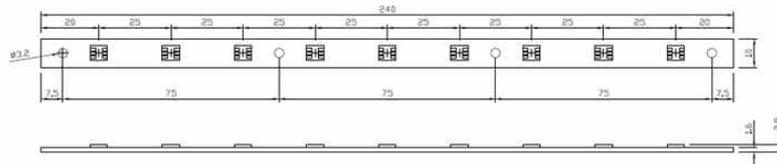


< 3차년도에 설계된 공기정화 모듈 >

2차년도 용액을 이용한 항균 특성 필터 제조를 기반으로 축사 내부에 적용이 가능하도록 필터를 제작하였다. 필터의 특성상 팬의 진동에 의한 특성 변화를 최소화 하고자 팬은 축사 외부에 설치할 수 있도록 설계하였고, 필터는 축사 내부에 위치하여 항균/살균 특성을 나타낼 수 있도록 변경하였다. 변경된 제품에 적용이 가능하도록 LED 모듈에 대한 디자인을 실시하였다. LED 모듈 전년도의 LED 모듈과 달리 공기의 흐름을 최대한으로 하기 위하여 1차년도 개발된 방법을 토대로 대면적 코팅 가능성에 대한 실험을 실시하였고, 이에 대한 결과를 KCL에 의뢰하였다.



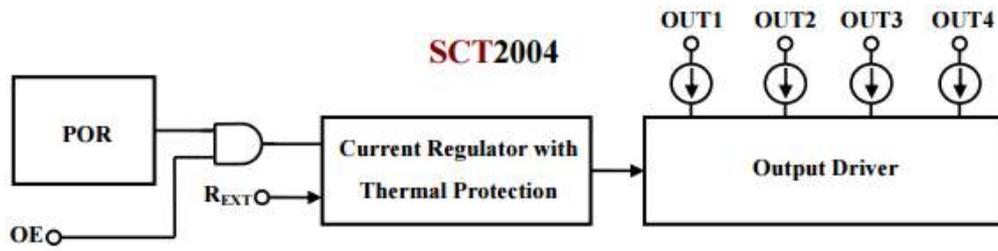
(a) 환풍 시스템 디자인 및 개념도



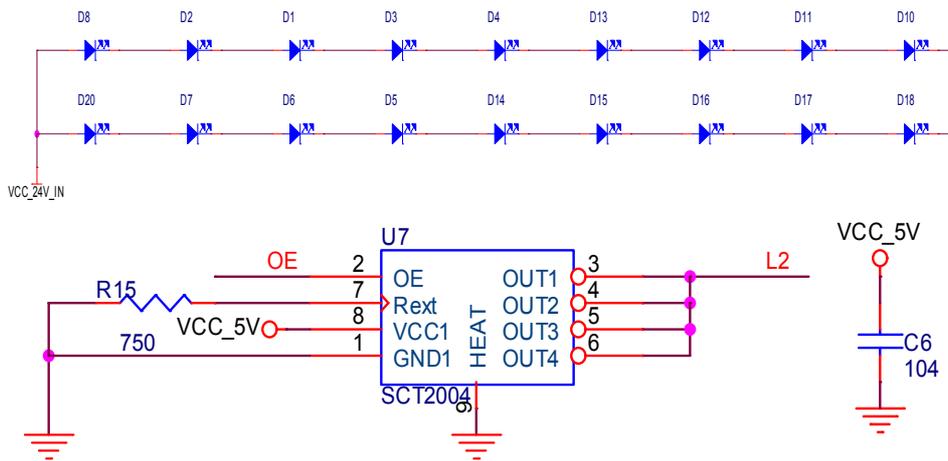
(b) 환풍 시스템 적용을 위한 LED 모듈 디자인
< 공기정화 및 LED 모듈 >

위의 그림은 환풍 시스템 및 LED 제작 도안을 나타내었다. 그림(a)에서 볼 수 있듯이, 5V, 1A의 조건으로 LED 소자내에 전류를 주입하도록 디자인하였으며, LED 소자의 밝기(Intensity)를 오염도에 따라 변화할 수 있도록 디자인을 실시하였다. Intensity의 높고 낮음에 따라 항균/살균 효과가 변화할 것이라 예상하며, 이에 대한 적용이 가능 할 경우, 사용자가 오염도를 쉽게 알 수 있는 신호가 될 것으로 예상된다.

공기정화 모듈에 적용한 LED를 구동할 수 있는 모듈이다. 드라이버로 SCT2004를 사용 하였으며, 외부 PWM 포트를 이용하여 LED 출력 조절이 가능하며 최대 320mA까지 정전류 드라이빙이 가능하도록 설계를 실시하였다. 축사 내부의 소독을 위해서 플라즈모닉 TiO₂ 활성화가 필요하며, 이에 LED 램프 적용을 위한 LED PCB 설계를 진행하였다.

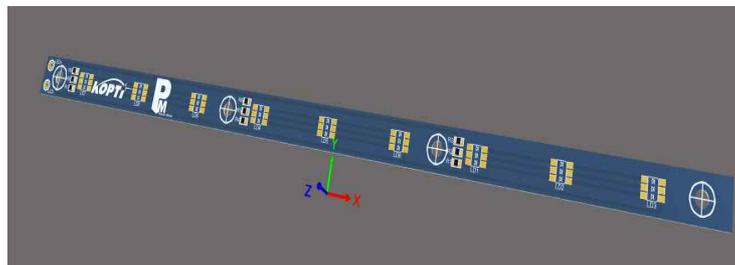


< SCT2004 내부 블록 >



< 자외선 LED 구동 회로 >

위 구동 회로도를 바탕으로 최적의 조건을 성립하여 LED 램프출력 조절이 가능할 수 있도록 LED PCB 아트웍 3D 설계를 추가적으로 진행하였으며, 이를 활용하여 LED 조건 간격을 조절, 최종 LED PCB 제작을 완료하였다. 아래그림은 LED PCB 3D 설계도 및 최종 제작된 LED PCB 시제품을 나타내고 있다.



< LED PCB 아트웍 3D >

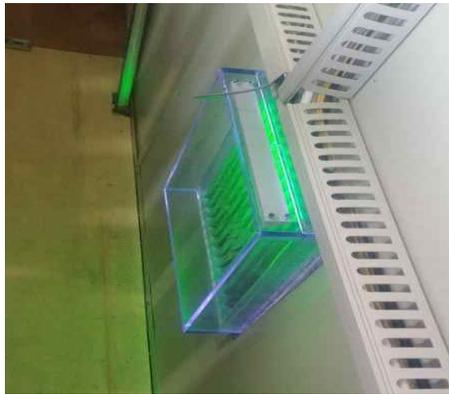


< LED PCB 시제품 >

제작된 LED PCB를 활용하여 최종 조립을 진행하였으며, 필드테스트 적용을 위해 무장축사에 현장 설치를 완료하였다. 이에 최종구동여부를 확인하였으며, LED 램프 출력을 통한 공기정화모듈의 최종 구동을 확인하였다. 아래그림은 최종 제작된 LED PCB 및 공기정화 모듈을 나타내고 있다.

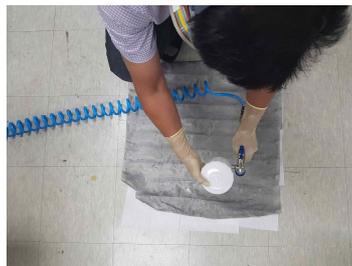


< LED PCB 하우징 조립 >



< 공기정화 모듈 현장 설치 >

2차년도 개발된 방법을 토대로 대면적 코팅 가능성에 대한 실험을 실시하였고, 이에 대한 결과를 KCL에 의뢰하였다.



< 대면적 Mesh 코팅 실험 >

대면적 Mesh 코팅을 실시한 후, 다시 Air를 분사하여 Mesh 내부의 공극에 영향을 주지 않도록 실험을 실시하였다. 먼저 Ag-TiO₂ coreshell이 표면에 부착될 수 있도록 코팅제를 사용하여 1차 공정을 실시하였고, 그 후 Ag-TiO₂ core-shell 을 분사하여 코팅 공정을 진행하였다.

KCL

400-981-402-980



시험성적서

1. 성적서 번호 : CT17-13772
2. 의뢰자
 - 업체명 : 한국광기술원
 - 주소 : 광주광역시 북구 월출동 관단번차로108번길 9 (월출동, 한국광기술원)
3. 시험기간 : 2017년 12월 12일 ~ 2018년 01월 18일
4. 시험성적서의 용도 : 품질관리
5. 시료명 : 타이타늄옥사이드
6. 시험방법
 - (1) 크리자 세사방법

2018년 01월 18일

한국건설생활환경시험연구원



확인	작성 장영민	검토 장계승	재검 김기홍	기술책임 장영민	배상 박성호
----	-----------	-----------	-----------	-------------	-----------

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시험방법에 한하여 결과로서 강제효력에 대한 책임을 부담하지는 않습니다.
 2. 이 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용할 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.

근포시험실 : 15945 경기도 군포시 군포로 149 1F WLLRF군포 006호 (031)399-9100
 대표번호 : 02-1399-9184 통 3881호 통 1881호 양서(20-01-05(3))

KCL

시험성적서

성적서번호 : CT17-13772



<사진 1. 대장균 - BLANK (4 h)>



<사진 2. 대장균 - 타이타늄옥사이드 (4 h)>

이 간 여 백 -----

통 3881호 통 1881호 양서(20-01-05(5))





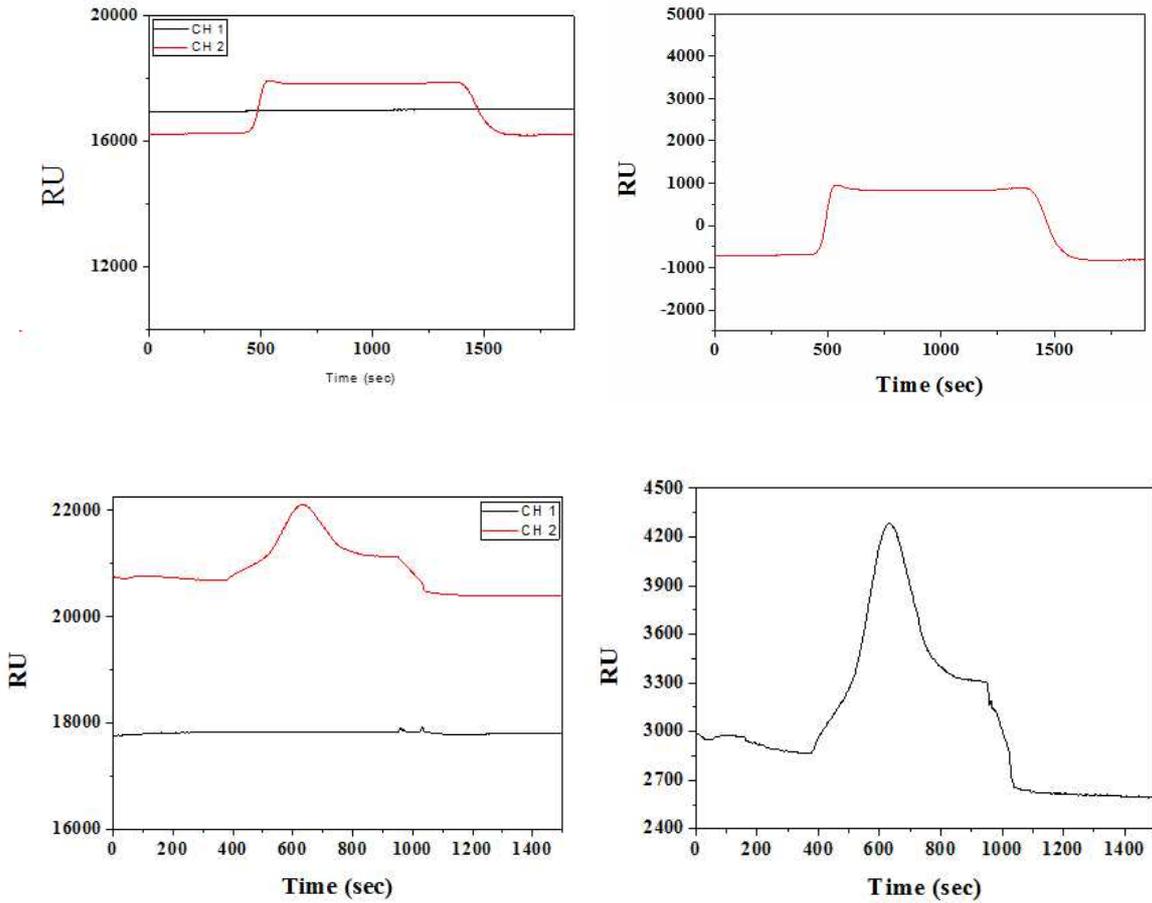
< 항균/살균 Mesh의 세균감소율 >

그 후, 100℃ 오븐에서 3시간 열처리를 실시하여 대면적 열처리를 실시하였으며, 항균/살균효과에 대한 분석을 실시하였다. 2차년도 분석과는 달리 가시광 LED 모듈을 양쪽에 부착하여 그 변화를 관찰하였다. 2차년도는 세균감소율이 대장균에 의한 항균실험에

서 83.3%였고, 황색포도상구균에 의한 항균실험은 88%의 세균감소율을 나타내었으나, 3차년도에 실제 항균모듈을 적용한 실험결과에서 항균/살균 필터 1Layer의 경우 99.9%의 세균감소율을 보이는 결과를 얻었다.

○ PED 바이러스 실험결과

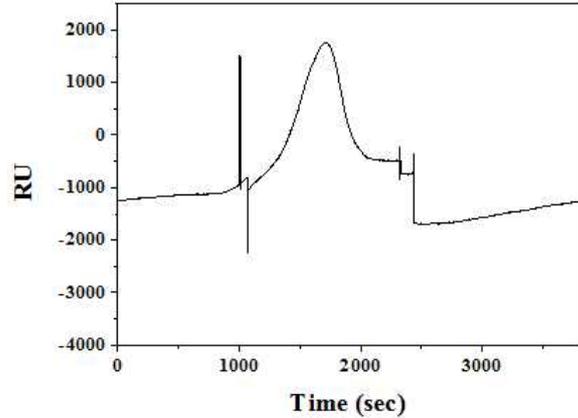
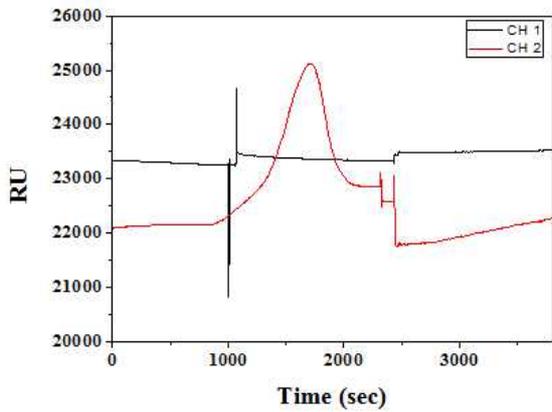
본 연구개발에서는 증류수와 바이러스를 혼합하여 실험을 실시하였으며, 추가적으로 다른 바이러스에 관한 실험을 통하여 PRRSV에 대해서만 반응하는 것을 확인하였다.



<PED 바이러스 실험 결과>

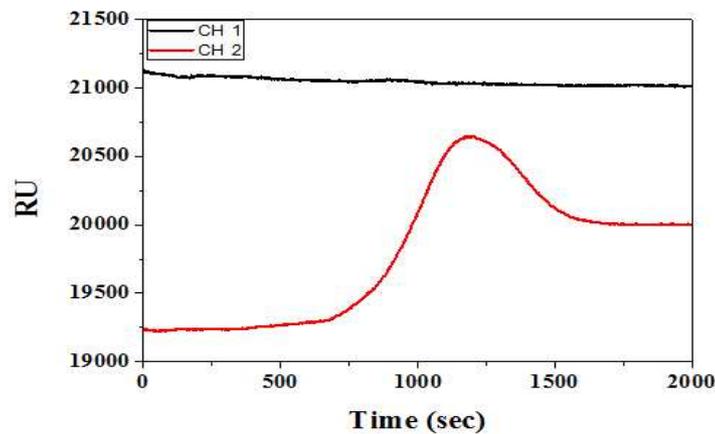
○ 돼지 유행성 설사 실험

PED 및 돼지 유행성 설사 바이러스에 관한 실험을 실시하여 채널에 따른 변화를 관찰하였으며, 이에 따른 결과는 변화가 없어 PED를 비롯한 기타 바이러스에 대한 Selectivity가 있음을 확인하여, PRRSV에 특정화된 바이러스 센싱 기술을 확보하였으며, 이는 조류독감이나 구제역 등에 적용이 가능함을 알 수 있다.

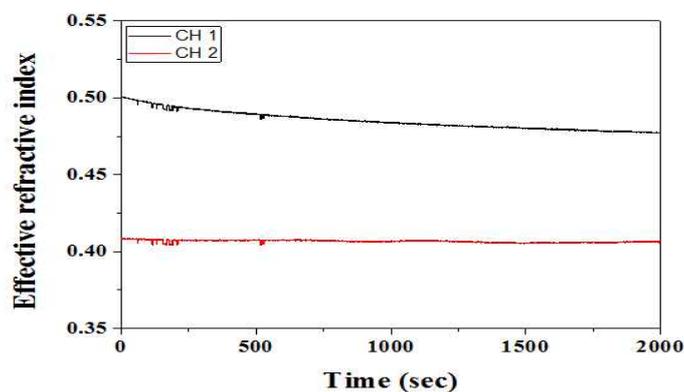


<돼지 유행성 설사 실험 결과>

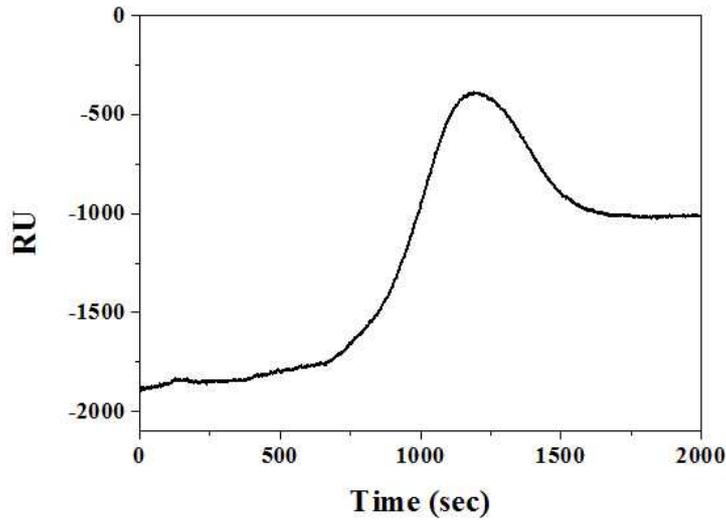
PRRSv에 대한 여러 가지 실험을 진행하였으며, 위의 그래프에서 볼 수 있듯이 특정 부분에서 특이하게 변화하는 오류에 관한 실험을 실시하여 그에 따른 오차를 최소화 하는 실험을 진행하여 돈사 입구에서 실시하는 세척작업에서 PRRSv를 검출하여 바이러스의 돈사 내 진입을 제어 할 수 있도록 제작하였다.



<바이러스 주입시 변화 관측>



<플라즈모닉스 공명 현상에 의한 유효 굴절률 변화 관측>



<PRRS_v 바이러스 측정 결과>

안정적인 특성을 나타낼 수 있도록 기포제어, 제조 시약 최적화 과정을 통하여 PRRS_v가 주입되었을 경우 일정한 변화를 가지도록 플라즈모닉스 센서 제어를 통하여 바이러스 주입 후 약 10분 내에 결과 도출이 가능하도록 제작하였다. 약 1200초의 피크는 외부 액체를 센서 내부로 주입하였을 때 나타나는 일반적인 현상이며, 이후 항원, 항체 반응에 의해 일정한 크기로 변화하는 값을 비교하여 메인 시스템에 입력하였으며, 결과에 따라 항균/살균 필터가 작동할 수 있도록 컨트롤 시스템을 제작하였다.

○ 공기정화 모듈

공기정화 시스템의 경우 같은 방법으로 제작된 공기 청정 시스템의 결과를 첨부하였으며, 응용기기 제작시 90%이상의 살균 효율을 나타낸 시험 결과를 첨부하였다. 본 연구개발에서 사용된 방법을 토대로 공기 청정 시스템 분석을 통해 95% 이상의 살균 효율이 나타남을 확인하였으며, 같은 광원(가시광)을 이용하여 시험을 실시한 결과이다.

KCL 시험성적서

성적서번호 : CT17-107132

7. 시험결과

시험 항목	시험 결과			시험방법	시험환경
	가동 전 농도 (CFU/μl)	가동 후 농도 (CFU/μl)	세균감소율 (%)		
부유미생물 치광 시험	공기정화기(버드) 1.9 × 10 ⁶	8.0 × 10 ⁶	95.7	인양자 채취	(23.0 ± 0.3) °C (50.2 ± 1.0) % RH

- CFU : Colony Forming Unit
- 시험균주 : 폐렴균 (Klebsiella pneumoniae ATCC 4352)
- 용액크기 : 8 μl
- 측정장비 : MAS-100 NT (MERCK, 유량 : 100 L/min)
- 시료 : 채취 (공기정화기(버드))
- 가동시간 : 4 시간
- 결과표 : 농도 : Feller Conversion Table 적용
- 시험장제조건 : 환기 내부에 일정 농도의 시험균주를 분사시키고 시료를 4시간 동안 적용시킨 후 세균감소율 측정.
- 생리환경 및 채취방법 : KS 1 2008-2013 호환

총 4페이지 중 3페이지

양AQP-20-01-06(5)

KCL 시험성적서

성적서번호 : CT17-107132



<사진 1. 대양균 - BLANK (0 h)>



<사진 2. 대양균 - 공기정화기(버드) (4 h)>

총 4페이지 중 3페이지

양AQP-20-01-06(5)

KCL 시험성적서

성적서번호 : CT17-107132



<사진 3. 시료 채취 (공기정화기(버드))>

----- 이 하 여 백 -----

총 4페이지 중 4페이지

양AQP-20-01-06(5)

o Zigbee 기반 센서용 무선 통신 모듈 개발

필드테스트를 위한 간이 측사 시스템 개발을 위하여 Zigbee 기반 센서용 무선 통신 모듈 개발을 실시하였다. 간이측사의 경우 설치기간이 필요하므로 이에 대한 기술개발을 우선 실시하여 필드테스트를 진행하고자 연구개발을 실시하였다. 바이러스 검출 정보를 자체 프로토콜을 이용 무선을 통해 (XBEE) 메인 시스템으로 전송하기 위하여 SCT2004 내부 블록에 대한 디자인을 실시하였다.

검출시스템에서 사용되는 PC에서 USB를 통하여 메인시스템에 무선으로 통신과 측사

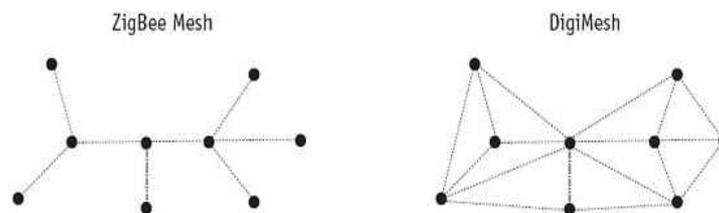
환경상 각 축사간 거리가 수백미터까지 이르므로 장거리 통신이 가능하도록 디자인을 실시하였다. 측정 시스템에서 바이오 센싱 프로그램 상 PC를 사용해야 하므로 별도의 시스템을 마련하지 않고 테스트베드에 적용하고자 한다.



