

보안 과제(), 일반 과제() / 공개(), 비공개()발간등록번호(○)

118062
-2

2018년도 농림축산식품 연구개발사업 제2차 연도 최종완료보
고서

전기화학적 가축전염성
미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형
바이러스 진단 플랫폼의 개발
최종보고서

발간등록번호
11-1543000-003178-01

전기화학적 미소수정진 동자저울을 이용한 현장 진단형 가축 전염성 바이 러스 진단 플랫폼의 개발 최종보고서

2020. 07. 17.

2019

주관연구기관 / (주)라온즈

농림축산식품부
라온즈

농림축산식품부

(전문기관) 농림식품기술기획평가원

<제출문>

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가축 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발”(개발기간 : 2018. 04. 26. ~ 2019. 12. 31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2019. 12. 31.

주관연구기관명 : (주)라운즈

(대표자) 신 상 용



주관연구책임자 : 김 현 철

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	118062-2	해 당 단 계 연 구 기 간	2018.04.26. ~2019.12.31	단 계 구 분	총 단계
연구사업명	단 위 사 업	2018년 농림축산식품 연구개발사업			
	사 업 명	가축질병대응기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가축 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발			
연구책임자	김현철	해당단계 참여연구원 수	총: 5명 내부: 5명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부:110,000천원 민간: 36,667천원 계:146,667천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 10명 내부: 10명 외부: 명	총 연구개발비	정부:195,000천원 민간: 65,001천원 계:260,001천원
연구기관명 및 소속부서명	(주)라운즈			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	일반등급, 현장애로해결형 기술 개발 사업
-------------------------	------------------------

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호		2	1			1					

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약

현장적용이 가능한 자동화 분석 기기 개발과 조류독감(influenza)/구제역(FMD : Foot and mouth disease) 바이러스(virus) 분석 솔루션 개발
 Bench-Top (외장형 현장 분석장치) Multimodal QCM(Quartz Crystal Microbalance)를 이용한 나노 표면/바이러스 질량검출
 Electrochemical 방식을 이용한 표면 반응 데이터 획득
 외장형 Spectrometer(Full spectrum laser분석기 포함)을 통한 분광 정보 획득
 Nano-Raman을 통한 Influenza virus 종류 구분 및 분석
 외장형 eQCM Spectrometer 인터페이스 프로그램 개발
 QCM기반 나노표면 질량 검출
 QCM system 및 pump제어
 High speed / sensitivity를 가지는 QCM 프로그램 개발
 나노 표면 개질 및 전극 개발
 Electrochemical 방식 전극을 이용한 표면 반응 검출
 QCM일체형 electrode설계 및 제작
 Impedance analyzer 회로 설계 및 제작
 Nano-Raman 및 Raman Spectrometer(바이러스 구성 정보 측정)
 SERS용 Tip제작 및 집적화
 Table top형식 고성능 Raman spectrometer 제작
 IT산업과의 연계를 통한 고위험성 병원균 (바이러스, 독성 박테리아) DB 및 해석 기술을 확보하여 손쉽게 현장에서 바이러스 정보를 확인할 수 있는 휴대형 분광 분석 시스템 및 서비스를 제공
 플랫폼 구성은 eQCM, 표준 라만 분광기 HW 등 既 확보기술을 접목하여 현장의 항체반응 및 분광분석 정보와 표준 바이러스 DB를 연동하는 통합 분석 플랫폼 구축

보고서 면수

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<p>Bench-Top (외장형 현장 분석장치) Multimodal QCM(Quartz Crystal Microbalance)를 이용한 나노 표면/바이러스 질량 검출로 바이러스 존재여부 진단 플랫폼 개발</p> <p>Electrochemical 방식을 이용한 표면 반응 데이터 획득</p> <p>외장형 Spectrometer(Full spectrum laser분석기 포함)을 통한 분광 정보 획득</p> <p>Nano-Raman을 통한 Influenza virus 종류 동정 및 바이러스 분석</p> <p>외장형 eQCM Spectrometer 인터페이스 프로그램 개발</p> <p>QCM기반 나노표면 질량 검출, QCM system 및 pump제어</p> <p>High speed / sensitivity를 가지는 QCM 프로그램 개발</p> <p>나노 표면 개질 및 전극 개발 : Electrochemical 방식 전극을 이용한 표면 반응 검출과 QCM일체형 electrode설계 및 제작, Impedance analyzer 회로 설계 및 제작, Nano-Raman 제작 및 Raman Spectrometer 제작 (바이러스 구성 정보 측정)</p> <p>SERS용 Tip제작 및 집적화 : Table top형식 고성능 Raman spectrometer 제작</p> <p>바이러스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 기술 개발, 임상 샘플의 농축을 위한 Hydrophobic surface 및 Ionization + Acoustic levitation 방식 개발 (Dynamic continuous viral sample accumulation), Embossing 및 electrospray 기법을 이용한 Au eQCM용 SERS기판 개발</p> <p>Dual mode (Plasma + CO₂ particle) 기판 cleaning공정 기술 개발</p> <p>바이러스 채집: acoustic levitation 과 ionization을 이용한 바이러스 농축</p> <p>임상 샘플의 바이러스 농축기법, Ionization 및 acoustic levitation 기반 농축실험</p> <p>eQCM SERS용 기판제작 및 공정 개발</p> <p>Nanopatterned Au 기판 design 및 제작공정 설계: Embossing + plating</p> <p>Electrospray을 이용한 nanoparticle deposition</p> <p>10회 이상 재사용 가능한 eQCM SERS기판 Cleaning공정 고도화</p> <p>eQCM 민감도 향상을 위한 개선 사항</p> <p>Dual chamber를 이용한 non-specific binding효율 검증:</p> <p>그림에서와 같이 dual chamber QCM을 설계하여 같은 sample에 대해 control과 sample test chamber를 동시에 측정함으로써 non-specific binding과 같이 민감도에 영향을 줄 수 있는 외란의 효과를 검출함으로써 최대 검출 한계인 민감도를 향상</p> <p>이를 위해 QCM을 두개의 동일 chamber로 구성하고 이에 따른 시료의 유/출입을 동시에 제어함으로써 외란의 효과를 검증</p> <p>외란의 효과를 제외한 순수한 샘플의 무게 변화를 검증함으로써 최대 민감도의 향상 QCM resonance frequency 및 검출 면적의 최적화:</p> <p>QCM의 detection 민감도는 resonance frequency와 detection area에 관련</p> <p>이는 높은 resonance frequency에서 주파수 변화폭은 검출 질량에 비례하여 증가, 높은 frequency에서의 주파수 변화는 더 낮은 질량 변화폭을 검출</p> <p>QCM장치의 고유 공진 주파수를 최적화 함으로써 Target sample의 질량 변화폭을 virus수준 조정</p> <p>QCM의 detection면적에 따른 질량 binding 면적을 증가로 민감도 향상된 QCM</p>
------------------------	--

	<p>output 획득</p> <p>SPR 영상처리시스템¹⁾와 특성 비교</p> <p>Q2-D array chip상에 고정화된 단백질의 상호작용 반사광이 최소가 되는 공명각의 변화Spot의 반사가 감소</p>				
연구개발성과	<p>FMDV의 실시간 유전자증폭기술을 이용한 진단 검사 방법 : 표준물질 DNA는 NCBI의 FJ593972, 722bp의 5-UTR부위를 유전자 합성을 통하여 제작(한국, 바이오팩트), 실시간 유전자 증폭 방법은 Iranian Journal of Virology 2013;7(1&2): 21-2를 참고하여 PCR 조건 및 프리믹스 조성 변형, 프로브와 프라이머의 염기서열과 동일 사용</p> <p>진단 평가는 FMDV의 표준물질은 증류수로 희석하여 10⁸copies/ml 부터 1 copy 농도의 희석액 사용, 각 농도당 약 3회 반복 검사 실시, 또한 R²=0.98이 상으로 선형회귀 모델 직선성 평가</p> <p>검출한계(LOD)는 10⁶copies/ml 에서 1 copy/ml 까지 양성률 100%, 3회 반복 측정된 결과로 98% (probit분석)으로 98% 신뢰수준으로 결정되는 검출 한계 1 copy/ml, 일반적인 실시간유전자 증폭기술로 확인, 바이러스 내지 세균의 검출 한계와 비슷한 수준 확인</p> <p>선형회귀 모델 R²값도 0.999, 본 검사는 10⁶copies/ml 에서 1 copy/ml 범위에서 RNA 정량값 보고 및 판단, 이에 FMDV의 표준물질은 QCM 실험 사용</p> <p>FMDV를 QCM으로 진단 특이도와 민감도가 높게 나타나는 것으로 확인, HCV를 통해 실험체에서도 진단 가능 확인, QCM은 비교적 진단에 필요한 단가가 저렴하여, 기존 FMDV 진단 방법인 ELISA, PCR과 병행하여 사용할 수 있는 새로운 현장형 진단 검사 방법</p>				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	<p>IT산업과 연계로 고위험성 병원균 (바이러스, 독성 박테리아) DB 및 해석 기술 확보와 손쉽게 현장에서 바이러스 정보를 확인할 수 있는 휴대형 분광 분석 시스템 및 서비스 제공</p> <p>플랫폼 구성은 eQCM, 표준 라만 분광기 HW 등 既 확보기술을 접목하여 현장의 항체반응, 분광분석 정보, 표준 바이러스 DB 연동 통합 분석 플랫폼 구축</p> <p>eQCM/나노 라만 분광법으로 신속한 Avian Flu/FMD 바이러스 진단 기술 확보</p> <p>본 과제로 바이러스 진단장비를 이용한 전염성 바이러스의 분석을 위한 기초데이터 확보, 인공지능(딥 러닝)기반 진단 플랫폼 및 솔루션 개발로 바이러스 진단 솔루션 대중화, 상용화로 국민 건강 증진 기여</p> <p>기존의 가축 전염성 바이러스 발생빈도 증가와 변형된 바이러스 변형종의 확대로 조기발견을 위한 지속적인 전염성 바이러스 샘플 분석 DB 업데이트, 진단 솔루션 업그레이드로 조기발견과 신속한 대응체계 확립</p>				
국문핵심어 (5개 이내)	휴대형 분광 분석 시스템	나노 표면 개질 및 전극 개발	표면 반응 검출	바이러스 구성 정보 측정	외장형 현장 분석장치
영문핵심어 (5개 이내)	Multimodal QCM	eQCM Spectrometer	SERS substrate	FMDV	Raman spectrometer

1) SPR:Surface Plasmon Resonance 전기장을 가하면 금속과 sample의 경계에 표면파가 생김. 사용되는 금속 : gold, silver, copper, aluminum, 사용되는 *빛은 electromagnetic wave

<본문목차>

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요
2. 연구수행 내용 및 결과
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도
4. 연구결과의 활용 계획 등
붙임. 참고 문헌

<별첨> 주관연구기관의 자체평가의견서

1. 연구개발과제의 개요

1-1. 연구개발 목적

- ▶ Bench-Top (외장형 현장 분석장치) Multimodal QCM(Quartz Crystal Microbalance)
- ▶ 외장형 eQCM Spectrometer 인터페이스 프로그램 개발
- ▶ 바이러스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 기술 개발
- ▶ eQCM SERS용 기관제작 및 공정 개발
- ▶ 전염성 바이러스 시료의 외부기관협력으로 바이러스 종에 대한 DB 확보
- ▶ eQCM Spectrometer 통합 플랫폼 구축

1-2. 연구개발의 필요성

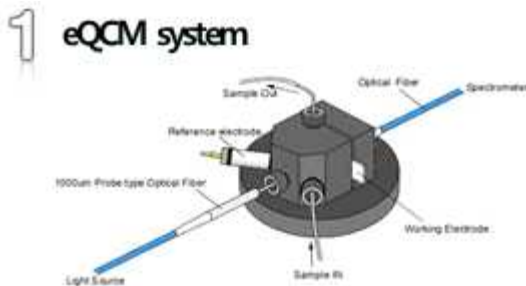
- ▶ 국내 축산업계의 현실이 최근 5년간 구제역, 조류독감과 같은 집단사육 환경에서 전염성 바이러스에 의한 집단폐사의 위험성이 높아지고 있는 현실에서 고위험성 바이러스 검출 시장의 국산 기기 개발을 위한 핵심기술의 확보가 필요한 상황이다. 집단사육환경의 농장관리에서 정밀진단의 환경이 요구되지만 현실적인 어려움과 적용가능한 제품의 개발이 미진한 상황이다. 이와 같은 **현장적용**이 가능한 **자동화 분석 기기 개발과 조류독감(influenza)/구제역(FMD : Foot and mouth disease) 바이러스(virus) 분석을 위한 솔루션 개발을 한다.**
- ▶ **대표적인 집단사육환경에서 발생하는 전염성 바이러스 질병인 구제역 바이러스**는 유기용매, 낮은 온도, 습기 있는 중성 pH의 환경에서 일반적으로 저항성을 나타내나, 열, 산 및 알칼리에 약하며, 특히 pH에 의한 감수성이 매우 높아 pH가 6.5 이하나 11이상일 때 빠르게 감염력이 소실된다. 그러므로, 중성 pH의 임과절과 골수에서 장기간 생존이 가능하나, 근육에서는 사후강직 후 pH는 6.0 이하로 변하므로 바이러스가 급격히 파괴된다. 또한 건조에 민감하여 50% 이하로 상대습도가 저하될 경우 급격히 그 생존력이 상실된다. 일반적으로 냉장 또는 냉동 상태에서는 감염력이 유지되나, 50℃ 이상의 온도에서는 급격히 불활성화 되며, 온도와 pH 상태에 따라 다르나 일반적으로 오염된 사료에서 1개월 동안 생존할 수 있다. 구제역 바이러스는 동물과 육류, 저장온도(냉장, 냉동)에 따라서 저항성이 다양하여 짧게는 6-8일에서 길게는 210-352일까지 감염력을 유지할 수 있다. 오염된 환경에서의 바이러스의 생존은 오염된 물질에 따라서 다르게 나타나며, 바이러스의 초기농도가 중요하나, 바이러스주, 습도, pH, 기온 등에 영향을 받으며, 야외 상황에서는 매우 다르게 나타날 수 있다. 18-20℃의 소 털에서는 4주, 건조된 분변에서 14일 까지, 오줌에서 39일까지, 토양에서 여름에는 3일, 가을에는 28일까지 살아남을 수 있다. 소의 타액에서는 1시간 후에 0.1% (상대습도 70%)로 생존이 가능하며, 소와 돼지의 위 및 장의 내용물에서는 생존기간이 3일 이하이다. 구제역 바이러스를 실험적으로 감염된 동물에서 유래된 내장을 이용한 자연산 케이싱에서 구제역바이러스가 250일 까지 존재한 보고가 있다. 건조에서는 200일 이상 생존하며, 사료는 12-20℃에서 52 일간, 2-5℃에서는 70일간 생존한다. 퇴비에서는 냉장시 66일, 냉동시 168일, 실온에서는 12일, 밀짚(2℃)에서 232일, 초지의 경우 양지에서 수일간, 가을에는 195일, 겨울에는 262일이상 생존가능하다. 구제역 바이러스는 사람의 코와 후두에서 24-36시간까지 생존할 수 있어 사람으로부터 소 등으로 공기전파가 가능하기 때문에 감염된 농

장이거나 실험실 출입자는 출입 후 일주일이상 감수성동물과 접촉하지 않아야 한다.

- ▶ 집단사육환경에서 전염성바이러스의 노출진단은 경제적인 손실을 최소화 하는 조기에방의 방법으로 적용해야한다. 본 과제를 통한 전염성 바이러스 진단용 바이오센서플랫폼의 구축으로 집단사육환경에서 바이러스의 예방활동에 적용이 가능하다.

1-3. 연구개발 범위

- ▶ Bench-Top (외장형 현장 분석장치) Multimodal QCM(Quartz Crystal Microbalance)를 이용한 나노 표면/바이러스 질량 검출을 통하여 바이러스 존재여부를 진단할 수 있다.
 - Electrochemical 방식을 이용한 표면 반응 데이터 획득
 - 외장형 Spectrometer(Full spectrum laser분석기 포함)을 통한 분광 정보 획득
 - Nano-Raman을 통한 Influenza virus 종류 동정 및 바이러스 분석
- ▶ 외장형 eQCM Spectrometer 인터페이스 프로그램 개발
- ▶ QCM기반 나노표면 질량 검출
 - QCM system 및 pump제어
 - High speed / sensitivity를 가지는 QCM 프로그램 개발
 - 나노 표면 개질 및 전극 개발
- ▶ Electrochemical 방식 전극을 이용한 표면 반응 검출
 - QCM일체형 electrode설계 및 제작
 - Impedance analyzer 회로 설계 및 제작
- ▶ Nano-Raman 제작 및 Raman Spectrometer 제작 (바이러스 구성 정보 측정)
 - SERS용 Tip제작 및 집적화
 - Table top형식 고성능 Raman spectrometer 제작

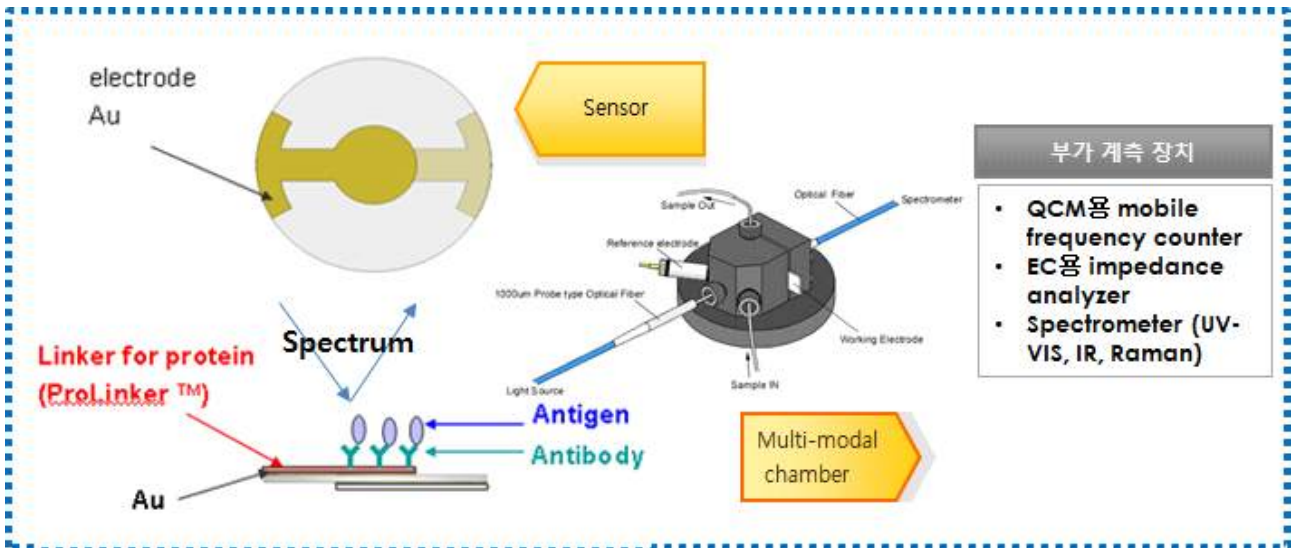
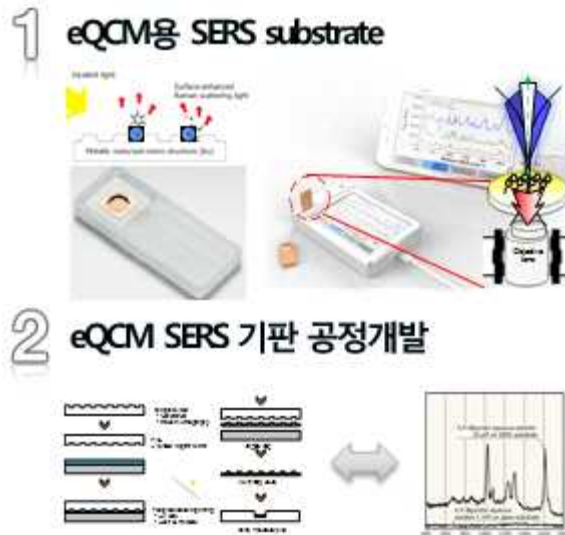


2 Spectrometer (Raman 포함)

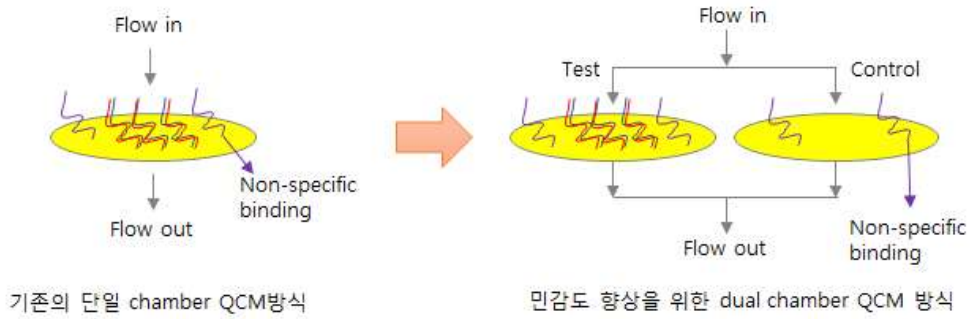


- ▶ 바이러스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 기술 개발
 - 임상 샘플의 농축을 위한 Hydrophobic surface 및 Ionization + Acoustic levitation 방식 개발 (Dynamic continuous viral sample accumulation)
 - Embossing 및 electrospray 기법을 이용한 Au eQCM용 SERS기판 개발
 - Dual mode (Plasma + CO₂ particle) 기판 cleaning공정 기술 개발

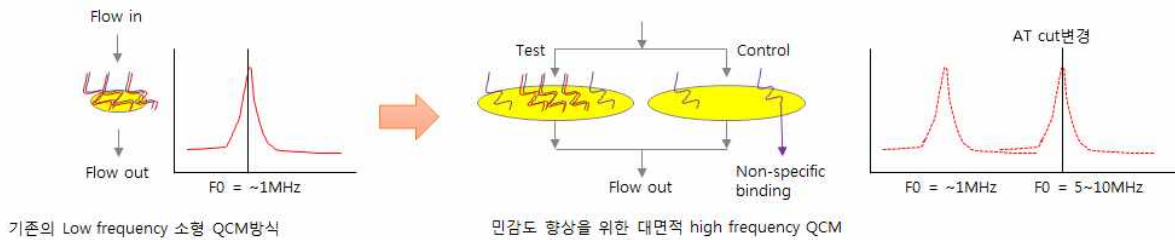
- ▶ 바이러스 채집: acoustic levitation 과 ionization을 이용한 바이러스 농축
 - 임상 샘플의 바이러스 농축기법
 - Ionization 및 acoustic levitation 기반 농축실험
- ▶ eQCM SERS용 기판제작 및 공정 개발
 - Nanopatterned Au 기판 design 및 제작공정 설계: Embossing + plating
 - Electropray을 이용한 nanoparticle deposition
 - 10회 이상 재사용 가능한 eQCM SERS기판 Cleaning공정 고도화



- ▶ eQCM 민감도 향상을 위한 개선 사항
 - Dual chamber를 이용한 non-specific binding효율 검증:

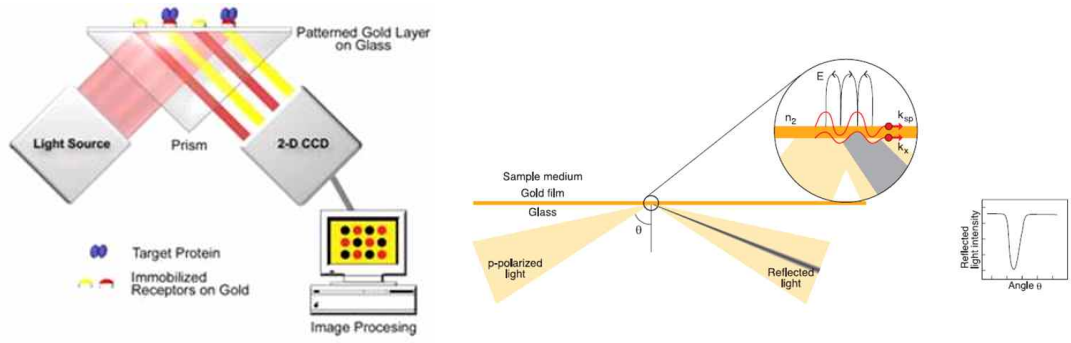


- 그림에서와 같이 dual chamber QCM을 설계하여 같은 sample에 대해 control과 sample test chamber를 동시에 측정함으로써 non-specific binding과 같이 민감도에 영향을 줄 수 있는 외란의 효과를 검출함으로써 최대 검출 한계인 민감도를 향상
- 이를 위해 QCM을 두개의 동일 chamber로 구성하고 이에 따른 시료의 유/출입을 동시에 제어함으로써 외란의 효과를 검증
- 외란의 효과를 제외한 순수한 샘플의 무게 변화를 검증함으로써 최대 민감도의 향상 QCM resonance frequency 및 검출 면적의 최적화:

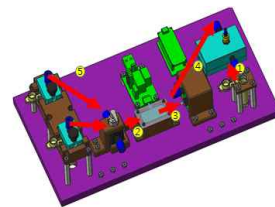
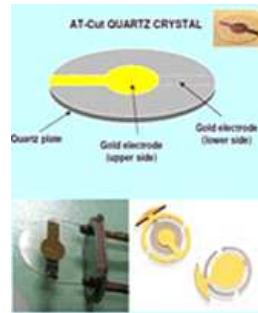
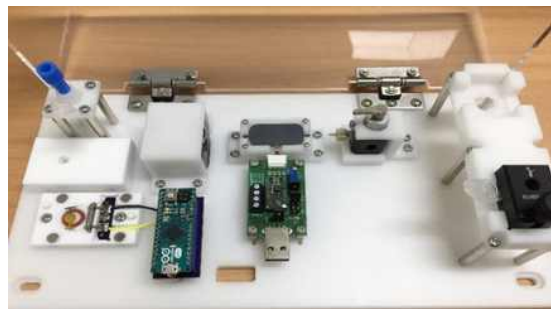


- QCM의 detection 민감도는 resonance frequency와 detection area에 관련
 - 이는 높은 resonance frequency에서 주파수 변화폭은 검출 질량에 비례하여 증가
 - 높은 frequency에서의 주파수 변화는 더 낮은 질량 변화폭을 검출
 - QCM장치의 고유 공진 주파수를 최적화 함으로써 Target sample의 질량 변화폭을 virus수준 조정
 - QCM의 detection면적에 따른 질량 binding 면적을 증가로 민감도 향상된 QCM output 획득
- ▶ SPR 영상처리시스템²⁾와 특성 비교
- Q2-D array chip상에 고정화된 단백질의 상호작용 반사광이 최소가 되는 공명각의 변화Spot의 반사가 감소

2) SPR:Surface Plasmon Resonance 전기장을 가하면 금속과 sample의 경계에 표면파가 생김. 사용되는 금속 : gold, silver, copper, aluminum, 사용되는 *빛은 electromagnetic wave