< SCT2004 내부 블록 >

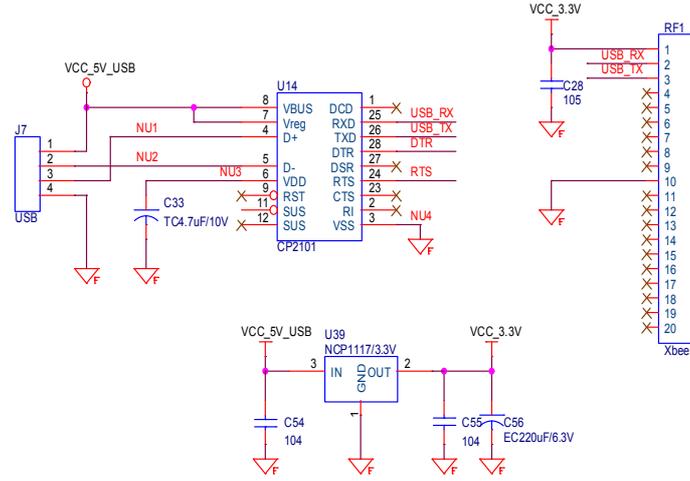
사용되는 주파수 대역은 2.4ghz 주파수 대역에서 작동 되며 PAN ID 와 CH 설정을 통해 여러개의 그룹이 설정 가능하도록 설계하였다. 이는 오염문제 뿐 아니라 차압센싱등 앞으로 설치하게 될 여러 기능을 가지는 센싱 시스템을 위하여 그룹을 나누어 사용하고 자 한다. 또한 축사와 축사간의 거리가 멀 경우에도 Mesh 기능을 지원하기 때문에 별도의 중계기가 없어도 장거리 통신이 가능하다는 장점이 있다.

칩 , 와이어 , 다이폴 , 패치 안테나를 거리에 따라 선택하여 적용이 가능하며 와이어 안테나 적용시 개방거리에서 90M 이상 통신이 가능함으로 어느정도 장애물이 있는 일반 축사 내부에서도 충분히 통신이 가능 하도록 디자인을 실시하였다.



< Mesh 시스템 예시 >

전원은 USB 자체 전원을 이용하며 별도의 전원장치가 필요 없도록 시스템을 단순화하였으며, MCU와 UART로 데이터를 송수신하여 간단히 통신이 가능하도록 설계하였고, 통신 속도는 안정적인 통신을 하도록 9600 bps로 설정 하였다.



< USB TO XBEE 회로도 >

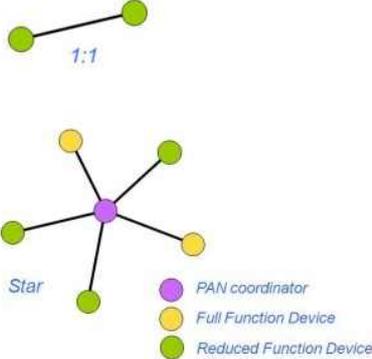
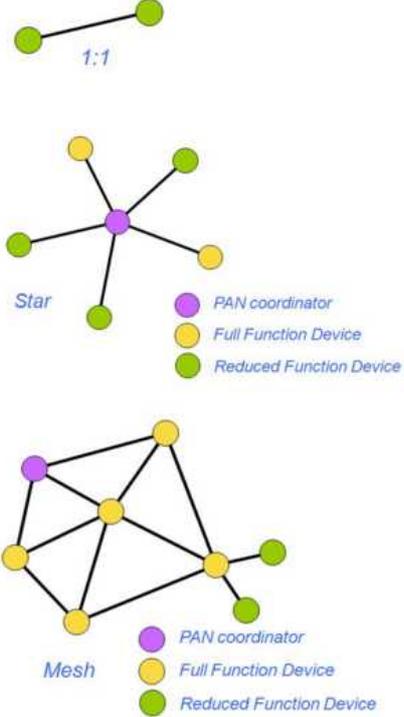
Specification	XBee	XBee-PRO
Performance		
Indoor/Urban Range	Up to 100 ft (30 m)	Up to 300 ft (90 m), up to 200 ft (60 m) international variant
Outdoor RF line-of-sight Range	Up to 300 ft (90 m)	Up to 1 mile (1600 m), up to 2500 ft (750 m) international variant
Transmit Power Output (software selectable)	1mW (0 dBm)	63mW (18dBm)* 10mW (10 dBm) for International variant
RF Data Rate	250,000 bps	250,000 bps
Serial Interface Data Rate (software selectable)	1200 bps - 250 kbps (non-standard baud rates also supported)	1200 bps - 250 kbps (non-standard baud rates also supported)
Receiver Sensitivity	-92 dBm (1% packet error rate)	-100 dBm (1% packet error rate)
Power Requirements		
Supply Voltage	2.8 - 3.4 V	2.8 - 3.4 V
Transmit Current (peak)	45mA (@ 3.3 V)	250mA (@3.3 V) (150mA for international variant) RPSMA module only: 340mA (@3.3 V) (180mA for international variant)
Idle / Receive Current (typical)	50mA (@ 3.3 V)	55mA (@ 3.3 V)
Power-down Current	< 50 µA	< 50 µA
General		
Operating Frequency	ISM 2.4 GHz	ISM 2.4 GHz
Dimensions	0.960" x 1.087" (2.438cm x 2.761cm)	0.960" x 1.297" (2.438cm x 3.294cm)
Operating Temperature	-40 to 85° C (industrial)	-40 to 85° C (industrial)
Antenna Options	Integrated whip, Chip, U.FI Connector, RPSMA Connector	Integrated whip, Chip, U.FI Connector, RPSMA Connector
Networking & Security		
Supported Network Topologies	Point-to-point, Point-to-multipoint & Peer-to-peer	
Number of Channels (software selectable)	16 Direct Sequence Channels	12 Direct Sequence Channels
Addressing Options	PAN ID, Channel and Addresses	PAN ID, Channel and Addresses
Agency Approvals		
United States (FCC Part 15.247)	OUR-XBEE	OUR-XBEEPRO
Industry Canada (IC)	4214A XBEE	4214A XBEEPRO
Europe (CE)	ETSI	ETSI (Max. 10 dBm transmit power output)*
Japan	R201WW07215214	R201WW08215111 (Max. 10 dBm transmit power output)**
Australia	C-Tick	C-Tick

< DIGI-XBEE 특성 >

위의 그림에서 볼 수 있듯이, 축사 내부에서는 90m의 통신거리를 가지며, 축사외부의 경우 1600m의 통신거리를 가진다. 주파수는 ISM 2.4GHz의 주파수 대역을 사용하여 축사 내외부에서 무선 통신 시스템에 적용하고자 한다.

	Zigbee	Bluetooth	Wi-Fi	NFC
대역폭	20, 40 250KBit/s	1.0 MBit/s	11, 54 MBit/s	424 KBit/s
전송거리	~ 100m	~ 10m	~ 100m	~ 0.2 m
소비전력	매우적음	중간	큼	적음
규모	1 : n	1:1	1 : n	1:1
타입	Ad-hoc	Ad-hoc	Point to hub	Point to hub

< 통신별 사양비교 >

802.15.4 통신방식 엑스비(XBee) 통신방식	지그비(ZigBee) 통신방식
시리즈1 (series 1 또는 S1)	시리즈2 (series 2 또는 S2)
일대일 통신, 스타방식 통신	일대일 통신, 스타방식 통신, 메쉬네트워크, 멀티 홉 통신
 <p>The diagram for XBee Series 1 shows two network topologies. The first is a 1:1 connection between two green nodes. The second is a Star topology with a central purple node (PAN coordinator) connected to five peripheral nodes (two yellow Full Function Devices and three green Reduced Function Devices).</p>	 <p>The diagram for ZigBee Series 2 shows three network topologies. The first is a 1:1 connection between two green nodes. The second is a Star topology with a central purple node (PAN coordinator) connected to five peripheral nodes (two yellow Full Function Devices and three green Reduced Function Devices). The third is a Mesh topology with a purple PAN coordinator node connected to a network of yellow Full Function Device nodes, which in turn connect to green Reduced Function Device nodes.</p>
	
구매후 초기설정 없이 즉시 연결후 통신 가능함	구매후 사용하기 위해서는 초기설정 단계가 필요함

< 통신방식 >

순서	TYPE	항목	예	비고	
RTU -> 센서					
0x00	0	HEX	STX	0x02	시작 문자
	1	ASCII	명령 부호	R	읽기(Read)
	2	ASCII	TYPE	E	환경(Environment)
	3	ASCII	데이터	1	ID(123) (0~199)
	4	ASCII	데이터	2	
	5	ASCII	데이터	3	
	6	HEX	ETX	0x03	종료 문자
	7	HEX	Chk	?	Stx-ETx를 더한값 0x02 미만 0x04 8& 0x03이면 0x05로 전송
환경 센서 -> RTU					
0x00	0	HEX	STX	0x02	시작 문자
	1	ASCII	명령 부호	A	응답(Answer)
	2	ASCII	TYPE	E	환경(Environment)
	3	ASCII	데이터	1	ID(123) (0~199)
	4	ASCII	데이터	2	
	5	ASCII	데이터	3	
	6	ASCII	구분	.	구분
	7	ASCII	데이터	0	상태 (0000 - 정상, 0001 - 검출)
	8	ASCII	데이터	0	
	9	ASCII	데이터	0	
	10	ASCII	데이터	0	
	20	HEX	ETX	0x03	종료 문자
21	HEX	Chk	?	Stx-ETx를 더한값 0x02 미만 0x04 8& 0x03이면 0x05로 전송	

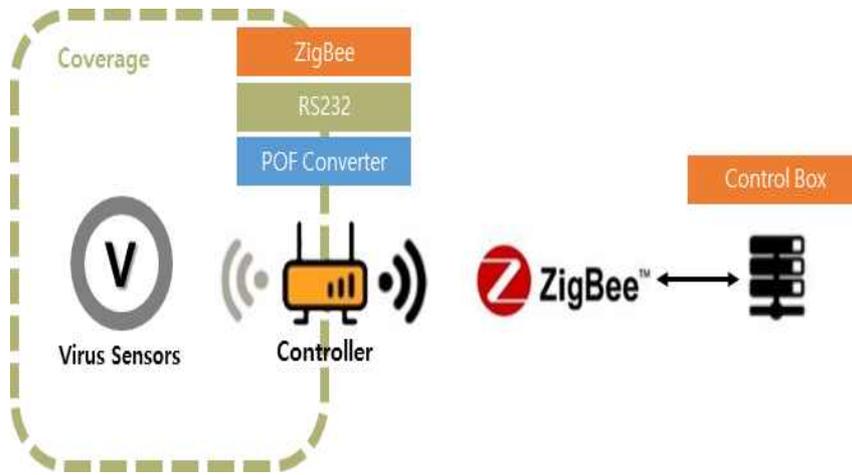
센서 프로토콜은 PC의 센싱 자료를 바탕으로 Data 분석을 통하여 PRRSv에 대한 센싱을 할 수 있도록 제작을 완료하였다. 아래 그림은 제작된 Zigbee 기반 센서용 무선 통신 모듈을 나타내고 있다.



< Zigbee 기반 센서용 무선 통신 모듈 >

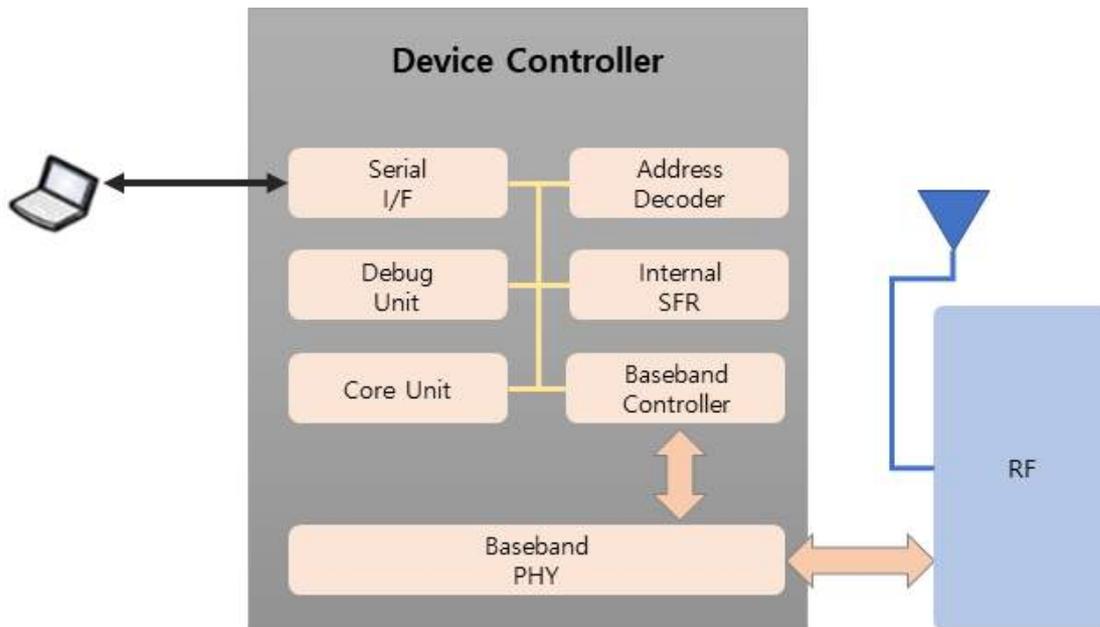
o 유무선 PRRSv 검출 시스템

해당 개발된 PRRSv 검출 시스템은 바이러스를 검출하여 해당하는 통신 컨트롤러를 통하여 Controller Box로 제어 신호를 전달하는 시스템을 구축하였다.



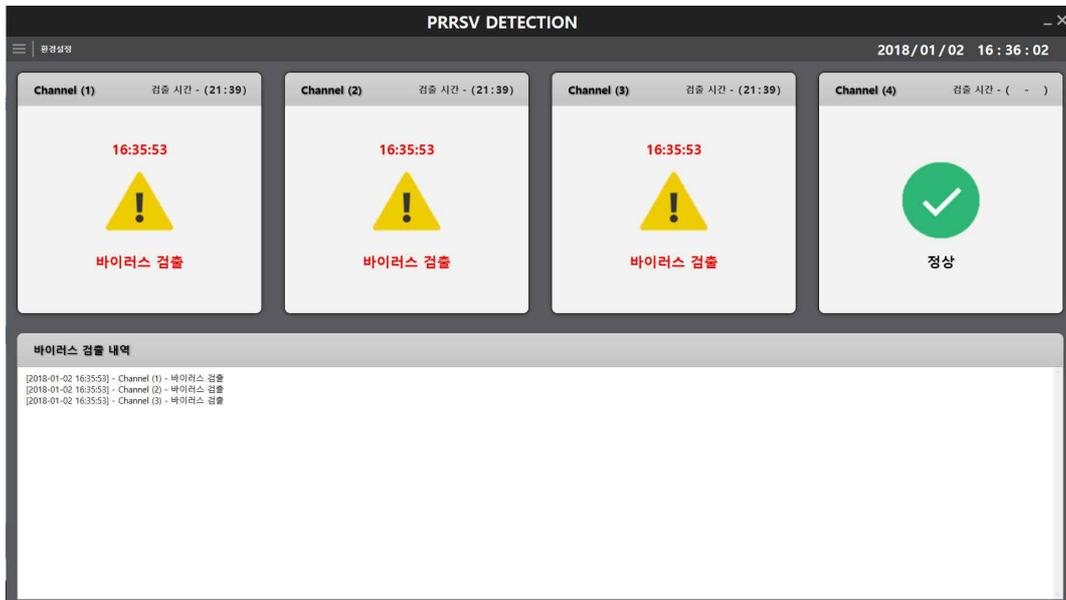
< 구조도 >

개발한 시스템 어플리케이션 및 서비스(Contents)는 아래의 Device Controller를 통하여 데이터 신호를 주고 받을 수 있게 처리하였다.



< Device Controller >

- UI / UX



< 대시보드(메인) 화면 >

대시보드(메인) 화면에서는 현재 날짜 / 시간, 환경설정, 각 채널별 바이러스 검출에 대한 정보, 실시간 바이러스 검출 로그 내역을 볼 수 있게 처리하였다.

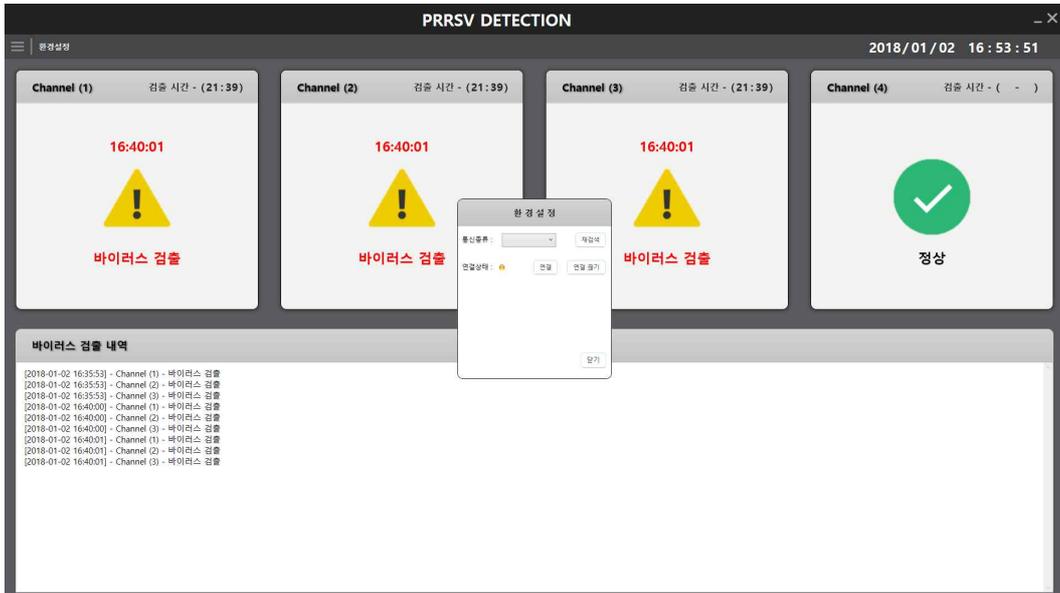


< 상세 설명 화면 >

①은 프로그램 창을 최소화 또는 종료할 수 있는 버튼을 배치하였다.

②는 컴퓨터 날짜와 시간 값에 의거하여 프로그램의 현재 날짜 및 시간을 표시하였다.

프로그램의 현재 날짜 및 시간 값에 의거하여 PRRSV 검출 시간이 정해졌다.

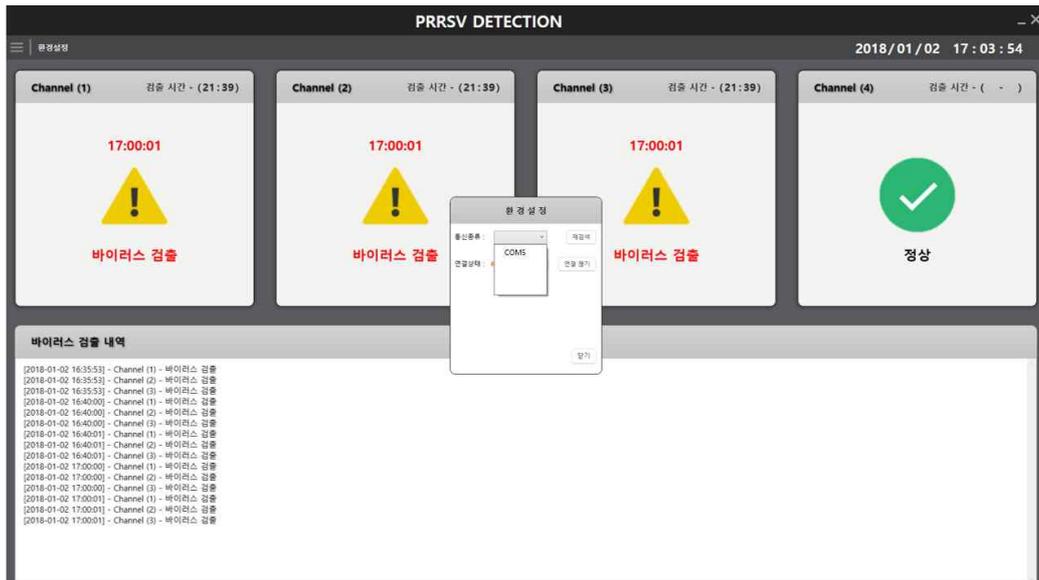


< 환경설정 화면 >

③은 프로그램과 연동하여 PRRSV에 대한 검출 장비에 대한 시리얼 통신을 검색할 수 있으며, 시리얼 통신 연결 및 연결 끊기 기능을 가지고 있다.

환경설정을 통하여 시리얼 통신 상태를 실시간으로 확인이 가능 할 수 있게끔 처리하였다.

(환경설정 화면 참조)



< 환경설정 >

< 환경설정 >과 같이 재검색을 하면 현재 연결할 수 있는 시리얼 통신 종류를 선택

할 수 있으며, 선택된 시리얼 통신으로 연결 / 연결 끊기를 하여 프로그램과 검출 장비 간의 연동이 가능하다.

시리얼 통신이 정상적으로 연결 되면 연결 상태가 녹색으로 변경되며, 연결이 끊어지면 빨간색으로 변경되어 실시간으로 시리얼 통신 상태를 점검 할 수 있다.

④는 각 채널별 현재 PRRSv 검출 상태를 볼 수 있게 처리함. 각 채널에서 PR이 검출되면 검출된 시간을 표시하고, PR검출까지 걸린 시간을 표시함. 정상인 경우, 별도 검출 시간이 표시하지 않게 처리하였다.