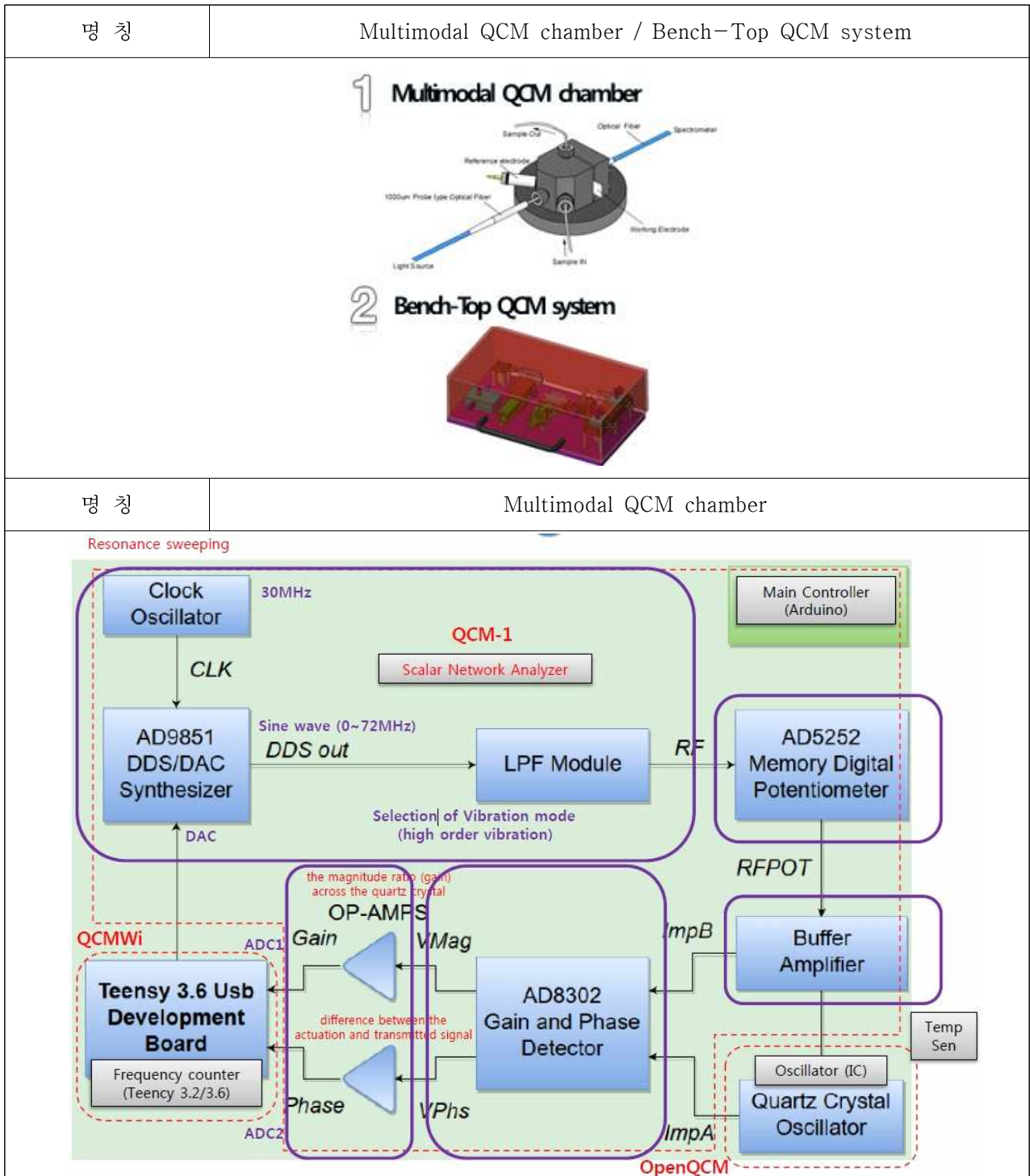
▶ QCM 시스템 구성도



2. 연구수행 내용 및 결과

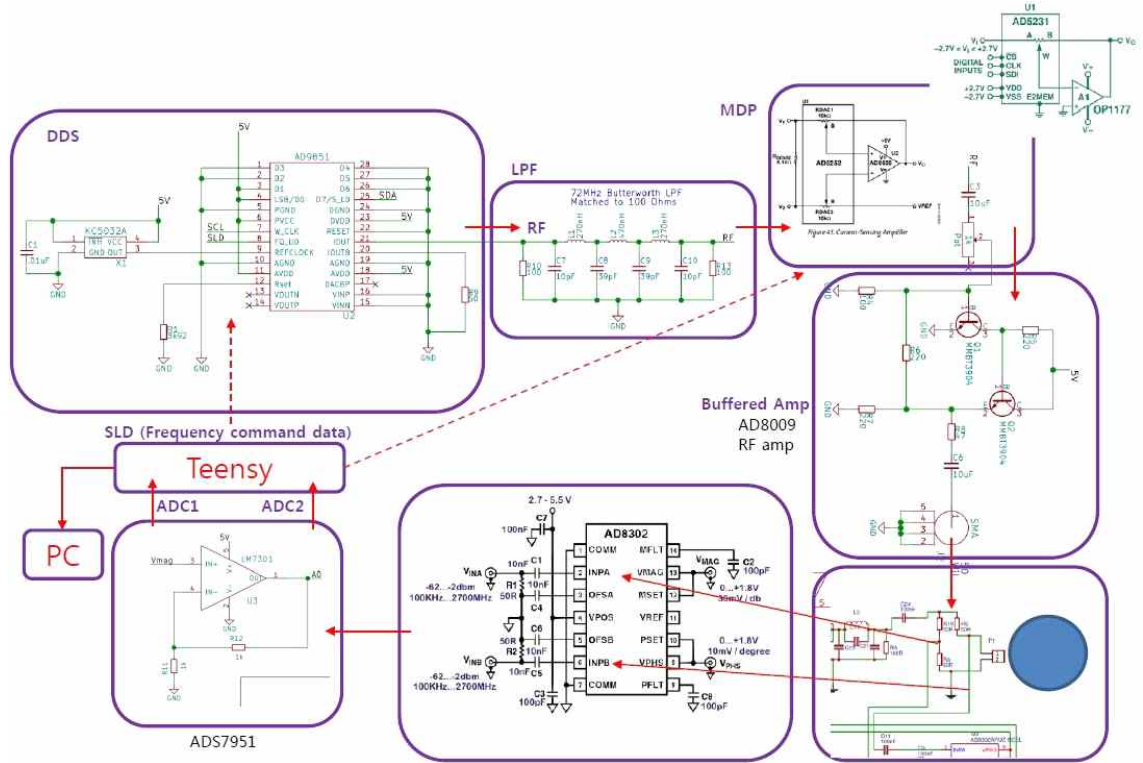
2-1. 하드웨어 개발 내용

- ▶ Bench-Top (외장형 현장 분석장치) Multimodal QCM System 개발
- ▶ Multimodal QCM chamber 개발: QCM chamber + Spectrometer Window
- ▶ Bench-Top QCM system 개발: Piezopump + Fluidic network + Controller



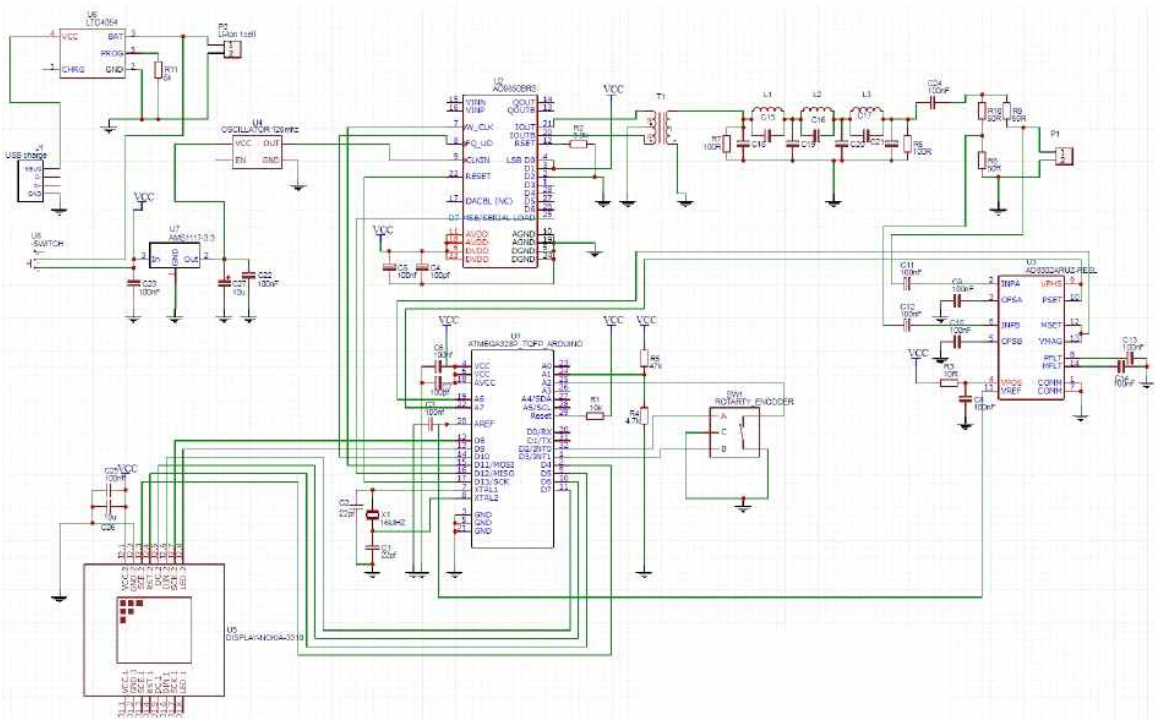
명 칭

Multimodal QCM chamber Schematic



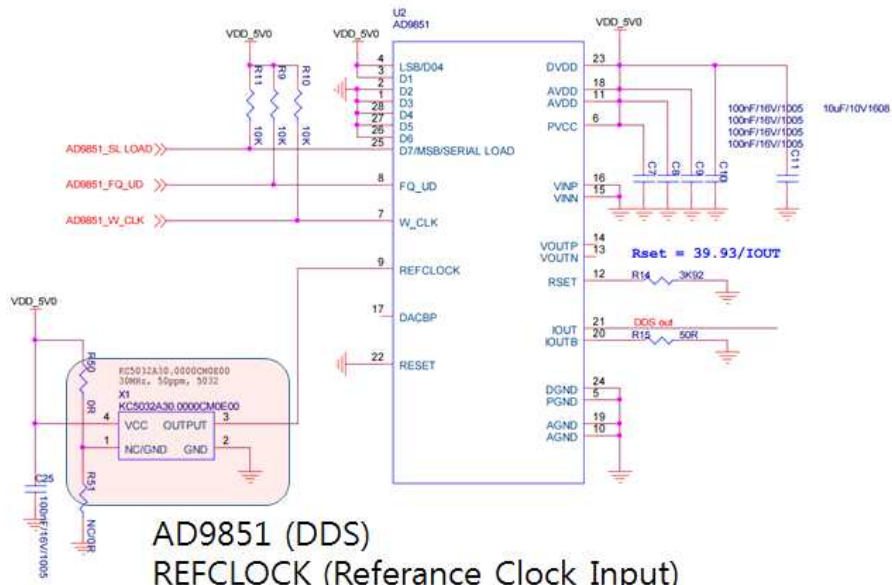
명 칭

SWR(Standing Wave Ratio) Analyzer



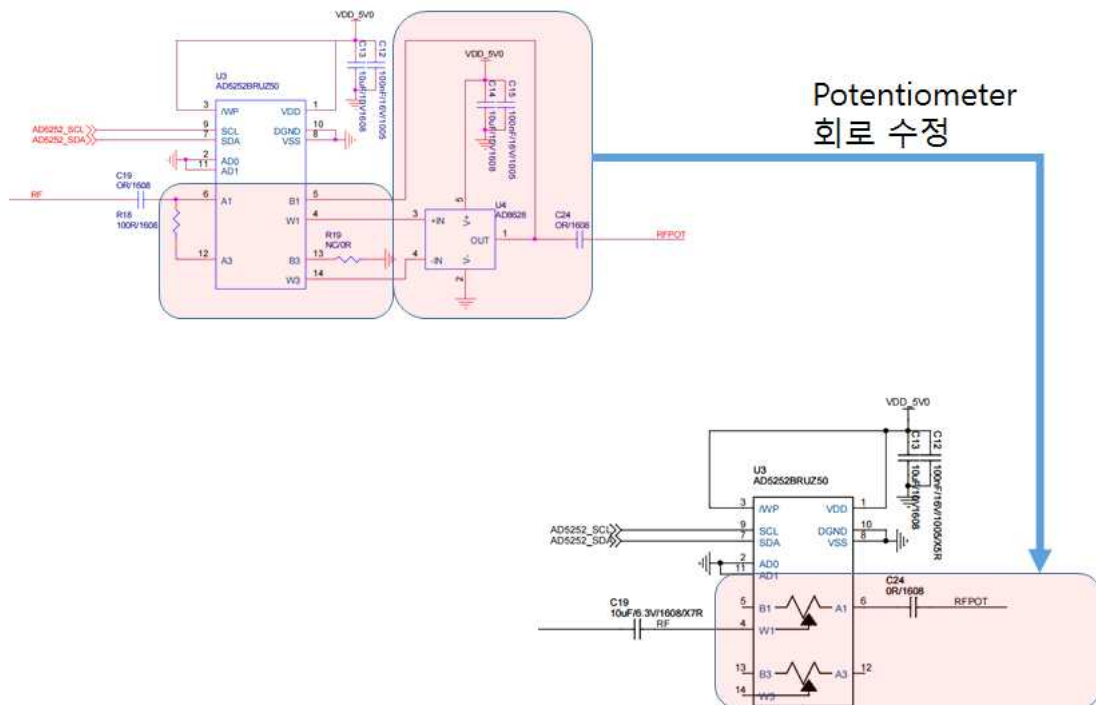
명 칭

Reference Clock



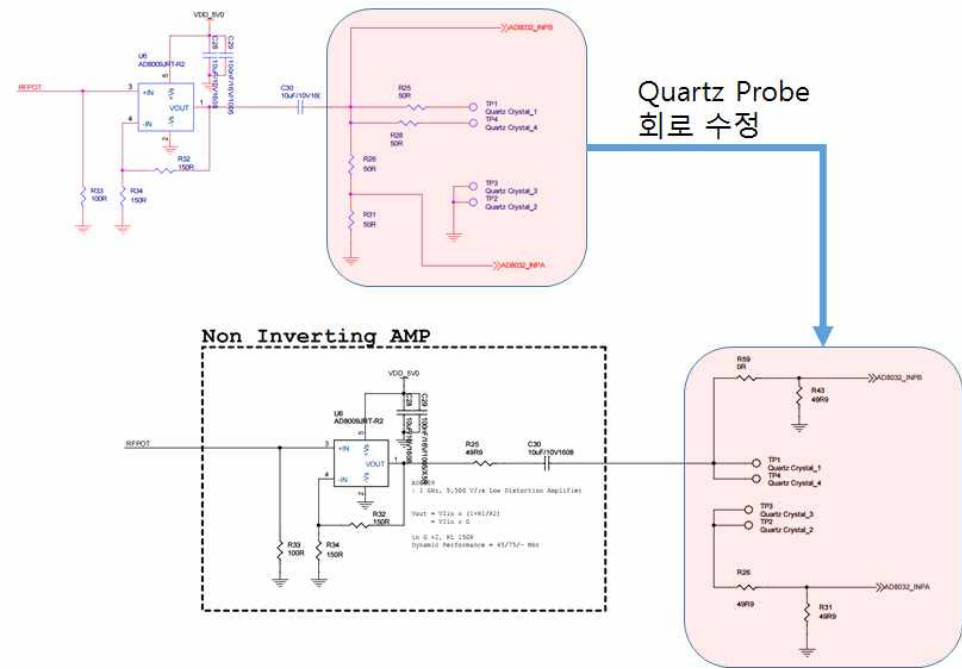
명 칭

Potentiometer



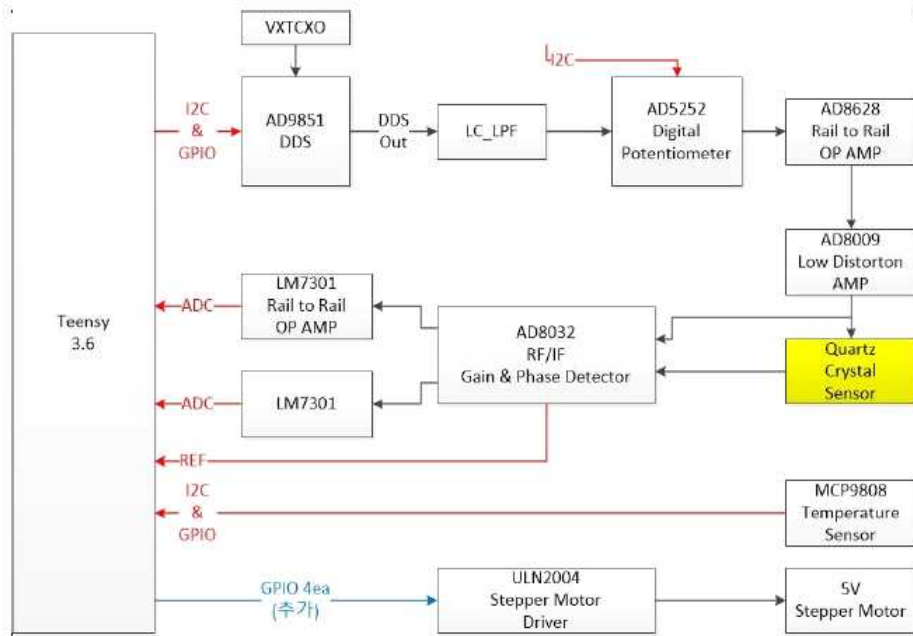
명 칭

Potentiometer



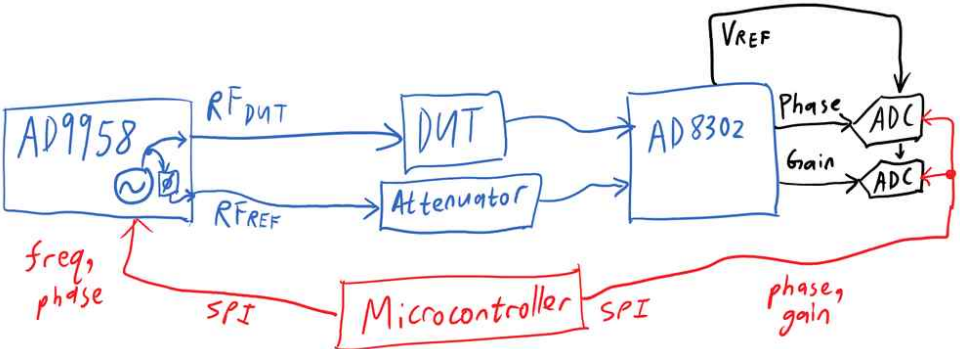
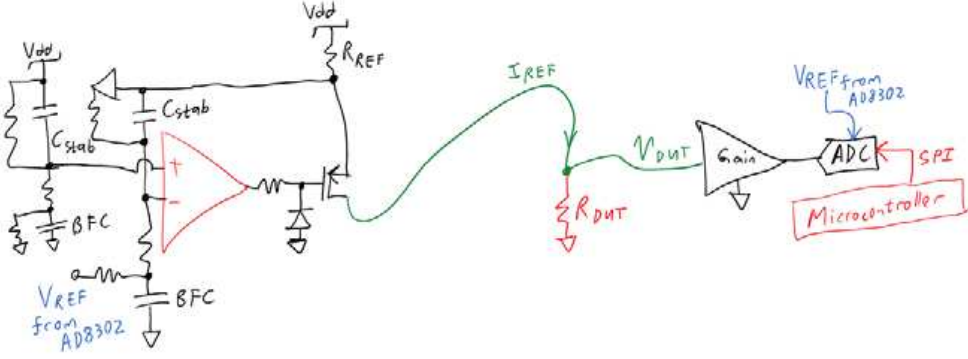
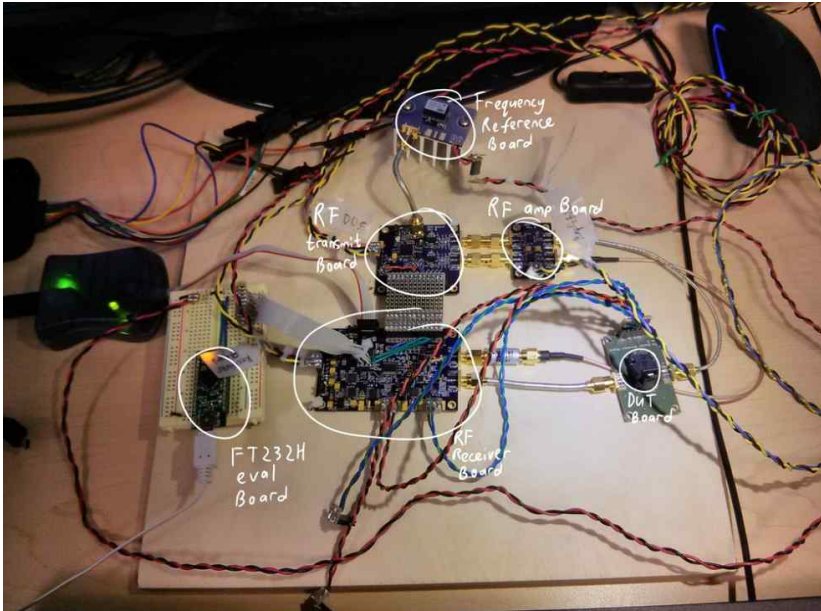
명칭

QCM BlockDiagram



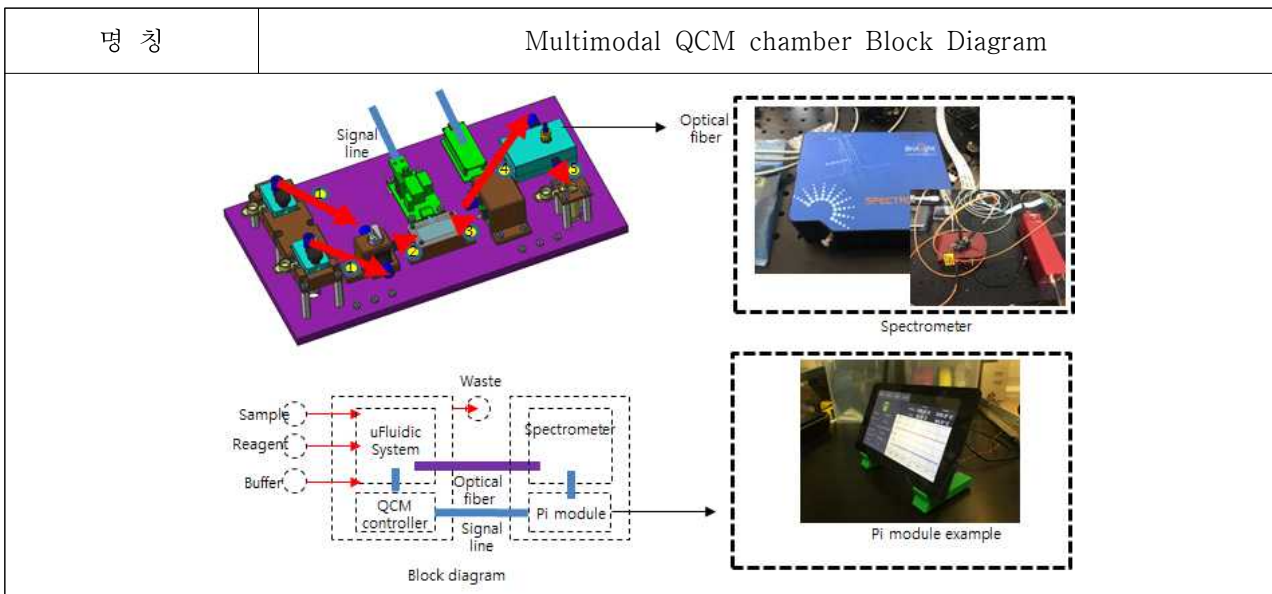
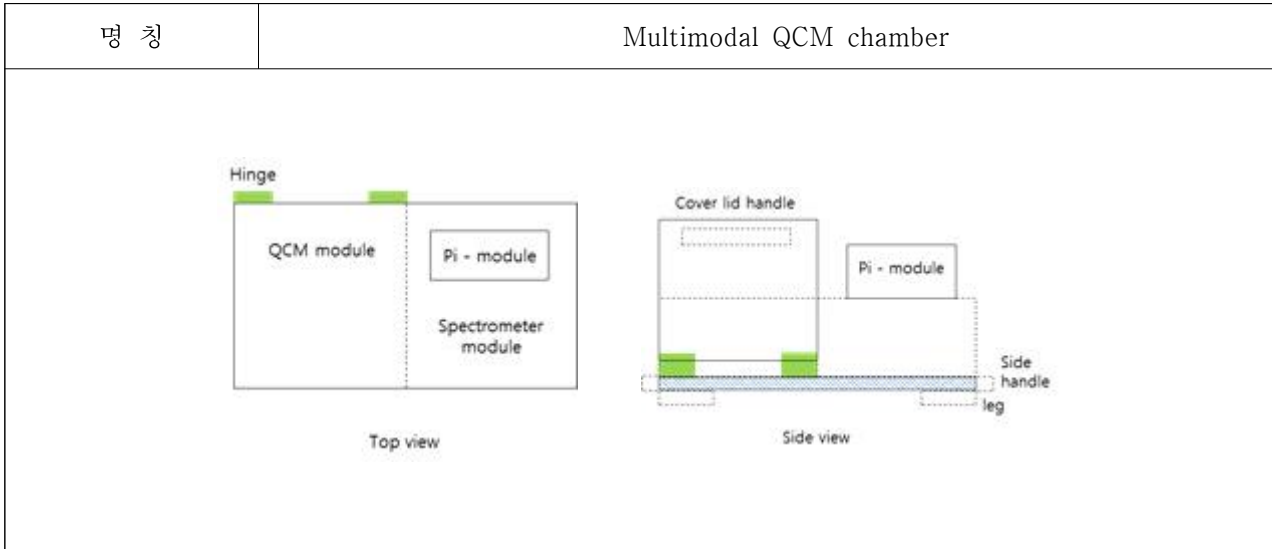
▶ Multimodal QCM chamber 설계

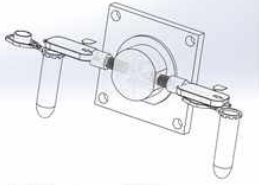


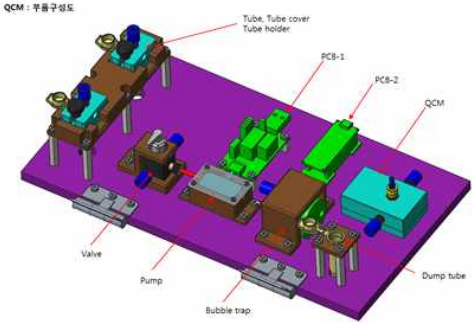
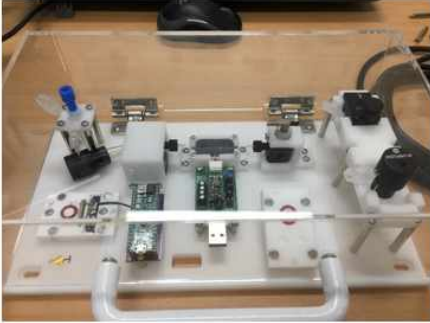
1. QCM fluidic port와 spectrometer용 window를 가지는 chamber 설계 (O-ring과 자석을 이용한 chamber volume설정)
2. QCM교환을 위한 외부 electrode hold를 가지는 chamber 설계 (Spring방식 electrode contact)

명 칭	Multimodal QCM chamber
	
	
	

▶ Bench-Top QCM system 설계

1. QCM module과 Touch interface를 가지는 Raspberry Pi controller 모듈로 구성
2. Sample (+Washing buffer)를 수동 valve로 조작하여 Piezo pump를 거쳐 gas remover를 통과한 후 chamber에서 반응 후 waste로 연결
3. Fluidic network상에서 sample과 buffer의 조작만으로 Test가 가능함

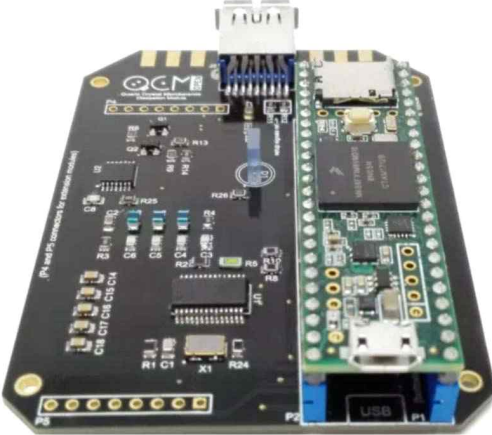


명 칭	Spectrometer / Bench-top Platform
 <p>1. Chamber 설계</p>	 <p>2. Chamber 제작</p>  <p>3. Spectrometer 제작</p>
 <p>1. Benchtop platform 설계</p>	 <p>2. Benchtop platform 제작</p>

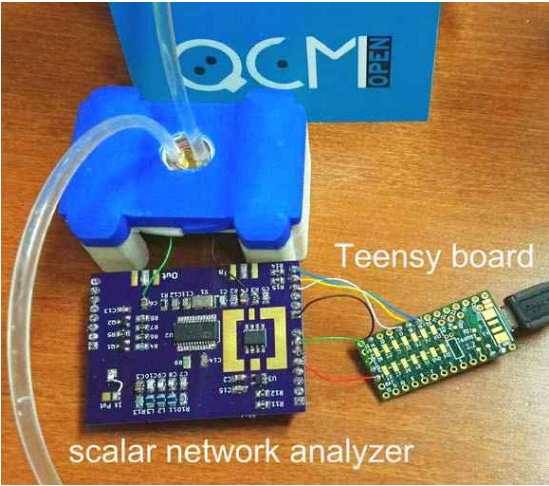
2-2. 소프트웨어 개발 내용

▶ Bench-Top Multimodal QCM 프로그램 개발

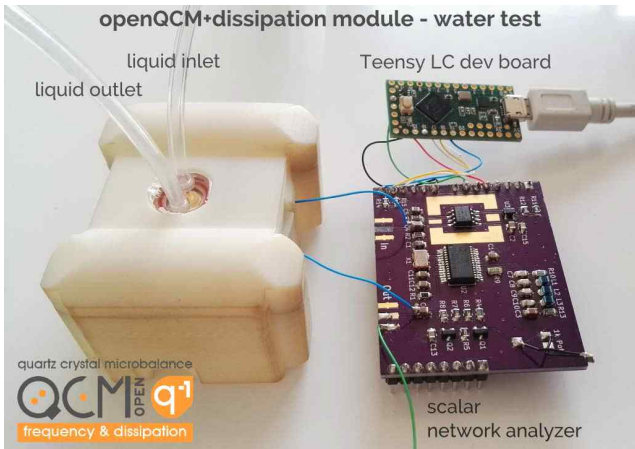
- 1. 외장 Pump 및 유체 제어장치 인터페이스 프로그램 개발
 - 외장 pump 제어를 위한 Arduino program 개발

명 칭	QCM PC 플랫폼
	Frequency counter - Teensy3.6: ADC Scalar network analyzer - AD9851: DAC(RF) - AD5252: DPOT - AD8302: Gain/Phase detector(RF -AD)
	

명 칭	Scalar network analyzer
-----	-------------------------



명 칭	open QCM + Dissipation Module
-----	-------------------------------

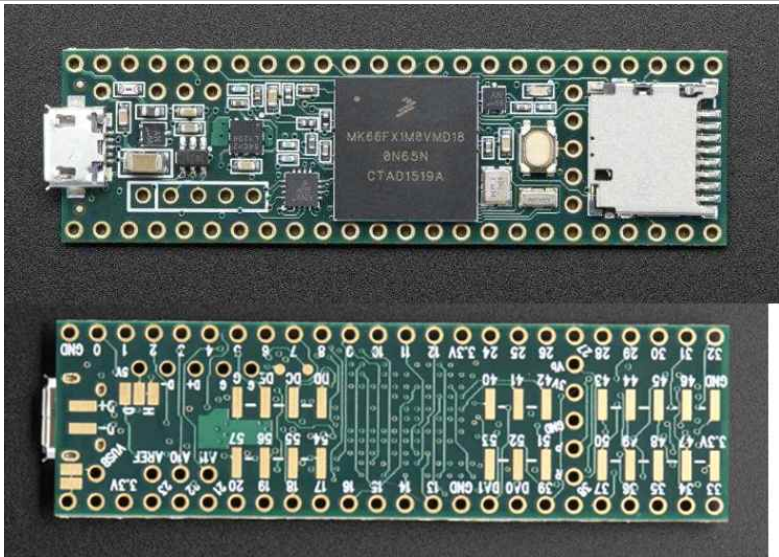


명 칭	PCB Design (1)
-----	----------------

QCM Main Board_Rev 0.1

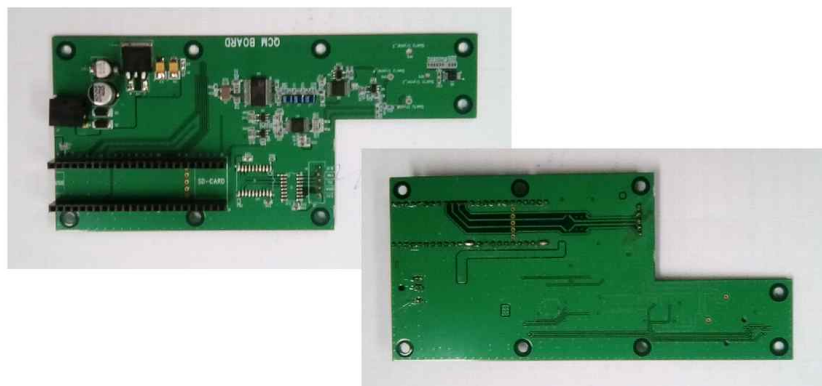


명 칭	PCB Design (2)
-----	----------------



명 칭	PCB Design (3)
-----	----------------

QCM Controller Board (Signal Processing Board)



명 칭	PCB Design (4)
-----	----------------

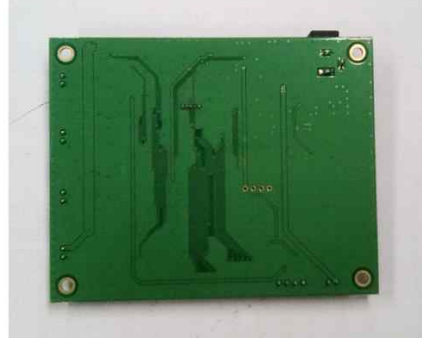
QCM Main Board_Rev 0.1



명 칭

PCB Design (5)

QCM Motor Driver Board



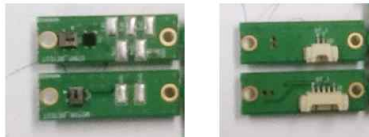
명 칭

PCB Design (6)

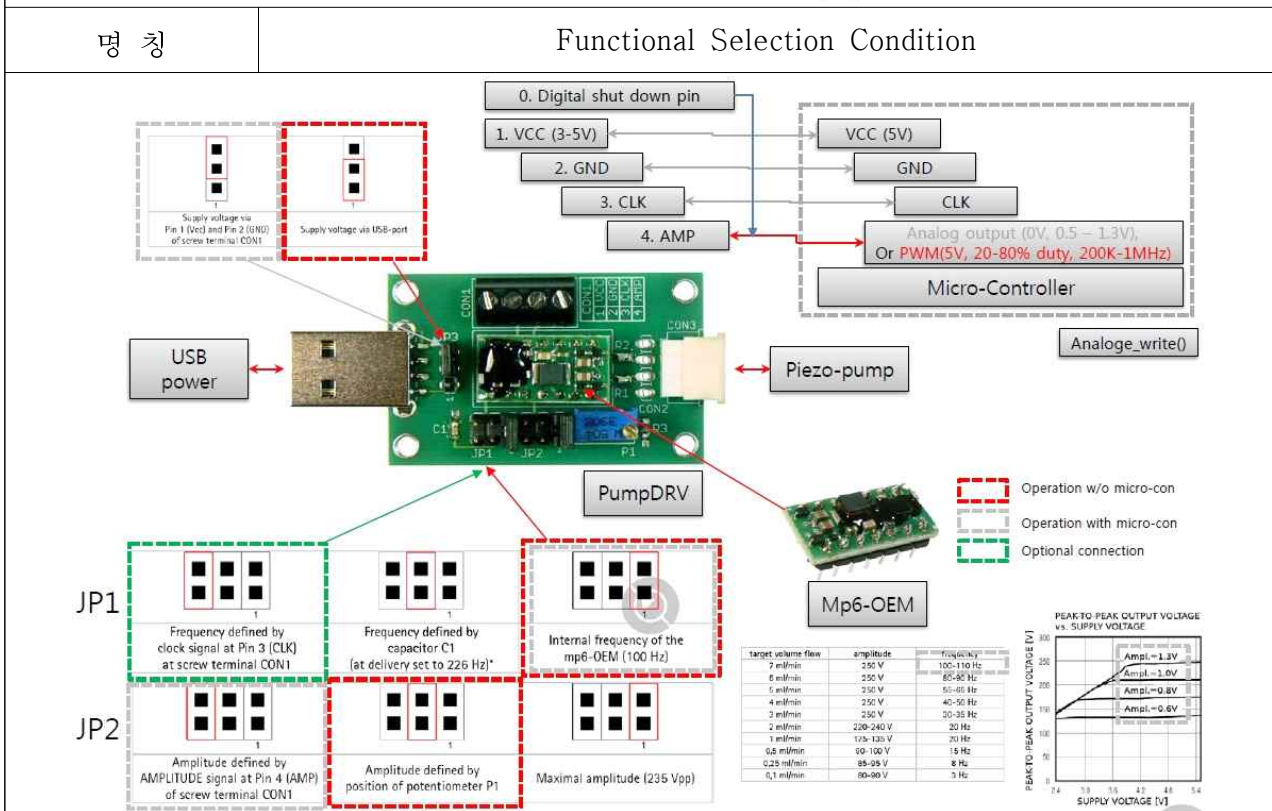
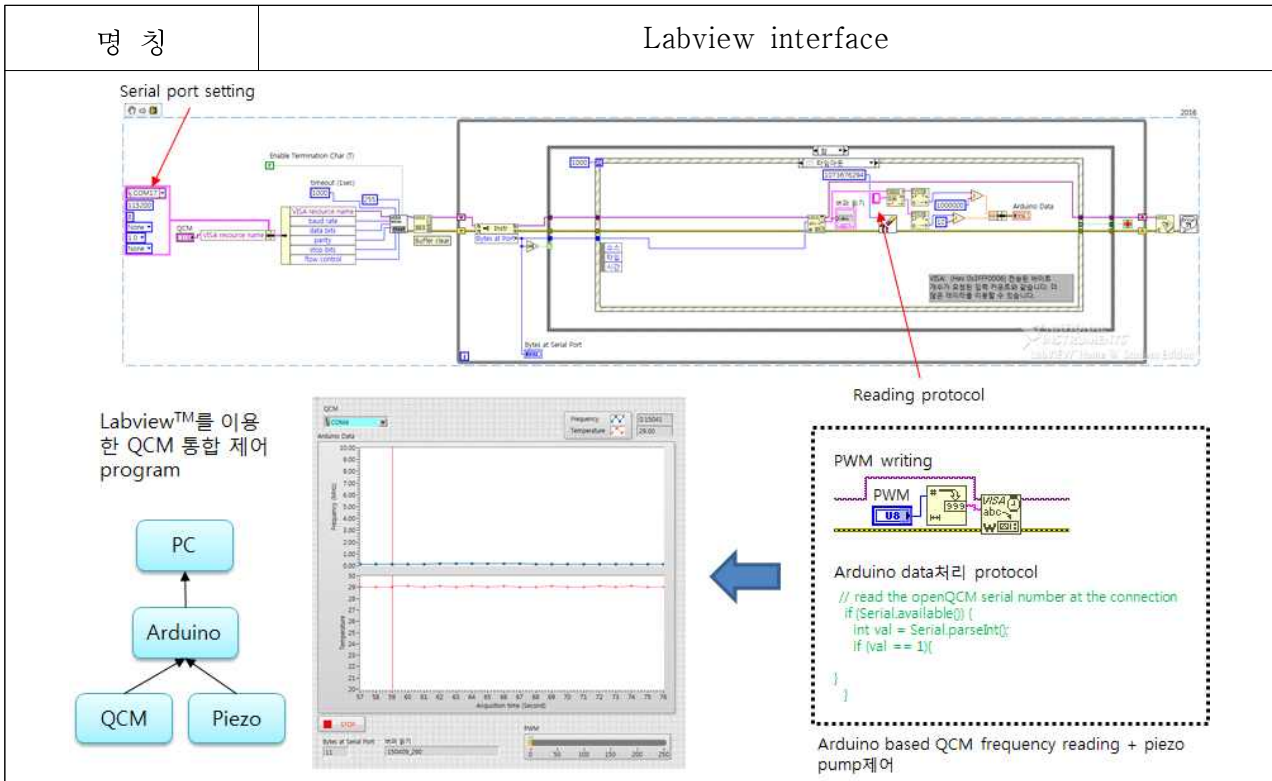
QCM Input / Output Board



Quartz Cell Detector Board

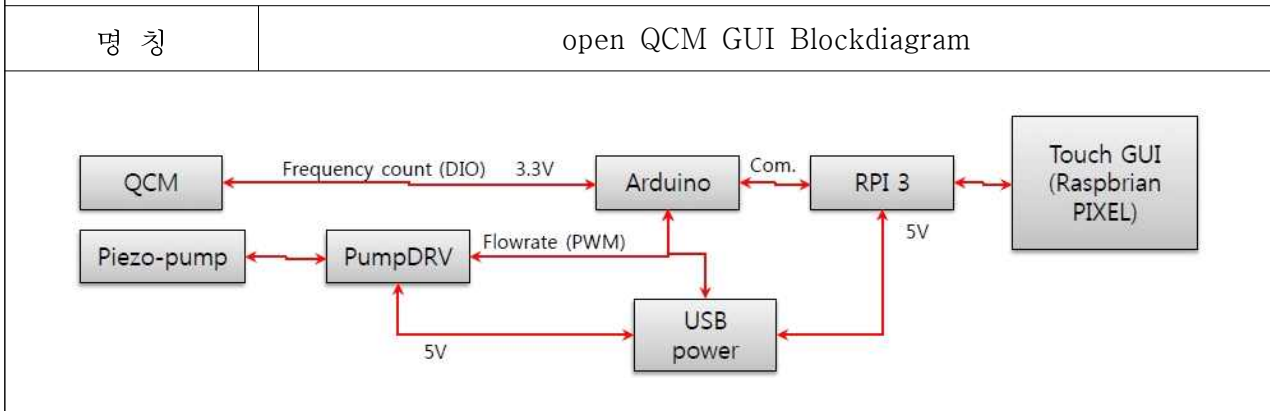
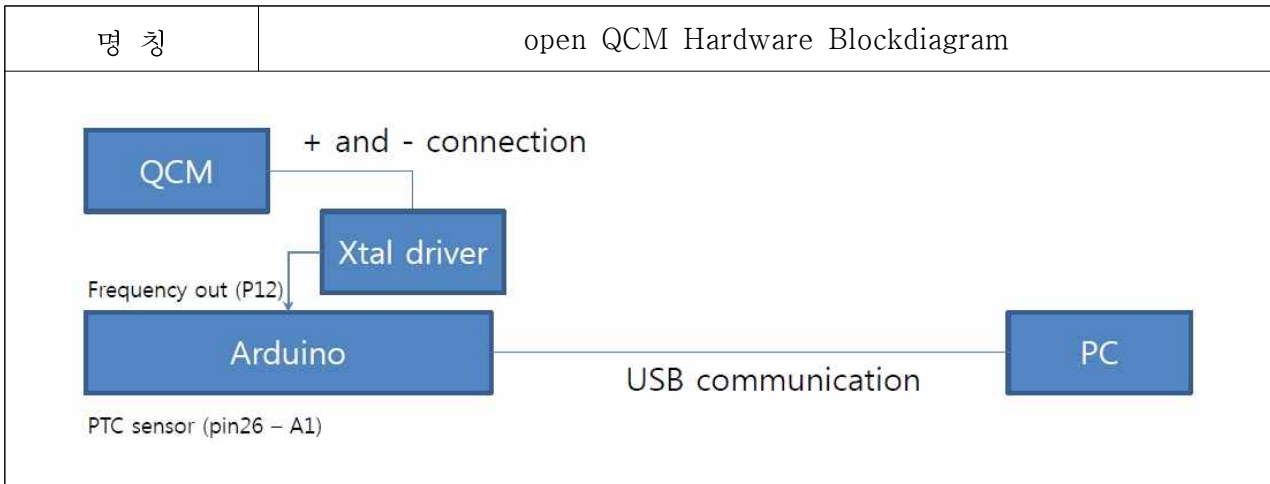


- Labview interface 통신 모듈 개발



2-3. Multimodal용 QCM 제어 프로그램 개발

- Raspberry Pi touch를 이용한 통합 프로그램 개발
- openQCM의 열가변저항기로 온도에 따른 물질의 저항값의 변화 측정 : quartz crystal sensor의 온도 변화 감지 센서
- 통합 제어 모듈 개발: touch GUI



명 칭	Laonz QCM GUI
-----	---------------

LaonzQCM GUI

QCM GUI 프로그램
Setting (설정)

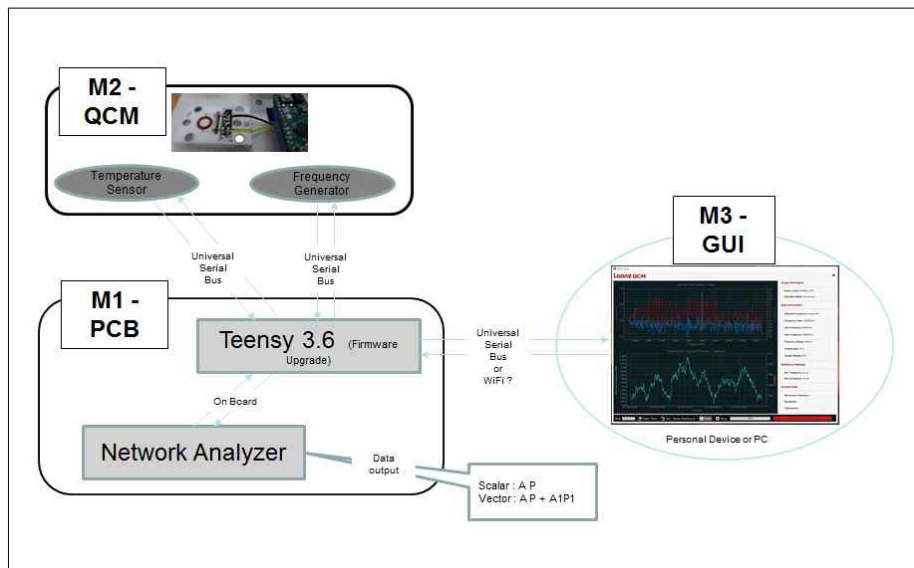
1. 연결 Port 설정.
- 자동 탐지.
2. Calibration : 측정센서 선택
Measurement : 작동주파수 선택.
3. Sample개수, 로그 버퍼 선택.
4. (선택사항) 원시 데이터 저장 여부 선택.
5. (후라온즈 홈페이지) Link

Close

명 칭

Laonz QCM 구성도

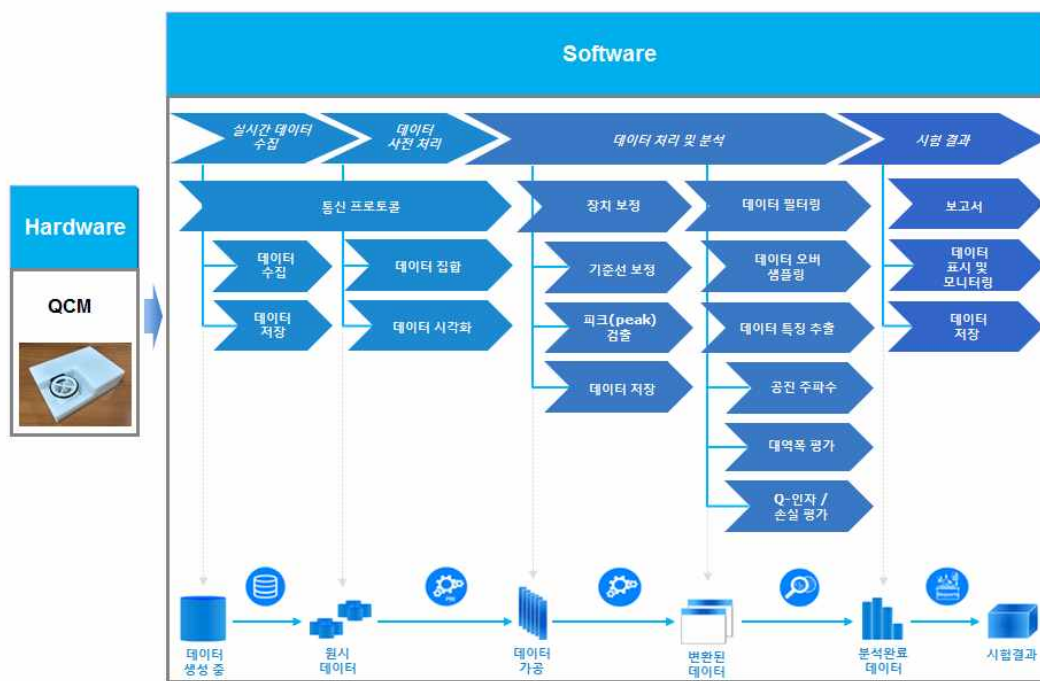
LaonzQCM 구성도



명 칭

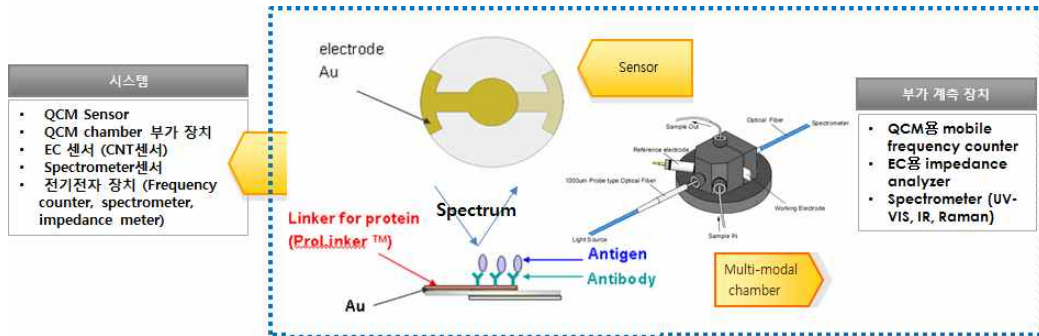
Laonz QCM Process

LaonzQCM Process



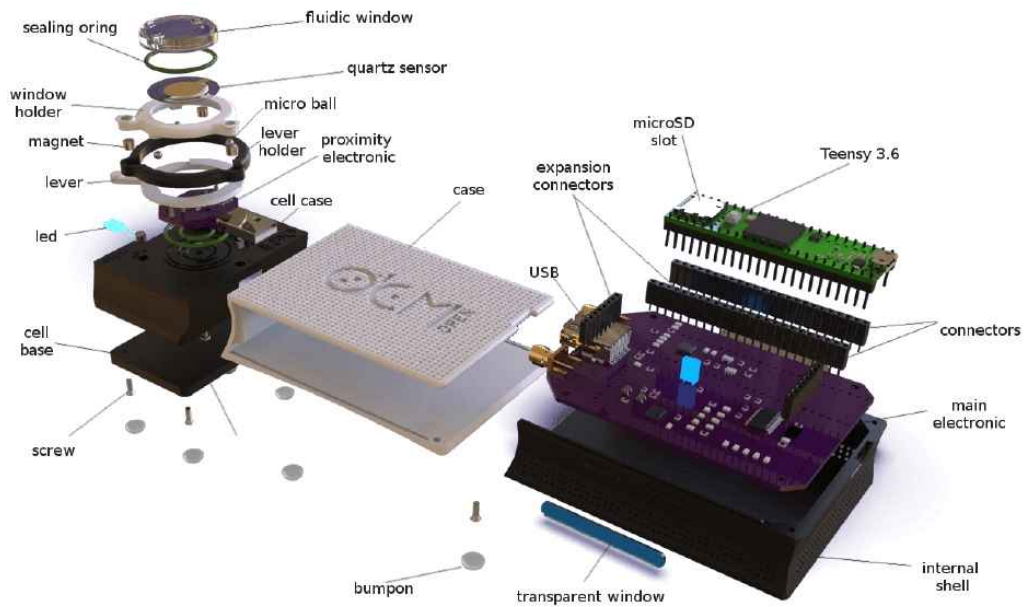
명 칭

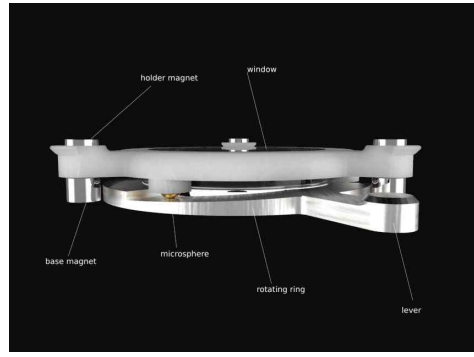
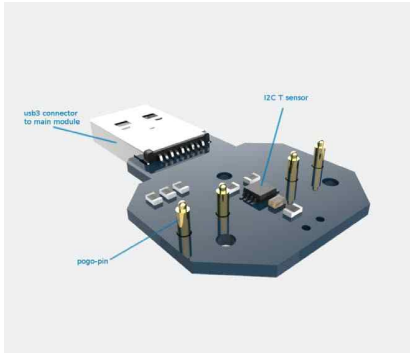
QCM 시스템 구성도



명 칭

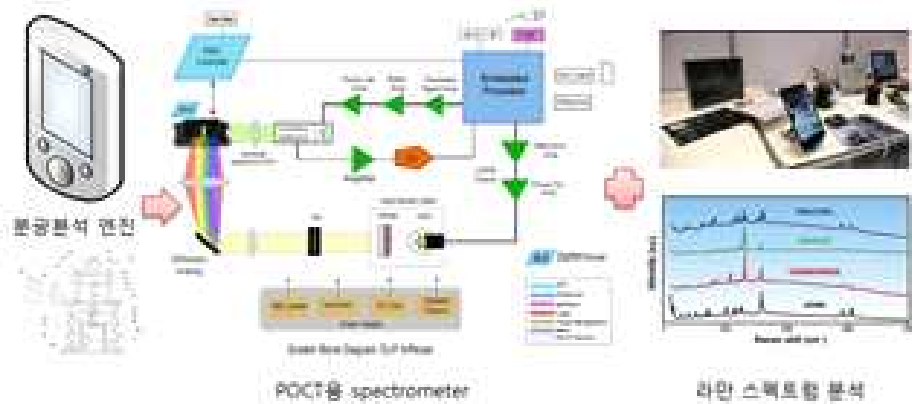
QCM pc Platform





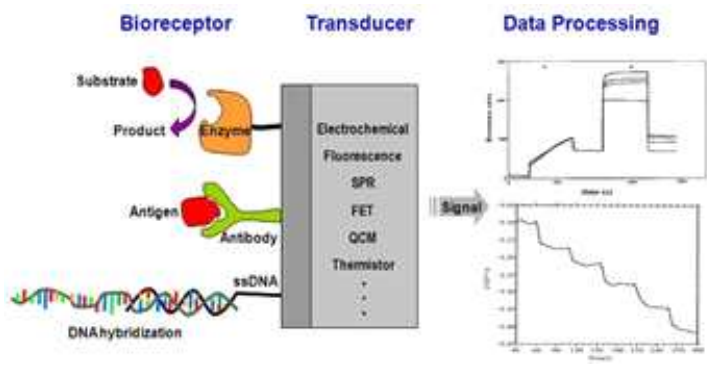
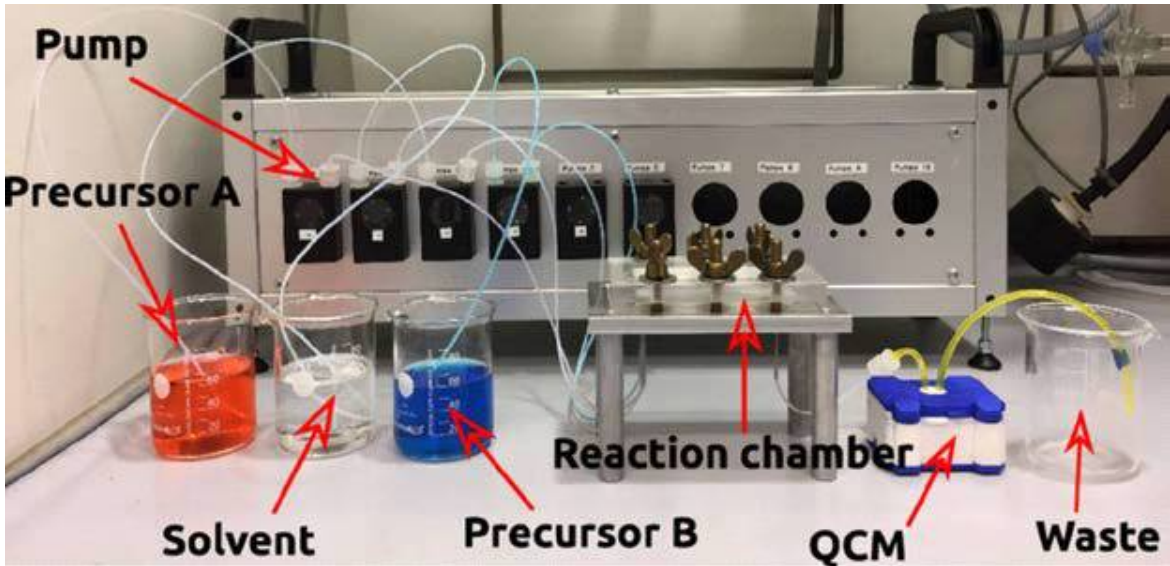
명 칭