⑤는 채널별 검출되는 PRRSv에 대한 로그 내용을 보여줌으로써, 실시간 채널에 대한 PRRSv 정보를 확인할 수 있게 처리하였다.

o 프로토콜

순서	TYPE	항목	예	내용	비고
데이터 응답					
0	ASCII	시작 문자	^	시작 문자	
1	ASCII	데이터	0	바이러스 검출 상태	0 : 정상 1 : 바이러스 검출
2	ASCII	종료 문자	;	종료 문자	

o 알고리즘 소스

- 검출 알고리즘

```
#region Virus_Inspection
private void Virus_Inspection(string list)
{
    mng.chk_list = Array.IndexOf(mng.StreamList, list);

    double Min = MinAVG;
    double Base = base_data_avg;
    bool Minus = false;

    if (MinAVG < 0 && base_data_avg < 0)
    {
        Min = MinAVG * (-1);
        Base = base_data_avg * (-1);
        Minus = true;
    }

    bool chk = false;
    if (Minus)
```

```

    {
        if ((Min - Base) < -500) chk = true;
    }
    else
    {
        if ((Min - Base) > 500) chk = true;
    }

    if(chk)
    {
        mng.chk_list = Array.IndexOf(mng.StreamList, list);
        mng.virus_chk_time[mng.chk_list] = mng.virus_detection.Last();
        mng.virus_chk_msg[mng.chk_list] = "바이러스 검출";
        return;
    }

    mng.chk_list = Array.IndexOf(mng.StreamList, list);
    mng.virus_chk_msg[mng.chk_list] = "정상";
}
#endregion

```

< PRRSV 검출 알고리즘 >

- 환경설정 알고리즘

```

public class SetupControl : Singleton<SetupControl>
{
    // 현재 프로그램이 실행되고 있는 정보 가져오기
    private string Folder = AppDomain.CurrentDomain.BaseDirectory;

    // 파일 명칭
    private string FilePath = null;

    // 최대 사이즈 (글씨)
    private int Size = 255;

    // 설정 값 저장
    public Config Setting = new Config();

    public class 설정
    {
        public class Section
        {
            public const string SERIAL = "시리얼 통신";
        }
    }
}

```

```

    public class Key
    {
        // Serial
        public const string CH = "채널";
    }
}

public class Config
{
    public string CH = null;
}

public string Combine(string Target, string Key)
{
    return Target + "." + Key;
}

public SetupControl()
{
    InitializeComponent();
}

public void InitializeComponent()
{
    // 경로 지정
    Path();

    if (Read(설정.Section.SERIAL, 설정.Key.CH).Length == 0)
    {
        Write(설정.Section.SERIAL, 설정.Key.CH, "COM1");
    }

    // 값 불러오기
    Load();
}

public void Load(string section = null)
{
    Setting.CH = Read(설정.Section.SERIAL, 설정.Key.CH);
}

public void Path(string _FilePath = "Config.ini")

```

```

    {
        FilePath = Folder + _FilePath;
    }

    public void Write(string Section, string Key, string Value)
    {
        WritePrivateProfileString(Section, Key, Value, FilePath);
    }

    public string Read(string Section, string Key)
    {
        StringBuilder temp = new StringBuilder();
        int ret = GetPrivateProfileString(Section, Key, "", temp, Size, FilePath);

        return temp.ToString();
    }

    public void SETTING_SERIAL(string ch)
    {
        Write(설정.Section.SERIAL, 설정.Key.CH, ch);
    }
}

```

< 환경설정(시리얼통신) 알고리즘 >

○ 공인 시험인증 평가

본 연구과제 수행결과는 사업계획서를 토대로 정량적 항목을 도출하기 위하여 공인시험기관에서 시험을 실시하였으며, 한국생산기술원(KITECH), 한국건설생활환경시험연구원(KCL) 에서 분석을 진행하였으며, 정량적 항목을 만족하는 시험분석 결과를 도출하였다.

- 정량적 평가항목 달성도 (목표)

평가항목 (주요성능)	단 위	세계최고 수준 보유국/ 보유기업	기술수 준	최종 개발 목표치	년차별 개발 목표			평가방법
					1차년 도	2차년도	3차년도	
1. 광 손실	dB	1.5 (대만/fire comms)	1.8	<1.5	<1.5	-	-	공인시험 기관(KETI) GR326
2. 인장력	dB	0.2 (일본/ yajaky)	0.2	0.2	0.2	-	-	공인시험 기관(KETI) GR326
3. 광분배기 손실	dB	8.5 (일본/ yajaky)	8.5	<8	<8	-	-	공인시험 기관(KETI) GR326
4. 광 전송속도	Gbps	1.25 (대만/fire comms)	150Mbps	> 1	-	> 1	-	공인시험 기관(KETI) GR326
5. 나노 패턴 형성(Pitch)	nm	150 (미국/ IBM)	~um	<150	200	<150	-	공인시험기관 (KITECH) SEM 분석
6. 나노패턴 구현 (두께)	nm	150 (미국/ IBM)	~um	<50	<50	-	-	공인시험기관 (KITECH) SEM 분석
7. Plasmonics 센서 구조설계	Δn	10-6 (미국 / UCSB)	10-6	10-6	10-6	-	-	설계 결과 제시
8. 산화물반도 체 나노구조 제어	종	-	4종	4종	1종 (박막)	2종 (line, dot)	1종 (mesh)	공인시험기관 (KITECH) SEM 분석
9. Plasmonics 센서 제작	종	-	3종	3종		1종 (random)	2종 (1D/2D)	공인시험기관 (KITECH) SEM 분석
10. Plasmonics 나노센서 (바이러스 감지)	종	-	-	> 1	-	> 1	> 1	공인시험기관 (KITECH)
11. 대면적공기 정화 시스템	Size	-	-	20×20cm	-	15×15cm	20×20cm	공인시험기관 (KITECH)
12. 유해병원균 살균시험	%	-	95	> 99	-	> 97	> 99	공인시험기관 (KICM)

- 정량적 평가항목 달성도 (달성치)

평가항목 (주요성능)	단위	세계최고 수준 보유국/ 보유기업	당해연도 개발 목표치	평가결과	달성도
1. 산화물반도체 나노구조 제어	Gbps	1.25 (대만/firecomms)	1종 (mesh)	달성	100
2. Plasmonics 센서 제작	nm	150 (미국/IBM)	2종 (1D/2D)	달성	100
3. Plasmonics 나노센서 (바이러스 감지)	종	-	> 1	1종 (PRRSv)	100
4. 대면적공기 정화 시스템	종	-	20×20cm	30×30cm	100
5. 유해병원균 살균시험	종	-	> 99	99.9%	100

○ 부록 : 공인인증 시험평가, 매출증빙, 특허출원

- 공인시험성적서



시험성적서

646-910-920-146

1. 성적서번호 : CT17-137769
2. 의뢰자
 - 업체명 : 한국광기술원
 - 주소 : 광주광역시 북구 일출동 첨단벤처로106번길 9 (일출동, 한국광기술원)
3. 시험기간 : 2017년 12월 12일 ~ 2018년 01월 18일
4. 시험성적서의 용도 : 품질관리
5. 시료명 : 타이타늄옥사이드1
6. 시험방법
 - (1) 의뢰자 제시방법

확인	작성일자 생명	장계승	장계승	기술책임자 성명	배상복
----	------------	-----	-----	-------------	-----

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료양에 한정한 방법으로 검체재현에 대한 용인을 인정하지는 않습니다.
2. 이 성적서는 총포, 신장, 광고 및 소송용으로 사용할 수 없으며, 별도 인가의 사용을 금합니다.

2018년 01월 18일
한국건설생활환경시험연구원

본부시험실 : 15945 경기도 군포시 광안로 149 11 WALLEY로포 805호 (031)389-9100
결과문의 : 그린소재평가센터 주 (031)389-9184



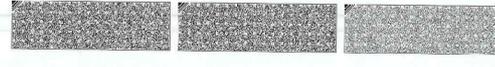
시험성적서

성적서번호 : CT17-137769

7. 시험결과

시험 항목	시험방법	시험 결과			시험환경
		초기농도 (CFU/mL)	4시간 후 농도 (CFU/mL)	세균감소율 (%)	
대장균에 의한 항균시험	BLANK 의뢰자제시 타이타늄옥사이드 1	2.2 × 10 ⁶	2.7 × 10 ⁶	-	(37.0 ± 0.2) °C
		2.2 × 10 ⁶	< 10	99.9	

- * CFU : Colony Forming Unit
- * 사용균주 : *Escherichia coli* ATCC 8739
- * 시료 : 재형[타이타늄옥사이드1]
- * 의뢰자제시방법 : 시료 표면에 시험균주를 접종하고 밀봉으로 밀착시킨 후 의뢰자가 제공한 염프를 5 cm 거리에서 4시간 동안 반응시킨 후 세균감소율 측정.
- * 검증용 준비, 검증방법 및 결과 판독 : KCL-FIR-1003:2011 준함.



시험성적서

성적서번호 : CT17-137769

<사진 1. 대장균 - BLANK (4 h)>

<사진 2. 대장균 - 타이타늄옥사이드1 (4 h)>

----- 이 하 여 백 -----





시험성적서

1. 성적서번호 : CT17-13770
2. 의뢰자
 - 업체명 : 한국광기술원
 - 주소 : 광주광역시 북구 월송동 송단번지로106번길 9 (월송동, 한국광기술원)
3. 시험기간 : 2017년 12월 12일 ~ 2018년 01월 18일
4. 시험성적서의 용도 : 품질관리
5. 시료명 : 타이타늄옥사이드
6. 시험방법
 - (1) 의뢰자 제시방법

확인 작성자 김계승 김계승 기술책임자 임매삼 박
 비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시험명이 환경문 결과로서 환경저해에 대한 영향을 보증하지는 않습니다.
 2. 이 성적서는 온도, 선도, 광도 및 소용량으로 사용될 수 있으나, 온도 이외의 사항을 보증합니다.

2018년 01월 18일

한국건설생활환경시험연구원

군포시용실 : 15845 경기도 군포시 금단로 149 1" VALLEY로포 806호 (031)389-9100
 군포문지 : 그린소생활환경센터 준 (031)389-9184

용 3페이지 중 1페이지

양식QP-20-01-05(S)



시험성적서

성적서번호 : CT17-13770

7. 시험결과

시험 항목	시험방법	시험 결과			시험환경
		초기농도 (CFU/mL)	4시간 후 농도 (CFU/mL)	세균감소율 (%)	
대장균에 의한 항균시험	BLANK 의뢰자제시 타이타늄옥사이드 2	1.0 × 10 ⁸	1.6 × 10 ⁸	-	(37.0 ± 0.2) °C
		1.0 × 10 ⁵	< 10	99.9	

※ CFU : Colony Forming Unit

※ 사용균주 : *Escherichia coli* ATCC 8739

※ 시료 : 제품[타이타늄옥사이드2]

※ 의뢰자제시방법 : 시료 표면에 시험균주를 접종하고 밀봉으로 밀착시킨 후 의뢰자가 제공한 용프롬 5 cm 거리에서 4시간 동안 반응시킨 후 세균감소율 측정.

※ 검증원 준비, 검증방법 및 결과 판독 : KCL-FIR-1003-2011 준함.

용 3페이지 중 2페이지

양식QP-20-01-06(S)



시험성적서

성적서번호 : CT17-13770

7. 시험결과

시험 항목	시험방법	시험 결과			시험환경
		초기농도 (CFU/mL)	4시간 후 농도 (CFU/mL)	세균감소율 (%)	
대장균에 의한 항균시험	BLANK 의뢰자제시 타이타늄옥사이드 2	1.0 × 10 ⁸	1.6 × 10 ⁸	-	(37.0 ± 0.2) °C
		1.0 × 10 ⁵	< 10	99.9	

※ CFU : Colony Forming Unit

※ 사용균주 : *Escherichia coli* ATCC 8739

※ 시료 : 제품[타이타늄옥사이드2]

※ 의뢰자제시방법 : 시료 표면에 시험균주를 접종하고 밀봉으로 밀착시킨 후 의뢰자가 제공한 용프롬 5 cm 거리에서 4시간 동안 반응시킨 후 세균감소율 측정.

※ 검증원 준비, 검증방법 및 결과 판독 : KCL-FIR-1003-2011 준함.

용 3페이지 중 2페이지

양식QP-20-01-06(S)





시험성적서

1. 성적서 번호 : CT17-13772
2. 의뢰자
 - 업체명 : 한국광기술원
 - 주소 : 광주광역시 북구 월송동 첨단벤처로108번길 9 (월송동, 한국광기술원)
3. 시험기간 : 2017년 12월 12일 ~ 2018년 01월 18일
4. 시험성적서의 용도 : 품질관리
5. 시료명 : 타이타늄옥사이드
6. 시험방법
 - (1) 의뢰자 제시방법

확인 작성자 장계승 김승익 김승익 김승익 김승익

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시험명에 관한 결과로서 관제제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
 2. 이 성적서는 총포, 연탄, 광고 및 소총방으로 사용할 수 없으며, 별도 의뢰의 사용을 금합니다.

2018년 1월 18일

한국건설생활환경시험연구원

군포시점심 : 15845 경기도 군포시 공단로 149 1" VALLEY군포 805호 (031)389-9100
 결과문의 : 그린소재평가센터 한 (031)389-9184

☎ 3페이지 중 1페이지

양식QP-20-01-05(5)



시험성적서

성적서번호 : CT17-13772

7. 시험결과

시험 항목	시험방법	시험 결과			시험환경
		초기농도 (CFU/mL)	4시간 후 농도 (CFU/mL)	사균감소율 (%)	
대장균에 의한 항균시험	BLANK 타이타늄옥사이드 4	의뢰자제시 1.0 × 10 ⁵	1.6 × 10 ⁵ < 10	- 99.9	(37.0 ± 0.2) °C

* CFU : Colony Forming Unit

* 사용균주 : *Escherichia coli* ATCC 8739

* 시료 : 제품 [타이타늄옥사이드4]

* 의뢰자제시방법 : 시료 표면에 시험균주를 접종하고 밀봉으로 밀착시킨 후 의뢰자가 제공한 챔프를 6 cm 거리에서 4시간 동안 방열시킨 후 세균감소율 측정.

* 검증원 준비, 검증방법 및 결과 판독 : KCL-FIR-1003-2011 준행.

☎ 3페이지 중 2페이지

양식QP-20-01-06(5)



시험성적서

성적서번호 : CT17-13772



<사진 1. 대장균 - BLANK (4 h)>



<사진 2. 대장균 - 타이타늄옥사이드 (4 h)>

----- 이 하 여 백 -----

☎ 3페이지 중 3페이지

양식QP-20-01-06(5)



- 매출증빙

전자세금계산서				승인번호	20170531-41000096-42419455				
공 급 자	등록번호	409-81-76652	중사업장번호	공 급 받 는 자	등록번호	410-86-34185	중사업장번호		
	상호(법인명)	포미(주)	성명		허상휴	상호(법인명)	주식회사 엔투	성명	박찬주
	사업장주소	광주광역시 북구 첨단연신로288번길 30			사업장주소	광주광역시 북구 첨단과기로 333(대촌동, 광주테크노파크 사업회2동 207-1)			
	업태	제조,도소매	종목		광통신관련	업태	제조	종목	기계,정밀기계개발및제작
	이메일	aero0192@bill36524.com			이메일	nto@nnto.co.kr			
작성일자	공급가액	세액		수정사유	비고				
2017-05-31	10,580,000	1,058,000		해당없음					
월	일	품목	규격	수량	단가	공급가액	세액	비고	
05	31	광네트웍스용 POF 점퍼코드	15m	100	32,000	3,200,000	320,000		
05	31	광네트웍스용 POF 점퍼코드	20m	100	38,000	3,800,000	380,000		
05	31	광네트웍스용 POF 점퍼코드	25m	70	44,000	3,080,000	308,000		
05	31	Master Cord	SC/APC	1	500,000	500,000	50,000		
합계금액		현금	수표	어음	외생미수금		이 금액을(청구) 함		
11,638,000					11,638,000				

 본 인쇄물은 국세청 홈택스(www.hometax.go.kr)에서 발급 또는 전송 입력된 전자(세금)계산서입니다. 발급사실 확인은 상기 홈페이지의 "조회/발급>전자세금계산서>제3차 발급사실 조회"를 이용하시기 바랍니다.

전자세금계산서				승인번호	20170531-41000096-41907555				
공 급 자	등록번호	409-81-76652	중사업장번호	공 급 받 는 자	등록번호	409-86-10596	중사업장번호		
	상호(법인명)	포미(주)	성명		허상휴	상호(법인명)	(주)라이트테크	성명	양경윤
	사업장주소	광주광역시 북구 첨단연신로288번길 30			사업장주소	광주광역시 북구 첨단과기로 313, B동 602호(대촌동, 광주하이테크센터)			
	업태	제조,도소매	종목		광통신관련	업태	제조업	종목	광통신부품
	이메일	aero0192@bill36524.com			이메일	wv6311@hanmail.net			
작성일자	공급가액	세액		수정사유	비고				
2017-05-31	13,000,000	1,300,000		해당없음					
월	일	품목	규격	수량	단가	공급가액	세액	비고	
05	31	광네트웍스용 POF 점퍼코드	5m	500	10,000	5,000,000	500,000		
05	31	광네트웍스용 POF 점퍼코드	10m	500	16,000	8,000,000	800,000		
합계금액		현금	수표	어음	외생미수금		이 금액을(청구) 함		
14,300,000					14,300,000				

 본 인쇄물은 국세청 홈택스(www.hometax.go.kr)에서 발급 또는 전송 입력된 전자(세금)계산서입니다. 발급사실 확인은 상기 홈페이지의 "조회/발급>전자세금계산서>제3차 발급사실 조회"를 이용하시기 바랍니다.

전자세금계산서					송인번호	20170831-41000096-57331204					
공급자	등록번호	409-81-76652		중사업장번호	공급받는지	등록번호	305-86-00461		중사업장번호		
	상호(법인명)	포미(주)		성명		허상휴	상호(법인명)	(주)엘투케이플러스		성명	전재필
	사업장주소	광주광역시 북구 첨단연신로288번길 30				사업장주소	대전 유성구 용산동 533-1 미건테크노월드 2차 530호				
	업태	제조,도소매	종목	광통신관련		업태	도소매,제조	종목	레이저및 주변기기		
	이메일	aero0192@bill36524.com				이메일	llokorea@bill36524.com				
작성일자	공급가액		세액	수경사유	비고						
2017-08-31	4,200,000		420,000	해당없음							
월	일	품목	규격	수량	단가	공급가액	세액	비고			
08	31	공기정화용 Filter		150	28,000	4,200,000	420,000				
합계금액		현금	수표	어음	외상미수금		이 금액을 (청구) 함				
4,620,000					4,620,000						

 본 인쇄물은 국세청 홈택스(www.hometax.go.kr)에서 발급 또는 전송 입력된 전자(세금)계산서입니다. 발급사실 확인은 상기 홈페이지의 "조회/발급" > 전자세금계산서 > 제 3차 발급사실 조회"를 이용하시기 바랍니다.

전자세금계산서					송인번호	20171013-41000096-64155941					
공급자	등록번호	409-81-76652		중사업장번호	공급받는지	등록번호	305-86-00461		중사업장번호		
	상호(법인명)	포미(주)		성명		허상휴	상호(법인명)	(주)엘투케이플러스		성명	전재필
	사업장주소	광주광역시 북구 첨단연신로288번길 30				사업장주소	대전 유성구 용산동 533-1 미건테크노월드 2차 530호				
	업태	제조,도소매	종목	광통신관련		업태	도소매,제조	종목	레이저및 주변기기		
	이메일	aero0192@bill36524.com				이메일	llokorea@bill36524.com				
작성일자	공급가액		세액	수경사유	비고						
2017-10-13	5,600,000		560,000	해당없음							
월	일	품목	규격	수량	단가	공급가액	세액	비고			
10	13	공기정화용 Filter		200	28,000	5,600,000	560,000				
합계금액		현금	수표	어음	외상미수금		이 금액을 (청구) 함				
6,160,000					6,160,000						

 본 인쇄물은 국세청 홈택스(www.hometax.go.kr)에서 발급 또는 전송 입력된 전자(세금)계산서입니다. 발급사실 확인은 상기 홈페이지의 "조회/발급" > 전자세금계산서 > 제 3차 발급사실 조회"를 이용하시기 바랍니다.



Full Length Article
Surface plasmon resonance effect of silver nanoparticles on a TiO₂ electrode for dye-sensitized solar cells

Haeng-Yun Jung^{a,b}, In-Seon Yeon^b, Tae-Un Kim^a, Hyun-Chul Ki^{a,*}, Hal-Bon Gu^{b,*}

^a Laser Research Center, Korea Photonics Technology Institute, Gwangju, 500-779, South Korea
^b Department of Electrical Engineering, Chonnam National University, Gwangju, 500-752, South Korea

ARTICLE INFO

Article history:
 Received 31 October 2016
 Received in revised form 27 April 2017
 Accepted 28 April 2017
 Available online 1 May 2017

Keywords:
 Dye-sensitized solar cell
 Silver nanoparticle size
 Local surface plasmon resonance

ABSTRACT

In this study, we exploit local surface plasmon resonance (LSPR) in order to improve the efficiency of dye-sensitized solar cells (DSSCs). In order to investigate the effect of LSPR, Ag nanoparticles of several sizes were formed using electrobeam equipment; sizes were varied by changing the annealing time. DSSCs were fabricated by coating Ag nanoparticles onto a TiO₂ thin film. Finally, TiO₂ nanoparticles were layered onto the Ag nanoparticles via a titanium tetra-isopropoxide (TIP) treatment. This study used nanoparticle-coated TiO₂ thin films as photoelectrodes, and manufactured the cell in the unit of the DSSCs. We compared the behavior of the electrical properties of DSSCs depending on the presence or absence of Ag nanoparticles, as well as on the nanoparticle size. The Ag particles did not affect dye adsorption because the content of Ag particles is very low (0.13%) compared to that in TiO₂ in the photoelectrode. The DSSCs with LSPR showed increased electric current density compared to those without LSPR, and improved the solar conversion efficiency (η) by 24%. The current density of the DSSCs increased because the light absorption of the dye increased. Therefore, we determined that LSPR affects the electrical properties of DSSCs.

© 2017 Published by Elsevier B.V.

1. Introduction

The local surface plasmon resonance (LSPR) of metal nanoparticles is becoming an important area of study, along with its application to surface-enhanced Raman spectrophotometry [1], optical antennas [2], and TiO₂ photocatalysts [3]. When light excites LSPR on the surface of a metal nanoparticle, the radiated light is scattered and absorbed on the particle surface, and an evanescent wave with a strong electromagnetic field is generated [4]. The evanescent wave is not propagated, but rather is localized on the nanoparticle surface, and remains at a distance from the surface less than the diameter of the nanoparticle. LSPR effects enhance optical phenomena such as Raman scattering and light absorption. The level of enhancement strongly depends on parameters such as the dielectric constant, distance, particle size, particle shape, and light wavelength, and thus depends on the combination of the materials and the surface state [5–7].

* Corresponding author.
 ** Corresponding author.
 E-mail addresses: kihce@koptire.kr (H.-C. Ki), hbgu@chonnam.ac.kr (H.-B. Gu).

http://dx.doi.org/10.1016/j.apsusc.2017.04.237
 0169-4332/© 2017 Published by Elsevier B.V.