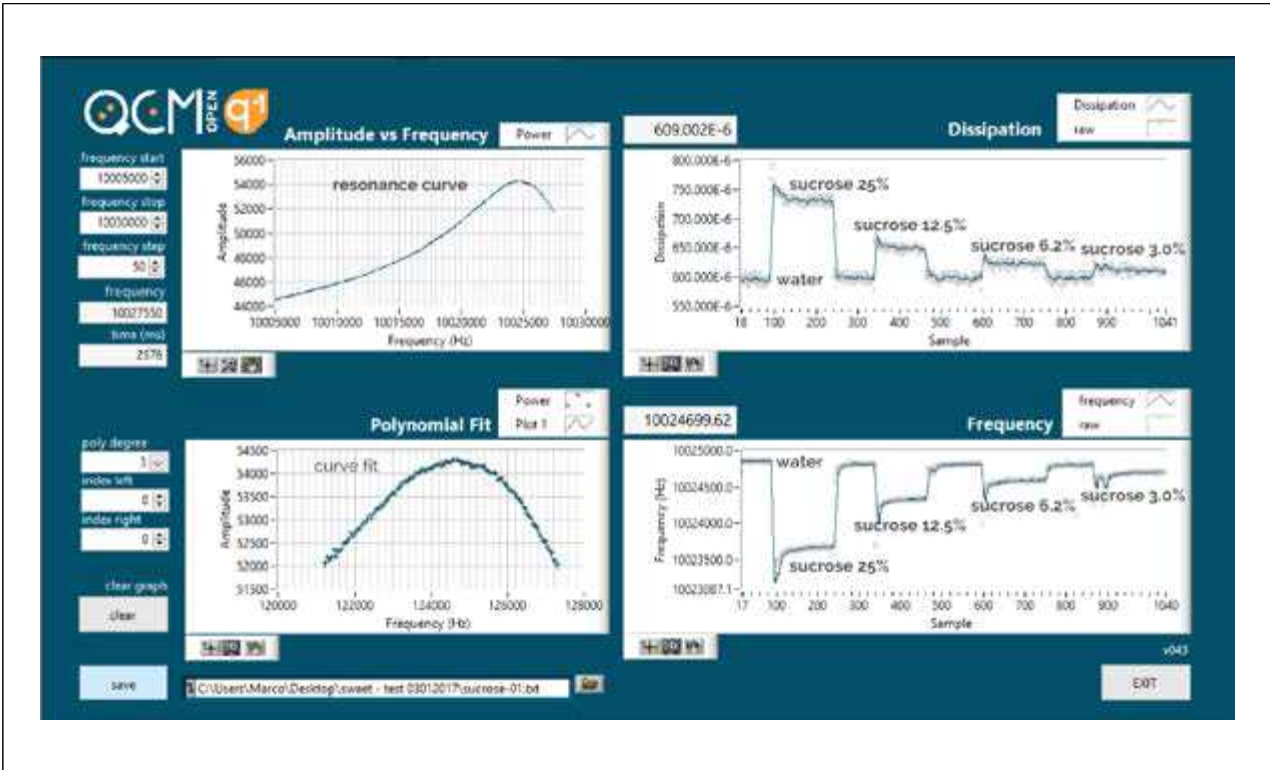
바이러스 현장진단용 바이오센서통합 플랫폼 (QCM 기반 통합플랫폼 구성)



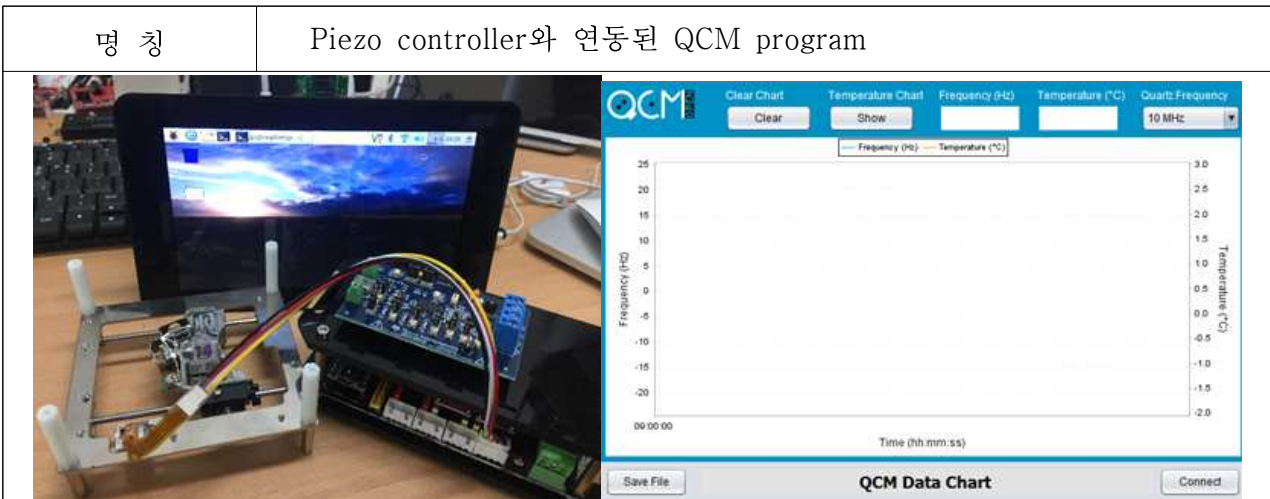
2-4. 외장형 Multimodal QCM Spectrometer 인터페이스 프로그램 개발

- Spectrometer interface 프로그램 설계: QCM + Specrometer
- Spectrometer와 QCM의 변화에 대한 deep learning module 프로그램

명 칭	open QCM Data processing
	 <p>The diagram illustrates the open QCM data processing workflow, divided into three main stages: Bioreceptor, Transducer, and Data Processing. Bioreceptor: Shows various biological interactions: a substrate being converted to a product by an enzyme; an antigen binding to an antibody; and ssDNA hybridizing with dsDNA. Transducer: A central grey box lists the transduction mechanisms: Electrochemical, Fluorescence, SPR, FET, QCM, and Thermistor. Data Processing: Shows two graphs. The top graph is a step-like signal plot, and the bottom graph is a signal plot showing a series of downward steps over time, representing the detection of different analytes.</p>
명 칭	QCM Flow Structure
	 <p>The photograph shows the physical QCM flow structure. A central grey unit with multiple pumps is connected via a network of clear and blue tubes to several beakers and a reaction chamber. Pump: Points to the top of the central unit. Precursor A: Points to a beaker containing a red liquid. Solvent: Points to a beaker containing a clear liquid. Precursor B: Points to a beaker containing a blue liquid. Reaction chamber: Points to a platform where the QCM sensors are located. QCM: Points to a blue and white component connected to the reaction chamber. Waste: Points to a beaker containing a clear liquid, used for collecting waste from the flow.</p>
명 칭	QCM Flowchart



2. Pi platform (QCM program): Debugging
 - Java based QCM control program
 - Pi controller와 함께 사용가능: 독립형 program
3. Pi platform (Piezo control program) 기능
 - Piezo controller의 H/W와 연동된 PWM출력 가능
 - Piezo controller와 연동된 QCM program





Quartz spec	
Default frequency	10 MHz
Nominal sensitivity	down to $4.42 \times 10^{-9} \text{ g Hz}^{-1} \text{ cm}^{-2}$
Blank diameter	13.9 mm
Electrode material	Au, Ti substrate
Crystal cut	AT-cut
Holder	HC-48U
Physical spec	
Dimensions	56 x 48 x 34 mm
Weight	55 g
Case Material	Polyamide
Electrical Power Supply	5VDC via USB
Power consumption	< 0.3 W

2-5. Substrate 개발 내용

▶ Multimodal QCM substrate 기술

1. QCM용 substrate immobilization

- Antibody 고정화를 위한 표면 고정
- EDC-NHS를 활용한 고품질 Antibody고정화
- PNA등 NA기반 probe를 위한 고정화

2. QCM SERS기판 공정 기술 개발

Nanopatterned Au 기판 design 및 제작공정 설계: Embossing + plating

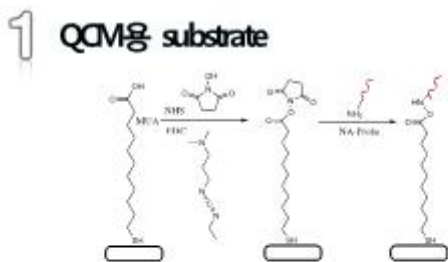
nanoparticle deposition을 이용한 Au 기판 제작

Spectrometer와 동시 사용가능한 기판의 민감도 향상

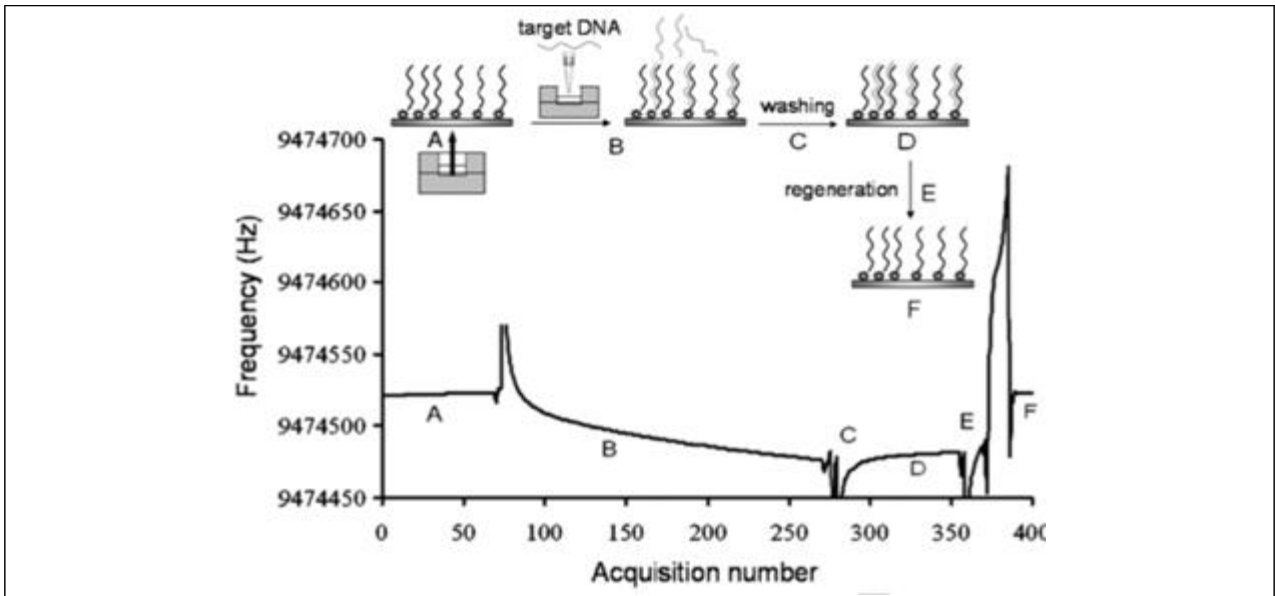
3. Multimodal QCM 특성 평가

QCM성능 평가: efficiency, Specificity

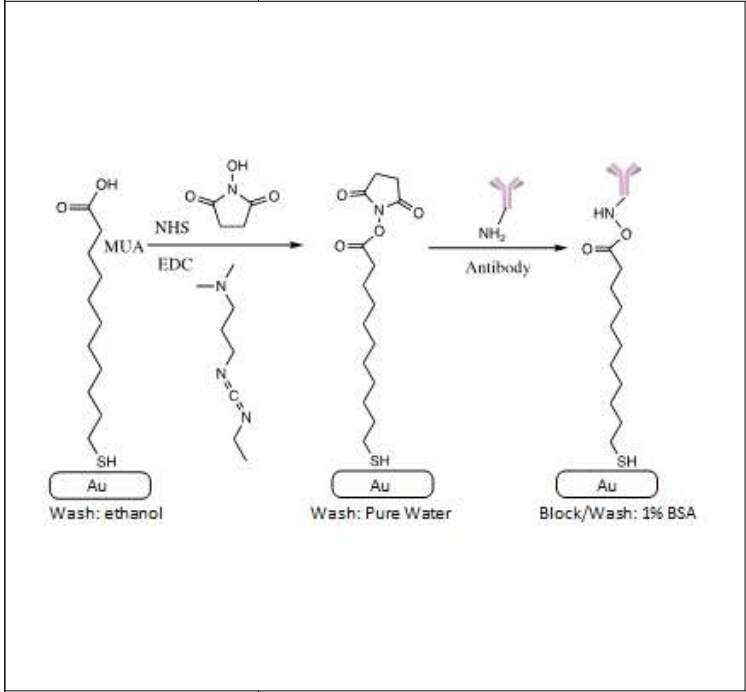
Reference design과 비교 평가



명 칭	QCM Flow Status
-----	-----------------

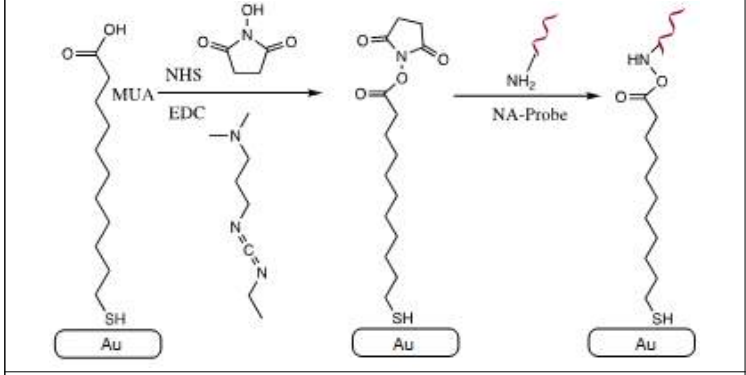


명 칭 QCM Flow Status (Antibody immobilization)



Immobilization Protocol
 Gold electrode is modified with 5mM MUA (11 mercapto-undecanoic acid dissolved in ethanol) for SAM formation (overnight incubation at room temp in dark)
 Then wash with ethanol to remove unbound MUA
 Then modified with EDC-NHS (linker dissolved in pure water 100mg/1ml) at RT for 30 minute and rinse with PBS
 Incubated with capture antibody at 37 C for 2 hour
 Then block with 1% BSA to prevent non specific binding

명 칭 QCM Flow Status (PNA/DNA/RNA immobilization)



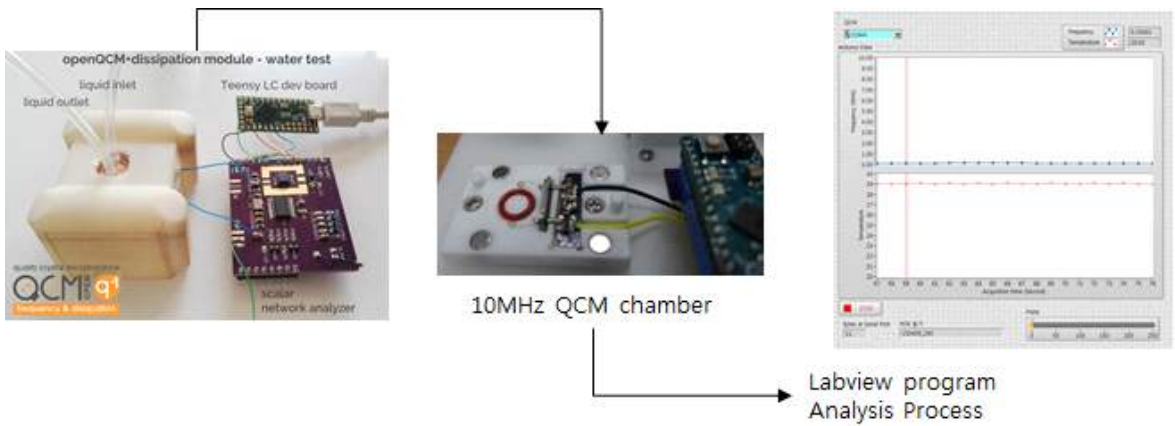

Immobilization on control line: specified when the control is used for any aim
 Pretreatment of control line with PBST to clean the surface area
 Incubated with control antibody (anti mouse IgG) which is specific to detection antibody at 37 C for 2 hour.
 Then block with 1% BSA to prevent non specific binding

Gold electrode on Quartz substrate (Au)

1-ethyl-3-(3-dimethylaminopropyl) carbodiimide (EDC)	
N-hydroxysuccinimide (NHS)	
11 mercapto undecanoic acid (MUA)	

▶ QCM용 substrate immobilization

1. 고정화 효율 테스트(Immobilization efficiency test)

<p>명 칭</p>	<p>고정화 효율 테스트 (외부 pump, PC program, simple BSA immobilization)</p>
	
 <p>25MHz QCM chamber substrate</p>	<p>Bench top QCM apparatus + Air pressure driven pump (Fluigent™) QCM test with air vs water Functionality test Resonance frequency shift Impedance analyzing: R, L, C (serial model) Dissipation and Nyquist diagram</p>

명 칭	고정화 효율 테스트 (외부 pump, PC program, simple BSA immobilization)
<p>Fluigent™ pump system</p> <p>10MHz QCM chamber</p> <p>Labview program</p>	

2. 테스트 기준 정의 (Reference system 대비)

- Affinix 시스템에 맞는 Chamber설계
- Affinix sensor 구동 program 제작
- 1,2 완료후 Test진행

명 칭	고정화 효율 테스트 구성 (외부 pump, PC program, simple BSA immobilization)
<p>PC</p> <p>Air pressure pump</p> <p>Channel2</p> <p>Water 1</p> <p>Channel3</p> <p>Sucrose</p> <p>2 in 1 valve</p> <p>Analyzer</p> <p>QCM</p> <p>Waste</p> <p>Pump</p> <p>Valve</p> <p>Analyzer</p> <p>QCM</p> <p>Spectrometer window</p>	



25MHz QCM chamber substrate

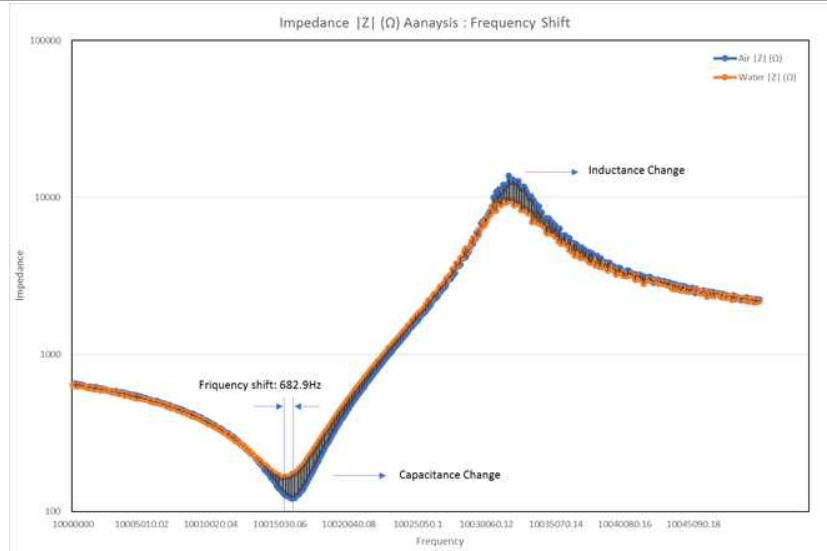
Bench top QCM apparatus + Air pressure driven pump (Fluigent™)
 QCM test with air vs water
 Functionality test
 Resonance frequency shift
 Impedance analyzing: R, L, C (serial model)
 Dissipation and Nyquist diagram

명 칭

고정화 효율 테스트 실험 결과
 (외부 pump, PC program, simple BSA immobilization)

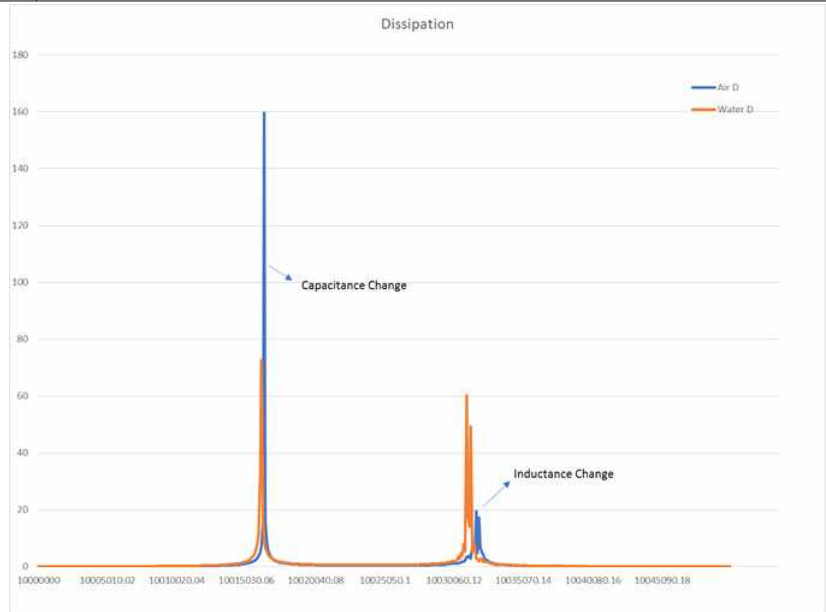
--	--

Functionality test | Functionality test: Frequency shift, Impedance change, Dissipation



#Test condition	#Trace: Test_1	#Start: 1e+07 Hz	#Stop: 1.005e+07 Hz	#Steps: 500
#Resistor: 1000 Ω	#Average: 1	#ProbeCapacitance: 1.04e+06 Ω	#ProbeResistance: 4.3e-11 F	
#Compensation:	#Wavegen: Wavegen1	#Amplification: 1 X	#Settle: 10 ms	#MinPeriods: 16
	#Trace: Reference	#Start: 1e+07 Hz	#Stop: 1.005e+07 Hz	#Steps: 500
#Resistor: 1000 Ω	#Average: 1	#ProbeCapacitance: 1.04e+06 Ω	#ProbeResistance: 4.3e-11 F	
#Compensation:	#Channel: Channel 1	#Range: 5.45848 V	#Offset: -1.47696e-05 V	#Attenuation: 1 X
	#Channel: Channel 2	#Range: 5.53887 V	#Offset: 1.72062e-05 V	#Attenuation: 1 X

Functionality test : Frequency shift, Impedance change, Dissipation



#Test condition	#Trace: Test_1	#Start: 1e+07 Hz	#Stop: 1.005e+07 Hz	#Steps: 500
#Resistor: 1000 Ω	#Average: 1	#ProbeCapacitance: 1.04e+06 Ω	#ProbeResistance: 4.3e-11 F	
#Compensation:	#Wavegen: Wavegen1	#Amplification: 1 X	#Settle: 10 ms	#MinPeriods: 16
	#Trace: Reference	#Start: 1e+07 Hz	#Stop: 1.005e+07 Hz	#Steps: 500
#Resistor: 1000 Ω	#Average: 1	#ProbeCapacitance: 1.04e+06 Ω	#ProbeResistance: 4.3e-11 F	
#Compensation:	#Channel: Channel 1	#Range: 5.45848 V	#Offset: -1.47696e-05 V	#Attenuation: 1 X
	#Channel: Channel 2	#Range: 5.53887 V	#Offset: 1.72062e-05 V	#Attenuation: 1 X

2-6. 기구 설계 및 디자인

▶ QCM 디자인

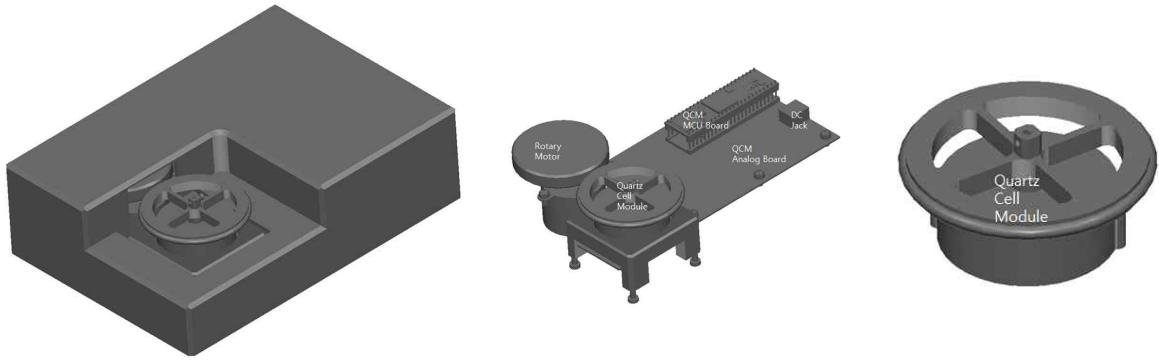
1. 외관크기 : 200 x 300 x 366 mm

명 칭	QCM 디자인
	<p>QCM 디자인 사이즈 : 200mm x 300mm x 366mm</p>

명 칭	QCM 기구설계 (내부구조)

명 칭

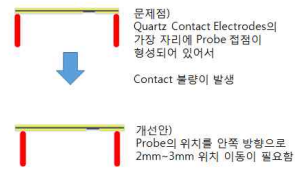
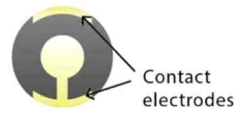
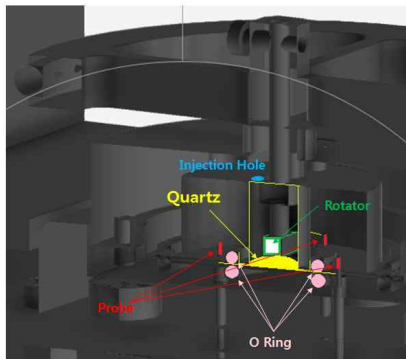
QCM Quartz Cell Module Mount 개선



SIZE = 172.5 x 122 x 45.45 mm

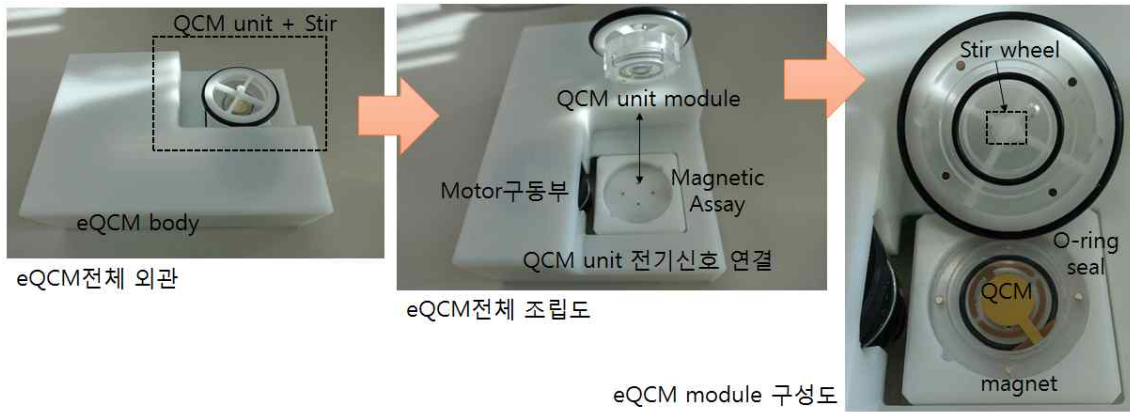
Quartz Cell Module Mount = 1Inch Quartz or 14mm Quartz

Quartz Cell Module Structure

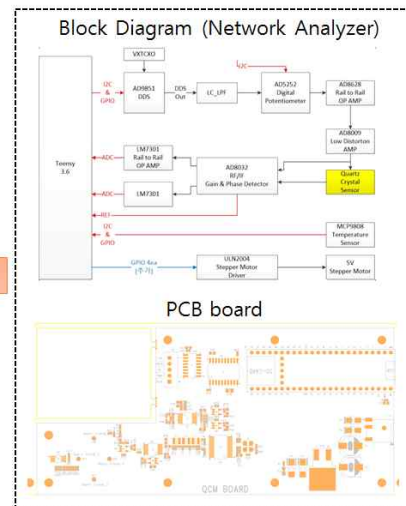
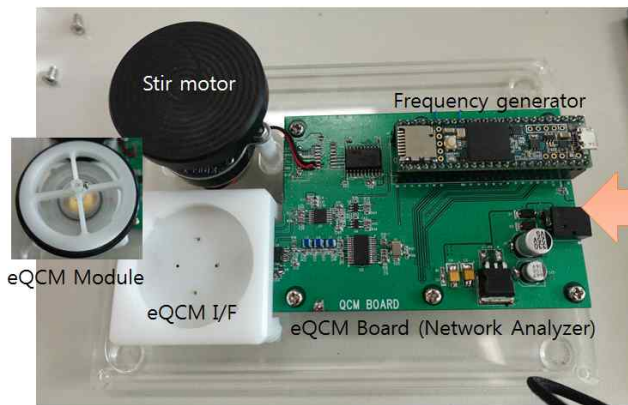


명 칭

QCM mechanical parts

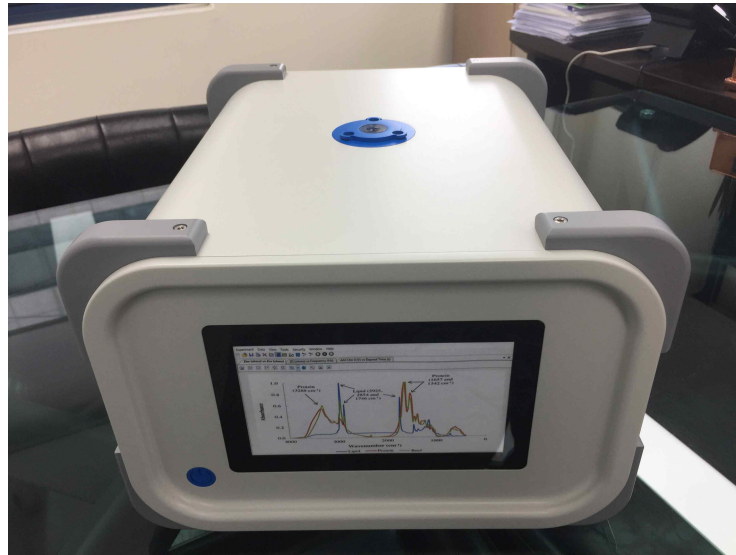


eQCM electric parts



명 칭

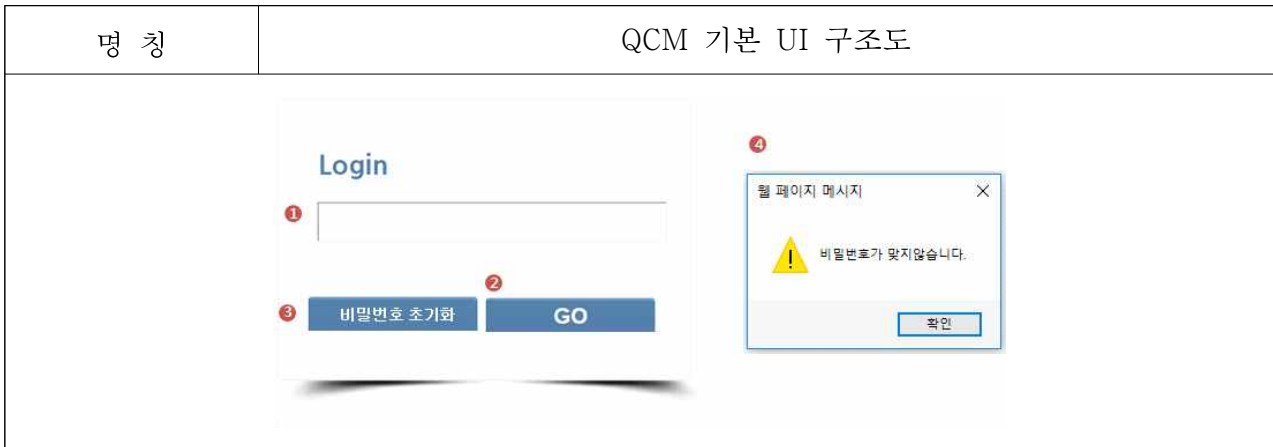
QCM 실물 사진 (전면)



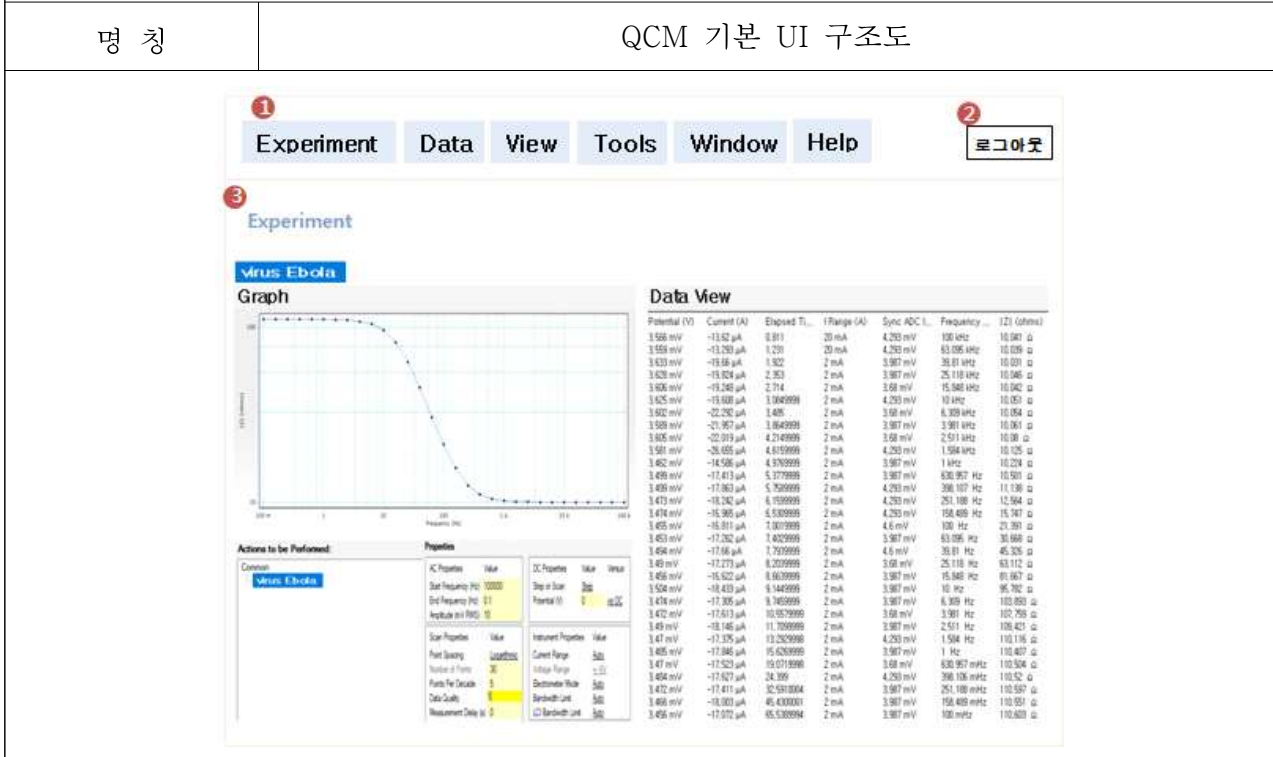
명 칭

QCM 실물 사진 (옆면)

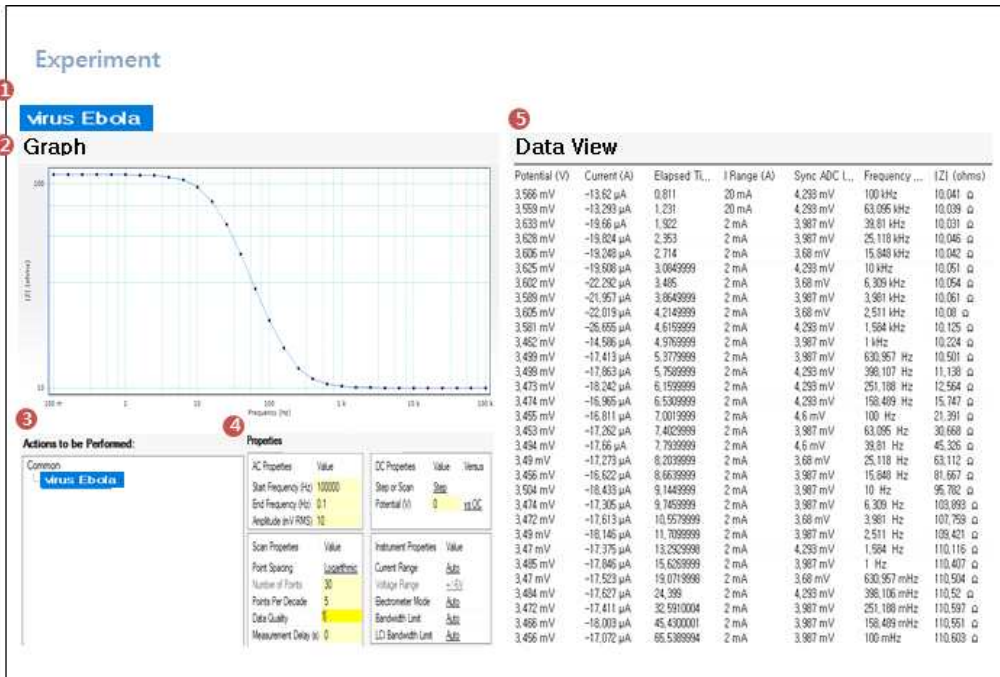




1. 비밀번호 입력
 - 8자 이상, 영문, 숫자, 특수문자가 포함되어야 함
2. GO 버튼 클릭
 - Login 된다
 - 메인 화면으로 이동한다
3. 비밀번호를 모를 경우 비밀번호 초기화 버튼 클릭
 - 관리자 휴대폰으로 초기 비밀번호 SMS로 보냄
4. 비밀번호가 틀린 경우
 - 4번 팝업 창 뜸
 - 4번 팝업 창에서 확인 버튼 클릭하면 팝업 창 종료
 - 1번 focus 로 이동

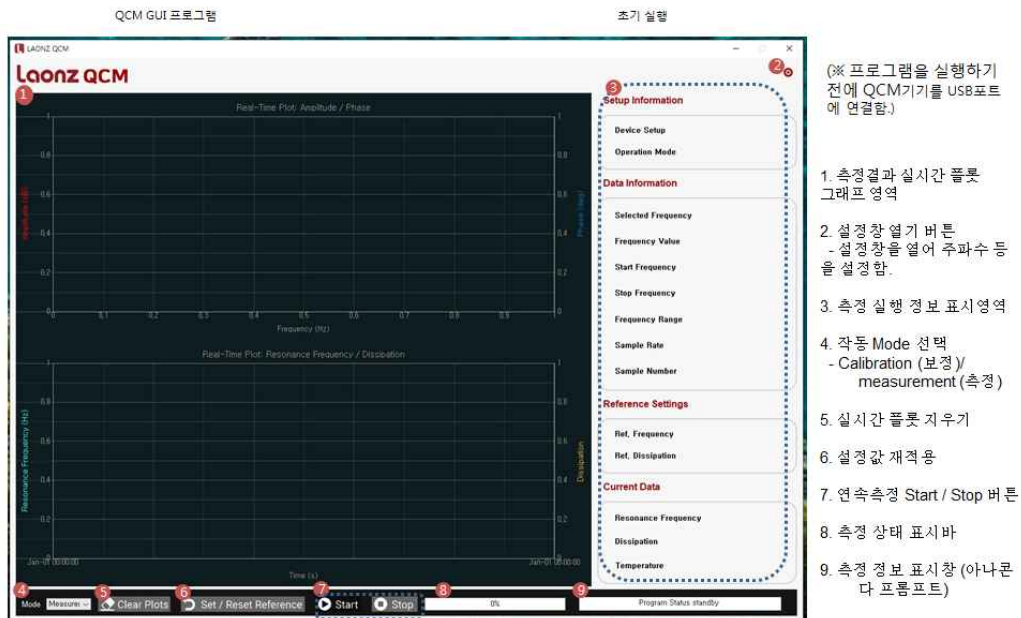


- ▶ 로그인 화면에서 로그인 하면 메인 화면 나옴
1. 메뉴
 2. 로그인 상태가 아니면 로그인 화면이 나옴
 3. Experiment 화면



- ▶ 메뉴 > Experiment 클릭
- 1. Select Virus
- 2. Graph
- 3. Actions to be Performed
- 4. Properties
- 5. Data View

LaonzQCM GUI



명 칭

Laonz QCM GUI 실행화면 (2)

LaonzQCM GUI

QCM GUI 프로그램

Calibration (보정) 모드



적영센서 교체시 마다 Calibration 을 시행한다. (공기중에서 실행해야 함)

1. 작동 모드에서 Calibration을 선택.
2. 설정창 열어서 적영센서의 유형을 선택함. - 10MHz / 5MHz
3. 실시간 플롯 그래프 지우기
4. 설정값 재적용
5. 연속측정 Start / Stop
6. 측정 상태 표시바
7. 측정 정보 표시창 (아나콘다 프롬프트)

명 칭

Laonz QCM GUI 실행화면 (3)

LaonzQCM GUI

QCM GUI 프로그램

Measurement (측정) 모드



1. 작동 모드 선택 - Measurement
2. 설정창을 열어 작동 주파수를 설정함.
3. 측정 Start / Stop
4. 측정상태 표시바.
5. 측정 정보 표시창 (아나콘다 프롬프트)
6. 적영 센서 / 선택동작모드 표시.
7. 선택된 작동 공진 주파수 관련 정보 표시
8. Reference 설정 표시
9. 현재의 실시간 주파수 및 손실정보 표시.

LaonzQCM GUI

QCM GUI 프로그램
Setting (설정)

1. 연결 Port 설정.
- 자동 탐지.
2. Calibration / 적영 센서 선택
Measurement / 작동주파수 선택..
3. Sample 개수, 로그 버퍼 선택.
4. (선택사항) 원시 데이터 저장 여부 선택.
5. (주)라온즈 홈페이지 Link

Laonz™ eQCM module

Laonz™ eQCM app on a mobile desktop environment

Unit setting.

Laonz™ eQCM GUI interface

eQCM Board Operation with Laonz™ application

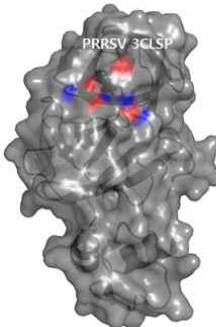
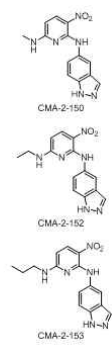
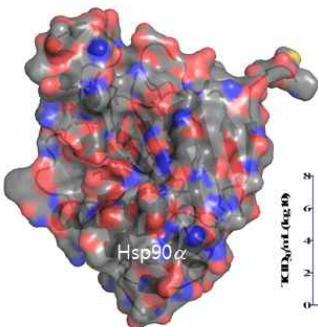
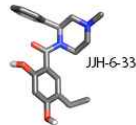
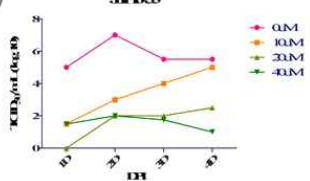
2-6. FMDV의 실시간 유전자증폭기술을 이용한 진단

1. 바이러스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 다양화

- eQCM용 SERS substrate에 바이러스 채집을 위한 표면 고정화 방안 적용
- EDC-NHS를 활용한 고품질 Antibody 고정화 데이터베이스 구성
- PNA등 NA기반 probe의 다양화(접촉면에 따른 활용성 확대)

2. 전염성 바이러스 시료의 외부기관협력으로 바이러스 종에 대한 DB 확보

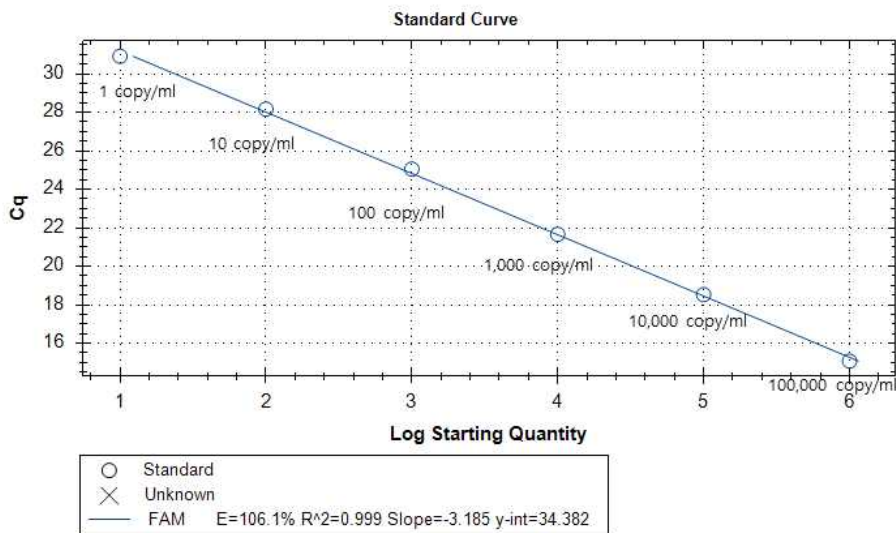
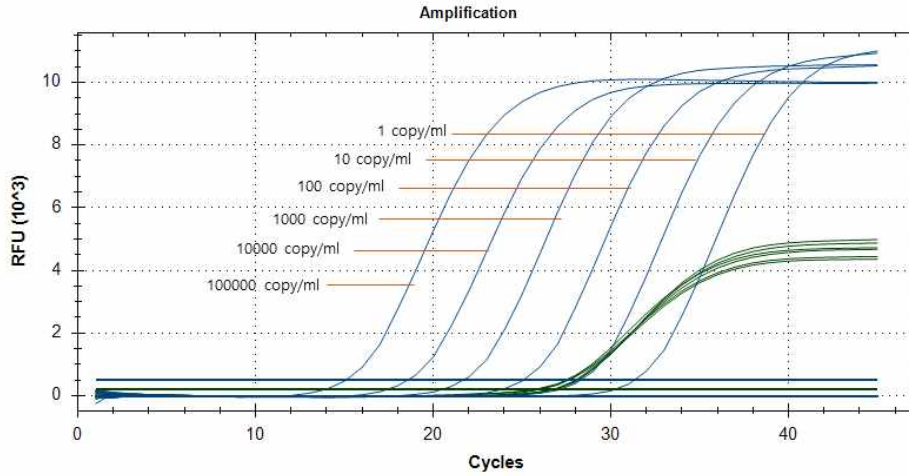
- 전염성 바이러스 정보DB 구축 (사육환경과 동물의 바이러스 접촉 진행과정)
- 구제역, AI, PRRS, 또는 PED의 바이러스 반응 정보 수집(모델링 정보 정의 및 규격)
- 바이러스의 반응 정의에 따른 동물실험 생체신호와 상호연동정보 DB 구축
- 바이러스 활동제한 환경DB 수집과 EQCM 연동 정보의 검증

명 칭	바이러스 DB (사례)																		
	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>PRRSV 3CLSP</p> </div> <div> <p>Table 1. PRRSV 3CLSP inhibitory activity of compounds</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Compounds</th> <th>PRRSV 3CLSP, IC₅₀ (μM)^a</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>JJH 6-33</td> <td>30% at 200 μM</td> </tr> <tr> <td>93PSV-3-33</td> <td>NA^b</td> </tr> <tr> <td>CMA 2-150</td> <td>32.5 ± 2.2</td> </tr> <tr> <td>CMA 2-152</td> <td>36.0 ± 1.5</td> </tr> <tr> <td>CMA 2-153</td> <td>41.0 ± 3.5</td> </tr> <tr> <td>OYJ-01</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>OYJ-02</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>OYJ-03</td> <td>NA</td> </tr> </tbody> </table> <p><small>^a IC₅₀ (50% inhibitory concentration) values of compounds represent the concentration that caused 50% enzyme activity loss. ^b NA, no activity</small></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>CMA 2-150 CMA 2-152 CMA 2-153</p> </div> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">PRRSV 3CLSP protease 단백질을 이용한 활성 평가</p>	Compounds	PRRSV 3CLSP, IC ₅₀ (μM) ^a	JJH 6-33	30% at 200 μM	93PSV-3-33	NA ^b	CMA 2-150	32.5 ± 2.2	CMA 2-152	36.0 ± 1.5	CMA 2-153	41.0 ± 3.5	OYJ-01	NA	OYJ-02	NA	OYJ-03	NA
Compounds	PRRSV 3CLSP, IC ₅₀ (μM) ^a																		
JJH 6-33	30% at 200 μM																		
93PSV-3-33	NA ^b																		
CMA 2-150	32.5 ± 2.2																		
CMA 2-152	36.0 ± 1.5																		
CMA 2-153	41.0 ± 3.5																		
OYJ-01	NA																		
OYJ-02	NA																		
OYJ-03	NA																		
	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Hsp90_{cz}</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>JJH-6-33</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  <p>IC₅₀ (μg/ml)</p> <p>0.1 μM 1 μM 10 μM 100 μM</p> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">Hsp90 저해물질의 항바이러스 활성</p>																		
명 칭	eQCM SERS 기관에 적용한 바이러스 검증 사례																		



3. 축종별 전염성 바이러스의 단백질 활성 물질 정의 및 검증
- 사육환경과 동물 운용콘텐츠와 연동하는 기초DB 정의 및 검증
 - 바이오센서 플랫폼과 사육환경의 실시간 DB연동 검증
 - eQCM연동 데이터 획득 절차 확인: 사육환경에 대한 실시간 정보수집 및 분석DB 구축
 - SERS 기판의 구성에 따른 바이러스 진단 정보 DB구축
 - 사육환경과 동물생체신호의 연동에 따른 실시간 정보획득의 신뢰성 검증

명 칭	Laonz QCM 시료 검사 방법
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 표준물질 DNA : NCBI FJ593972, 722bp 5-UTR 유전자 합성 제작(한국, 바이오팩트) ▶ 실시간 유전자 증폭 방법은 Iranian Journal of Virology 2013;7(1&2): 21-2 참고 ▶ PCR 조건 및 프리믹스의 조성 변형, 프로브와 프라이머의 염기서열과 동일하게 사용 ▶ 진단 평가 절차 : <ul style="list-style-type: none"> ◆ FMDV 표준물질 증류수 희석 : 10^8copies/ml 부터 1 copy 농도 희석액 ◆ 각 농도당 약 3회 반복 검사 실시 ◆ $R^2=0.98$ 이상 선형회귀 모델 직선성 평가
명 칭	Laonz QCM 시료 검사 결과



명 칭

Laonz QCM 시료 검사 결과 분석

- ▶ 검출한계(LOD) 10⁶copies/ml ~ 1 copy/ml 까지 양성률 100%
- ▶ 3회 반복 측정한 결과 : 98% (probit분석) 98% 신뢰수준
- ▶ 결정 검출 한계 : 1 copy/ml
- ▶ 일반적인 실시간 유전자 증폭기술 확인 가능한 바이러스, 세균 검출 한계 동등 수준
- ▶ 선형회귀 모델로 R²값도 0.999로 본 검사는 10⁶copies/ml ~ 1 copy/ml 범위 RNA 정량값 보고
- ▶ FMDV 표준물질 QCM 실험 사용

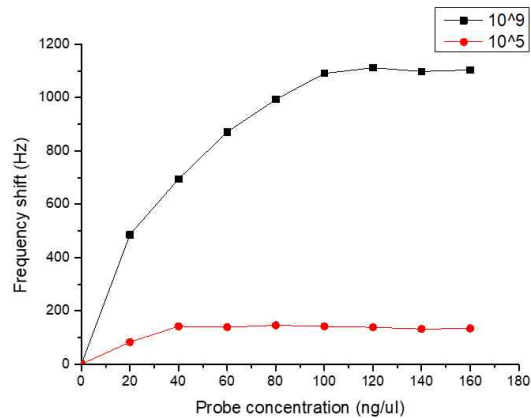
명 칭

Laonz QCM 실험 준비

- ▶ COOH-SAM reagent plus의 tube에 에탄올 50ul를 추가, 용해 후 정제수 950ul 첨가 혼합, 혼합 후 2~4℃ 보관
- ▶ EDC와 NHS는 정제수 1ml을 첨가하여 50ul씩 분주하여 -20℃이하 보관

명 칭

수정판에 고정된 probe의 농도에 따른 진동수 변화



명 칭

수정판에 고정된 probe의 농도에 따른 진동수 변화 결과 분석

- ▶ 수정판 고정 probe 농도에 따른 진동수변화 측정
- ▶ 수정판 센서전극부에 SAM용액 50ul를 점적하고 1시간동안 실온
- ▶ 정제수로 세정한 후 수분을 제거, NHS용액 50ul와 EDC용액 50ul 혼합하여 센서 전극부에 50ul를 점적한 후 15분 동안 실온
- ▶ 정제수 세정 후 probe를 Buffer에 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160ng/ul의 농도가 되게 만든 용액을 각각 50ul씩 추가하고 1시간 동안 실온 반응
- ▶ 정제수 세정한 후 Ethanolamine-solution을 100ul 넣어둔 뒤 10분 후 실험에 사용하는 buffer 교체
- ▶ 안정화 상태 후 진동수 0으로 맞춘 후 서서히 표준물질 투입
- ▶ 표준물질 중농도(FMDV PCR product 10⁵copies)와 고농도(FMDV PCR product 10⁹copies)를 각각 넣어 진동수 변화를 2시간 동안 측정
- ▶ 중농도의 표준물질은 probe의 농도가 40ng/ul 이상에서 더 이상 진동수의 변화가 일어나지 않았고, 고농도의 표준물질에서 probe의 농도가 100ng/ul 이상에서 더 이상 진동수의 변화 없음
- ▶ 사용한 수정판에서 FMDV probe가 포화 농도 확인, 적정 농도 100ng/ul 확인