Taking advantage of the LSPR of metal nanoparticles is recognized as a promising method to improve the performance of photoelectric cells [8]. Recently, semiconductor solar cells using silicon enhanced by surface plasmons have also been reported [9,10]. Many scientists have worked on the improvement of dye-sensitized solar cells (DSSCs) since O'Regan and Grätzel reported them for the first time in 1991 [11]. Several methods have been used to create DSSCs over the past 20 years, including various types of nanostructures [12,13], photosensitive substances [14–16], and electrolytes [17–19]. Any significant improvements to DSSCs have been made in terms of efficiency; the best efficiency is within 12%. There have been many attempts to improve the efficiency through the dye, in order to absorb visible light and far infrared light more effectively. The dye plays a significant role in the absorption of light. The dye generates photo-stimulated carriers, which are injected into the TiO₂ for conduction. The number of carriers stimulated directly by the dye has an impact on the performance of the DSSCs. Therefore, the most effective way to improve the performance of DSSCs is to enhance the light-harvesting efficiency (LHE) of the dye [20,21]. LSPR can improve the solar conversion efficiency (η) of DSSCs by generating a wide electromagnetic field near the surface of

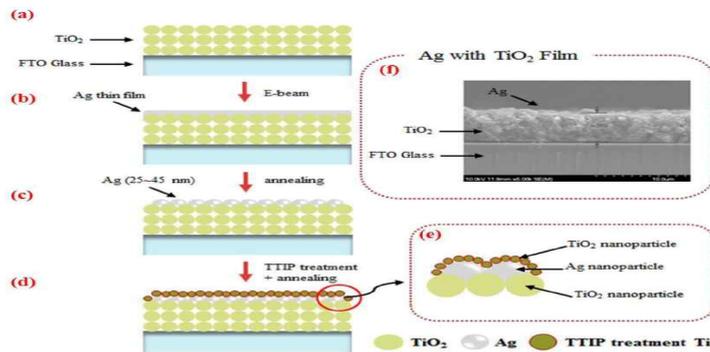
metal nanoparticles and thereby enhancing the light absorption force of the dye in the visible range of wavelengths [22,23]. However, previous researchers showed that if metal nanoparticles were added to a DSSC, the efficiency decreased, which was attributable to the reduced surface area for light absorption due to the oxide semiconductors contacting the dye molecules directly [24]. In this study, we formed silver (Ag) thin films with E-beam equipment onto TiO₂ thin films, which are used as photoelectrodes to improve the performance of DSSCs. The DSSCs were then manufactured using changes to the annealing time to form round nanoparticles of various sizes. By forming the Ag nanoparticles on the TiO₂ thin film, we were able to analyze the energy transfer that occurs between light-absorbing dye molecules. By doing so, this study investigated the mechanism by which Ag nanoparticle size affects DSSC performance.

2. Experimental

The TiO₂ used in this work was synthesized by the sol-gel method: 147 mL of TTIP (titanium tetra-isopropoxide, Aldrich) were added to 1 L of distilled water and stirred for 1 h at 300 rpm using a reactor set at 50 °C. After 1 h, 0.05 M HCl (hydrochloric acid, Aldrich) and 0.0025 M TBAOH (tetrabutylammonium hydroxide, Aldrich) were added and then mixed for 48 h. The mixed solution was dried at 120 °C atmosphere for 28 h in order to obtain TiO₂ powder. A TiO₂ paste was made by combining 2 g of TiO₂ powder, 7 mL of distilled water, 0.68 mL of acetylacetone (Aldrich) and 0.6 g of hydroxypropyl cellulose (Aldrich) at 1250 rpm for 3 h using a paste mixer (PDM-300, DAE HWA TECH, Korea).

The formation process for Ag-TiO₂ thin films is described schematically in Scheme 1. The prepared TiO₂ paste was coated onto the fluorine-doped tin oxide (FTO) glass (8 Ω/sq, Pilkington) using the doctor blade method, and subsequently sintered and calcinated at 450 °C for 30 min (Scheme 1(a)). The Ag thin film on top of the TiO₂ photoelectrode was fabricated using an E-beam evaporator (Scheme 1(b)). The TiO₂ thin film with Ag nanoparticles (25–45 nm) was formed by annealing (Scheme 1(c)). To prevent the corrosion of the Ag nanoparticles by electrolytes, a TIP treatment was carried out on the Ag-TiO₂ thin film, which was then heat treated at 450 °C for 30 min (Scheme 1(d)). The engarment surface of the Ag-TiO₂ thin film is shown in Scheme 1(e), and a cross-sectional image is shown in Scheme 1(f).

The Ag nanoparticles for LSPR were manufactured on the TiO₂ photoelectrode using an E-beam evaporator. The degree of vacuum within the chamber during Ag evaporation coating was maintained at less than 1 × 10⁻⁶ Torr, and the speed of evaporation coating was maintained at 0.5 Å/s. The Ag coating had a thickness of 50 Å and was annealed to form round shapes. The size of the Ag nanoparticles on the TiO₂ thin film were controlled by the annealing time, which varied from 10 to 40 s at 450 °C. The assembly of the DSSCs was performed in accordance with the work of Jung et al. [25]. The Ag-TiO₂ films obtained were immersed in a 0.5 mM ethanol solution of N719 dye (bis-(isothiocyanato)bis(2,2'-bipyridyl)-4,4'-dicarboxylato)-ruthenium(II) bis-tetrabutylammonium, Solaronix) for 5 h. A Pt catalyst (Solaronix) counter electrode was also prepared by the same method as the TiO₂ films. The electrolyte consisted of 0.5 M LiI, 0.05 M I₂, 0.3 M 1,2-dimethyl-3-(2-propylimidazolium), and



Scheme 1. The formation process for Ag-TiO₂ thin films.

0.5 M 4-TBP in 3-methoxy-propionitrile. Sealing was accomplished by hot-pressing two electrodes together at 120 °C for 5 min. The redox electrolyte was injected into the cell through small holes drilled in the counter electrolyte. Finally, the hole was sealed using a 0.1 mm-thick cover glass.

The structural characteristics of Ag formed onto the TiO₂ photoelectrode were analyzed using a field emission scanning electron microscope (S-4700, Hitachi, Japan). The crystalline structure of the Ag-TiO₂ thin film was determined by X-ray diffraction (X'Pert PRO, PANalytical, Netherlands). The UV-vis absorption spectrum and reflection factor were confirmed using a UV-vis-NIR spectrophotometer (Lambda 750, Perkin Elmer, USA).

To observe the internal resistance of the DSSCs, electrochemical impedance spectroscopy (EIS, IM6, Zahner, Germany) was performed at a 5 mV voltage over a frequency range of 0.01 Hz–100 kHz, under illumination by light with an intensity of 100 mW cm⁻² and open circuit conditions. The electron transport time and electron recombination time of the DSSCs were measured using IMPS (intensity-modulated photocurrent spectroscopy, Ivium Technologies, Netherlands) and IMVS (intensity-modulated photovoltage spectroscopy, Ivium Technologies, Netherlands), respectively. The electron injection speed was measured at the frequency and short circuit current condition of 10³–10⁻¹ under 10% modulation with a spectroscopic method

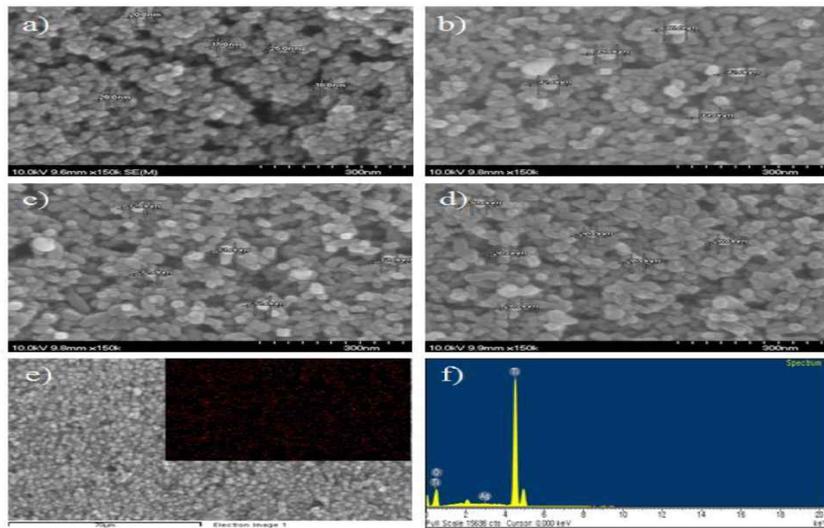


Fig. 1. FE-SEM images of a) pure TiO₂ film and b), c) and d) Ag nanoparticles on TiO₂ film for annealing times of 5 s, 10 s, and 5 min e) Mapping image of an Ag nanoparticle (annealing time 5 min) on TiO₂ film, f) EDX analysis of the Ag nanoparticles on TiO₂.

using a blue light-emitting diode (465 nm), and the recombination time was measured when the condition for open circuit voltage was met. The DSSCs characteristic photocurrent density-voltage (J-V) curves were obtained for an active cell area (0.25 cm²) generated using a Keithley 2400 source meter under white light illumination from a 150 W xenon arc lamp (McScience, Korea) with an incident light intensity of 100 mW cm⁻² (AM 1.5).

3. Results and discussion

Fig. 1 shows FE-SEM images and EDX analysis of an Ag-TiO₂ film. The TiO₂ film with Ag nanoparticles of 25, 35, and 45 nm in diameter were named TiO₂/Ag25, TiO₂/Ag30, and TiO₂/Ag35, respectively. Fig. 1(a) is surface image of a pure TiO₂ thin film; the average diameter of the TiO₂ nanoparticles was approximately 20 nm. Fig. 1(b)–(d) indicate the change in Ag nanoparticle size with an annealing time of 10, 20, and 40 s. As the annealing time increased, the Ag nanoparticle sized decreased, with average diameters of 45, 35, and 25 nm, respectively. These different-sized Ag nanoparticles on the TiO₂ thin film will affect the solar conversion efficiency and charge transfer properties of DSSCs. Fig. 1(e) indicates an Ag nanoparticle mapping image of the TiO₂/Ag25 thin film. As shown in the figure, the Ag nanoparticles (red dots) on the TiO₂ thin film were well dispersed.

Additionally, definite grounds confirming Ag nanoparticle formation on the TiO₂ photoelectrode were obtained from the EDX spectrum in Fig. 1(f). In this spectrum, the Ti peak, O peak, and Ag peak were found. This suggests that Ag nanoparticles are formed on the TiO₂ thin film. The Ag particles did not affect the dye adsorption, because the Ag particle content compared to that of TiO₂ on the photoelectrode is very low at 0.13%.

The XRD patterns of the TiO₂/Ag25 sample are shown in Fig. 2. The diffraction peak at Bragg angles (2θ) of 25.3, 37.1, 38.2, 48.1, 54.1, 55.1, 62.7, 68.9, 70.4, 75.2, and 76.2 correspond to the crystal planes of (0 1 1), (0 1 3), (1 1 2), (0 2 0), (0 1 5), (1 2 1), (0 2 4), (1 1 6), (2 2 0), (1 2 5), and (0 3 1), respectively, indicating the formation of anatase TiO₂ (JCPDS Card No. 21–1272). The 44.33, 64.51, and 77.47 peaks at 2θ correspond to the crystal planes of (0 0 2), (0 2 2), and (1 1 3), respectively, indicating the presence of the Ag nanoparticle (JCPDS Card No. 04–0783). From the XRD results, we can clearly confirm Ag nanoparticle formation on the TiO₂ thin film.

Fig. 3 shows the UV-vis spectra for a pure TiO₂ film and Ag-TiO₂ thin films after N719 dye adsorption (N719+TiO₂ or N719+Ag-TiO₂). The optical absorbance spectrum for N719 dye shows a maximum absorption peak in the visible region at 538 nm. All of

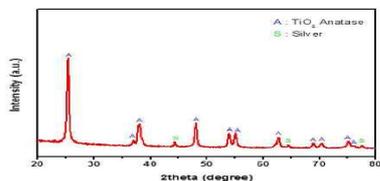


Fig. 2. X-ray diffraction patterns for Ag nanoparticles on TiO₂.

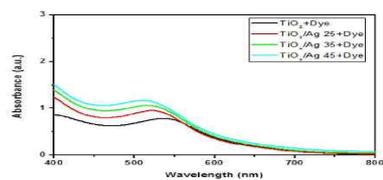


Fig. 3. Absorption spectra of TiO₂/dye and TiO₂/Ag(25, 35, and 45 nm)/dye films.

the absorption peaks for Ag-TiO₂ thin films (TiO₂/Ag25, TiO₂/Ag35 and TiO₂/Ag45) were higher than that of the pure TiO₂ film.

As the size of the Ag nanoparticles increased, the absorption peak amplitudes also increased, and moved towards shorter wavelengths. The increased absorption peak may change the absorption wavelength peak significantly depending on the size and shape of the metal nanoparticles [26]. As the size of the Ag nanoparticle gets larger, forming pentamers, hexamers, and heptamers by combining with the surrounding Ag, the distance between particles gets larger, and thus the plasmon resonance wavelength is blue-shifted [27].

As is well known, the magnitude of the plasmon enhancement effect is closely related to the relative position between the Ag nanoparticle and the dye molecules, and the light-matter interaction is stronger for smaller relative distances [28].

Therefore, a strong electromagnetic field around the Ag nanoparticles will enhance the light absorption efficiency of the dye molecule significantly, which will be observed as an increased photocurrent in the DSSC samples where Ag nanoparticles are present.

The characteristics of the photocurrent density-voltage curves of these DSSCs are indicated in Fig. 4 and the performance parameters of the cells are summarized in Table 1.

The solar conversion efficiency of Ag-TiO₂ thin-film-based DSSCs was higher than that of a pure TiO₂ thin film. The pure TiO₂ thin-film-based DSSC had a solar conversion efficiency of 5.92%, a short circuit photocurrent density (J_{sc}) of 14.00 mA cm⁻², an open circuit voltage (V_{oc}) of 0.702 V, and a fill factor (FF) of 53.13%. The

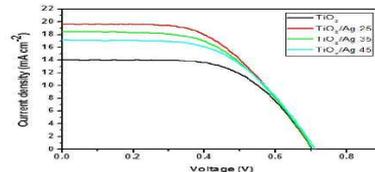


Fig. 4. Photocurrent density-voltage (J-V) curves of the DSSCs with and without Ag nanoparticles.

Table 1
Photovoltaic parameters of DSSCs with and without Ag nanoparticles.

Sample name	V_{oc} (V)	J_{sc} (mA cm ⁻²)	Fill Factor (%)	Efficiency (%)
TiO ₂	0.702	14.00	60.23	5.92
TiO ₂ /Ag25	0.704	19.60	53.13	7.34
TiO ₂ /Ag35	0.706	18.48	53.82	7.02
TiO ₂ /Ag45	0.712	17.13	55.58	6.78

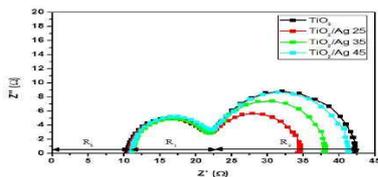


Fig. 5. Impedance of DSSCs with and without Ag nanoparticles.

TiO₂/Ag25-based DSSC displayed a high solar conversion efficiency of 7.34%, a high J_{sc} of 19.60 mA cm⁻², a V_{oc} of 0.704 V, and an FF of 53.13%.

These results, the scattering of light a strong electromagnetic field are considered LSPR offers in DSSCs. Enhanced scattering will increase the J_{sc} due to the increase in optical path length, and an enhanced electromagnetic field will increase the J_{sc} due to the enhancement in photo electron generation.

The solar conversion energy of the TiO₂/Ag25 cell of 7.34% showed an increase of 23.99% over the pure TiO₂ thin film. The solar conversion efficiency of the DSSCs were 5.92%, 7.34%, 7.02%, and 6.78% for the pure TiO₂ film, TiO₂/Ag25, TiO₂/Ag35, and TiO₂/Ag45, respectively. We can see that as the Ag nanoparticle size increased, the solar conversion efficiency of the DSSC decreased. This result was the opposite of that seen for the absorption of light. Therefore, in order to identify these opposite results, we measured the internal impedance (Nyquist diagram) of the DSSCs.

The impedance Nyquist diagrams for the DSSCs with LSPR and without LSPR are indicated in Fig. 5, and the cell EIS parameters are summarized in Table 2.

Generally, from the Nyquist plot it is possible to calculate the resistance (R_s), which is mainly affected by the sheet resistance of the conductive substrate, the resistance (R_1) between the platinum counter electrode and the electrolyte (also known as the charge transfer resistance), and the resistance (R_2) at the photoelectrode/dye/electrolyte interface [29].

In this study, we focused on the effect on the LSPR associated with the transfer of charge at the photoelectrode/dye/electrolyte interface (R_2).

Table 2
EIS parameters of DSSCs with and without Ag nanoparticles.

Sample name	R_s (Ω)	R_1 (Ω)	R_2 (Ω)
TiO ₂	10.41	13.09	19.24
TiO ₂ /Ag25	10.75	11.40	12.12
TiO ₂ /Ag35	11.09	10.88	15.86
TiO ₂ /Ag45	11.01	10.83	19.14

Table 3
Charge capability parameters of DSSCs with and without Ag nanoparticles.

Sample name	Transport time (ms)	Recombination time (ms)
TiO ₂	1.48×10^{-3}	2.01×10^{-2}
TiO ₂ /Ag 25	1.27×10^{-3}	3.04×10^{-2}
TiO ₂ /Ag 35	1.33×10^{-3}	2.72×10^{-2}
TiO ₂ /Ag 45	1.37×10^{-3}	2.17×10^{-2}

Here, in the electron transport time formula (1), f_{max} is the highest frequency obtained from IMPS. In the electron recombination time formula (2), f_{max} is the lowest frequency obtained from IMVS.

The electron transport time of the DSSC at 1 V without Ag is 1.48×10^{-3} ms, and the transport times with increasing Ag nanoparticle size are 1.27×10^{-3} ms, 1.33×10^{-3} ms, and 1.37×10^{-3} ms, respectively. Similarly, the electron recombination times with Ag are 3.04×10^{-2} ms, 2.72×10^{-2} ms, and 2.17×10^{-2} ms, respectively, and without Ag is 2.01×10^{-2} ms. This suggests that as previously mentioned, as the size of the Ag nanoparticle increases, the performance of the DSSCs is deteriorated.

4. Conclusions

This study manufactured round Ag nanoparticles onto a TiO₂ photoelectrode to improve the performance of the DSSCs and investigated the impact of varying the size of the Ag nanoparticle on DSSCs.

It was found that the scope and intensity of the light absorption in the TiO₂ photoelectrode with Ag nanoparticles was more than that without Ag nanoparticles. Additionally, the current density of the DSSCs increased and the PCE also appeared higher. Furthermore, the low content of Ag nanoparticles (0.13%) did not have a great impact on the changes in absorption.

When the diameter of the Ag nanoparticles was 28 nm, the DSSC showed the highest current density and PCE; compared to the DSSC without LSPR, the current density increased by approximately 46% and the PCE by approximately 24%. If the size of the Ag nanoparticle was more than 28 nm, light absorption increased, but the current density and PCE deteriorated. This can be explained by the fact that although the number of electrons generated from the dye increases due to increased light absorption caused by LSPR, all of the electrons cannot be conducted through the TiO₂ and rather may recombine with the holes of the dye or be backward charge transferred, thus increasing recombination with the I_3^- ions of the electrolyte and deteriorating the performance of the DSSCs.

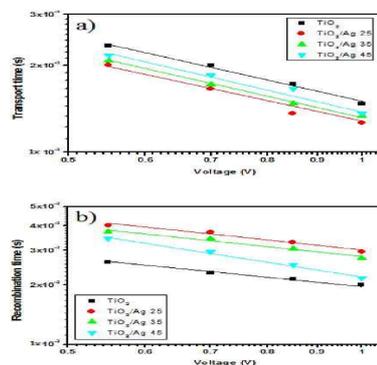


Fig. 6. Charge capabilities of electrons in DSSCs with and without Ag nanoparticles: a) electron transport time, b) electron recombination time.

The resistance R_2 was lower in all of the DSSCs with Ag present, as compared to the pure DSSC. As the size of the Ag nanoparticle gets larger, the resistance R_2 gets higher.

The results for the resistance R_2 with increasing Ag nanoparticle size were 12.12, 15.96, and 19.14 Ω, respectively. The resistance R_2 for the case without LSPR was 20.24 Ω. As the size of the Ag nanoparticles increases, the resistance R_2 gets higher.

This is because the localized surface plasmon effect causes a great deal of electron generation in the dye due to the improved electromagnetic field, but with too much electron generation, the resistance R_2 becomes larger because TiO₂ electrons may recombine with the holes from the dye or be backward charge-transferred due to the saturated state, and then recombined with the I_3^- of the electrolyte. Accordingly, the current density of the DSSC is reduced, as is the power conversion efficiency (PCE).

To better understand the charge transport ability of the DSSCs depending on the effect of LSPR resulting from Ag nanoparticle size, the electron transport time (τ_e) and electron recombination time (τ_r) are calculated and indicated in (a) and (b) of Fig. 6, respectively. The charge capability parameters of TiO₂ with and without Ag at 1 V are summarized in Table 3.

The electron transport time and electron recombination time are calculated according to formula (1) and (2).

$$(\tau_e) = 1/2\pi f_{max} \quad (1)$$

$$(\tau_r) = 1/2\pi f_{max} \quad (2)$$

Acknowledgments

This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (IPET) through (Agri-Bioindustry Technology Development Program), funded by ministry of agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (No. 314083-3).

References

- [1] K. Knetsch, Phys. Today 60 (2007) 40–46.
- [2] M. Danilowicz, L. Novotny, Opt. Phys. Rev. Lett. 98 (2007) 026101–026104.
- [3] K. Chen, C. Durak, J.K. Herlin, H.D. Robinson, Nano Lett. 7 (2007) 254–258.
- [4] R. Joseph Lakowicz, Anal. Biochem. 337 (2005) 171–194.
- [5] T. Yatsui, Y. Nakajima, W. Nomura, M. Ohno, Appl. Phys. B: Lasers Opt. 84 (2006) 265–267.
- [6] R.E. Freeman, M.J. Natan, Science 267 (1995) 1629–1632.
- [7] B. Nohobakht, M.A. El-Sayed, J. Phys. Chem. A 107 (2003) 3372–3378.
- [8] H.A. Atwater, A. Polman, Nat. Mater. 9 (2010) 205–213.
- [9] S. Pillai, K.R. Catchpole, T. Trupke, M.A. Green, J. Appl. Phys. 10 (2007) 093105–1–093105-8.
- [10] S.H. Lim, W. Mar, P. Matheu, D. Derkacs, E.T. Yu, J. Appl. Phys. 101 (2007) 104309–1–7.
- [11] B. Oregon, M. Gratzel, Nature 353 (1991) 737–740.
- [12] C.Y. Chen, M.K. Wang, J.Y. Li, M. Postakulchote, L. Alibabaei, C.H. Ngoc-ke, J.D. Decoppet, J.H. Tsai, C. Gratzel, C.C. Wu, S.M. Zakeeruddin, M. Gratzel, ACS Nano 5 (2009) 3103–3109.
- [13] H. Qin, S. Wenger, M. Xu, F. Gao, X. Jing, P. Wang, S.M. Zakeeruddin, M. Gratzel, J. Am. Chem. Soc. 130 (2008) 9202–9205.
- [14] Y. Bai, Y.M. Cao, J. Zhang, M. Wang, R.Z. Li, P. Wang, S.M. Zakeeruddin, M. Gratzel, Nat. Mater. 7 (2008) 626–630.
- [15] S.A. Cernescu, S.M. Zakeeruddin, M. Gratzel, Y.B. Cheng, L. Spiccia, J. Photochem. Photobiol. A 198 (2008) 186–191.
- [16] S. Ito, S.M. Zakeeruddin, P. Comte, P. Liska, D.B. Kuang, M. Gratzel, Nat. Photonics 2 (2008) 693–698.
- [17] J. Chung, J. Myoung, J. Oh, S. Lim, J. Phys. Chem. C 114 (2010) 21360–21365.
- [18] M.F. Hossain, T. Takahashi, Mater. Chem. Phys. 124 (2010) 940–945.
- [19] S. Yun, J. Lee, J. Chung, S. Lim, J. Phys. Chem. Solids 71 (2010) 1724–1731.
- [20] T.C. Li, A.M. Spiccia, L.K. Shi, G.K. Farha, C.A. Mirkin, T.J. Marks, J.T. Hupp, J. Am. Chem. Soc. 132 (2010) 4580–4582.
- [21] C.Y. Lee, J.T. Hupp, Langmuir 26 (2010) 3760–3765.
- [22] W. Hou, Z. Liu, P. Pawaskar, W.H. Hung, S.B. Cronin, Catal. 277 (2011) 149–153.
- [23] Z. Liu, W. Hou, P. Pawaskar, M. Aykol, S.B. Cronin, Nano Lett. 11 (2011) 1111–1118.
- [24] C.K.N. Peh, L. Ke, G.W. Ho, Mater. Lett. 64 (2010) 1372–1375.
- [25] H.Y. Jung, C.Y. Lee, H.C. Kwon, H.B. Gu, Mater. Lett. 153 (2015) 140–142.
- [26] T. Shiratori, T. Teramichi, S. Hasegawa, M. Miyabe, J. Phys. Chem. B 107 (2003) 2719–2724.
- [27] Ming-Ming Jiang, Hong-Yu Chen, Bing-Hui Li, Ke-Wei Liu, Chong-Xin Shan, De-Zhen Shen, Mater. Chem. C 2 (2014) 56–63.
- [28] Stacey D. Standridge, George C. Schatz, Joseph T. Hupp, Langmuir 25 (2009) 2596–2600.
- [29] N. Konde, A. Islam, Y. Chiba, L. Han, J. Photochem. Photobiol. A: Chem. 182 (2006) 296–305.