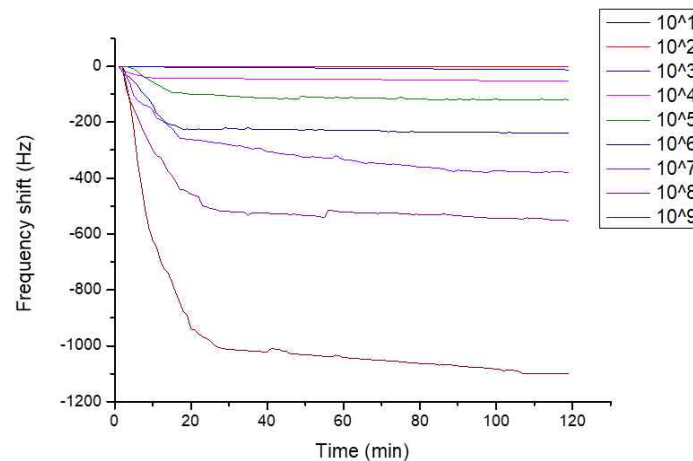
명 칭

Laonz QCM 표준물질 농도에 따른 진동수 변화

- ▶ 수정판의 포화되는 농도에서 표준물질의 최대 진동수의 변화를 알기 위해 각 표준물질 농도에 따른 진동수 변화를 측정
- ▶ 수정판의 probe에 결합 가능한 표준물질(FMDV PCR product)의 농도를 측정하기 위해 수정판의 probe의 농도를 100ng/ul로 하고 그 외의 조건을 동일한 방법으로 준비
- ▶ 표준물질을 10^9 부터 10^1 까지 10배수로 희석한 검체 사용, 2시간 동안 시간에 따른 진동수의 변화 확인

명 칭

표준물질 농도에 따른 진동수 변화 결과



명 칭

표준물질 농도에 따른 진동수 변화 결과 분석

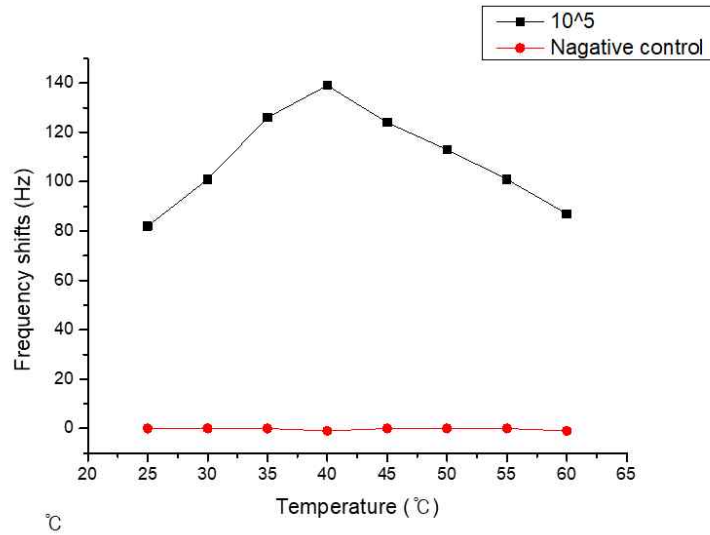
- ▶ 검체를 넣는 순간부터 진동수의 변화가 일어나고 20분을 기준으로 변화의 폭 감소
- ▶ 저농도의 경우 20분 이후로는 거의 변화없음
- ▶ 진동수의 변화는 10^3 부터 일어나지만 미미하여 10^4 부터 확실하게 변화 감지
- ▶ 고농도의 표준물질로 갈수록 포화상태에 이르지 않고 계속해서 진동수 변화 감지

명 칭

Laonz QCM 온도에 의한 양·음성 검체의 진동수 변화

- ▶ 수정판에 고정되어 있는 probe와 표준물질의 적합한 반응온도
- ▶ 다음과 같은 조건에서 각 온도에 따른 진동수 변화 측정
- ▶ 수정판에 probe를 100ng/ul로 고정화, 표준물질 중농도(FMDV PCR product 10^5)와 음성표준물질(BV PCR product)을 각각 투입
- ▶ 30분 뒤에 변화된 진동수 측정, 각각의 실험을 25°C부터 60°C까지 5°C 간격 측정

명 칭	온도에 의한 양·음성 검체의 진동수 변화 결과
-----	---------------------------



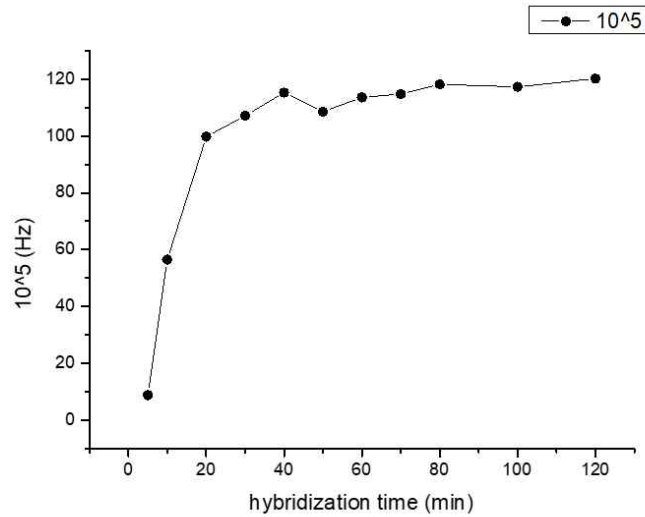
명 칭	온도에 의한 양·음성 검체의 진동수 변화 결과 분석
-----	------------------------------

- ▶ 음성표준물질의 경우 온도에 상관없이 전체적으로 진동수의 변화 없음
- ▶ 중농도의 표준물질의 경우 온도가 올라갈수록 진동수 변화가 높음
- ▶ 45°C에서 진동수 변화가 최대값을 나타낸 뒤 다시 감소 추세
- ▶ FMDV probe와 표준물질의 반응에 적합한 적정 온도 45°C 확인

명 칭	Laonz QCM 반응시간에 따른 진동수 변화
-----	---------------------------

- ▶ 수정판에 고정되어 있는 probe와 표준물질의 적합한 반응온도
- ▶ 다음과 같은 조건에서 각 온도에 따른 진동수 변화 측정
- ▶ 수정판에 probe를 100ng/ul로 고정화, 표준물질 중농도(FMDV PCR product 10⁵)와 음성표준물질(BV PCR product)을 각각 투입
- ▶ 30분 뒤에 변화된 진동수 측정, 각각의 실험을 25°C부터 60°C까지 5°C 간격 측정

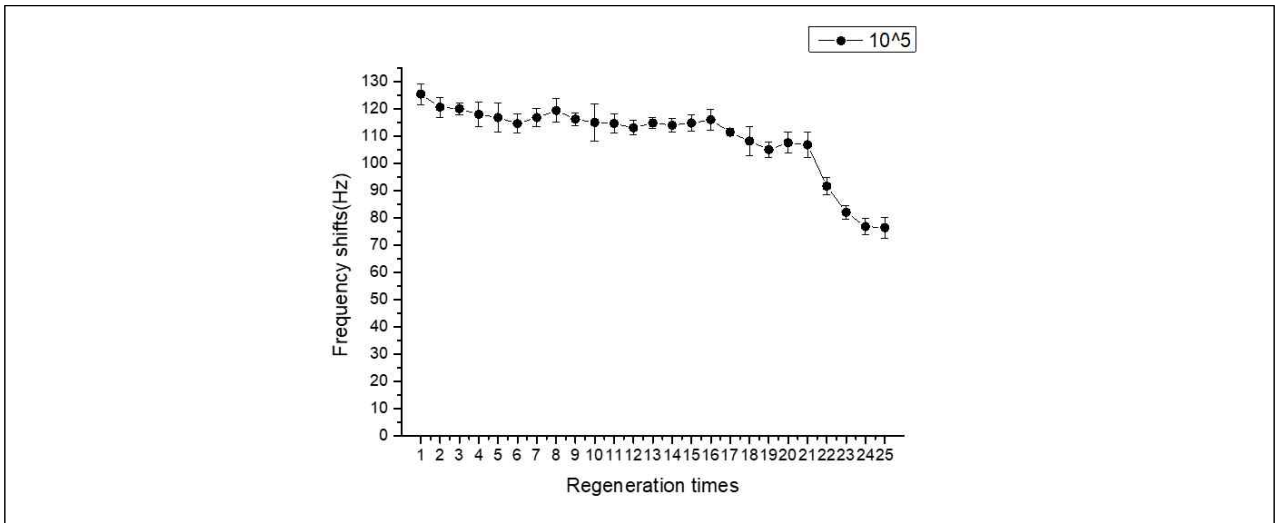
명 칭	반응시간에 따른 진동수 변화 결과
-----	--------------------



명 칭	반응시간에 따른 진동수 변화 결과 분석
<ul style="list-style-type: none"> ▶ 수정판에 최대로 고정된 FMDV probe 적정 온도에서 표준물질과 결합까지 시간 측정 ▶ 수정판에 FMDV probe를 100ng/ul로 고정시킨 뒤 45°C에서 중농도(FMDV PCR product 10⁵)의 표준물질을 가지고 시간에 따른 진동수 변화 측정 ▶ 초기 표준물질이 들어간 순간부터 20분간 급격한 진동수의 변화가(전체 진동수 변화의 약 85%) 나타났고 그 후 40분까지 서서히 진동수 증가 추세 ▶ 50분에서 감소하는 것으로 나타났지만 60분부터 120분까지 결과를 확인한 결과 전체적으로 40분 이후에는 진동수의 변화가 없이 유지 확인 ▶ FMDV probe와 FMDV 표준물질 결합반응 적정온도에서 40분 이내 확인 	

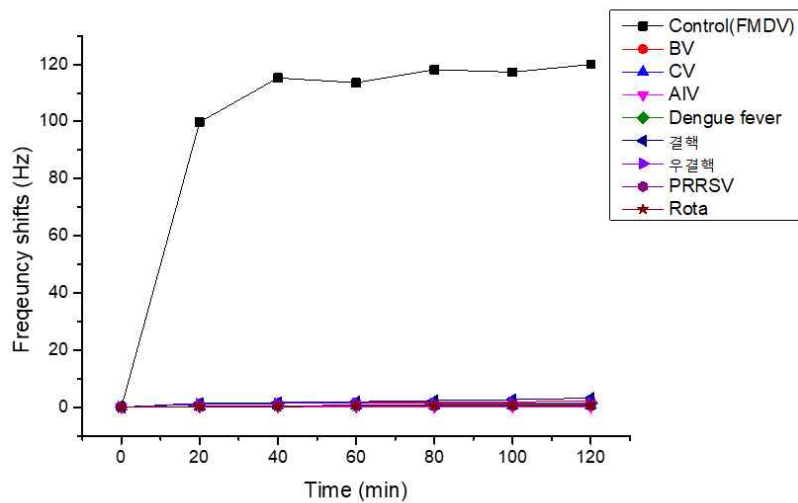
명 칭	Laonz QCM 재생 횟수에 대한 진동수 변화
<ul style="list-style-type: none"> ▶ 수정판에 고정된 FMDV probe의 재생 가능한 횟수 측정 ▶ FMDV 표준물질과의 결합 가능한 횟수 측정 ▶ 실험은 총 3개의 수정판을 가지고 25회씩 재생 측정 ▶ 기존과 동일한 조건으로 probe를 100ng/ul로 수정판에 고정, 45°C에서 표준물질 10⁵의 농도로 40분간 반응 진동수 측정 	

명 칭	재생 횟수에 대한 진동수 변화 결과
-----	---------------------



명 칭	재생 횟수에 대한 진동수 변화 결과 분석
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 처음 반응이 끝난 뒤 buffer를 제거하고, 0.8M Tris-glycine (pH2.3) 용액을 면봉에 적신 후 수정판을 살살 닦음 ▶ 정제수로 3회 세척 후 다시 buffer를 넣고 안정화, 진동수의 변화없이 안정화 확인 후 동일한 농도의 표준물질 반응 ▶ 전체적으로 1회에 비해 감소하는 추세, 21회까지는 1회의 결과 값에 10%이내의 변화 값을 확인 ▶ 22회부터 급격히 진동수 변화 값 감소, 25회에서는 1회 변화 값의 약40% 감소 ▶ 고정된 FMDV probe는 최대 21회 재생 사용 경우까지 유효한 결과 측정 가능

명 칭	Laonz QCM 다른 바이러스와의 교차반응 확인
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ FMDV에 대한 Probe의 특이성 확인 위해 다른 바이러스와 교차반응 확인 ▶ BV(세균성바이러스), CV(), AIV(조류독감바이러스), Dengue fever(뎅기 바이러스), 결핵(TB), 우결핵(Bovine TB), PRRSV(돼지생식기호흡기증후군 바이러스), Rota(로타바이러스) 총 8종류의 virus의 PCR product 실험 진행 ▶ Control로 FMDV PCR product를 10⁵ 농도 사용, 각각의 대조군도 동일한 농도 실험 ▶ 그 외의 조건은 동일하게 수정판에 고정된 probe를 100ng/ul로 정하고, 온도는 45°C로 진행 40분 후 진동수 변화량 측정
명 칭	다른 바이러스와의 교차반응 확인 결과



명 칭

다른 바이러스와의 교차반응 확인 결과 분석

- ▶ Control을 제외한 나머지 대조군의 진동수 변화는 미미
- ▶ 수정판에 고정되어 있는 FMDV probe와 반응 없음
- ▶ 수정판에 고정된 FMDV probe는 FMDV에 높은 특이성

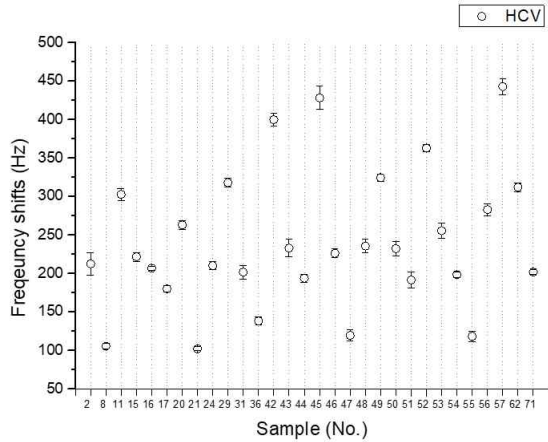
명 칭

Laonz QCM을 이용한 HCV 실검체 진단

- ▶ FMDV를 통해 QCM을 통한 진단 가능 확인, 실검체에서 진단 기능이 제대로 일어나는지 확인을 해야 하지만 실검체를 확보하기 어려운 관계로 인해 HCV(C형 간염 바이러스; Hepacivirus C)으로 실검체에서 진단 가능 여부를 판단하는 실험 진행
- ▶ 실험을 진행하기 위해 HCV probe 및 primer를 제작
- ▶ 제작된 primer를 가지고 양성 실검체 30종을 가지고 PCR을 진행 후 실험을 진행
- ▶ FMDV와 마찬가지로 HCV probe를 100ng/ul의 농도로 수정판 고정
- ▶ HCV PCR product를 넣고 45°C의 온도로 40분간 반응시킨 뒤 진동수 변화 측정

명 칭

Laonz QCM을 이용한 HCV 실검체 진단 결과



명 칭



Laonz QCM을 이용한 HCV 실험체 진단 결과 분석

- ▶ 진동수의 변화의 폭은 있으나 30종 모든 검체에서 진동수의 변화 확인
- ▶ 30종의 검체가 양성으로 판정되는 것 확인
- ▶ QCM을 통하여 실험체를 진단 가능성 확인

명 칭

Laonz QCM 진단 과정에 대한 결론

- ▶ FMDV를 QCM으로 진단하였을 때 특이도와 민감도가 높게 나타나는 것 확인
- ▶ HCV를 통해 실험체에서도 진단이 가능한 것을 확인
- ▶ QCM은 비교적 진단에 필요한 단가가 저렴하여 기존 FMDV 진단 방법인 ELISA, PCR 과 병행하여 사용 가능한 새로운 진단 방법

명 칭	논문실적
<p>▶ Sensors Journal Draft</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">   </div> <p>1 Article[↵]</p> <p>2 A real time detection method of FMDV using a QCM</p> <p>3 based on a network analyzer[↵]</p> <p>4 Yoonhan Oh¹, Hyunchul Kim¹, SangJun Moon^{2,*}[↵]</p> <p>5 ¹ Laonz Inc., Korea.[↵]</p> <p>6 ² Sensors and Aerosol Laboratory, Department of Mechanical, Aerospace and Nuclear Engineering, UNIST,</p> <p>7 Korea.[↵]</p> <p>8 * Correspondence: nanobiomems@unist.ac.kr, nanobiomems@gmail.com; Tel.: +82-52-217-2341; fax: +82-52-</p> <p>9 217-2408[↵]</p> <p>10 Received: date; Accepted: date; Published: date[↵]</p> <p>11 Abstract: Viruses are pathogenic microorganisms that can inhabit and replicate in human bodies</p> <p>12 causing a <u>number of</u> widespread infectious diseases such as influenza, gastroenteritis, hepatitis,</p> <p>13 meningitis, pneumonia, foot and mouth disease virus (FMDV) etc. <u>A majority of</u> these viral diseases</p> <p>14 are contagious and can spread from infected to healthy human beings. The most important step in</p> <p>15 the treatment of these contagious diseases and to prevent their unwanted spread is to timely detect</p> <p>16 the disease-causing viruses. Gravimetric viral diagnostics based on quartz crystal microbalance</p> <p>17 (QCM) transducers and natural or synthetic receptors are miniaturized sensing platforms that can</p> <p>18 selectively recognize and quantify harmful virus species. Herein, a review of the label-free QCM</p> <p>19 virus sensors for clinical diagnostics and point of care (POC) applications is presented with major</p> <p>20 emphasis on the nature and performance of different receptors ranging from the natural or synthetic</p> <p>21 antibodies to selective macromolecular materials such as DNA and aptamers. A performance</p> <p>22 comparison of different receptors is <u>provided</u> and their limitations are discussed.[↵]</p> <p>23 Keywords: Quartz Crystal Microbalance (QCM); Foot and Mouth Disease Virus (FMDV); Real-time</p> <p>24 detection; Network analyzer[↵]</p> <p>25 [↵]</p>

명 칭	특허출원 및 등록		
특허출원명	복합 현장 진단 장치 및 복합 현장진단 네트워크 분석 시스템		
등록일자	2019. 12. 20.	출원인	(주)라운즈



명 칭	특허출원 및 등록		
특허출원명	통합전극 구조를 갖는 전기화학적 수정결정미소저울의 반응셀, 이를 구비하는 전기화학적 수정결정미소저울 및 이를 포함하는 전기화학적 수정결정미소저울 네트워크 분석장치		
출원일자	2019. 10. 30.	출원인	(주)라운즈

관인생략

출원번호통지서

출원일자 2019.10.30
 특기사항 심사청구(무) 공개신청(무)
 출원번호 10-2019-0136637 (접수번호 1-1-2019-1112425-22)
 출원인명칭 주식회사 라온즈(1-2011-015189-9)
 대리인명칭 신탄회(9-2008-000466-0)
 발명자명칭 오윤환 김현철
 발명의명칭 통합전력 구조를 갖는 전기화학적 수경결정미소저울의 반응셀, 이를 구비하는 전기화학적 수경결정미소저울 및 이를 포함하는 전기화학적 수경결정미소저울 네트워크 분석 장치

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 취와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 통통된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
 ※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고려번호 정보변경(경정), 정정 신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
 ※ 특허포(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-PCT마드리드
 ※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
 ※ 미국특허상표청의 선출원일 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자특허공개서(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. 출원인이 직무수행과정에서 개발한 발명을 사용자(기업)가 명확하게 송계하지 않은 경우, 특허법 제62조에 따라 심사단계에서 특허거절결정되거나 특허법 제133조에 따라 등록이후에 특허무효사유가 될 수 있습니다.
8. 기타 심사 절차에 관한 사항은 통통된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

2-8. 연구개발 회의

과제명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가속 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발		
일 시	2018년 07월13일 금 16:00 ~ 18:00	제 안 자	김 현 철
장 소	당사 2층 회의실	회의차수	1 차
안 건	1차년도 개발 및 개발세부사항 협의		
참 석 자 (9 명)	연구소 김현철 수석연구원 연구소 오윤환 수석연구원 문상준 UNIST 교수	연구소 김효태 연구소장 연구소 이영재 수석연구원 허상구 HIM 수석연구원	연구소 하홍렬 수석연구원 연구소 김동현 주임연구원 장경순 HIM 수석연구원
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - 외장형 현장 분석장치 Multimodal QCM기구개발 협의 - Multimodal QCM chamber 개발: QCM chamber + Spectrometer Window - Bench-Top QCM system 개발: Piezopump + Fluidic network + Controller - 외장형 Spectrometer 인터페이스 프로그램 개발 협의 - 바이러스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 세부 개발 협의 - eQCM SERS용 기관제작 및 공정 개발을 위한 세부협의 		
과제명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가속 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발		
일 시	2018년 07월16일 월 16:00 ~ 18:00	제 안 자	김 현 철
장 소	당사 2층 회의실	회의차수	2 차
안 건	1차년도 개발 및 개발세부사항 협의		
참 석 자 (8 명)	연구소 김현철 수석연구원 연구소 오윤환 수석연구원 허상구 HIM 수석연구원	연구소 김효태 연구소장 연구소 이영재 수석연구원 장경순 HIM 수석연구원	연구소 하홍렬 수석연구원 연구소 김동현 주임연구원
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - 외장형 현장 분석장치 Multimodal QCM 제품의 Mechanical 구조설계 미팅 - Multimodal QCM chamber 개발: QCM chamber + Spectrometer Window - Bench-Top QCM system 개발: Piezopump + Fluidic network + Controller - Spectrometer 인터페이스 프로그램 화면 기획 및 화면설계 협의 - Spectrometer interface 프로그램 설계: QCM + Specrometer - Spectrometer와 QCM의 변화에 대한 deep learning module프로그램 - 바이러스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 제작 및 DNA규정 협의 - eQCM SERS용 기관제작을 위한 세부 크기, 특성, 노이즈 설계 협의 		

과제명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가속 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발		
일 시	2018년 07월20일 금 16:00 ~ 18:00	제 안 자	김 현 철
장 소	당사 2층 회의실	회의차수	3 차
안 건	1차년도 개발 및 개발세부사항 협의		
참 석 자 (8 명)	연구소 김현철 수석연구원 연구소 오윤환 수석연구원 허상구 HIM 수석연구원	연구소 김효태 연구소장 연구소 이영재 수석연구원 장경순 HIM 수석연구원	연구소 하홍렬 수석연구원 연구소 김동현 주임연구원
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - 외장형 현장 분석장치 Multimodal QCM 제품의 Mechanical 구조설계 미팅 - Multimodal QCM chamber 개발: QCM chamber + Spectrometer Window - Bench-Top QCM system 개발: Piezopump + Fluidic network + Controller - Spectrometer 인터페이스 프로그램 화면 기획 및 화면설계 협의 - Spectrometer interface 프로그램 설계: QCM + Specrometer - Spectrometer와 QCM의 변화에 대한 deep learning module 프로그램 - 바이러스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 제작 및 DNA규정 협의 - eQCM SERS용 기관제작을 위한 세부 크기, 특성, 노이즈 설계 협의 		
과제명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가속 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발		
일 시	2018년 08월 02일 목 16:00 ~ 18:00	제 안 자	김 현 철
장 소	당사 2층 회의실	회의차수	4 차
안 건	1차년도 개발 및 개발세부사항 협의		
참 석 자 (9 명)	연구소 김현철 수석연구원 연구소 오윤환 수석연구원 문상준 UNIST 교수	연구소 김효태 연구소장 연구소 이영재 수석연구원 허상구 HIM 수석연구원	연구소 하홍렬 수석연구원 연구소 김동현 주임연구원 장경순 HIM 수석연구원
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - 외장형 현장 분석장치 Multimodal QCM기구개발 협의 - Multimodal QCM chamber 개발: QCM chamber + Spectrometer Window - Bench-Top QCM system 개발: Piezopump + Fluidic network + Controller 외장 Pump 및 유체 제어장치 인터페이스 프로그램 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 외장 pump 제어를 위한 Arduino program 개발 Multimodal용 QCM 제어 프로그램 개발 <ul style="list-style-type: none"> - Raspberry Pi touch를 이용한 통합 프로그램 개발 - openQCM의 열가변저항기로 온도에 따른 물질의 저항값의 변화 측정 : quartz crystal sensor의 온도 변화 감지 센서 - 바이러스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 세부 개발 협의 - eQCM SERS용 기관제작 및 공정 개발을 위한 세부협의 		
과제명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가속 전염성 바이러스 진단플랫폼의		

	개발		
일 시	2018년 08월 08일 수 16:00 ~ 18:00	제 안 자	김 현 철
장 소	당사 2층 회의실	회의차수	5 차
안 건	1차년도 개발 및 개발세부사항 협의		
참 석 자 (8 명)	연구소 김현철 수석연구원 연구소 오윤환 수석연구원 허상구 HIM 수석연구원	연구소 김효태 연구소장 연구소 이영재 수석연구원 장경순 HIM 수석연구원	연구소 하홍렬 수석연구원 연구소 김동현 주임연구원
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - 외장형 현장 분석장치 Multimodal QCM 제품의 Mechanical 구조설계 미팅 - Multimodal QCM chamber 개발: QCM chamber + Spectrometer Window - Bench-Top QCM system 개발: Piezopump + Fluidic network + Controller - Spectrometer 인터페이스 프로그램 화면 기획 및 화면설계 협의 - Spectrometer interface 프로그램 설계: QCM + Specrometer - Spectrometer와 QCM의 변화에 대한 deep learning module프로그램 - 바이러스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 제작 및 DNA규정 협의 - eQCM SERS용 기관제작을 위한 세부 크기, 특성, 노이즈 설계 협의 		
과제명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가속 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발		
일 시	2018년 08월 20일 월 16:00 ~ 18:00	제 안 자	김 현 철
장 소	당사 2층 회의실	회의차수	6 차
안 건	1차년도 개발 및 개발세부사항 협의		
참 석 자 (9 명)	연구소 김현철 수석연구원 연구소 오윤환 수석연구원 문상준 UNIST 교수	연구소 김효태 연구소장 연구소 이영재 수석연구원 허상구 HIM 수석연구원	연구소 하홍렬 수석연구원 연구소 김동현 주임연구원 장경순 HIM 수석연구원
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - 외장형 현장 분석장치 Multimodal QCM 제품의 Mechanical 구조설계 미팅 - Multimodal QCM chamber 개발: QCM chamber + Spectrometer Window - Bench-Top QCM system 개발: Piezopump + Fluidic network + Controller - Spectrometer 인터페이스 프로그램 화면 기획 및 화면설계 협의 - Spectrometer interface 프로그램 설계: QCM + Specrometer - Spectrometer와 QCM의 변화에 대한 deep learning module프로그램 - 바이러스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 제작 및 DNA규정 협의 - eQCM SERS용 기관제작을 위한 세부 크기, 특성, 노이즈 설계 협의 		
과제명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가속 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발		