Copyright © 2017 American Scientific Publishers
All rights reserved
Printed in the United States of America

Article

Journal of
Nanoscience and Nanotechnology
Vol. 17, 3323–3327, 2017
www.aspbs.com/jnn

Solar Conversion Efficiency Improvement of Dye-Sensitized Solar Cells via Plasma Treatment of Transparent Conducting Oxide Substrate

Haeng-Yun Jung¹, In-Seon Yeo³, Doo-Gun Kim¹, Byeong-Yun Oh², Hal-Bon Gu^{3,*}, and Hyun-Chul Ki^{1,*}

¹Laser Research Center, Korea Photonics Technology Institute, Ulsan-daemun-ro, Buk-gu, Gwangju 500-779, Republic of Korea

²ZeSHTech Co., Ltd., Business Incubator, Gwangju Institute of Science and Technology, 123, Cheomdangwagi-ro, Buk-gu, Gwangju 61005, Republic of Korea

³Department of Electrical Engineering, Chonnam National University, Gwangju 500-757, South Korea

All in the present study, fabrication of dye-sensitized solar cells (DSSCs) was attempted using fluorine-doped tin oxide (FTO) substrates with and without plasma treatment. The FTO substrates were treated with the purpose of improving the solar conversion efficiency of DSSCs. The surface changes introduced by the plasma treatment were investigated and the electrochemical properties of the DSSCs were evaluated. As a result of the plasma treatment, the hydrophilicity of the FTO substrate increased. Thus, the adhesion of the TiO₂ to the FTO substrate was enhanced, and so, the solar conversion efficiency of the DSSCs improved. When plasma treatment was performed using a mixture of 50 sccm oxygen and 5 sccm argon, the open circuit voltage (V_{oc}) reached 0.701 V, the short circuit photocurrent density (J_{sc}) was 15.98 mA cm⁻², fill factor (FF) of 60.02% and the solar conversion efficiency (η) achieved was 6.71%. The efficiency was improved by about 22.4% compared to the untreated samples.

Keywords: Dye-Sensitized Solar Cells, Oxygen Plasma, Argon Plasma, Hydrophilicity.

1. INTRODUCTION

Dye-sensitized solar cells (DSSCs) are based on the concept of photosynthesis, a process associated with plants. Basically, DSSCs produce electricity thanks to a photoelectron chemical reaction, which takes place at the dye molecules adsorbed on the surface of a metal oxide. DSSCs consist of a photoelectrode, which is a transparent conducting oxide (TCO) substrate coated with a semiconductor layer, dye molecules, which are adsorbed on the surface of the photoelectrode; and a counter electrode, which is a TCO substrate coated with platinum or carbon. DSSCs are assembled in a "sandwich-like structure" and the electrolyte is introduced between the photoelectrode and the counter electrode.¹

Various studies focusing on surface treatments are underway, with the aim to increase the efficiency of DSSCs. Several methods have been used as surface treatments, including chemical surface treatment, UV-O₃ treatment, and plasma treatment.²⁻⁵ The most commonly used

method is the chemical surface treatment, which is carried out on the electrode used as main material. On the electrode used as main component surface treatments may be effective in reducing the charge recombination occurring at the interface between the TCO substrate and the porous electrode layer, in increasing the dye absorption by enhancing the adhesion between the TCO substrate surface and the TiO₂, and in facilitating the overall movement of charges. Consequently, the main purpose of surface treatments is to increase the solar conversion efficiency of DSSCs through all the aforementioned mechanisms.² The chemical surface treatment based on titanium chloride (TiCl₄), however, presents two weak points: the first is the tendency to generate hydrogen chloride gas, due to the reaction to water vapor in the air during manufacturing of the solution; the second is the generation of environmental pollutants.³ On the other hand, surface treatments using plasma affects only the surface to be treated, unlike chemical surface treatments.⁴ Plasma treatments increase the adhesion between the TCO substrate and the photoelectrode, since the hydrophilicity of the TCO substrate is

* Authors to whom correspondence should be addressed.

Solar Conversion Efficiency Improvement of Dye-Sensitized Solar Cells via Plasma Treatment of TCO Substrate

Jung et al.

Table I. Parameters affecting the plasma treatment.

Sample name	Gas	Gas flow rate (sccm)	Pressure (mTorr)	RF power (W)	Time (min)
SP1			None treatment	50	5
SP2	O ₂	50	100	50	5
SP3	O ₂ :Ar	50:5	100	50	5
SP4	O ₂ :Ar	50:10	100	50	5

enhanced thanks to the removal of carbon impurities and organic residuals.⁷

Therefore, in the present study plasma treatment was performed on the TCO substrate in order to improve the solar conversion efficiency of the DSSCs. The changes taking place on the surface of the TCO substrate and the impact of the surface treatment on the electrochemical properties of the DSSCs were investigated.

2. EXPERIMENTAL DETAILS

As the TCO substrate of the DSSCs, a fluorine-doped tin oxide (FTO, 8 Ω/sq, Pilkington) substrate was used, after being cut to the size of 15 mm × 13 mm. A Plasma Asher (plasma lab 100, Oxford, U.K) was used for the physical surface treatment of the FTO substrate. The factors affecting the plasma process include the nature of the input gas, the gas flow rate, the pressure, the radio frequency output values, and the process time. In the present work the gas flow rate was selected as the main factor. Table I shows the conditions of the plasma treatment.

For the synthesis of TiO₂, the sol-gel method was used. As starting material, titanium tetra-isopropoxide (TIP, Aldrich) and distilled water were used. Hydrochloric acid (HCl, Aldrich) was used as a catalyst and tetrabutylammonium hydroxide (TBAOH, Aldrich) as a catalyst and dispersant. The TiO₂ thin film used in this work was synthesized by sol-gel method and the DSSCs were assembled in accordance with the work Jung et al.⁸

3. RESULTS AND DISCUSSION

Figure 1 shows the root mean square (RMS) of the surface roughness FTO substrate before and after plasma treatment. The untreated sample SP1 and the plasma treated samples SP2, SP3 and SP4 were characterized by an RMS of 25,729, 23,905, 23,709, and 22,628 nm, respectively. The decrease of RMS on the plasma treated substrates is probably caused by two factors: the removal of defects previously formed on the superficial layer as electrons collided with the substrate during plasma treatment,⁹⁻¹¹ and the etching of the FTO substrate surface caused by the inert gas (Argon), rather than by chemical reactions induced by oxygen.¹²

The measurement of the contact angle, where the liquid is formed on the solid surface, is a surface analysis technique sensitive to even changes in a single-layer angstrom (Å) unit. Generally, the small contact angles correspond to high hydrophilicity,¹³ where as the large contact angles correspond to low hydrophobicity.¹⁴

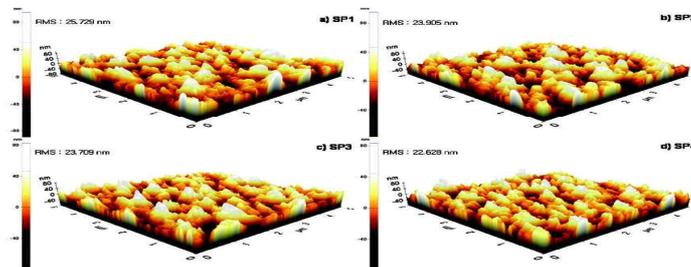


Figure 1. Surface roughness calculated from AFM measurements for (a) SP1, (b) SP2, (c) SP3 and (d) SP4, depending on the gas content of the plasma treatment.

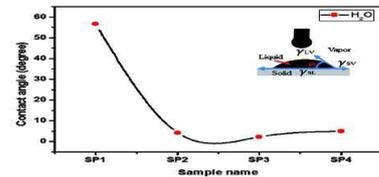


Figure 2. Contact angle of distilled water on the before and after plasma treatment.

The contact angle of the liquid in contact with the flat solid surface is measured at the end point of the water drip curve and at the point of contact of the solid surface in the liquid–solid–gas junction. Even the same drop of water might cause some errors ($\pm 2^\circ$) depending on measurement methods or angles.

The contact angle (θ) between a flat surface and a liquid droplet is given by the Young equation as follows:

$$\gamma_{SV} = \gamma_{SL} + \gamma_{LV} \cos \theta$$

Where γ_{SV} , γ_{SL} , and γ_{LV} denote the surface tensions between the various interfaces (S = solid, L = liquid, V = vapor).

The contact angles of the FTO substrate before and after plasma treatment are shown in Figure 2. The contact angles of SP1, SP2, SP3 and SP4 are 56.7°, 4.3°, 2.2° and 5.0°, respectively. The contact angle is rapidly reduced by the plasma treatment. In other words, plasma treatment turned out to reduce the contact angle, as impurities such as carbon were removed from the FTO substrate. Thus, contact angle measurement can provide an effective means of evaluating the cleanliness of a FTO substrate surface. Additionally, the small contact angle will lead to an increase in the oxygen content, resulting in high surface energy on the FTO substrate surface. This will improve the adhesion to hydrophilicity materials.

Figure 3 shows the X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS) analysis performed on the FTO substrate before and after plasma treatment. Table II presents an overview of the binding energy values and of the carbon/oxygen ratio measured before and after plasma treatment. The binding energy of carbon (C1s) was 285.02, 285.01, 284.97, and 284.98 eV for SP1, SP2, SP3, and SP4, respectively. The binding energy of oxygen (O1s) was 530.56, 530.73, 530.59 and 530.68 eV for SP1, SP2, SP3, and

J. Nanosci. Nanotechnol. 17, 3323–3327, 2017

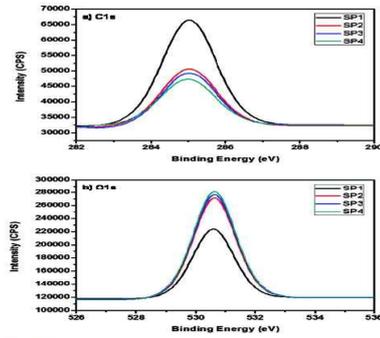


Figure 3. XPS spectra of (a) the binding energy of carbon (C1s) and (b) oxygen (O1s).

SP4, respectively. As shown in Figure 3, the carbon content decreased whereas the oxygen content increased after plasma treatment.

The increase in the oxygen content is probably due to the fact that the injection of oxygen resulted in the removal of the carbon present on the surface of the FTO substrate.^{15,16} Also, argon gas is generally known to have an etching action, but it has also an impact on increasing the final oxygen content.¹⁷ In addition, an increase in the oxygen content results in high hydrophilicity in argon gas.¹⁸

Table II. XPS peaks and calculated carbon/oxygen ratio for FTO thin films, depending on the plasma treatment conditions.

Sample name	C1s peak (eV)	O1s peak (eV)	Carbon mecomposition ratio (%)	Oxygen composition ratio (%)
SP1	285.02	530.56	42.66	57.33
SP2	285.01	530.73	25.16	74.85
SP3	284.97	530.59	23.57	76.43
SP4	284.98	530.68	21.26	78.74

3325

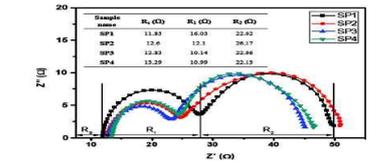


Figure 4. Characteristics of the impedance measured for SP1, SP2, SP3 and SP4, depending on the gas content of the plasma treatment.

The impedance of the cell was measured before and after plasma treatment to investigate the changes affecting the optical characteristics of the electrode interface.

Figure 4 shows the Nyquist plots collected before and after plasma treatment. Generally, from the Nyquist plot it is possible to calculate the resistance (R_2), which is mainly affected by the sheet resistance of the FTO substrate, the resistance (R_1) between the platinum counter electrode and the electrolyte, also known as the charge transfer resistance, and the resistance (R_3) at the photoelectrode/dye/electrolyte interface. R_1 was 16.03, 12.1, 10.14 and 10.99 Ω for SP1, SP2, SP3, and SP4, respectively. This decrease of R_1 is probably explained as follows: as the oxygen content after plasma treatment increases on the FTO surface, it acquires higher hydrophilicity, and thus, an improved adhesion to the hydrophilicity TiO_2 ,¹⁹ leading to a decrease in R_1 . As mentioned above, R_1 is generally known as the charge transfer resistance between the counter electrode and the electrolyte, and it is also

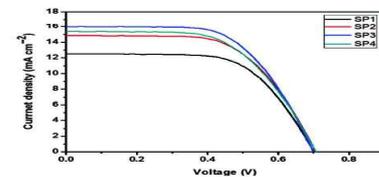


Figure 5. Photocurrent–voltage curve of DSSCs subjected to plasma treatment.

3326

Table III. Photocurrent–voltage curve of DSSCs subjected to plasma treatment.

Sample name	V_{oc} (V)	J_{sc} (mA cm^{-2})	FF (%)	η (%)
SP1	0.700	12.51	62.57	5.48
SP2	0.705	14.84	60.04	6.28
SP3	0.701	15.98	60.02	6.71
SP4	0.705	15.35	58.27	6.31

Notes: η : solar conversion efficiency; J_{sc} : short circuit photocurrent density; V_{oc} : open circuit voltage; FF: fill factor.

considered an indicator of the level of adhesion between the FTO substrate and the TiO_2 .²⁰

Figure 5 presents the photocurrent–voltage curve showing the electrical characteristics of the DSSCs before and after plasma treatment and Table III shows the measured values. Sample SP1 showed an open-circuit voltage (V_{oc}) of 0.700 V, a circuit photocurrent density (J_{sc}) of 12.51 mA cm^{-2} , a fill factor (FF) of 62.57% and a solar conversion efficiency (η) of 5.48%. In comparison, all the other samples showed improved photoelectric conversion efficiencies. Among them, sample SP3 was found to show the best characteristics, with a V_{oc} of 0.701 V, a J_{sc} of 15.98 mA cm^{-2} , a FF of 60.02% and a η of 6.71%, which was 22.4% higher than the η value calculated for SP1.

4. CONCLUSION

These results suggest that as the oxygen content increases on the surface of the FTO substrate, the hydrophilicity of the FTO substrate increases and the adhesion to the TiO_2 is enhanced, leading to the overall improvement of the DSSCs electrical characteristics.

The present study investigated the physical properties of FTO substrates with and without plasma treatment, with the aim to improve the η of DSSCs. The results can be summarized as follows:

1. The plasma treatment increased the oxygen content on the oxide film.
2. The internal resistance (R_1) decreased as the adhesion between the FTO substrate and the TiO_2 was improved, due to the reduction in the carbon/oxygen ratio and to the increase in the oxygen content on the FTO substrate surface, caused by the injected gas.
3. Plasma treatment removed impurities on the FTO substrate surface. This increased the oxygen content and led to high surface energy on the FTO substrate, showing properties of the small contact angle.
4. The untreated sample showed a η of 5.48%, whereas the sample treated using plasma containing 50 sccm of oxygen and 5 sccm of argon showed the best properties, with a η of 6.71%.

In conclusion, the surface treatment performed on the FTO substrate, whereas the removal of the residual carbon and impurities improved the adhesion between the FTO

J. Nanosci. Nanotechnol. 17, 3323–3327, 2017

substrate and the TiO₂ and consequently, the solar conversion efficiency.

Acknowledgments: This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry and Fisheries(IPEF) through (Agri-Bioindustry Technology Development Program), funded by ministry of agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA)(No. 3140R3-3).

References and Notes

1. M. K. Nazeeruddin, A. Kay, I. Rodicio, R. Humphry-Baker, E. Müller, P. Liska, N. Vlachopoulos, and M. Grätzel, *J. Am. Chem. Soc.* 115, 6382 (1993).
2. N. Sprang, D. Theirich, and J. Engemann, *Surf. Coat. Technol.* 74-75, 689 (1995).
3. N. Sprang, D. Theirich, and J. Engemann, *Surf. Coat. Technol.* 74-75, 689 (1995).
4. S. Nakade, Y. Saito, W. Kubo, T. Kitamura, Y. Wada, and S. Yanagida, *J. Phys. Chem. B* 107, 8607 (2003).
5. D. W. Dwyer and W. M. Riggs, *J. Colloid Interface Sci.* 47, 650 (1974).
6. K. I. Miral, *Adhesion Aspects of Polymeric Coatings*, Plenum Press, New York (1979), p. 1.
7. W. F. Wu and B. S. Chiu, *Appl. Surf. Sci.* 68, 497 (1993).
8. H. Y. Jung, G. Y. Lee, H. C. Ki, and H. B. Gu, *Materials Letters* 153, 140 (2018).
9. Y. Park, V. Cheong, Y. Gwak, B. R. Hsieh, and C. W. Tang, *Appl. Phys. Lett.* 68, 2699 (1996).
10. B. Chapman, *Glow Discharge Processes*, Wiley, New York (1980).
11. E. E. Kimbark, *IEEE Trans. Plasma Sci.* 28, 189 (2000).
12. H. Biederman and Y. Osada, *Plasma Polymerization Processes*, Elsevier, Amsterdam (1992).
13. H. W. Fox and W. A. Zisman, *J. Colloid Sci.* 5, 514 (1950).
14. H. W. Fox and W. A. Zisman, *J. Colloid Sci.* 7, 428 (1952).
15. C. C. Wu, C. J. Wu, J. C. Sturm, and A. Kahn, *Appl. Phys. Lett.* 70, 1348 (1997).
16. K. Sugiyama, H. Ishii, Y. Ouchi, and K. Seki, *J. Appl. Phys.* 87, 295 (2000).
17. M. H. Jung and H. S. Choi, *J. Colloid Interface Sci.* 310, 550 (2007).
18. K. K. Wong, S. M. Tao, C. W. M. Yuen, and K. W. Yeung, *Textile Res. J.* 69, 846 (1999).
19. K. Byrappa and M. Yoshimura, *William Andrews*, New York (2001).
20. T. Hoshikawa, M. Yamada, R. Kikuchi, and K. Echuji, *J. Electrochem. Soc.* 152, E68 (2005).

Received: 8 March 2016. Accepted: 22 August 2016.

— 학술발표 —

Efficiency enhanced of dye-sensitized solar cells using anti-reflection

Haeng-Yun Jung¹, Seon-Hoon Kim¹, Doo-Gun Kim¹, Tae-Un Kim¹,
Hyeon-Chul Ki¹

¹Laser Research Center, Korea Photonics Technology Institute, 500-779, Gwangju, Korea
(*hyjung@kopti.re.kr)

Introduction



Dye-sensitized solar cells (DSSCs) have been widely paid attention due to their great potential for low cost energy conversion devices. However, DSSCs show low solar conversion efficiency because of some efficiency losses, such as reflection of light by a substrate, charge recombination and carrier trapping in a mesoporous and surface, power dispersion due to the resistance of cell. Among them, the amount of light irradiation is an important factor which greatly affects the solar conversion efficiency. Approaches to improve the solar conversion efficiency of DSSCs are to reduce these losses. Reduction of light reflection by using multi-layer anti-reflection coatings is one of the effective approaches. Anti-reflection (AR) coatings have played an important role in boosting the amount of light entering the device and reducing or suppressing reflection losses, thus enhancing the solar conversion efficiency of the solar cells. The AR coatings have been fabricated by industrial coating techniques such as Chemical Vapor Deposition (CVD), Physical Vapor Deposition (PVD), Ion-beam Assisted Deposition (IAD) and sputtering as well as simple inexpensive techniques such as spin coating, dipping, screen printing, spraying and hydro thermal growth. The AR coatings has been studied by using various materials, such as SiO₂, Si₃N₄, MgF₂, Al₂O₃, Ta₂O₅, MgF₂/Ta₂O₅, SiO₂/TiO₂, but they have been applied is limited to a silicon solar cells. Multi-layer AR coatings are expected to reduce the reflection and increase the transmittance of light at the glass surface. This study DSSCs based on TiO₂/SiO₂ multi layer AR coating on the outer glass fluorine doped tin oxide (FTO) substrate are investigated. We have coated an AR layer on the surface of a DSSC device by using an IAD system and investigated the effects of the AR layer by measuring photovoltaic performance.

Experimental and Results

Structure of the transparent layer film (TiO₂/SiO₂/TiO₂/TiO₂/SiO₂/TiO₂/SiO₂/TiO₂) each layer was fabricated by IAD.

IE-SEM images of TSFTS anti-reflection coating.

EQE of TSFTS anti-reflection coating.

The transmittance of pure FTO and TSFTS anti-reflection based DSSCs.

Photovoltaic voltage curves for pure FTO and TSFTS anti-reflection based DSSCs.