일 시	2018년 08월 24일 금 16:00 ~ 18:00	제 안 자	김 현 철
장 소	당사 2층 회의실	회의차수	7 차
안 건	1차년도 개발 및 개발세부사항 협의		
참 석 자 (8 명)	연구소 김현철 수석연구원 연구소 오윤환 수석연구원 허상구 HIM 수석연구원	연구소 김효태 연구소장 연구소 이영재 수석연구원 장경순 HIM 수석연구원	연구소 하홍렬 수석연구원 연구소 김동현 주임연구원
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - 외장형 현장 분석장치 Multimodal QCM 제품의 Mechanical 구조설계 미팅 - Multimodal QCM chamber 개발: QCM chamber + Spectrometer Window - Bench-Top QCM system 개발: Piezopump + Fluidic network + Controller - Spectrometer 인터페이스 프로그램 화면 기획 및 화면설계 협의 - Spectrometer interface 프로그램 설계: QCM + Specrometer - Spectrometer와 QCM의 변화에 대한 deep learning module 프로그램 - 바이러스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 제작 및 DNA규정 협의 - eQCM SERS용 기관제작을 위한 세부 크기, 특성, 노이즈 설계 협의 		
과제명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가속 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발		
일 시	2018년 08월 31일 금 16:00 ~ 18:00	제 안 자	김 현 철
장 소	당사 2층 회의실	회의차수	8 차
안 건	1차년도 개발 및 개발세부사항 협의		
참 석 자 (8 명)	연구소 김현철 수석연구원 연구소 오윤환 수석연구원 허상구 HIM 수석연구원	연구소 김효태 연구소장 연구소 이영재 수석연구원 장경순 HIM 수석연구원	연구소 하홍렬 수석연구원 연구소 김동현 주임연구원
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - 외장형 현장 분석장치 Multimodal QCM 제품의 Mechanical 구조설계 미팅 - Multimodal QCM chamber 개발: QCM chamber + Spectrometer Window - Bench-Top QCM system 개발: Piezopump + Fluidic network + Controller Multimodal용 QCM 제어 프로그램 개발 <ul style="list-style-type: none"> - Raspberry Pi touch를 이용한 통합 프로그램 개발 - openQCM의 열가변저항기로 온도에 따른 물질의 저항값의 변화 측정 sensor의 온도 변화 감지 센서 - 통합 제어 모듈 개발: touch GUI - 바이러스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 제작 및 DNA규정 협의 - eQCM SERS용 기관제작을 위한 세부 크기, 특성, 노이즈 설계 협의 		
과제명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가속 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발		
일 시	2018년 09월 10일 월 16:00 ~ 18:00	제 안 자	김 현 철

장 소	당사 2층 회의실	회의차수	9 차
안 건	1차년도 개발 및 개발세부사항 협의		
참 석 자 (8 명)	연구소 김현철 수석연구원 연구소 오윤환 수석연구원 허상구 HIM 수석연구원	연구소 김효태 연구소장 연구소 이영재 수석연구원 장경순 HIM 수석연구원	연구소 하홍렬 수석연구원 연구소 김동현 주임연구원
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - 외장형 현장 분석장치 Multimodal QCM 제품의 Mechanical 구조설계 미팅 - Multimodal QCM chamber 개발: QCM chamber + Spectrometer Window - Bench-Top QCM system 개발: Piezopump + Fluidic network + Controller Multimodal용 QCM 제어 프로그램 개발 <ul style="list-style-type: none"> - Raspberry Pi touch를 이용한 통합 프로그램 개발 - openQCM의 열가변저항기로 온도에 따른 물질의 저항값의 변화 측정 sensor의 온도 변화 감지 센서 - 통합 제어 모듈 개발: touch GUI <ul style="list-style-type: none"> - 바이러스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 제작 및 DNA규정 협의 - eQCM SERS용 기관제작을 위한 세부 크기, 특성, 노이즈 설계 협의 		
과제명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가축 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발		
일 시	2018년 09월 21일 금 16:00 ~ 18:00	제 안 자	김 현 철
장 소	당사 2층 회의실	회의차수	10 차
안 건	1차년도 개발 및 개발세부사항 협의		
참 석 자 (9 명)	연구소 김현철 수석연구원 연구소 오윤환 수석연구원 문상준 UNIST 교수	연구소 김효태 연구소장 연구소 이영재 수석연구원 허상구 HIM 수석연구원	연구소 하홍렬 수석연구원 연구소 김동현 주임연구원 장경순 HIM 수석연구원
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - 외장형 현장 분석장치 Multimodal QCM 제품의 Mechanical 구조설계 미팅 - Multimodal QCM chamber 개발: QCM chamber + Spectrometer Window - Bench-Top QCM system 개발: Piezopump + Fluidic network + Controller - Spectrometer 인터페이스 프로그램 화면 기획 및 화면설계 협의 Spectrometer interface 프로그램 설계: QCM + Specrometer <ul style="list-style-type: none"> - Spectrometer와 QCM의 변화에 대한 deep learning module프로그램 - 바이러스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 제작 및 DNA규정 협의 - eQCM SERS용 기관제작을 위한 세부 크기, 특성, 노이즈 설계 협의 		
과제명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가축 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발		
일 시	2018년 09월 28일 금 16:00 ~ 18:00	제 안 자	김 현 철
장 소	당사 2층 회의실	회의차수	11 차

안 건	1차년도 개발 및 개발세부사항 협의		
참 석 자 (8 명)	연구소 김현철 수석연구원 연구소 오윤환 수석연구원 허상구 HIM 수석연구원	연구소 김효태 연구소장 연구소 이영재 수석연구원 장경순 HIM 수석연구원	연구소 하홍렬 수석연구원 연구소 김동현 주임연구원
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - 외장형 현장 분석장치 Multimodal QCM 제품의 Mechanical 구조설계 미팅 - Multimodal QCM chamber 개발: QCM chamber + Spectrometer Window - Bench-Top QCM system 개발: Piezopump + Fluidic network + Controller - Multimodal용 QCM 제어 프로그램 개발 - Raspberry Pi touch를 이용한 통합 프로그램 개발 - 통합 제어 모듈 개발: touch GUI - 바이러스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 제작 및 DNA규정 협의 - eQCM SERS용 기관제작을 위한 세부 크기, 특성, 노이즈 설계 협의 		
과제명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가축 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발		
일 시	2018년 10월 02일 화 16:00 ~ 18:00	제 안 자	김 현 철
장 소	당사 2층 회의실	회의차수	12 차
안 건	1차년도 개발 및 개발세부사항 협의		
참 석 자 (8 명)	연구소 김현철 수석연구원 연구소 오윤환 수석연구원 허상구 HIM 수석연구원	연구소 김효태 연구소장 연구소 이영재 수석연구원 장경순 HIM 수석연구원	연구소 하홍렬 수석연구원 연구소 김동현 주임연구원
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - 외장형 현장 분석장치 Multimodal QCM 제품의 Mechanical 구조설계 미팅 - Multimodal QCM chamber 개발: QCM chamber + Spectrometer Window - Bench-Top QCM system 개발: Piezopump + Fluidic network + Controller - Multimodal용 QCM 제어 프로그램 개발 - Raspberry Pi touch를 이용한 통합 프로그램 개발 - 통합 제어 모듈 개발: touch GUI - 바이러스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 제작 및 DNA규정 협의 - eQCM SERS용 기관제작을 위한 세부 크기, 특성, 노이즈 설계 협의 		
과제명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가축 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발		
일 시	2018년 10월 12일 금 16:00 ~ 18:00	제 안 자	김 현 철
장 소	당사 2층 회의실	회의차수	13 차

안 건	1차년도 개발 및 개발세부사항 협의		
참 석 자 (8 명)	연구소 김현철 수석연구원 연구소 오윤환 수석연구원 허상구 HIM 수석연구원	연구소 김효태 연구소장 연구소 이영재 수석연구원 장경순 HIM 수석연구원	연구소 하홍렬 수석연구원 연구소 김동현 주임연구원
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - 외장형 현장 분석장치 Multimodal QCM 제품의 Mechanical 구조설계 미팅 - Multimodal QCM chamber 개발: QCM chamber + Spectrometer Window - Bench-Top QCM system 개발: Piezopump + Fluidic network + Controller - Multimodal용 QCM 제어 프로그램 개발 - Raspberry Pi touch를 이용한 통합 프로그램 개발 - 통합 제어 모듈 개발: touch GUI - 바이러스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 제작 및 DNA규정 협의 - eQCM SERS용 기관제작을 위한 세부 크기, 특성, 노이즈 설계 협의 		
과제명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가축 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발		
일 시	2018년 10월 29일 월 16:00 ~ 18:00	제 안 자	김 현 철
장 소	당사 2층 회의실	회의차수	14 차
안 건	1차년도 개발 및 개발세부사항 협의		
참 석 자 (9 명)	연구소 김현철 수석연구원 연구소 오윤환 수석연구원 문상준 UNIST 교수	연구소 김효태 연구소장 연구소 이영재 수석연구원 허상구 HIM 수석연구원	연구소 하홍렬 수석연구원 연구소 김동현 주임연구원 장경순 HIM 수석연구원
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - 외장형 현장 분석장치 Multimodal QCM 제품의 Mechanical 구조설계 미팅 - Spectrometer 인터페이스 프로그램 화면 기획 및 화면설계 협의 - 바이러스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 제작 및 DNA규정 협의 - eQCM SERS용 기관제작을 위한 세부 크기, 특성, 노이즈 설계 협의 - Multimodal QCM substrate 기술 - QCM용 substrate immobilization - Antibody 고정화를 위한 표면 고정 - EDC-NHS를 활용한 고품질 Antibody고정화 - PNA등 NA기반 probe를 위한 고정화 		
과제명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가축 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발		
일 시	2018년 10월 30일 화 16:00 ~ 18:00	제 안 자	김 현 철
장 소	당사 2층 회의실	회의차수	15 차

안 건	1차년도 개발 및 개발세부사항 협의		
참 석 자 (8 명)	연구소 김현철 수석연구원 연구소 오윤환 수석연구원 허상구 HIM 수석연구원	연구소 김효태 연구소장 연구소 이영재 수석연구원 장경순 HIM 수석연구원	연구소 하홍렬 수석연구원 연구소 김동현 주임연구원
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - 외장형 현장 분석장치 Multimodal QCM 제품의 Mechanical 구조설계 미팅 - Spectrometer 인터페이스 프로그램 화면 기획 및 화면설계 협의 - 바이러스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 제작 및 DNA규정 협의 - eQCM SERS용 기판제작을 위한 세부 크기, 특성, 노이즈 설계 협의 - Multimodal QCM substrate 기술 - QCM SERS기판 공정 기술 개발 - Nanopatterned Au 기판 design 및 제작공정 설계: Embossing + plating - nanoparticle deposition을 이용한 Au 기판 제작 - Sprectrometer와 동시 사용가능한 기판의 민감도 향상 		
과제명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가축 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발		
일 시	2018년 11월 01일 수 16:00 ~ 18:00	제 안 자	김 현 철
장 소	당사 2층 회의실	회의차수	16 차
안 건	1차년도 개발 및 개발세부사항 협의		
참 석 자 (8 명)	연구소 김현철 수석연구원 연구소 오윤환 수석연구원 허상구 HIM 수석연구원	연구소 김효태 연구소장 연구소 이영재 수석연구원 장경순 HIM 수석연구원	연구소 하홍렬 수석연구원 연구소 김동현 주임연구원
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - 외장형 현장 분석장치 Multimodal QCM 제품의 Mechanical 구조설계 미팅 - Spectrometer 인터페이스 프로그램 화면 기획 및 화면설계 협의 - 바이러스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 제작 및 DNA규정 협의 - eQCM SERS용 기판제작을 위한 세부 크기, 특성, 노이즈 설계 협의 - Multimodal QCM substrate 기술 - QCM SERS기판 공정 기술 개발 - Multimodal QCM 특성 평가 - QCM성능 평가: efficiency, Specificity - Reference design과 비교 평가 - 		
과제명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가축 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발		
일 시	2018년 11월 13일 화 16:00 ~ 18:00	제 안 자	김 현 철
장 소	당사 2층 회의실	회의차수	17 차

안 건	1차년도 개발 및 개발세부사항 협의		
참 석 자 (8 명)	연구소 김현철 수석연구원 연구소 오윤환 수석연구원 허상구 HIM 수석연구원	연구소 김효태 연구소장 연구소 이영재 수석연구원 장경순 HIM 수석연구원	연구소 하홍렬 수석연구원 연구소 김동현 주임연구원
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - 외장형 현장 분석장치 Multimodal QCM 제품의 Mechanical 구조설계 미팅 - Spectrometer 인터페이스 프로그램 화면 기획 및 화면설계 협의 - 바이러스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 제작 및 DNA규정 협의 - eQCM SERS용 기관제작을 위한 세부 크기, 특성, 노이즈 설계 협의 - Multimodal QCM substrate 기술 - QCM SERS기관 공정 기술 개발 - Multimodal QCM 특성 평가 - QCM성능 평가: efficiency, Specificity - Reference design과 비교 평가 		
과제명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가축 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발		
일 시	2018년 11월 15일 목 16:00 ~ 18:00	제 안 자	김 현 철
장 소	당사 2층 회의실	회의차수	18 차
안 건	1차년도 개발 및 개발세부사항 협의		
참 석 자 (8 명)	연구소 김현철 수석연구원 연구소 오윤환 수석연구원 허상구 HIM 수석연구원	연구소 김효태 연구소장 연구소 이영재 수석연구원 장경순 HIM 수석연구원	연구소 하홍렬 수석연구원 연구소 김동현 주임연구원
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - 외장형 현장 분석장치 Multimodal QCM 제품의 Mechanical 구조설계 미팅 - Spectrometer 인터페이스 프로그램 화면 기획 및 화면설계 협의 - 바이러스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 제작 및 DNA규정 협의 - eQCM SERS용 기관제작을 위한 세부 크기, 특성, 노이즈 설계 협의 - Multimodal QCM substrate 기술 - QCM SERS기관 공정 기술 개발 - Multimodal QCM 특성 평가 - QCM성능 평가: efficiency, Specificity - Reference design과 비교 평가 		
과 제 명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가축 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발		
일 시	2018년 05월 23일 목 16:00 ~ 17:30	제안자	김 현 철
장 소	(주)라운즈 본사 회의실		
안 건	2차년도 개발 및 개발세부사항 협의		

참 석 자 (9 명)	연구소 오윤환 수석연구원 연구소 김효태 연구소장 연구소 김현철 수석연구원 연구소 문혁 수석연구원 연구소 이영재 수석연구원 연구소 이문영 수석연구원 연구소 송원영 연구원 허상구 HIM 수석연구원 장경순 HIM 수석연구원
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - QCM기반의 나노표면 질량 검출 방법에 대한 협의 - High speed, sensitivity를 가지는 QCM 프로그램 개발에 대한 협의 - 나노 표면 개질 및 전극 개발에 대한 방법에 대해서 논의함 - QCM일체형 Electrode 설계방법에 대한 고찰 및 논의 - Nano-raman 제작 및 raman spectrometer 제작 (바이러스 구성 정보 측정) 협의 - Table top 형식 고성능 raman spectrometer 제작에 관한 협의 - 바리어스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 기술 개발에 대한 협의 - 임상 샘플의 농축을 위한 방법에 관한 논의 - Embossing 및 electrospray 기법에 관한 협의 및 방법설계를 위한 협의
과 제 명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가축 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발
일 시	2018년 05월 24일 금 16:00 ~ 17:30 제안자 김 현 철
장 소	(주)제이디엔알 본사 회의실
안 건	2차년도 개발 및 개발세부사항 협의
참 석 자 (9 명)	연구소 오윤환 수석연구원 연구소 김효태 연구소장 연구소 김현철 수석연구원 연구소 문혁 수석연구원 연구소 이영재 수석연구원 JD&R 차양준 수석연구원 연구소 송원영 연구원 허상구 HIM 수석연구원 장경순 HIM 수석연구원
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - QCM 컨트롤러 보드 설계 및 회로도, 아트웍 리뷰 및 협의 - QCM 메인보드 설계 및 회로도, 아트웍 리뷰 및 협의 - QCM 외장형 현장 분석장치 기구에 대한 리뷰 및 협의 - QCM기반의 나노표면 질량 검출 방법에 대한 협의 - High speed, sensitivity를 가지는 QCM 프로그램 개발에 대한 협의 - 나노 표면 개질 및 전극 개발에 대한 방법에 대해서 논의함 - QCM일체형 Electrode 설계방법에 대한 고찰 및 논의 - Nano-raman 제작 및 raman spectrometer 제작 (바이러스 구성 정보 측정) 협의 - Table top 형식 고성능 raman spectrometer 제작에 관한 협의 - 바리어스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 기술 개발에 대한 협의 - 임상 샘플의 농축을 위한 방법에 관한 논의 - Embossing 및 electrospray 기법에 관한 협의 및 방법설계를 위한 협의
과 제 명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가축 전염성 바이러스 진단플랫폼의

개발			
일 시	2018년 05월 29일 수 16:00 ~ 17:30	제안자	김 현 철
장 소	(주)라운즈 본사 회의실		
안 건	2차년도 개발 및 개발세부사항 협의		
참 석 자 (9 명)	연구소 오윤환 수석연구원	연구소 김효태 연구소장	연구소 김현철 수석연구원
	연구소 문혁 수석연구원	연구소 이영재 수석연구원	연구소 이문영 수석연구원
	연구소 송원영 연구원	허상구 HIM 수석연구원	장경순 HIM 수석연구원
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - QCM 제품의 성능을 고려한 센서설계 및 보드설계의 고려사항 협의 - Nano-raman 제작 및 raman spectrometer 제작 (바이러스 구성 정보 측정) 협의 - Table top 형식 고성능 raman spectrometer 제작에 관한 협의 - 바리어스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 기술 개발에 대한 협의 QCM 컨트롤러 보드 설계 및 회로도, 아트웍 리뷰 및 협의 - Embossing 및 electrospray 기법에 관한 협의 및 방법설계를 위한 협의 - QCM 메인보드 설계 및 회로도, 아트웍 리뷰 및 협의 - QCM 외장형 현장 분석장치 기구에 대한 리뷰 및 협의 - QCM기반의 나노표면 질량 검출 방법에 대한 협의 - High speed, sensitivity를 가지는 QCM 프로그램 개발에 대한 협의 - 나노 표면 개질 및 전극 개발에 대한 방법에 대해서 논의함 - QCM일체형 Electrode 설계방법에 대한 고찰 및 논의 - 임상 샘플의 농축을 위한 방법에 관한 논의 		
과 제 명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가축 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발		
일 시	2018년 05월 30일 목 16:00 ~ 17:30	제안자	김 현 철
장 소	(주)라운즈 본사 회의실		
안 건	2차년도 개발 및 개발세부사항 협의		
참 석 자 (9 명)	연구소 오윤환 수석연구원	연구소 김효태 연구소장	연구소 김현철 수석연구원
	연구소 문혁 수석연구원	연구소 이영재 수석연구원	연구소 이문영 수석연구원
	연구소 송원영 연구원	허상구 HIM 수석연구원	장경순 HIM 수석연구원
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - QCM Circuits & Artwork을 고려한 설계에 대한 주의사항 협의 - 개발 일정에 대한 협의 및 공유 - 제품의 성능을 고려한 센서설계 및 보드설계의 고려사항 협의 - QCM 메인보드 설계 및 회로도, 아트웍 리뷰 및 협의 - QCM일체형 Electrode 설계방법에 대한 고찰 및 논의 - 임상 샘플의 농축을 위한 방법에 관한 논의 - QCM 외장형 현장 분석장치 기구에 대한 리뷰 및 협의 - QCM기반의 나노표면 질량 검출 방법에 대한 협의 		

	<ul style="list-style-type: none"> - 바리어스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 기술 개발에 대한 협의 QCM 컨트롤러 보드 설계 및 회로도, 아트웍 리뷰 및 협의 - Embossing 및 electrospray 기법에 관한 협의 및 방법설계를 위한 협의 - Nano-raman 제작 및 raman spectrometer 제작 (바이러스 구성 정보 측정) 협의 - High speed, sensitivity를 가지는 QCM 프로그램 개발에 대한 협의 - 나노 표면 개질 및 전극 개발에 대한 방법에 대해서 논의함 		
과 제 명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가속 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발		
일 시	2018년 06월 05일 수 16:00 ~ 17:30	제안자	김 현 철
장 소	(주)라운즈 본사 회의실		
안 건	2차년도 개발 및 개발세부사항 협의		
참 석 자 (9 명)	연구소 오윤환 수석연구원	연구소 김효태 연구소장	연구소 김현철 수석연구원
	연구소 문혁 수석연구원	연구소 이영재 수석연구원	연구소 이문영 수석연구원
	연구소 송원영 연구원	허상구 HIM 수석연구원	장경순 HIM 수석연구원
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - QCM 내장형 site analysis device 와 mechanical structure 에 대한 리뷰 및 협의 - QCM Circuits & Artwork을 고려한 설계에 대한 주의사항 협의 - 개발 일정에 대한 협의 및 공유 - Nano-raman 제작 및 raman spectrometer 제작 (바이러스 구성 정보 측정) 협의 - High speed, sensitivity를 가지는 QCM 프로그램 개발에 대한 협의 - 나노 표면 개질 및 전극 개발에 대한 방법에 대해서 논의함 - 제품의 성능을 고려한 센서설계 및 보드설계의 고려사항 협의 - QCM 메인보드 설계 및 회로도, 아트웍 리뷰 및 협의 - QCM기반의 나노표면 질량 검출 방법에 대한 협의 - 바리어스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 기술 개발에 대한 협의 QCM 컨트롤러 보드 설계 및 회로도, 아트웍 리뷰 및 협의 - QCM 일체형 Electrode 설계방법에 대한 고찰 및 논의 - 임상 샘플의 농축을 위한 방법에 관한 논의 - Embossing 및 electrospray 기법에 관한 협의 및 방법설계를 위한 협의 		
과 제 명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가속 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발		
일 시	2018년 06월 07일 금 16:00 ~ 17:00	제안자	김 현 철
장 소	(주)라운즈 본사 회의실		
안 건	2차년도 개발 및 개발세부사항 협의		
참 석 자	연구소 오윤환 수석연구원	연구소 김효태 연구소장	연구소 김현철 수석연구원

(9 명)	연구소 문혁 수석연구원 연구소 송원영 연구원	연구소 이영재 수석연구원 허상구 HIM 수석연구원	연구소 이문영 수석연구원 장경순 HIM 수석연구원
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - Low & midium & High speed, sensitivity를 가지는 QCM 프로그램 개발에 대한 협의 - Embossing 및 electrospray 기법에 관한 협의 및 방법설계를 위한 협의 - QCM 내장형 site analysis device 와 mechanical structure 에 대한 리뷰 및 협의 - 바리어스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 기술 개발에 대한 협의 QCM 컨트롤러 보드 설계 및 회로도, 아트웍 리뷰 및 협의 - QCM Circuits & Artwork을 고려한 설계에 대한 주의사항 협의 - 개발 일정에 대한 협의 및 공유 - Nano-raman 제작 및 raman spectrometer 제작 (바이러스 구성 정보 측정) 협의 - 나노 표면 개질 및 전극 개발에 대한 방법에 대해서 논의함 - 제품의 성능을 고려한 센서설계 및 보드설계의 고려사항 협의 - QCM 메인보드 설계 및 회로도, 아트웍 리뷰 및 협의 - QCM기반의 나노표면 질량 검출 방법에 대한 협의 - QCM일체형 Electrode 설계방법에 대한 고찰 및 논의 - 임상 샘플의 농축을 위한 방법에 관한 논의 		
과 제 명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가축 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발		
일 시	2018년 06월 12일 수 16:00 ~ 17:00	제안자	김 현 철
장 소	(주)제이디엔알 본사 회의실		
안 건	2차년도 개발 및 개발세부사항 협의		
참 석 자 (9 명)	연구소 오윤환 수석연구원 연구소 문혁 수석연구원 제이디엔알 차양준 연구원	연구소 김효태 연구소장 연구소 이영재 수석연구원 허상구 HIM 수석연구원	연구소 김현철 수석연구원 연구소 이문영 수석연구원 장경순 HIM 수석연구원
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - QCM기반의 mechanical structure 에 대한 고려사항을 협의함 - Low & midium & High speed, sensitivity를 가지는 QCM 프로그램 개발에 대한 추가협의 - 추가협의 : Embossing 및 electrospray 기법에 관한 협의 및 방법설계를 위한 협의 - QCM 내장형 site analysis device 와 mechanical structure 에 대한 리뷰 및 협의 - 문제점 도출 : 바리어스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 기술 개발에 대한 협의 QCM 컨트롤러 보드 설계 및 회로도, 아트웍 리뷰 및 협의 - QCM Circuits & Artwork을 고려한 설계에 대한 주의사항 협의 - QCM 메인보드 설계 및 회로도, 아트웍 리뷰 및 협의 - 전체 제작 일정에 따른 문제점 도출 - 개발 일정에 대한 협의 및 공유 - QCM일체형 Electrode 설계방법에 대한 고찰 및 논의 		

	<ul style="list-style-type: none"> - 임상 샘플의 농축을 위한 방법에 관한 논의 - Nano-raman 제작 및 raman spectrometer 제작 (바이러스 구성 정보 측정) 협의 - 나노 표면 개질 및 전극 개발에 대한 방법에 대해서 논의함 - 제품의 성능을 고려한 센서설계 및 보드설계의 고려사항 협의 - QCM기반의 나노표면 질량 검출 방법에 대한 협의 		
과 제 명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가축 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발		
일 시	2018년 06월 13일 목 16:00 ~ 17:00	제안자	김 현 철
장 소	(주)제이디엔알 본사 회의실		
안 건	2차년도 개발 및 개발세부사항 협의		
참 석 자 (9 명)	연구소 오윤환 수석연구원 연구소 문혁 수석연구원 제이디엔알 차양준 수석	연구소 김효태 연구소장 연구소 이영재 수석연구원 허상구 HIM 수석연구원	연구소 김현철 수석연구원 연구소 이문영 수석연구원 장경순 HIM 수석연구원
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - e-QCM design Circuits & board artwork을 고려한 설계에 대한 주의사항 협의 - QCM sub board 설계 및 회로도, 아트웍 리뷰 및 협의 - 개발 및 제작 스케줄을 위한 업체협의 - 전체 제작 일정에 따른 문제점 도출 - 개발 일정에 대한 협의 및 공유 - Nano-raman 제작 및 raman spectrometer 제작 (바이러스 구성 정보 측정) 협의 - QCM일체형 Electrode 설계방법에 대한 고찰 및 논의 - 임상 샘플의 농축을 위한 방법에 관한 논의 - QCM기반의 나노표면 질량 검출 방법에 대한 협의 - 나노 표면 개질 및 전극 개발에 대한 방법에 대해서 논의함 - 제품의 성능을 고려한 센서설계 및 보드설계의 고려사항 협의 - QCM기반의 mechanical structure 에 대한 고려사항을 협의함 - Low & midium & High speed, sensitivity를 가지는 QCM 프로그램 개발에 대한 추가협의 - 추가협의 : Embossing 및 electrospray 기법에 관한 협의 및 방법설계를 위한 협의 - QCM 내장형 site analysis device 와 mechanical structure 에 대한 리뷰 및 협의 - 바리어스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 기술 개발에 대한 협의QCM 컨트롤러 보드 설계 및 회로도, 아트웍 리뷰 및 협의 		
과 제 명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가축 전염성 바이러스 진단플랫폼의		