Sample	R _s (Ω)	R _{ct} (Ω)	R _{sh} (Ω)
Pure FTO	14.44	8.06	31.88
TSFTS	13.63	6.39	47.24

Sample	V _{oc} (V)	J _{sc} (mA cm ⁻²)	FF	Efficiency (%)
Pure FTO	0.729	11.87	58.99	5.08
TSFTS	0.720	14.30	59.51	6.12

Conclusion

The AR layer in this work is a multi-layer coating of TiO₂/SiO₂/TiO₂/TiO₂/SiO₂ (TSFTS), applied on the glass surface of FTO glass with IAD system. The transmittance of indicates the optical properties of the TiO₂/SiO₂/TiO₂/TiO₂/SiO₂ layer on the FTO glass surface. Transmittance is increased from 67.4% to 79.9% at 520 nm because the TSFTS scatters photons of irradiated light in greater amounts such that more photons pass through the substrate. This result implies that the transmittance of irradiated light is increased. The AR layer was coated on top of the DSSCs. The AR layer caused a significant increase in the short-circuit photocurrent density (J_{sc}) from 11.87 to 14.30 mA/cm². The impedance of the DSSC under 1 sun is shown in figure. Two semicircles were observed in the Nyquist Plots. The first and second semicircles were attributed to charge transfer at the counter electrode/electrolyte interface and the TiO₂/dye/electrolyte interface. As shown in figure, the two semicircles in the Nyquist plots were smaller therefore, AR layer had an effect on impedance analysis. In this study, an FTO glass surface was coated with 220 nm thick AR layer using an IAD system. The surface morphology of the TSFTS layer was investigated with IE-SEM and optical properties such as transmittance were investigated by UV-Vis spectroscopy. Transmittance was increased in the FTO glass with the AR layer.



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년10월19일

(11) 등록번호 10-1667316

(24) 등록일자 2016년10월12일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A01K 1/00 (2014.01) F24F 7/00 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2014-0050240
- (22) 출원일자 2014년04월25일
심사청구일자 2014년04월25일
- (65) 공개번호 10-2015-0124060
- (43) 공개일자 2015년11월05일
- (56) 선행기술조사문헌
KR101260937 B1*
KR100819371 B1*
JP2013145137 A*
KR1020090048003 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
포미주식회사
광주광역시 북구 첨단연신로 288번길 30 (연제동)
- (72) 발명자
허상휴
광주광역시 북구 서강로 77, 105동 1003호 (운암동, 운암산아이파크아파트)
- 조경재
광주 서구 영화로57번길 3, 102동 201호(화정동, 금호타운1차아파트)
- (74) 대리인
이재량

전체 청구항 수 : 총 1 항

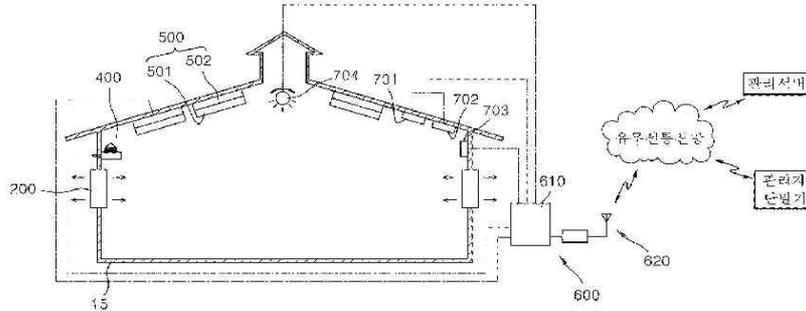
심사관 : 박영관

(54) 발명의 명칭 무창측사 환기시스템

(57) 요약

본 발명은 무창측사 환기시스템에 관한 것으로서, 측사에 설치되어 상기 측사 외부의 공기를 상기 측사 내부로 유입시키는 환기부와, 상기 측사에 설치되어 상기 측사 내부의 공기를 상기 측사 외부로 배출시키는 배출부와, 상기 측사에 설치되며, 상기 측사 내부에 포함된 유해균 및 오염물질을 측정하는 공기센서유닛과, 상기 측사 내

대표도





(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년03월08일

(11) 등록번호 10-1712500

(24) 등록일자 2017년02월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 6/38 (2006.01)

(52) CPC특허분류
G02B 6/3838 (2013.01)
G02B 6/381 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0144770

(22) 출원일자 2015년10월16일

심사청구일자 2015년10월16일

(56) 선행기술조사문헌

JP2001154058 A
KR1020120054211 A
KR1020120080480 A

(73) 특허권자

포미주식회사

광주광역시 북구 첨단연신로 288번길 30 (연제동)

(72) 발명자

허상휴

광주광역시 북구 서강로 77, 105동 1003호 (운암동, 운암산아이파크아파트)

조경재

광주광역시 서구 연화로57번길 3, 102동 201호 (화정동, 금호타운)

(74) 대리인

이재량

전체 청구항 수 : 총 1 항

심사관 : 이양근

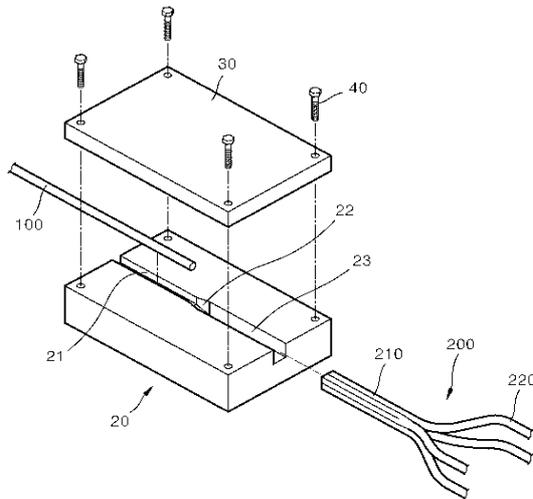
(54) 발명의 명칭 대구경 광분배기의 제조방법

(57) 요약

본 발명의 대구경 광분배기의 제조방법을 개시한다. 상기 대구경 광분배기의 제조방법은 베이스부재의 상면에 입력측 파이버가 고정되는 제 1지지홈과 이와 대응되는 측에 출력측 광파이버들이 동일한 단면적을 가지도록 상호 융착성형되는 결합용착부가 고정되는 제 2지지홈 및 제 1,2지지홈을 연결하는 도광홀을 형성하는 베이스부재

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



]

첨단기술·제품 확인서

확인번호 : 제 2018-1호

관련고시 : 산업통상자원부 고시 제2015-101호

기관명 : 포미㈜ 대표자명 : 허상휴

주소 : 광주광역시 북구 연제동 1015번지 포미(주)

귀사에서 확인 요청한 [무창 측사 환기 시스템]은
『산업발전법』 제5조 및 『첨단기술 및 제품의 범위』
고시의 센서 및 DB 연계 네트워크 기술에 해당됨을
확인합니다.

확인일자 : 2018. 1. 15.

산업통상자원부 장관부



- 홍보전시



○ 사업화성과 및 매출실적

- 사업화 성과

항목	세부항목		성 과	
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	1억3천만원
			향후 3년간 매출	150억원
		관련제품	개발후 현재까지	0억원
			향후 3년간 매출	100억원
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : 0.01% 국외 : 0%
			향후 3년간 매출	국내 : 0.2% 국외 : 0.01%
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : 0% 국외 : 0%
			향후 3년간 매출	국내 : 0.5% 국외 : 0.01%
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위		30위
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위		5위

- 사업화 계획 및 매출 실적

항 목	세부 항목	성 과			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	2015년 ~2022년 (8년)			
	소요예산(백만원)	11,000			
	예상 매출규모 (억원)	현재까지	3년 후	5년 후	
		1억3천만원	150	250	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내	0.01	1	5
국외		0	0.02	0.05	
	향후 관련기술, 제품을 응용한 다 모델, 제품 개발계획	광부품, 가전제품용 공기정화 필터, 환기시스템, 병원균 검출 센서,			
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)	현재	3년 후	5년 후	
	수입대체(내수)	-	13	62	
	수 출	-	30	100	

- 매출 및 투자 계획

구분		사업화년도				
		(2018년) 과제종료후 1년	(2019년) 과제종료후 2년	(2020년) 과제종료후 3년	(2021년) 과제종료후 4년	(2022년) 과제종료후 5년
사업화 품 목		광 부품 및 공기정화용 필터	광 부품 및 공기정화용 필터 환기시스템	광 부품 및 공기정화용 필터 환기시스템	광 부품 및 공기정화용 필터 환기시스템	광 부품 및 공기정화용 필터 환기시스템
투 자 계 획	인 건 비	1.3	3.2	5.6	12	21
	재료비 및 설비투자비	16	36	48	81	168
	경상운영비	3	7	10	17	35
	계	20.3	46.2	63.6	110	224
생 산 계 획		광 칩퍼코드 : 30,000ea 광 분배기 : 10,000ea 미디어 컨버터 : 10,000ea 공기정화용 필터 : 28,000ea	광 칩퍼코드 : 50,000ea 광 분배기 : 22,000ea 미디어 컨버터 : 20,000ea 공기정화용 필터 : 50,000ea 환기시스템 : 30set	광 칩퍼코드 : 65,000ea 광 분배기 : 30,000ea 미디어 컨버터 : 25,000ea 공기정화용 필터 : 70,000ea 환기시스템 : 55set	광 칩퍼코드 : 100,000ea 광 분배기 : 45,000ea 미디어 컨버터 : 50,000ea 공기정화용 필터 : 100,000ea 환기시스템 : 160set	광 칩퍼코드 : 200,000ea 광 분배기 : 100,000ea 미디어 컨버터 : 80,000ea 공기정화용 필터 : 250,000ea 환기시스템 : 380set
판매계획 (단위:억원)	내 수	30	60	70	130	250
	수 출	5	15	30	40	100
	계	35	75	100	170	350

○ 기존 상용화제품 비교분석

축사 환경 관리 시스템 관련 연구는 국내에서 몇몇 업체에서 대기 측정 센서 연동 시스템 기반으로 연구 추진중에 있으나, 상용제품은 대부분 대기 센서와의 연동이 없는 속도조절 환풍기와 돈사 내부의 냄새가 외부로 유출되는 것을 방지하기 위한 필터링 기술(습식세정기, 바이오커튼 및 바이오 필터)을 활용한 냄새가 외부로 확산되는 것을 방지하는 제품이 상용화 되고 있다.



<무창축사 바이오 필터 적용>

최근 들어 ICT를 접목한 환경측정 센서, 자동화된 축사시설 그리고 환경관리 소프트웨어 등이 개발되고 있으나, 축사 내 공기의 질을 향상 시킬 수 있는 종합 환경 관리장치 개발은 미흡한 실정이며, 초미세물필터를 장착한 습식공기정화기는 축사내 악취와 먼지를 완벽하게 제거하기 위한 제품으로 특수 활성탄층으로 잔여 유해가스를 완벽하게 제거해 신선한 공기를 공급하지만 정화 시스템만을 갖추고 있어, 센서기능의 부재로 단순히 암모니아만을 정화하고 환을 이용한 환풍 시스템이다.



모든군사장치 관리프로그램 축사환경 다중측정 센서 축산환경 자가진단 프로그램

<(주)코마스 : 축사환경관리 시스템>



<중앙기술산업의 크린존>

이에 한가지의 성분(주로 암모니아)을 주로 정화하거나 오염 공기를 강제로 환을 통해 밖으로 배출 시키는 시스템이 주를 이루고 있으며, 어떠한 병원균이나 내부의 공기를 센싱하는 기능을 가지는 환기 시스템은 존재하지 않으며, 본 연구개발을 통해 제작된 시스템은 병원균을 센싱하여 오염된 환경을 청정하게 유지 시키는 광기반의 축사 환경 시스템으로 기존 제품과 비교했을 때 차별화된 기술이라 할 수 있다.

4. 목표달성도 및 관련분야 기여도

코드번호 D-06

4-1. 목표달성도

○ 1차년도

구분 (연도)	세부 과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
1차 년도 (2014)	근거리용 광통신 부품 개발 및 무창축사 오염물질 검출을 위한 소자 설계 연구	근거리 광통신용 POF 용 Pigtail 제작 기술 개발	100	- 대구경 플라스틱 페룰 설계 및 금형 제작 - 플라스틱 페룰과 파이버의 압착 기술 개발 - POF 단면 연마 기술개발 (표면조도 5um이하)
		다채널 광통신 시스템 구현을 위한 광 분배기 (1*4) 개발	100	- Light tool을 이용한 광학 설계 - 열과 압력에 의한 용착형 플라스틱 광섬유 커 플러 제작 기술 개발 - 파이버의 테이퍼링 및 도파로 길이에 따른 최 적의 커플링 조건 수립
		무창축사의 오염물질 검출을 위한 plasmonics 기반 센서 설계	100	- 나노 금속 구조가 포함된 플라즈모닉 바이오 센서 설계 및 시뮬레이션 실시 - Au 나노 박막의 두께 변화에 따른 플라즈모닉 바이오 센서 설계 및 시뮬레이션 실시 - ZnO 나노 구조가 포함된 플라즈모닉 바이오 센서 설계 및 시뮬레이션 실시
		무창축사의 공기정화를 위한 나노 광촉매 기술 연구	100	- 자기 조립 Ag 나노입자 제어 기술 개발 - TiO2 박막 증착 기술 개발 및 열처리 기술 개 발 - TiO2/Ag나노 입자 구조를 가지는 플라즈모닉 스 항균/살균 기능 박막 제어 기술 개발
		Plasmonics 기반 무창 축사 오염물질 검출 소 자 연구	100	- 레이저 간섭 리소그래피를 이용한 나노 패터닝 기술 개발 - SiO2 나노 박막 증착 기술 개발 - SiO2 나노 구조 제어 기술 개발 - Metal Lift-off를 위한 역 MESA 형태를 가지 는 나노 패터닝 기술 개발 - SiO2 나노 구조를 위한 에칭기술 개발

○ 2차년도

구분 (연도)	세부 과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
2차 년도 (2015)	광 통신 구현을 위한 컨버터 개발 및 Plasmonics 기반 무창축사 오염물질 검출, 정확소자 제작	1Gbps급 Ethernet to POF Converter Module 개발	100	- 1Gbps급 Ethernet과 POF 컨버터 회로 개발완료 - POF Bending 최소화를 위한 일체형 컨버터 구조 개발완료
		다채널 광송수신 통신 컨트롤러 개발	100	- 1Gbps급 Ethernet to POF Converter 통합된 미디어 컨버터 제작 완료
		무창축사의 공기정화 및 살균을 위한 나노 광촉매 소자 연구	100	- 플라즈모닉스 형성을 위한 Ag 나노구조 개발 완료 - IAD를 이용한 TiO ₂ 박막 증착 실험 및 열처리 실험을 통한 TiO ₂ 최적화 기술 개발 - 항균/살균 기능 최적화를 위한 가시광 LED 모듈 설계 및 제작을 통한 활성 산소종 생성 기술 개발 완료 - 항균 시험을 위한 플라즈모닉스 Ag/TiO ₂ 구조 개발 및 항균 시험 실시 - 대량 생산을 위한 바인더 및 Ag-TiO ₂ 나노 코어셀 구조 제조 및 성능 시험 실시
		Plasmonics 기반 오염물질 검출 소자의 집적화를 통한 모듈 개발	100	- 바이오 센서 제조를 통한 바이오 센싱 기술 개발 및 PRRS, 바이러스 검출을 위한 바이오 칩 제조 기술 개발 - PRRS 바이러스 검출을 위한 최적화된 바이오 칩 제조를 통하여 정확한 변화값을 계산하고 이를 검증함 - 오염물 선택도 향상을 위한 실험 실시 (PED 등 기타 돼지 바이러스에 대한 실험 실시) - 정량적 오염수준 인지 모듈 을 통하여 일정한 RU 값을 계산하고 이를 PRRS 바이러스 센싱이 적용
		Plasmonics와 Metal mesh 필터의 결합을 통한 공기정화 및 병원균 살균 모듈 개발	100	- Metal Mesh 항균 필터 모듈 제조 기술 개발 - 공기정화 모듈 내 LED 입사각 조율 및 모듈 제작 설계 등을 통한 살균/항균 효과를 극대화 - 고오염도를 나타내는 경우 Intensity를 강화하여 살균/항균 효과를 극대화 할 수 있도록 LED 모듈을 제작 및 설계를 통한 최적화 - 항균/살균 필터 제조 방법에 따른 특성 평가 완료 및 적용을 통한 모듈 성능 최적화 및 가시광 520nm의 파장을 가진 LED의 광원이 입사적용

○ 3차년도

구분 (연도)	세부 과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
3차 년도 (2016)	Plasmonics 기반 오염물질 검출 공기정화 모듈 개발 및 무창 측사 환경 유지 공기정화 시스템 기술 개발	최적 환기를 위한 통풍 및 차압 센싱 시스템 개발	100	- 측사내부 통풍 및 차압센싱을 위한 차압센서 개발 및 적용완료 - 환기팬 속도제어 및 통풍 정역운전 시스템 개발완료
		무창 측사 소독 및 온습도 제어 시스템 개발	100	- TiO2 활성화를 위한 LED PCB개발 완료 - 온습도제어를 위한 센서적용 및 Sensor PCB 개발완료
		무창 측사 환기 관리를 위한 메인 컨트롤 시스템 개발	100	- 메인컨트롤 시스템 MCU 회로설계 및 개발완료 - 데이터 저장회로 설계 및 개발완료 - 오염도 실시간 모니터링 및 모니터 링 관리를 위한 데이터 백업 시스템 개발완료 - 통풍 및 차압 센싱 시스템, 온습도 제어 시스템, 메인 컨트롤 시스템 연동에 따른 LCD 사용자 인터페이 스 개발완료
		무창측사 환경 유지 공기정화 시스템 기술 개발	100	- 무창측사 적용을 위한 대면적 공기 정화 시스템개발완료 - 오염물질 공기정화 시스템 집적화를 위한 집적회로기술개발 완료
		Plasmonics 센서 기반 실시간 바이러스 검출 시스템 기술 개발	100	- PRRS 바이러스 감지 시스템 집적화 를 위한 집적회로개발 완료 - PRRS 바이러스 감지 신호처리개발 완료
		무창측사 오염수준 인지 및 PRRSv 감시 시스템과 공기정화 시스템 기술 개발	100	- 플라즈모닉스 기반 공기정화 시스템 의 대형화를 통한 측사적용완료
		Zigbee 기반 센서용 무선 통신 모듈 개발	100	- Zigbee 기반 통신 무선 모듈 설계완 료 - Zigbee 기반 통신 무선 모듈제작완 료
		유무선 인터페이스 호환 게이트웨이 개발	100	- 사용자편의를 위한 UI 설계완료 - 데이터 측정 및 모니터연동 인터페 이스개발 완료
		실시간 오염수준 인지 시스템 필드테스트	100	- 무창측사 필드테스트 배드 구축완료 - 온습도모니터링시스템 현장적용완료

4-2. 관련분야 기여도

- 세계적 수준의 분진 제거 기술은 대부분 일본, 미국, 독일 등 선진국이 핵심기술을 가지고 있으며, 우리나라의 경우 분진 제거 기술은 선진국의 70~80% 수준으로 평가되고 있다. 선진국의 경우 1 μm 미만의 입자는 물론 0.1~0.01 μm 의 미세입자까지 제거하는 ULPA 필터 기술을 가지고 있으며, 0.3 μm 의 입자를 99.97%까지 걸러주는 HEPA 필터는 보편적으로 적용되고 있는 기술을 보유하고 있다.
- 공기정화용 소재 및 필터 등 공기정화기술은 일본, 독일 등이 가장 앞서 있는 것으로 알려져 있는데, 본 과제에서 개발된 나노 광촉매를 이용한 탈취기술은 나노소재가 본격적으로 개발된 최근에서야 활성화 되고 있으며, 일본, 독일 등에서도 나노촉매기술은 실험실상에서 개발되고 있고, 일부 상용화 과정이 진행되고 있다.
- 나노촉매의 경우, 일본의 광촉매 응용 개발 기술이 가장 활발히 진행되고 있으며 수처리, 대기 분야에 적극 채용되어 상용화되고 있으며, 금속(금, 백금 등)이 환경 정화용 촉매로 적극 개발되고 있어 수 년 내에 상용화된 나노촉매(광촉매는 이미 상업화단계)가 시장에 많이 등장하게 될 것으로 예상된다.
- 이에 본 기술인 축사 환경 관리 시스템의 경우 플라즈모닉 바이오 센서를 이용한 실시간 바이러스 검출 시스템과 나노광촉매를 이용한 살균 시스템을 통하여 축사의 병원균 검출 및 제거를 통한 획기적인 기술은 PRRS 특정 병원균의 시장 상황을 고려할 시 개발제품의 가치는 매우 크다고 볼 수 있으며, 향후 관련 분야에 응용성이 매우 클 것으로 예상된다.
- 본 기술의 축사 환경 관리 시스템 관련 연구는 국내에서 몇몇 업체에서 대기 측정 센서 연동 시스템 기반으로 연구 추진중에 있으나, 상용제품은 대부분 대기 센서와의 연동이 없는 속도조절환풍기만 존재하고 있으며, 본 기술을 기반으로 축산 기술 산업의 현대화를 구현하여, 농가의 생산성 및 소득을 향상시킬 수 있을 것으로 판단되며, 특히 전체적인 시스템이 아닌 시스템 구축에 필요한 제작된 부품들의 활용성이 매우 크며, 축사관련 기술뿐 아니라 광통신 기술분야, 가전제품기술분야 등 다양한 분야의 융합이 가능할 것으로 기대되고 있다.

5. 연구결과의 활용계획

코드번호	D-07
------	------

o 본 기술개발을 통하여 광기술 기반 축사 환경 관리 시스템 개발을 완료하였으며, 이를 통한 연구실적으로는 SCI 1편, 비SCI 2편의 논문을 보고하였으며, 특허출원 2건, 특허등록 2건과, 첨단기술인증 확보에 따른 새로운 현대화 축사관련 원천기술을 확보할 수 있었다.

o 1차년도 기술제품인 축사내부 광통신 POF용 광부품(POF Pigtail, 광분배기)개발완료에 따른 사업화를 진행하였으며 약 1,500만원의 매출을 발생시켰으며, 2차년도 기술제품인 대구경 광분배기 개발 제품의 추가적인 사업화가 진행되어 약 7,500만원의 매출이 발생되었다. 이에 축사관련 시스템 시장뿐 아니라 근거리 네트워크 및 홈네트워크 등에 활용이 가능함으로써, 이를 통한 광부품 시장에 단품판매가 진행되고 있으며, 지속적인 판매망 확보를 위해 광통신 업체들과 협의중에 있다. 또한 3차년도 기술제품인 공기정화 필터 및 POF 점퍼코드 사업화에 따른 약 3,400만원의 매출이 발생되었다. 이는 플라즈마노믹스 기반의 초고성능 공기정화 시스템 및 초고감도 오염수준 인지 기술이 확보됨에 따라 오염물질 제거를 위한 필터 소재 및 화학공업용 촉매 등과 함께 소재의 고기능화를 위한 핵심 기술로, 필터판매가 진행됨에 따라 이를 계기로 오염물질 감지 및 공기정화 업체에 기술 확보를 통해서 축산농가 뿐만 아니라 각종 가정용 전자제품(에어컨, 공기청정기, 제습기 등)에 추가적으로 적용되어 신시장 진출을 준비중에 있다.

o 본 과제를 통하여 무창 축사에 본 시스템을 적용할 수 있도록 간이 무창축사 필드테스트 배드를 구축하였으며, 개발된 제품들을 각각의 구조에 맞게 적용시켜 테스트를 진행을 완료하였다. 기존 정량적 평가 항목에 년차별 목표를 100% 달성하였으며 당초 계획되었던 PRRS 질병의 센싱 데이터 확보를 위해 간이 무창축사에서 필드테스트를 진행하고자 했으나, 센싱 실험을 위해서는 병원균을 공기중에 노출시켜야 하기 때문에 기존 클린지역의 축산농가 및 양돈농가의 병원균을 노출시켰을 때 큰 피해가 예상되어 센싱 소자 실험을 전문시험인증기관인 한국생산기술연구원(KITECH) 및 한국건설생활환경시험연구원(KCL)을 통하여 시험인증을 완료하였다.

o 또한 본 과제에서 개발된 무창축사 온습도 제어관리 시스템을 실제 현장적용을 위해 전라남도 장흥군에 위치한 중소 양계농가에 적용시켰으며, 이를 통하여 양계농가에서 실시간 시스템 운영을 적극 활용하고 있으며, 추가적으로 무창축사 양돈농가에 PRRS 질병 감지를 위한 나노 광촉매가 증착된 Metal mesh 공기정화필터 적용을 위해 논의중에 있으며, 시스템 판매를 위해 자치단체와 축협 및 축산협회 등 농축산 관련 기관 및 업체에 홍보를 지속적으로 진행할 계획이다.



동	1동	2동	3동	4동	5동
↑ 앞쪽 온도	33.2℃	33.2℃	31.2℃	31.3℃	33.0℃
↓ 뒤쪽 온도	32.8℃	33.2℃	33.1℃	33.7℃	33.6℃
습도	0.0%	89.6%	88.7%	88.4%	91.2%
동	6동	7동	8동	9동	10동
↑ 앞쪽 온도	33.5℃	31.8℃	33.0℃	32.2℃	32.2℃
↓ 뒤쪽 온도	38.1℃	33.7℃	33.0℃	33.4℃	33.5℃
습도	0.1%	0.1%	87.3%	87.5%	52.5%
동	11동	12동	13동	14동	15동
↑ 앞쪽 온도	32.1℃	32.9℃	33.2℃	32.6℃	32.5℃
↓ 뒤쪽 온도	33.0℃	34.1℃	33.4℃	33.2℃	33.3℃
습도	87.8%	89.3%	84.9%	89.5%	86.7%

< 양계농가에 적용된 무창축사 시스템(a) >



< 양계농가에 적용된 무창축사 시스템(b) >

o 양계농가 내부 공기 순환 테스트 결과

입추경과일	계사 온도	계사 습도	팬동작시 기압(psi)	팬속도	계사 설정 온도	환기 주기
1	33.5 ℃	60.50%	10	30%	32.5 ℃	동작 00:05 대기 10:00
2	33.8 ℃	61.50%	11	30%	32.5 ℃	동작 00:05 대기 10:00
3	32.3 ℃	62.50%	11	30%	32.5 ℃	동작 00:05 대기 10:00
4	31.9 ℃	61.20%	9	30%	32.5 ℃	동작 00:05 대기 10:00
5	32.1 ℃	61.30%	11	30%	32.5 ℃	동작 00:05 대기 10:00
6	32.5 ℃	61.70%	10	30%	32.5 ℃	동작 00:05 대기 10:00
7	33.5 ℃	60.50%	10	30%	32.5 ℃	동작 00:05 대기 10:00
8	33.8 ℃	61.50%	11	30%	32.5 ℃	동작 00:05 대기 10:00
9	32.3 ℃	62.50%	11	30%	32.5 ℃	동작 00:05 대기 10:00
10	31.9 ℃	63.20%	9	30%	32.5 ℃	동작 00:05 대기 10:00

입추경과일	계사 온도	계사 습도	팬동작시 기압(psi)	팬속도	계사 설정 온도	환기 주기
11	30.1 °C	63.30%	11	30%	30.5 °C	동작 00:05 대기 10:00
12	31.5 °C	64.70%	10	30%	30.5 °C	동작 00:05 대기 10:00
13	30.5 °C	65.50%	10	30%	30.5 °C	동작 00:05 대기 10:00
14	29.8 °C	66.50%	11	30%	30.5 °C	동작 00:05 대기 10:00
15	30.3 °C	67.50%	11	30%	30.5 °C	동작 00:05 대기 10:00
16	29.9 °C	68.20%	9	40%	30.5 °C	동작 00:05 대기 10:00
17	30.1 °C	69.30%	11	40%	30.5 °C	동작 00:05 대기 10:00
18	29.5 °C	69.70%	10	40%	30.5 °C	동작 00:05 대기 10:00
19	29.1 °C	70.30%	11	40%	28.0 °C	동작 00:10 대기 7:00
20	28.5 °C	71.70%	12	50%	28.0 °C	동작 00:15 대기 7:00

입추경과일	계사 온도	계사 습도	팬동작시 기압(psi)	팬속도	계사 설정 온도	환기 주기
21	28.5 °C	75.00%	15	50%	28.0 °C	동작 00:15 대기 7:00
22	28.2 °C	75.00%	16	50%	28.0 °C	동작 00:15 대기 7:00
23	29.5 °C	75.00%	14	50%	28.0 °C	동작 00:15 대기 7:00
24	28.3 °C	77.50%	12	50%	28.0 °C	동작 00:15 대기 7:00
25	28.5 °C	78.30%	14	50%	28.0 °C	동작 00:15 대기 7:00
26	28.5 °C	78.50%	14	50%	28.0 °C	동작 00:15 대기 7:00
27	28.5 °C	61.70%	13	50%	28.0 °C	동작 00:15 대기 7:00
28	28.5 °C	71.70%	12	50%	28.0 °C	동작 00:15 대기 7:00
29	28.5 °C	75.00%	15	50%	28.0 °C	동작 00:15 대기 7:00
30	28.2 °C	75.00%	16	50%	28.0 °C	동작 00:15 대기 7:00

○ 본 기술개발을 진행하기 위한 특허의 기술가치 평가를 진행하였으며, 기술성, 권리성, 시장성 사업성 등 아래와 같은 결과를 도출하였다.

이암허브 기술가치 평가

항목		내용
분석방식		현금흐름할인법
기술수명		9년
기업편익		신규매출창출
시장	정의	축사(돈사) 현대화 시장
	시장 추정방식	추정 시장규모로부터 예상 점유율 추정
	매출액 산정방식	사육 규모별 농가 규모 * 예상 점유율 추정 * 사육 규모별 매출액
가치 평가	매출합계	1301.18억 원(9년 합계)
	할인율	19.73%
	기술 기여도	23.98%
	결과	사업가치 : 2,365 백만 원 기술가치 : 567 백만 원

권리성 평가

권리 확보 현황

- 출원번호 10-2014-0050240(2014. 04. 25)
"무창축사 환기시스템"
: 출원 미공개 특허
- 기술이전 협약 완료 : 등록번호 10-1083605
"표면 플라즈몬 공명 센서"(2014. 07. 14)

권리성 평가

- 출원 미공개 특허에 대하여는 발명 기술의 상세 기재 및 평가를 생략함
- 이전 협약 특허에 대하여는 협약이 진행 단계에 있으므로 상세한 평가를 생략함

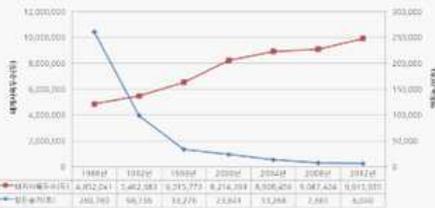
지적재산권 확보

- 기술 이전을 추진 중인 등록특허의 확보 이외에도 주요 핵심기술에 관한 추가 확보가 필요하다고 판단
- 기술의 구성 요소를 세분하여 각각의 권리를 보유 함으로써 특허 포트폴리오 구축이 필요

시장성 평가

적용 시장

- 무창축사를 영위하는 양돈업 시장
- 현재 국내 돈사는 98% 이상 무창축사이므로 미래 전망에는 전체 돈사를 타겟 시장으로 함



시장 규모

- 본 기술이 적용되는 제품은 돈사의 규모에 따라 설치 용량과 매출이 늘어나는 구조로 되어 있음
- 설치 가능 면적 총 15,896m²
- 100평당 설치비 약 2,500만 원 소요

시장 전망

- 양돈 농가 수는 줄어들고 있으나 돈사의 규모와 축산업 규모가 성장하므로 시장의 규모는 확대 전망

사업성 평가

재무 평가

- 최근 3년 건 매출액 87억에서 121억 원으로 성장
- 동기간 매출원가 83.6%에서 74.9%로 절감
- 영업이익률 9.3%로 수익성 매우 우수하며 부채비율이 낮아 재무적으로 안정적

인력 현황

- 박사급 1인, 석사급 2인을 포함한 6인의 전문 연구인력 보유

생산 역량

- 건물과 기계장치 등으로 20억 원 이상의 유형자산
- 안정적으로 수익을 내고 있어 투자 유치나 연구 개발에 재정적 부담이 없음

마케팅 역량

- 기업형 축산농가와 MOU 체결
- 시범구축 사업, 사업 설명회 등 적극적 홍보

사업화 전망

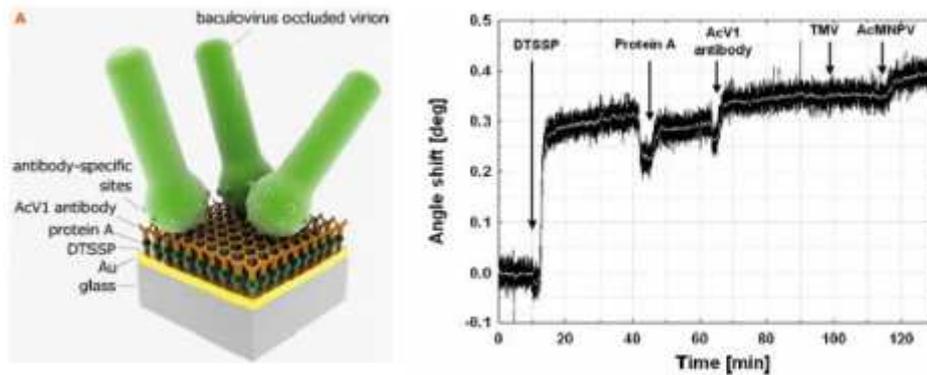
- 적극적인 연구개발로 우수한 개발능력 보유
- 대학, 기업, 농가 등 여러 타겟을 대상으로 실험연구와 매출처 확보에 주력중임
- 다량의 자본금 증설과 높은 이익잉여금으로 재무 상태가 양호하며, 향후 추가 자금유치 능력이 우수

6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보

코드번호	D-08
------	------

o Boltovets (2004) 등은 SPR 센서를 식물바이러스의 검출에 적용하여 식물바이러스인 TMV를 검출. 이들은 모델시스템으로 식물바이러스인 TMV를 *Bracteacoccus minor* 에 감염시켜 SPR 센서로 바이러스 검출 확인

시료내 존재하는 TMV를 2-20 μ g/ml 범위 내에서 검출

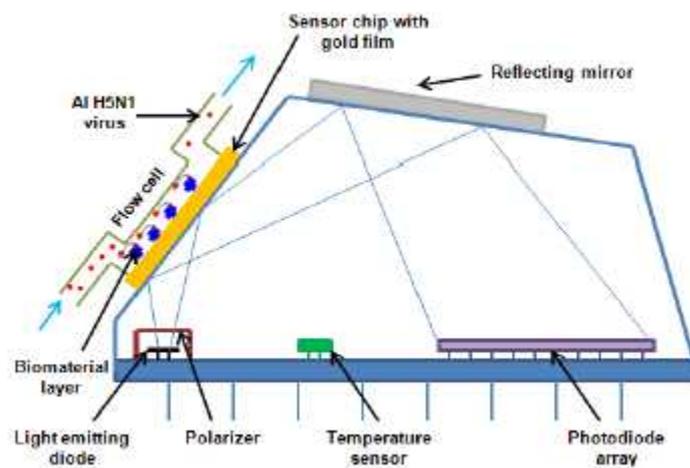


< Protein A-IgG layering 을 이용한 바이러스 검출 >

o 곤충 세포에 감염된 바이러스도 비슷한 원리로 검출 확인

Baac(2006)등은 위의 식물에서의 예와는 다르게 Protein A 층에 면저항체를 결합시키고 여기에 virus가 함유된 시료를 주입하여 바이러스의 존재유무를 진단하는 방법을 사용하여 검출

이러한 방법을 통하여 107pfu/ml (SPR angle shift = 37 millidegree) 농도의 바이러스 입자를 검출



< 이동식 조류 인플루엔자 센서 개념도 >

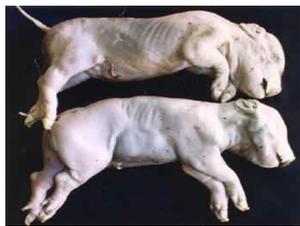
o 조류 인플루엔자 (Avian Influenza) 바이러스 검출

Hua Bai (2012)등은 이동식 조류 인플루엔자 검출 센서를 개발하여 위의 식물이나 곤충에서의 바이러스 센서와는 다르게 단백질 마커를 사용하여 공장에서 대량 생산할 수 있는 센서를 개발하였다.

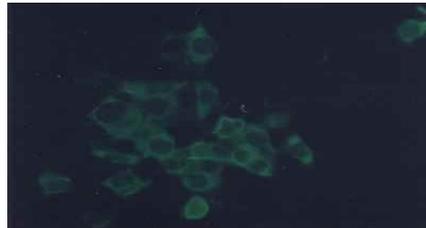
1.5 시간 안에 조류 인플루엔자에 대한 바이러스 유무 검사 가능

o PRRS 바이러스는 북미지역과 유럽지역에서 거의 동시에 나타난 질병으로 양 대륙에서 독립적으로 진화되어 두 지역의 바이러스들은 유전자가 약 60% 정도만 일치한다. 최근에는 두 종류의 바이러스가 지역 구분없이 동시에 출현하고 있어서 PRRS 바이러스의 진단과 예방 등 방역관리에 심각한 영향을 미치고 있음. 우리나라의 경우도 이전에는 북미형의 PRRS 바이러스만 확인되었으나 최근 유럽형의 PRRS 바이러스가 확인되었고, 농장에 따라 혼합 감염되어 있는 경우도 많아 방역관리에 어려움을 더해주고 있다.

o 돈군에 PRRS 바이러스가 유행하면 2주 이상 5~75%의 돼지가 식욕부진, 무기력 증상을 나타내며, 감염된 개체는 1~5일간 식욕부진을 나타낸다. 사육단계별로 격리사육하는 농장은 돈군간 전파에 7~10일 이상 기간이 걸리기 때문에 소위 “돌아가면서 사료를 남기는 (rolling inappetence)” 증상이 나타나고 있다.



PRRS로 유산된 태아



IFA를 활용한 PRRS 항체 검사

o 미 농무성 PRRS CAP 프로젝트에서는 PRRS 바이러스의 구조, 면역, 방어기전 연구를 통한 백신 개발, 생태학적 및 역학적 요인 규명, 숙주의 요인 규명, PRRS 방역 관리 기법 개발 및 요인 파악, 교육 및 지원 프로그램 개발 등으로 나누어 PRRS를 퇴치하기 위한 연구가 진행되고 있다.

o 우리나라도 그간 PRRS와 관련하여 다양한 연구개발과제가 진행되어 왔지만 지금까지의 연구개발과제는 기관별, 연구자별로 독립적으로 이루어져 단편적인 성과에 그치고 말았으나 PRRS 청정화란 큰 목표아래 체계적이고 융합적인 연구투자를 위한 “PRRS 청정화를 위한 연구개발”에 대한 지원이 필요한 시점이며, 농식품부에서는 이에 대한 적극 지원이 필요하다.

o 1990년대 초반 국내에 유입된 이후 PRRS로 인해 20년 동안 양돈농가가 피해를 보아왔으며, 매년 1000억원의 손실액을 고려하면 현재까지 무려 2조원의 피해를 본 것이라 예측되고 있음. 이러한 중요한 질병을 해결하기 위한 기술 개발에 필요한 연구비를 투자하여 이에 따른 정부와 협회의 중장기적인 적극적인 투자계획 수립이 필요하다고 할 수 있다.

o 중국 PRRS 유행 현황 (BinLi et al., 2010)

1995년 처음 PRRS 발병 이후 중국내 각 지역에서 다양한 균주의 PRRS 바이러스가 분리되었다. 특히 2006년 고병원성의 PRRS 바이러스가 분리 되었고 많은 피해를 주었으며, ORF5 유전자 염기서열을 분석한 결과 1996년에서 부터 2009년 사이 중국에서 분리된 모든 바이러스는 4개의 subgenotype으로 구분되는 North American 유전형에 속하는 것이며 그림과 같이 분류된다. 바이러스 계통 다양성과 점진적인 진화는 중국의 지역 내 여러 바이러스에 의한 PRRS 바이러스의 여러가지 유전자의 변형에 의한 것이라고 분석되었다.

o Europe에서의 PRRS 발병 현황 (Tomasz Stadejka et al., 2013)

유럽에서 발생한 PRRS는 유럽 내 돼지 산업에 큰 타격을 주고 있다. 이는 그 지역에서 분리된 바이러스가 유전적으로 변형을 일으키고 중국 등 다른 지역에서 발생한 고병원성 균주가 전파되면서 가속화 되고 있다. 최근 유럽에서 분리된 PRRSV는 이미 유럽에서 분리된 바이러스의 변형 균주이며 Type 2 (North American 유전형) 분리주도 다양한 유전적인 계통이 존재하는 것으로 보고 되었다. Type 2 PRRS의 경우 기존에 백신 균주만 분리되었으나 최근 독립적으로 병원성을 띄는 균주가 발견 되고 있으며, Type 1 PRRS는 중부 및 서부 유럽에서는 subtype 1 균주가 분리되고 동유럽에서는 모든 subtype의 PRRS 바이러스가 분리되는 것으로 알려졌다. 결과적으로 유럽 내에서도 지역마다 서로다른 균주가 발견되고 있어 더욱더 광범위하고 체계적인 PRRS 진단 및 예방이 필요한 실정이다.

Sequence	*Type	Name	Subtype	Country	Year
1		Lelystad virus	1	Netherlands	1991
2		BH 95 10 12	1	Germany	2006
3		rom22	1	Romania	2012
4	1	28M	1	Slovakia	2009
5		Vas	2	Belarus	2005
6		Ili	2	Russia	2009
7		Bor-54	2	Belarus	2004
8		Zap	3	Belarus	2004
9		Soz	3	Belarus	2009
10		VL	Subtyping pending	Russia	2006
11	2	29D1		Mexico	2002
12		91-27712 (US7)	Not applicable	USA	1991
13		VR-2332		USA	1990

*Type 1: EU genotype PRRSV. Type 2: North American genotype PRRSV.

< 유럽 각 지역 내 분리된 PRRS 바이러스 균주 >

7. 연구개발결과의 보안등급

코드번호	D-09
○ 해당사항없음	

8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

					코드번호	D-10		
구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록번호

9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

					코드번호	D-11
<p>○ 연구실 안전점검 체계 및 실시</p> <ul style="list-style-type: none"> - 실험실 안전 점검 체계 						
구분	대상	점검주기	점검내용		점검자	
일상점검	전실험실	매일	실험실 안전 일일점검표 작성		최종퇴실자	
확인점검	"	매일	일일점검표 작성여부 확인		전담부서	
수시점검	"	매월 1회 이상	실험실에 사용되는 가스,기구,전기,약품 등의 상태 및 보호장비의 관리실태 전반		안전관리자	
<p>○ 실험실 정밀 안전진단 실시</p> <ul style="list-style-type: none"> - 대상 : 연구개발활동에 유해화학물질 관리법 제2조 7호에 따른 유해화학물질을 취급하는 연구실, 산업안전보건법 제39조에 따른 유해인자를 취급하는 연구실, 과학기술부령이 정하는 독성가스를 취급하는 연구실 (우리원은 50개 실험실) - 실시 : 1년마다 1회 실시하여 교육과학기술부에 보고 <p>○ 작업환경 측정 실시</p> <ul style="list-style-type: none"> - 관련근거 : 산업안전보건법 제42조 - 측정주기 : 1회/년(6월) 최초 및 기준치 이상 검출시는 년2회 실시하여 고용노동부에 보고 						

- 측정대상 : 유해물질 취급장소 11개소(클린룸, 실험실)
- 측정내용 : 작업장소의 유해물질 노출현황 조사

o 교육훈련

- 채용시 교육 : 신규채용시 1회
 - 교육대상 : 신규채용자
 - 교육시기 : 6월, 12월
 - 교육내용 : 산업안전관련법규등 근로자가 알아야 될 사항
 - 교육방법 : 안전경영컨설팅, 대한산업보건협회 의뢰 등
 - 정기교육 : 월1회
 - 교육대상 : 전직원
 - 교육방법 : 해당기관에서 자체 또는 외부의 전문기관 의뢰 등
- ※ 작업내용 변경시 교육 (2시간이상)

o 보험 가입 현황

보 험 명	보 상 내 용	대 상	주관부서
동산보험	재산종합위험담보 : 1,099억원 - 우리 원 장비의 화재,도난,파손,폭발 잠위험등 재조달가액담보	전체	재무시설부
화재보험	담보금액 : 711억원 - 우리원 건물, 기계장치, 집기 화재보험	전체	재무시설부
산재보험	산재보험 약관	전체 (비상근 제외)	재무시설부
상해보험	사망, 후유장애, 질병사망 : 7천만원/인 상해소득보상금 : 1억원/인 의료비지원 - 암치료비 : 1천만원/인당 - 상해입원일당 : 2만원/인당 - 질병입원일당 : 2만원/인당	정규직	기획관리부

※ 특수건강검진

- 관련근거 : 산업안전보건법 제42조
- 검진주기 : 2회/년(6월, 12월), 신규입사자는 수시 실시하여 고용노동부 보고
- 대 상 : 실험실 근무자
- 검진항목 : 유기화합물등 13개 항목 177종의 노출유무 검사

○ 추가 이행 계획

1) 위촉연구원 상해보험 추가가입	상해보험추가가입 검토
2) 실험실 환기 개선	배기후드 보강, 환기대책수립
3) 안전보호장비 구입 및 시설 보완	안전보호장비와 안전표지 신규 구입 및 제작
4) 실험실 화학물질에 대한 물질안전보건자료 비치	MSDS 보완 및 통합관리
5) 실험실 환경안전지침 작성	보완작성
6) 실험실 안전일일점검 작성	점검확인
7) 고압가스 안전관리	안전시설 설치 및 가스 재무시설부 통합관리

10. 연구개발과제의 대표적 연구실적

번호	구분 (논문/특허/기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허등록 국가	코드번호		D-12	
						Impact Factor	논문 게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/ 인용횟수 등)
1	특허	대구경 광분배기 및 그 제조방법 (10-1712500)	포미(주)	주관 기관	대한민국	-	2017.02.27		등록
2	특허	무창축사 환기시스템 (10-1667316)	포미(주)	주관 기관	대한민국	-	2016.10.12		등록
3	특허	대구경 광분배기 및 그 제조방법 (10-2015-0144770)	포미(주)	주관 기관	대한민국	-	2015.10.16		출원
4	특허	무창축사 환기시스템 (10-2016-0109714)	포미(주)	주관 기관	대한민국	-	2016.08.28		출원
5	논문	Solar Conversion Efficiency Improvement of Dye-Sensitized Solar Cells via Plasma Treatment of Transparent Conducting Oxide Substrate	한국광 기술원	협동 기관	Journal of nanoscience and nano technology /미국	1.483	2017.08.22.	단독사사	SCIE
6	논문	The study of light waveguide effects on ZnO nanorod arrays	한국광 기술원	협동 기관	Electronic Materials Letter /한국	2.057	2016.03.10	중복사사	SCIE
7	논문	Surface plasmon resonance effect of silver nanoparticles on a TiO2 electrode for dye-sensitized solar cells	한국광 기술원	협동 기관	Applied surface science /네덜란드	3.387	2018.02.28	단독사사	SCI
8	기술 인증	첨단기술□제품 확인서	산업통상 자원부	주관 기관	대한민국	-	2018.01.15.	-	인증

11. 기타사항

코드번호	D-13
○ 해당사항 없음	

12. 참고문헌

코드번호	D-14
<p>한국광산업진흥회, 광융복합기술시장동향분석정보, 2010년 제22호</p> <p>한국농촌경제연구원, “2012 농업전망”</p> <p>방송통신기술 이슈&전망 2014년 제 56호 “광 인터커넥션 기술의 최근 동향”</p> <p>2011 Swine Research Review “미국의 신양돈 신기술 연구동향 대탐구”</p> <p>세계농업 제157호 “미국 양돈산업 동향”</p> <p>세계농업 제163호 “USDA 2014년 육류 수급 전망”</p> <p>국립축산과학원 “축산환경 기초기술“</p> <p>통계청 “2016년 1분기 가축동향”</p> <p>통계청, “2015년 축산물생산비 조사결과”</p> <p>2010 KLEI 한국축산경제연구소 강의자료</p> <p>김형린, 2013년 한국 양돈산업의 전망과 농가에 대한 제언, Pig&Pork한돈, 2013.1.</p> <p>한국은행, 한국농촌경제연구원 KASMO(Korea Agricultural Simulation Model</p> <p>농림수산물식품 주요통계 2015 책자부터 축산업에 양잠업을 합친 축잠업을 발표</p> <p>“2015 대한양돈협회 표준돈사” 설계도</p> <p>제 2권 2호 통권 3호 “네트워크장비 동향”</p> <p>축산정책관실 축산경영과 “2013년도 축사시설현대화사업 지원 계획”</p> <p>농림부, 2003. 한우육의 차별화를 위한 생산정보 연계 식육생산·유통 모형 개발</p> <p>농림부, 농협중앙회. 1996. 신고규모 축사 설계도 해설 및 시방서.</p> <p>농림부, 농협중앙회. 2016년 가변형 축사 표준설계도 - 설계설명서 및 시방서.</p> <p>“Livestock and Poultry: World Markets and Trade(2013.4)”, USDA FAS</p> <p>Songer, J. G. et al. 2005. Veterinary Microbiology, Elsevier Inc.</p> <p>Wathes, C. M. et al. 1994. Livestock Housing, CAB International.</p> <p>USDA, Quarterly Hogs and Pigs. 2013. 6, USDA.</p> <p>USDA, Livestock and Poultry: World Markets and Trade. 2013. 3, USDA</p> <p>USDA, Livestock and Poultry: World Markets and Trade. 2013. 4, USDA FAS.</p> <p>USDA/ERS, USDA and Bureau of Labor Statistics, U.S. Department of Labor USDA.</p> <p>USDA/ERS, Livestock, Dairy, and Poultry Outlook. 2013. 8, USDA</p> <p>USDA/ERS calculations using data from U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census. 2013. 8. 15, USDA.</p> <p>Barfoed AM, Kristensen B, Dannemann-Jensen T, Viuff B, Bøtner A, Kamstrup S, Møller MB. Influence of routes and administration parameters on antibody response of pigs following DNA vaccination. Vaccine (2004) 22:1395-1405.</p> <p>Charerntantanakul W. Porcine reproductive and respiratory syndrome virus vaccines : Immunogenicity, efficacy and safety aspects. World Journal of Virology (2012) 1(1):23-30.</p>	

<별첨작성 양식>

[별첨 1]

연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 광기술 기반 스마트형 축사 환경 관리 시스템 개발				
	(영문)Development of environmental control system based on optical technology for smart barn				
주관연구기관	포미(주)		주 관 연 구 책 임 자	(소속) 포미(주)	
참 여 기 업	한국광기술원			(성명) 조 경 재	
총연구개발비 (1,200,000천원)	계	1,200,000	총 연구 기간	2014. 12. 19~2017. 12. 18 (3년)	
	정부출연 연구개발비	900,000	총 참 연 구 원 수	총 인 원	41명
	기업부담금	300,000		내부인원	41명
	연구기관부담금	-		외부인원	
<p>○ 연구개발 목표 및 성과</p> <p>- 개발 목표</p> <p>근거리 네트워크 구현을 위한 광 부품 및 광 기술 기반의 나노 광축매 소자용 공기정화 장치를 이용한 친환경 청정 축산 생산 시스템을 개발하고, 특히 돼지 질병에서 큰 피해를 주고 있는 PRRS에 대한 바이오 센서 개발 및 각종 바이러스에 대한 살균력을 가지는 나노 광축매를 이용한 필터 개발을 통하여 안전한 먹거리를 지속적으로 생산할 수 있는 현대식 축사를 구축하는데 목적이 있다.</p> <p>- 성과</p> <p>본 기술개발을 통해 개발된 POF용 광부품(POF Pigtail, 광분배기, POF 점퍼코드), 공기정화 필터 제품의 사업화로 1억3천만원 매출이 발생하였으며, 연구실적으로 특허출원 2건, 특허등록 2건, SCI 1편, 비SCI 2편, 첨단기술인증 1건, 전시회참가, 교육지도, 인력양성 등 목표치에 준하는 연구성과를 달성하였다.</p> <p>○ 연구내용 및 결과</p> <p>- 근거리용 광통신 부품 개발 및 무창축사 오염물질 검출을 위한 소자 설계 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> • 근거리 광통신용 POF용 Pigtail 제작 기술 개발 • 다채널 광통신 시스템 구현을 위한 광 분배기(1*4) 개발 • 무창축사의 오염물질 및 PRRSv 검출을 위한 plasmonics 기반 센서 설계 • 무창축사의 공기정화 및 PRRSv 살균을 위한 나노 광축매 기술 연구 • Plasmonics 기반 무창축사 오염물질 및 PRRSv 검출 소자 연구 					

- 광통신구현을 위한 컨버터 개발 및 Plasmonics 기반 무창측사 오염물질 검출,정화소자 제작 및 성능평가
 - 1Gbps급 Ethernet to POF Converter Module 개발
 - 다채널 광송수신 통신 컨트롤러 개발
 - 무창측사의 공기정화를 위한 나노 광촉매 소자 연구
 - Plasmonics 기반 오염물질 검출 소자의 집적화를 통한 모듈 개발
 - Plasmonics와 Metal mesh 필터의 결합을 통한 공기정화 모듈 개발
 - 공기 정화 모듈의 성능 테스트

- Plasmonics 기반 PRRSv 검출을 위한 바이오센서 및 유해병원 살균 시스템 기술 개발
 - 최적 환기를 위한 통풍 및 차압 센싱 시스템 개발
 - 무창 측사 소독 및 온습도 제어 시스템 개발
 - 무창 측사 환기 관리를 위한 메인 컨트롤 시스템 개발
 - 무창측사 환경 유지 공기정화 시스템 기술 개발
 - Plasmonics 센서 기반 PRRS 실시간 검출 바이오 센서 기술 개발
 - 돈사 오염수준 인지 시스템과 공기정화 시스템 활용에 따른 생산성 향상 및 질병 발병률 개선효과 규명

- 유무선 네트워크 통신 모듈 개발
 - Zigbee 기반 센서용 무선 통신 모듈 개발
 - 유무선 인터페이스 호환 게이트웨이 개발
 - 유무선 통신 모니터링 S/W 개발
 - 실시간 오염수준 인지 시스템 필드테스트

- 연구성과 활용실적 및 계획
 - 새로운 축산업 기술 및 원천기술 확보
 - 기술을 통한 약 1억3천만원 매출실적에 따른 분야별 시장 확보
 - 기술을 통한 특허출원 2건, 특허등록 2건, SCI 1편, 비SCI 2편, 첨단기술 인증 확보
 - 고생산성 보장을 위한 친환경 시스템 확보
 - 경제동물 성장 및 생화학적 유해 인자 방지, 무항생제사용, 친환경 가능
 - Green 친환경 기술의 해외 수출 가능

 - 무창측사 오염수준 인지 시스템 및 공기정화 시스템 기술 개발에 따른 축산 기술 산업의 현대화 구현 및 생산성, 소득 향상
 - 밀사형태의 양돈 축사의 폐사율은 약 25~30%임
 - 본 기술 개발을 통한 폐사율 20%내외로 감소가 가능할 것으로 기대됨
 - 축사의 항생제 사용량 30% 감소로 인한 항생제 구매 부담 해소
 - 폐사율 등의 감소로 인한 생산성 향상으로 축산 농가 수입 향상 및 가격 경쟁력 제고 가능

 - FTA 체결에 따른 수입 축산물에 대한 차별성 부각으로 판로 확보 가능
 - 무항생제 또는 저 항생물질 사용과 같은 친환경의 사육 환경을 통한 안전성높은 축산물

로 차별화 가능

- FTA 체결, 중국 수입의 지속적 증가 등에 대비 생산 산업의 친환경 고품질 분야로 차별화 가능
- 축산 농가에서 요구하는 밀집형 축사의 환경 감시와 저비용 공기정화 장치 개발을 통해 체계적인 관리 시스템 구축 가능
- 축산 농가와 관련된 연구는 NT/BT/IT 기술이 융합된 농림분야의 첨단융복합 기술 분야를 활성화할 것으로 기대됨

자체평가의견서

1. 과제현황

			코드번호	D-15	
			과제번호	314083-3	
사업구분	농식품기술개발사업				
연구분야				단위	
사업명	2014년도 농림축산식품 연구개발 사업 지정공모 과제		과제구분	주관	
총괄과제	기재하지 않음		총괄책임자	기재하지 않음	
과제명	광 기술 기반 축사 환경관리 시스템 개발		과제유형	개발	
연구기관	포미(주)		연구책임자	조경재	
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	2014.12.19.~ 2015.12.18	300,000	100,000	400,000
	2차년도	2015.12.19.~ 2016.12.18	300,000	100,000	400,000
	3차년도	2016.12.19.~ 2017.12.18	300,000	100,000	400,000
	계		900,000	300,000	1,200,000
참여기업					
상대국		상대국연구기관			

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 :

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
포미 주식회사	연구소장	조경재

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확 약	
-----	--

I. 연구개발실적

※ 다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수)

본 기술개발을 통하여 제작된 광기술 기반 축사 환경관리 시스템은 기존 속도조절 환기시스템을 이용해 축사내 악취 물질을 저감시키는 제품들과는 달리 플라즈모닉 바이오 센서를 부착하여 돼지에 치명적인 돼지호흡기생식기증후군(PRRS)의 검출과 더불어서 먼지의 오염도 및 실내 온도의 농도에 따른 통풍속도, 풍속량을 가변적으로 공급, 흡입하는 공기정화 시스템으로써 획기적인 신기술이라 할 수 있으며, 이 기술을 활용하여 특허출원 2건, 특허등록 2건, SCI 1편, 비SCI 2편, 첨단기술인증을 통한 원천기술을 확보함. 이에 농림분야의 첨단융복합 기술 연구에 적절히 활용하여 신시장을 개척할 수 있을 것이라 판단된다.

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수)

국내외 모든 농가 및 정부에서는 축사내부의 환경관리에 많은 관심을 보이고 있으며, 이는 매출과 관련되는 가축의 건강상태에 밀접한 영향이 있는 것으로 나타났음. 이에 본 기술을 통하여 새로운 축산업 기술 및 원천기술을 확보하고, 축산 농가에서 요구하는 밀집형 축사의 환경감시와 저비용 공기정화 장치개발을 통해서 체계적인 관리 시스템 구축이 가능할 것으로 보이며, 최적의 가축 사육 환경을 유지하여 가축 질병 예방 및 항생제 사용을 억제함으로써 고품질의 축산물을 소비자에게 제공할 수 있을 것으로 판단됨. 또한 축산물 생산 환경을 소비자에게 제공함으로써 축산물에 대한 신뢰성을 높일 수 있을 것으로 예상된다.

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주우수)

본 과제에서 시스템 구축을 위한 광부품인 POF Pigtail, 광분배기, 미디어 컨버터 등은 근거리 네트워크용으로 활용이 가능하리라 판단되고 있음. 특히 최근에 홈네트워크 영역에서 고속 데이터의 전송을 위한 케이블이 POF로 표준화가 진행되고 있으므로, 개발된 광부품의 응용 시장은 매우 확장될 것으로 기대됨. 또한 공기정화를 위한 나노 광촉매 소자는 가정용 가전제품인 에어컨 및 공기청정기, 제습기, 가습기의 필터로 활용이 가능할 것으로 판단됨에 따라 이를 통한 국내외 매출 향상이 기대된다.

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수)

총 3차년도 기술개발기간 추진일정에 준하여 차질 없이 진행되었으며, 시스템의 업그레이드를 위한 추가적인 성능개선 연구를 준비중에 있다.. 또한 최종 시스템 및 관련제품들의 사업화를 위한 논의를 진행하고 있으며, 축산업 관계자들과 기업간의 연계를 통한 제품의 사업화 방안을 계획중이다.

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주우수)

□ 특허 출원

1. 대구경 광분배기 및 그 제조방법 (출원일 : 2015.10.16. / 출원번호: 10-2015-0144770)
2. 무창축사 환기시스템 (출원일 : 2016.08.28. / 출원번호 : 10-2016-0109714)

□ 특허 등록

1. 무창축사 환기시스템 (등록일 : 2016.10.12. / 등록번호 : 10-1667316)
2. 대구경 광분배기 및 그 제조방법 (등록일 : 2017.02.27. / 등록번호 : 10-1712500)

□ 기술 인증

1. 첨단기술인증 (첨단기술□제품 확인서 / 확인번호 : 제2018-1호 / 2018.01.15.)

□ 논문 (SCI)

1. 논문명 : Surface plasmon resonance effect of silver nanoparticles on a TiO₂ electrode for dye-sensitized solar cells

□ 논문 (SCIE)

1. 논문명 : The study of light waveguide effects on ZnO nanorod arrays
2. 논문명 : Solar Conversion Efficiency Improvement of Dye-Sensitized Solar Cells via Plasma Treatment of Transparent Conducting Oxide Substrate

□ 학술발표

1. 2016년도 한국기계항공학회 학술발표
 - 발표명 : 다채널 광통신 시스템 구현을 위한 광분배기
 - 발표자 및 발표일자 : 김인수 (2016.04.15.)
2. 2016년도 International vacuum congress-20 학술발표
 - 발표명 : The formation and size effect of local surface plasmon resonance for dye sensitized solar cells with silver nano particles
 - 발표자 및 발표일자 : 정행윤 (2016.08.23.)
3. 2017년도 제 24회 광전자 및 광통신 학술회의
 - 발표명 : 무반사 코팅을 이용한 염료감응형 태양전지의 효율 향상
 - 발표자 및 발표일자 : 정행윤 (2017.06.07.)

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
근거리용 광통신 부품 개발 및 무창측사 오염물질 검출을 위한 소자 설계 연구	30	100	<ul style="list-style-type: none"> - 근거리 광통신용 POF용 Pigtail 제작 기술 개발완료 - 다채널 광통신 시스템 구현을 위한 광 분배기(1*4) 개발완료 - 무창측사의 오염물질 및 PRRSv 검출을 위한 plasmonics 기반 센서 설계완료 - 무창측사의 공기정화 및 병원균 살균을 위한 나노 광촉매 기술 연구완료 - Plasmonics 기반 무창측사 오염물질 및 PRRSv 검출 소자 연구완료
광 통신 구현을 위한 컨버터 개발 및 Plasmonics 기반 무창측사 오염물질 검출, 정화소자 제작 및 성능평가	30	100	<ul style="list-style-type: none"> - 1Gbps급 Ethernet to POF Converter Module 개발완료 - 다채널 광송수신 통신 컨트롤러 개발완료 - 무창측사의 공기정화 및 살균을 위한 나노 광촉매 소자 연구완료 - Plasmonics 기반 오염물질 검출 소자의 집적화를 통한 모듈 개발완료 - Plasmonics와 Metal mesh 필터의 결합을 통한 공기정화 및 병원균 살균 모듈 개발완료
Plasmonics 기반 PRRSv 검출을 위한 바이오센서 및 유해병원 살균 시스템 기술 개발	40	100	<ul style="list-style-type: none"> - 최적 환기를 위한 통풍 및 차압 센싱시스템 개발완료 - 무창측사 소독 및 온습도 제어 시스템 개발완료 - 무창측사 환기 관리를 위한 메인 컨트롤 시스템 개발완료 - 무창측사 환경 유지 공기정화 시스템 기술개발완료 - Plasmonics 센서 기반 실시간 바이러스 검출 시스템 기술 개발완료 - 무창측사 오염수준 인지 및 PRRSv 감시 시스템과 공기정화 시스템 기술 개발완료 - Zigbee 기반 센서용 무선 통신 모듈 개발완료 - 유무선 인터페이스 호환 게이트웨이 개발완료 - 실시간 오염수준 인지 시스템 필드테스트 구축
합계	100점		

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

본 과제는 광 부품 및 광 기술 기반의 나노 광축매 소자용 공기정화 장치를 이용한 친환경 청정축산 생산 시스템 개발을 최종 목표로 하고 있으며, 1차년도 진행되었던 근거리용 광통신 부품 개발과 무창축사 오염물질 검출을 위한 소자 설계 연구와 2차년도 진행되었던 광통신 구현을 위한 미디어컨버터 개발, 최종적으로 3차년도 무창 축사 환경 유지 공기정화 시스템 기술 개발을 성공적으로 완료하였으며, 최종 목표일정 맞춰 간이 무창 축사 필드테스트 배드를 구축하였음. 이에 본기술 개발을 통하여 새로운 축산업 기술 및 원천 기술을 확보하였으며, 축산 농가에서 요구하는 밀집형 축사의 환경감시와 저비용 공기정화 장치 기술을 통해 체계적인 관리 시스템이 구축됨에 따라 양돈농가에 시범 테스트베드 구축에 대한 대외적인 홍보(on, off 라인)를 진행하며, 관련 설비 투자를 진행할 계획이며, 농축산 관련 기관 및 업체 등에 홍보 및 판매망(대리점)을 구축을 진행함에 따라 차질없이 진행될것으로 판단됨. 협동기관인 한국광기술원은 축사 적용이 가능할 수 있도록 대면적 공정 기술 개발이 100% 완료되었으며, 이를 통하여 추가적인 연구를 통하여 특허 및 논문, 기술이전 등 다양한 분야의 융합 기술력이 향상될 것으로 판단됨.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

현재 본 기술개발의 핵심인 무창축사 환기 시스템 기술의 원천기술을 필요로 하는 업체와 기술이전을 위한 논의를 진행중에 있음.

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

3차년도 기술개발이 차질없이 진행되었으며, 특히 본 과제에서 개발된 축사 온습도 제어관리 시스템을 자체적으로 실제 농가에 적용시켜 실시간시스템 운영을 적극 활용하고 있음. 이에 추가적으로 무창축사 양돈농가에 현장적용을 위한 협의를 진행하고 있으며, 좋은 결과를 도출해낼 것으로 판단됨.

IV. 보안성 검토

○ 의견 없음

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

○ 의견 없음

2. 연구기관 자체의 검토결과

o 의견없음

3. 연구목표 대비 성과

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과				교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기 타 (타 연 구 활 용 등)
	특 허 출 원	특 허 등 록	품 종 등 록	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논 문		논 문 평 균 IF	학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시	
												SC I	비 SC I							
단위	건	건	건	건	백 만 원	건	건	건	명	백 만 원	건	건	건	건	건	명	건	건		
가중치 (%)	10	10	0	0	0	10	10	0	0	0	10	10	10	0	5	5	5	5	10	0
최종목표	2	1	0	0	0	3	3	0	0	0	1	1	1	0	2	2	2	1	2	0
연구기간 내 달성실적	2	2	0	0	0	3	4	0	0	0	1	1	2	0	3	2	1	1	2	0
달성율 (%)	100	200	0	0	0	100	133	0	0	0	100	100	200	0	150	100	50	100	100	0

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	근거리용 광통신 부품 개발 및 무창측사 오염물질 검출을 위한 소자 설계 연구
②	광통신 구현을 위한 컨버터개발 및 Plasmonics기반 무창측사 오염물질 검출, 정화소자 개발
③	Plasmonics 기반 오염물질 검출 공기정화 모듈 개발 및 무창측사 환경 유지 공기정화 시스템 기술 개발

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허출원	산업체이전 (상품화)	현장에로결	정책자료	기타
①의 기술		v				v	v			
②의 기술		v				v	v			
③의 기술		v				v				
.										

* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	<ul style="list-style-type: none"> - 근거리 광통신 부품개발을 통한 사업화가 가능하였으며, 이를 활용하여 지속적인 제작 제품의 양산판매가 기대됨 - 플라즈모닉 바이오 센서 설계를 통한 병원균 항균/살균 연구 기대
②의 기술	<ul style="list-style-type: none"> - 미디어 컨버터 개발을 통한 광통신 시장에 매출이 발생하였으며, 이를 통한 확장형 미디어 컨버터 개발로 사업화가 가능함. - Plasmonics가 결합된 고효율 병원균 살균 및 공기정화 모듈 개발을 통한 AI 등 각종 질병의 병원균 살균을 위한 연구가 가능함.
③의 기술	<ul style="list-style-type: none"> - 축사내 최적환기를 위한 통풍 및 차압센싱 시스템 개발과 환경 유지를 위한 온습도 제어 시스템 개발을 통한 각종 융합기술을 통한 사업화가 가능함. - Plasmonics 기반 오염물질 검출 공기정화 시스템 개발에 따른 공기정화필터의 사업화가 가능하였으며, 추가적으로 가전제품(에어컨, 공기청정기, 제습기 등) 미세먼지를 타겟으로 한 시장진출이 가능함.

7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타 연구 활용 등)	
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용 창출	투자유치		논문		학술발표			정책 활용	홍보 전 시		
												SCI	비SCI							논문 평균 IF
단위	건	건	건	건	백만원	건	건	건	명	백만원	건	건	건	건	건	명	건	건		
가중치	10	10	0	0	0	10	10	0	0	0	10	10	10	0	5	5	5	5	10	0
최종목표	2	1	0	0	0	3	3	0	0	0	1	1	1		2	2	2	1	2	0
연구기간 내 달성실적	2	2	0	0	0	3	4	0	0	0	1	1	2		3	2	1	1	2	0
연구종료 후 성과창출 계획	1	2	0	0	0	5	5	0	0	0	1	1	1	0	2	2	2	1	3	0

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명1)			
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	천원
이전방식2)	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전소요기간		실용화예상시기3)	
기술이전시 선행조건4)			

- 1) 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성
- 2) 전용실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 다른 1인에게 독점적으로 허락한 권리
통상실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 제3자에게 중복적으로 허락한 권리
- 3) 실용화예상시기 : 상품화인 경우 상품의 최초 출시 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등
- 4) 기술이전시 선행요건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)