개발			
일 시	2018년 06월 14일 금 16:00 ~ 17:00	제안자	김 현 철
장 소	(주)라운즈 본사 회의실		
안 건	2차년도 개발 및 개발세부사항 협의		
참 석 자 (9 명)	연구소 오윤환 수석연구원	연구소 김효태 연구소장	연구소 김현철 수석연구원
	연구소 문혁 수석연구원	연구소 이영재 수석연구원	연구소 이문영 수석연구원
	장경순 HIM 수석연구원	허상구 HIM 수석연구원	
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - 제품의 mechanical & Electronic circuits design을 고려한 예상문제점 도출 - nano 라만 analysis design을 위한 depth design의 예상문제점 도출 - QCM design Circuits & board artwork을 고려한 설계에 대한 주의사항 협의 - QCM sub board 설계 및 회로도, 아트웍 리뷰 및 협의 - 제품의 성능을 고려한 센서설계 및 보드설계의 고려사항 협의 - QCM기반의 mechanical structure 에 대한 고려사항을 협의함 - Low & midium & High speed, sensitivity를 가지는 QCM 프로그램 개발에 대한 추가협의 - 개발 및 제작 스케줄을 위한 업체협의 - surface effect에 대한 문제점 예상 및 해결방법에 관한 협의 도출 - 바리어스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 기술 개발에 대한 협의QCM 컨트롤러 보드 설계 및 회로도, 아트웍 리뷰 및 협의 - Nano-raman 제작 및 raman spectrometer 제작 (바이러스 구성 정보 측정) 협의 - QCM일체형 Electrode 설계방법에 대한 고찰 및 논의 - QCM기반의 나노표면 질량 검출 방법에 대한 협의 - 나노 표면 개질 및 전극 개발에 대한 방법에 대해서 논의함 		
과 제 명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가속 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발		
일 시	2018년 06월 20일 목 16:00 ~ 17:00	제안자	김 현 철
장 소	(주)제이디엔알 본사 회의실		
안 건	2차년도 개발 및 개발세부사항 협의		
참 석 자 (9 명)	연구소 오윤환 수석연구원	연구소 김효태 연구소장	연구소 김현철 수석연구원
	연구소 문혁 수석연구원	연구소 이영재 수석연구원	연구소 이문영 수석연구원
	장경순 HIM 수석연구원	허상구 HIM 수석연구원	제이디엔알 차양준 수석
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - circuit design업체의 문제점 및 제작가능 방법에 대한 청취 및 협의 - board design을 위한 제작 방법과 high speed virus detection을 위한 고려사항 협의 - 제품의 mechanical & Electronic circuits design을 고려한 예상문제점 도출 - nano 라만 analysis design을 위한 depth design의 예상문제점 도출 - Nano-raman 제작 및 raman spectrometer 제작 (바이러스 구성 정보 측정) 협의 		

	<ul style="list-style-type: none"> - 개발 및 제작 스케줄을 위한 업체협의 - surface effect에 대한 문제점 예상 및 해결방법에 관한 협의 도출 - 바리어스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 기술 개발에 대한 협의 QCM 컨트롤러 보드 설계 및 회로도, 아트웍 리뷰 및 협의 - 나노 표면 개질 및 전극 개발에 대한 방법에 대해서 논의함 - QCM일체형 Electrode 설계방법에 대한 고찰 및 논의 - QCM기반의 나노표면 질량 검출 방법에 대한 협의 - QCM design Circuits & board artwork을 고려한 설계에 대한 주의사항 협의 - QCM sub board 설계 및 회로도, 아트웍 리뷰 및 협의 - 제품의 성능을 고려한 센서설계 및 보드설계의 고려사항 협의 - QCM기반의 mechanical structure 에 대한 고려사항을 협의함 - Low & midium & High speed, sensitivity를 가지는 QCM 프로그램 개발에 대한 추가협의 		
과 제 명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가축 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발		
일 시	2018년 06월 21일 금 16:00 ~ 17:00	제안자	김 현 철
장 소	(주)라운즈 본사 회의실		
안 건	2차년도 개발 및 개발세부사항 협의		
참 석 자 (8 명)	연구소 오윤환 수석연구원	연구소 김효태 연구소장	연구소 김현철 수석연구원
	연구소 문혁 수석연구원	연구소 이영재 수석연구원	연구소 이문영 수석연구원
	장경순 HIM 수석연구원	허상구 HIM 수석연구원	
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - QCM일체형 Electrode 설계방법에 대한 고찰 및 논의 - Nano-raman 제작 및 raman spectrometer 제작 (바이러스 구성 정보 측정) 협의 - 개발 및 제작 스케줄을 위한 업체협의 - surface effect에 대한 문제점 예상 및 해결방법에 관한 협의 도출 - 바리어스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 기술 개발에 대한 협의 QCM 컨트롤러 보드 설계 및 회로도, 아트웍 리뷰 및 협의 - 나노 표면 개질 및 전극 개발에 대한 방법에 대해서 논의함 - circuit design업체의 문제점 및 제작가능 방법에 대한 청취 및 협의 - board design을 위한 제작 방법과 high speed virus detection을 위한 고려사항 협의 - 제품의 mechanical & Electronic circuits design을 고려한 예상문제점 도출 - nano 라만 analysis design을 위한 depth design의 예상문제점 도출 - QCM기반의 나노표면 질량 검출 방법에 대한 협의 - QCM design Circuits & board artwork을 고려한 설계에 대한 주의사항 협의 - QCM sub board 설계 및 회로도, 아트웍 리뷰 및 협의 		

	<ul style="list-style-type: none"> - 제품의 성능을 고려한 센서설계 및 보드설계의 고려사항 협의 - QCM기반의 mechanical structure 에 대한 고려사항을 협의함 - Low & midium & High speed, sensitivity를 가지는 QCM 프로그램 개발에 대한 추가협의 		
과 제 명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가축 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발		
일 시	2018년 06월 26일 수 16:00 ~ 17:00	제안자	김 현 철
장 소	(주)라운즈 본사 회의실		
안 건	2차년도 개발 및 개발세부사항 협의		
참 석 자 (8 명)	연구소 오윤환 수석연구원	연구소 김효태 연구소장	연구소 김현철 수석연구원
	연구소 문혁 수석연구원	연구소 이영재 수석연구원	연구소 이문영 수석연구원
	장경순 HIM 수석연구원	허상구 HIM 수석연구원	
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - QCM sensor 재질 및 형태의 impedance 및 admittance 값을 고려한 설계협의 - QCM기반의 나노표면 질량 검출 방법에 대한 협의 - 제품의 성능을 고려한 센서설계 및 보드설계의 고려사항 협의 - QCM기반의 mechanical structure 에 대한 고려사항을 협의함 - Low & midium & High speed, sensitivity를 가지는 QCM 프로그램 개발에 대한 추가협의 - QCM design Circuits & board artwork을 고려한 설계에 대한 주의사항 협의 - QCM일체형 Electrode 설계방법에 대한 고찰 및 논의 - 바리어스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 기술 개발에 대한 협의QCM 컨트롤러 보드 설계 - 현장 실장용 제품의 회로도, 아트웍 리뷰 및 협의 - 나노 표면 개질 및 전극 개발에 대한 방법에 대해서 논의함 - Nano-raman 제작 및 raman spectrometer 제작 (바이러스 구성 정보 측정) 협의 - circuit design업체의 문제점 및 제작가능 방법에 대한 청취 및 협의 - board design을 위한 제작 방법과 high speed virus detection을 위한 고려사항 협의 - 제품의 mechanical & Electronic circuits design을 고려한 예상문제점 도출 - nano 라만 analysis design을 위한 depth design의 예상문제점 도출 - QCM sub board 설계 및 회로도, 아트웍 리뷰 및 협의 		
과 제 명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가축 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발		
일 시	2018년 06월 27일 목 16:00 ~ 17:00	제안자	김 현 철
장 소	(주)라운즈 본사 회의실		
안 건	2차년도 개발 및 개발세부사항 협의		
참 석 자	연구소 오윤환 수석연구원	연구소 김효태 연구소장	연구소 김현철 수석연구원

(8 명)	연구소 문혁 수석연구원 연구소 이영재 수석연구원 연구소 이문영 수석연구원 장경순 HIM 수석연구원 허상구 HIM 수석연구원
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - QCM 기구 디자인을 위한 디스플레이 설계 및 회로도 설계를 고려한 설계 협의 - 센서 성능 향상을 위한 부품밸류 체인지 및 보드노이즈 감쇄를 위한 협의 - 센서 선명도 및 노이즈 감쇄를 위한 보드설계 변경 및 부품변경에 따른 side effect 협의 - QCM sensor 재질 및 형태의 impedance 및 admittance 값을 고려한 설계협의 - Nano-raman 제작 및 raman spectrometer 제작 (바이러스 구성 정보 측정) 협의 - circuit design업체의 문제점 및 제작가능 방법에 대한 청취 및 협의 - nano 라만 analysis design을 위한 depth design의 예상문제점 도출 - QCM sub board 설계 및 회로도, 아트웍 리뷰 및 협의 - QCM기반의 나노표면 질량 검출 방법에 대한 협의 - 제품의 성능을 고려한 센서설계 및 보드설계의 고려사항 협의 - QCM기반의 mechanical structure 에 대한 고려사항을 협의함 - QCM일체형 Electrode 설계방법에 대한 고찰 및 논의 - 바리어스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 기술 개발에 대한 협의QCM 컨트롤러 보드 설계 - 현장 실장용 제품의 회로도, 아트웍 리뷰 및 협의 - 나노 표면 개질 및 전극 개발에 대한 방법에 대해서 논의함 - board design을 위한 제작 방법과 high speed virus detection을 위한 고려사항 협의 - 제품의 mechanical & Electronic circuits design을 고려한 예상문제점 도출
과 제 명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가축 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발
일 시	2018년 07월 10일 수 11:00 ~ 12:00 제안자 김 현 철
장 소	(주)라운즈 본사 회의실
안 건	2차년도 개발 및 개발세부사항 협의
참 석 자 (8 명)	연구소 오윤환 수석연구원 연구소 김효태 연구소장 연구소 김현철 수석연구원 연구소 문혁 수석연구원 연구소 이영재 수석연구원 연구소 이문영 수석연구원 장경순 HIM 수석연구원 허상구 HIM 수석연구원
회의내용	<ul style="list-style-type: none"> - QCM sensor board design을 고려한 보드 부품값 변경을 협의함 - QCM Interface board 설계를 고려한 보드 부품값 추가 및 변경을 협의함 - circuit design업체의 문제점 및 제작가능 방법에 대한 청취 및 협의 - nano 라만 analysis design을 위한 depth design의 예상문제점 도출 - QCM기반의 mechanical structure 에 대한 고려사항을 협의함 - QCM기반의 센서 및 Electrode 설계방법에 대한 고찰 및 논의 - QCM 기구 디자인을 위한 디스플레이 설계 및 회로도 설계를 고려한 설계 협의 - 나노 표면 개질 및 전극 개발에 대한 방법에 대해서 논의함

	<ul style="list-style-type: none"> - 센서 선명도 및 노이즈 감쇄를 위한 보드설계 변경 및 부품변경에 따른 side effect 협의 - QCM sensor 재질 및 형태의 impedance 및 admittance 값을 고려한 설계협의 - Nano-raman 제작 및 raman spectrometer 제작 (바이러스 구성 정보 측정) 협의 - QCM sub board 설계 및 회로도, 아트웍 리뷰 및 협의 - QCM sensor 기반의 나노표면 질량 검출 방법에 대한 협의 - Main 제품의 성능을 고려한 센서설계 및 보드설계의 고려사항 협의
--	--

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

3-1. 목표

- ▶ Bench-Top (외장형 현장 분석장치) Multimodal QCM(Quartz Crystal Microbalance) 나노 표면/바이러스 질량 검출을 통하여 바이러스 존재여부를 진단할 수 있다.
 - Electrochemical 방식을 이용한 표면 반응 데이터 획득
 - 외장형 Spectrometer(Full spectrum laser분석기 포함)을 통한 분광 정보 획득
 - Nano-Raman을 통한 Influenza virus 종류 동정 및 바이러스 분석
 - QCM일체형 electrode설계 및 제작
 - Impedance analyzer 회로 설계 및 제작
- ▶ 외장형 eQCM Spectrometer 인터페이스 프로그램 개발
 - QCM system 및 pump제어
 - High speed / sensitivity를 가지는 QCM 프로그램 개발
 - 나노 표면 개질 및 전극 개발
- ▶ 바이러스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 기술 개발
 - 임상 샘플의 농축을 위한 Hydrophobic surface 및 Ionization + Acoustic levitation 방식 개발 (Dynamic continuous viral sample accumulation)
 - Embossing 및 electrospray 기법을 이용한 Au eQCM용 SERS기판 개발
 - Dual mode (Plasma + CO₂ particle) 기판 cleaning공정 기술 개발
 - 임상 샘플의 바이러스 농축기법
 - Ionization 및 acoustic levitation 기반 농축실험
- ▶ eQCM SERS용 기판제작 및 공정 개발
 - Nanopatterned Au 기판 design 및 제작공정 설계: Embossing + plating
 - Electrospray을 이용한 nanoparticle deposition
 - 10회 이상 재사용 가능한 eQCM SERS기판 Cleaning공정 고도화
- ▶ 전염성 바이러스 시료의 외부기관협력으로 바이러스 종에 대한 DB 확보
 - Dual chamber를 이용한 non-specific binding효율 검증
 - 수정판에 고정된 probe의 농도에 따른 진동수 변화
 - 표준물질 농도에 따른 진동수 변화
 - 온도에 의한 양·음성 검체의 진동수 변화
 - 반응시간에 따른 진동수 변화
 - 재생 횟수에 대한 진동수 변화
 - 다른 바이러스와의 교차반응 검사
 - Laonz QCM을 이용한 HCV 실검체 진단
- ▶ eQCM Spectrometer 통합 플랫폼 구축

3-2. 목표 달성여부

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
Bench-Top (외장형 현장 분석장치) Multimodal QCM(Quartz Crystal Microbalance)	30	100	Electrochemical 방식을 이용한 표면 반응 데이터 획득 외장형 Spectrometer(Full spectrum laser분석기 포함)을 통한 분광 정보 획득 Nano-Raman을 통한 Influenza virus 종류 동정 및 바이러스 분석 자료 구축 QCM일체형 electrode설계 및 제작 완료 Impedance analyzer 회로 설계 및 제작 완료
외장형 eQCM Spectrometer 인터페이스 프로그램 개발	20	100	QCM system 및 pump제어 High speed / sensitivity를 가지는 QCM 프로그램 개발 완료 나노 표면 개질 및 전극 개발 완료
바이러스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 기술 개발	20	100	임상 샘플의 농축을 위한 Hydrophobic surface 및 Ionization + Acoustic levitation 방식 개발 (Dynamic continuous viral sample accumulation) Embossing 및 electrospray 기법을 이용한 Au eQCM용 SERS기판 개발 Dual mode (Plasma + CO ₂ particle) 기판 cleaning공정 기술 확보 임상 샘플의 바이러스 농축기법 Ionization 및 acoustic levitation 기반 구축
eQCM SERS용 기판제작 및 공정 개발	10	100	Nanopatterned Au 기판 design 및 제작공정 설계: Embossing + plating Electrospray을 이용한 nanoparticle deposition 10회 이상 재사용 가능한 eQCM SERS기판 Cleaning공정 고도화
전염성 바이러스 시료의 외부기관협력으로 바이러스 중에 대한 DB 확보	10	100	Dual chamber를 이용한 non-specific binding효율 검증 수정판에 고정된 probe의 농도에 따른 진동수 변화 표준물질 농도에 따른 진동수 변화 온도에 의한 양·음성 검체의 진동수 변화

			반응시간에 따른 진동수 변화 재생 횟수에 대한 진동수 변화 다른 바이러스와의 교차반응 검사 Laonz QCM을 이용한 HCV 실검체 진단
eQCM Spectrometer 통합 플랫폼 구축	10	100	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가축 전염성 바 이러스 진단플랫폼 구축을 위한 기 반 확보
합계	100점		

1. IT산업과의 연계를 통한 고위험성 병원균 (바이러스, 독성 박테리아) DB 및 해석 기술 확보
 - 현장에서 바이러스 정보를 확인할 수 있는 휴대형 분광 분석 시스템 및 서비스 제공
2. 전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가축 전염성 바이러스 진단플랫폼 구성
 - eQCM, 표준 라만 분광기 HW 등 既 확보기술의 접목으로 현장 진단형 시스템 구축
 - 항체반응 및 분광분석 정보와 표준 바이러스 DB를 연동하는 통합 분석 플랫폼 구축
3. eQCM/나노 라만 분광법을 이용한 신속한 Avian Flu/FMD 바이러스 진단 기술
 - 바이러스 진단장비를 이용한 전염성 바이러스의 분석을 위한 기초데이터를 확보
 - 인공지능(딥 러닝)기반 진단 플랫폼 및 솔루션 개발로 바이러스 진단 솔루션의 대중화와 상용화
 - 가축 전염성 **바이러스 발생빈도 증가와 변형된** 바이러스 변형종의 확대(조기발견이 더욱 어려움)
 - 지속적인 전염성 바이러스 **샘플 분석 DB** 업데이트로, 진단 솔루션 업그레이드를 통한 조기발견과 신속한 대응체계를 확립
 - 현재의 가축 전염성 바이러스 질병에 대한 대책이 살처분과 같은 사후처리로 농가소득의 손실과 사회적 먹거리에 대한 불안감으로 기회손실비용 증가를 방지
4. eQCM Spectrometer 플랫폼을 이용한 측정 가능성 확인
 - 수정판에 고정된 probe의 농도에 따른 진동수 변화
 - 표준물질 농도에 따른 진동수 변화
 - 온도에 의한 양·음성 검체의 진동수 변화
 - 반응시간에 따른 진동수 변화
 - 재생 횟수에 대한 진동수 변화
 - 다른 바이러스와의 교차반응 검사

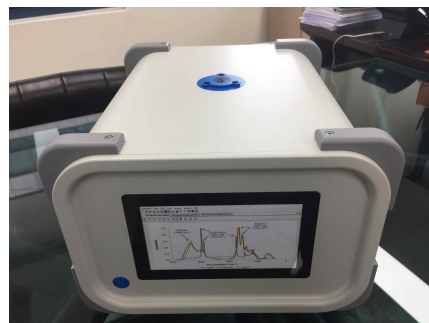
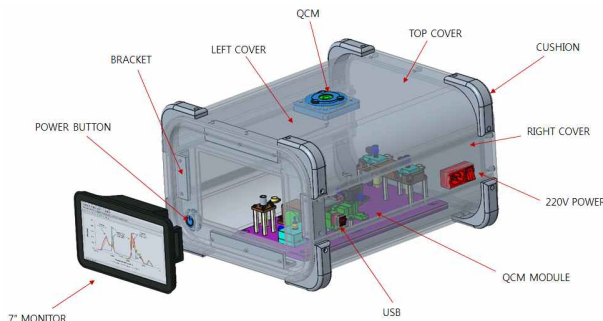
- Laonz QCM을 이용한 HCV 실검체 진단

3-3. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

1. 전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가축 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발과정에서 외부 연구기관이 보유한 전염성바이러스 데이터베이스 활용과 자체 검증용 데이터베이스 구축에 따른 검증절차과정에서 협력사업의 추가 도출
2. 전염성바이러스 데이터베이스와 바이러스 활성상태 및 억제상태의 분류에 따른 바이러스활성과 억제과정의 구분에 따라 항바이러스 환경구축과 사육환경에 의한 바이러스억제환경 구축에 대한 연구
3. 외부 연구기관이 보유한 전염성바이러스 데이터베이스 활용을 위한 본 과제에 활용이 가능한 바이러스 종에 대한 데이터베이스의 확보와 공유를 위한 홍보 및 협력사업 구성

4. 연구결과의 활용 계획 등

- ▶ 전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가속 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발과정에서 외부 연구기관이 보유한 전염성바이러스 데이터베이스 활용과 자체 검증용 데이터베이스 구축에 따른 검증절차과정에서 협력사업의 추가 도출을 활용하는 제안서 및 사업 기획 추진
- ▶ 상용화 기술 확대를 위한 현장에 적용 가능한 기능성의 구체화 및 사업계획 수립
현장진단장비의 가격경쟁력 확보를 위한 기술 확보 및 투자 유치
- ▶ 전염성바이러스 데이터베이스와 바이러스 활성상태 및 억제상태의 분류에 따른 바이러스활성과 억제과정의 구분에 따라 항바이러스 환경구축과 사육환경에 의한 바이러스억제환경 구축에 대한 연구에 활용을 위한 기술 확보 및 투자유치
- ▶ 외부 연구기관이 보유한 전염성바이러스 데이터베이스 활용을 위한 본 과제에 활용이 가능한 바이러스 중에 대한 데이터베이스의 확보와 공유를 위한 홍보 및 협력사업 구성을 통한 상용화기술에 기능성 추가를 통한 사업화 추진
- ▶ 현장적용과 상용화를 위한 제품개발 및 현장적용성을 고려한 제품은 하단 그림처럼 구성되어 지고, 현장(농장 혹은 도축장 등)에서 상용화될 제품개발에 대해서는 고객사와 현장담당자의 의견을 취합한 후, 최적의 형태로 상용화될 예정입니다.
- ▶ 현재 기준의 검침속도가 40분으로 지속되고 있는바, 이는 샘플링을 통해서 표준물질에 대한 연구결과이므로, 정밀도 및 선택도의 범위의 유효성을 95%유지하면서, 검침속도를 단축시키기 위한 노력을 할 것입니다.
- ▶ 본 실험에서는 유효성 및 데이터의 기준을 마련하기 위하여, 구제역기준으로만 측정을 하였으며, 향후 다양한 바이러스(구제역, AI, 기타 등)에 대한 테스트를 진행예정이며, 핵산을 이용할 때와 특이성과 민감성이 핵산합성을 이용할 때의 결과를 비교하는 실험을 진행 할 예정입니다. QCM의 표준데이터가 마련된 상태에서 다양한 바이러스 및 실제현장테스트를 진행할 수 있는 기반이 마련된 상태입니다. 추후, RT-PCR, rapid test, ELISA와의 비교실험을 통하여, 연구결과와 필드테스트 결과를 비교함으로써 더욱 신뢰성을 갖는 제품으로 상용화 할 예정입니다. 현장상용화 제품은 다음그림과 같고, 추후 사용성 삼각대를 추가할 예정입니다. 명확한 현장 설치방법은 현장고객분들의 요구에 따라 형태 및 설치유형이 달라지기에, 고객의 Needs를 파악 후 진행하도록 하겠습니다.



붙임. 참고문헌

1. Arlinghaus, H. F., and Kwoka, M. N. 1997. Analysis of biosensor chips for identification of nucleic acids. *Anal. Chem.* 69:3747–3753.
2. Bardea, A., Patolsky, F., Dagan, A., and Willner, I. 1999. Sensing and amplification of oligonucleotide–DNA interactions by means of impedance spectroscopy: A route to a Tay–Sachs sensor. *Chem. Commun.* 1:21–22.
3. Barry, K., Hu, J. S., Kuehnle, A. R., and Sughii, N. 1996. Sequence analysis and detection using immunocapture–PCR of cymbidium mosaic virus and odontoglossum ringspot virus in Hawaiian orchids. *J. Phytopathol.* 144:179–186.
4. Caruso, F., Rodda, E., Furlong, D., Nukura, K., and Okahata, Y. 1997. Quartz crystal microbalance study of DNA immobilization and hybridization for nucleic acid development. *Anal. Chem.* 69:2043–2049.
5. Chen, K., Le, D., Zhang, H., Nie, L. H., and Yao, S. Z. 1996. Model of quartz crystal microbe growth sensor and its application to estimation of microbial populations in mineral waters. *Anal. Chim. Acta* 329:83–89.
6. Chng, C. G., Wong, S. M., Mahtani, P. H., Loh, C. S., Goh, C. J., Kao, M. C., Chung, M. C., and Watanabe, Y. 1996. The complete sequence of a Singapore isolate of odontoglossum ringspot virus and comparison with other tobamoviruses. *Gene* 171:155–161.
7. Eun, A. J. C., Huang, L. Q., Chew, F. T., Li, S. F. Y., and Wong, S. M. 2002. Detection of two orchid viruses using quartz crystal microbalance (QCM) immunosensors. *J. Virol. Methods* 99:71–79.
8. Eun, A. J. C., Seoh, M. L., and Wong, S. M. 2000. Simultaneous quantitation of two orchid viruses via the TaqMan real–time RT–PCR. *J. Virol. Methods* 87:151–160.
9. Eun, A. J. C., and Wong, S. M. 1999. Detection of cymbidium mosaic potexvirus and odontoglossum ringspot tobamovirus using immunocapillary zone electrophoresis. *Phytopathology* 89:522–528.
10. Eun, A. J. C., and Wong, S. M. 2000. Molecular beacons: A new approach to plant virus detection. *Phytopathology* 90:269–275.
11. Fawcett, N. C., Evans, J. C., and Chain, L. C. 1988. Nucleic acid hybridization detected by piezoelectric resonance. *Anal. Lett.* 21:1009–1014.
12. Furtado, L. M., and Thomson, M. 1998. Hybridization of complementary strand and single–base mutated oligonucleotides detected with an on–line acoustic wave sensor. *Analyst* 123:1937–1945.
13. Hashimoto, K., Ito, K., and Ishimori, Y. 1994. Sequence–specific gene detection with a gold electrode modified with DNA probes and an electrochemically active dye. *Anal. Chem.* 66:3830–3833.
14. Hill, J. H., Bryant, G. R., and Durand, D. P. 1981. Detection of plant virus by using purified IgG in ELISA. *J. Virol. Methods* 3:27–35.
15. Hu, J. S., Ferreira, S., and Wang, M. 1993. Detection of cymbidium mosaic virus, odontoglossum ringspot virus, tomato spotted virus, and potyviruses infecting orchids in Hawaii. *Plant Dis.* 77:464–468.
16. Hu, W. W., and Wong, S. M. 1998. The use of DIG–labeled cRNA probes for the detection of

- cymbidium mosaic potexvirus (CymMV) and odontoglossum ringspot tobamovirus ORSV) in orchids. *J. Virol. Methods* 70:193–199.
17. Hu, W. W., Wong, S. M., Loh, C. S., and Goh, C. J. 1998. Synergism in replication of cymbidium mosaic potexvirus (CymMV) and odontoglossum ringspot tobamovirus (ORSV) RNA in orchid protoplasts. *Arch. Virol.* 143:1265–1275.
 18. Ito, K., Hashimoto, K., and Ishimori, Y. 1996. Quantitative analysis for solid-phase hybridization reaction and binding reaction of DNA binder to hybrids using a quartz crystal microbalance. *Anal. Chim. Acta* 327:29–35.
 19. Jensen, K. K., Orum, H., Nielsen, P. E., and Norden, B. 1997. Kinetics for hybridization of peptide nucleic acids (PNA) with DNA and RNA studied with the BIAcore technique. *Biochemistry* 36:5072–5077.
 20. Konig, B., and Gratzel, M. 1993. Development of a piezoelectric immunosensor for the detection of human erythrocytes. *Anal. Chim. Acta* 276:329–333.
 21. Kosslinger, C., Drost, S., Albert, F., Wolf, H., Koch, S., and Woias, P. 1992. A quartz crystal biosensor for measurement in liquids. *Biosens. Bioelectron.* 7:397–404.
 22. Lawson, R. H., and Brannign, M. 1986. Pages 2–49 in: *Handbook on Orchid Pests and Diseases*. American Orchid Society, West Palm Beach, FL.
 23. Lim, S. T., Wong, S. M., Yeong, C. Y., Lee, S. C., and Goh, C. J. 1993. Rapid detection of cymbidium mosaic virus by the polymerase chain reaction. *J. Virol. Methods* 41:37–46.
 24. Maeda, M., Mitsuhashi, Y., Nakano, K., and Takagi, M. 1992. DNA-immobilized gold electrode for DNA-binding drug sensor. *Anal. Sci.* 8:83–84.
 25. Niikura, K., Matsuno, H., and Okahato, Y. 1998. Direct monitoring of DNA polymerase reaction on a quartz crystal microbalance. *J. Am. Chem. Soc.* 120:8537–8538.
 26. Nilsson, P., Larsson, A., Lundeberg, J., Uhlen, M., and Nygren, P. A. 1999. Mutational scanning of PCR products by subtractive oligonucleotide hybridization analysis. *Biotechniques* 26:308–316.
 27. Okahata, Y., Kawase, M., Niikura, K., Ohataka, F., Furusawa, H., and Ebara, Y. 1998. Kinetic measurements of DNA hybridization on an oligonucleotide-immobilized 27-MHz quartz crystal microbalance. *Anal. Chem.* 70:1288–1296.
 28. Ryu, K. H., and Park, W. M. 1995. Rapid detection and identification of odontoglossum ringspot virus by polymerase chain reaction amplification. *FEMS Microbiol. Lett.* 133:265–269.
 29. Sauerbrey, G. 1959. The use of oscillators for weighing thin layer and for microweighing. *Z. Phys.* 155:206–212.
 30. Seah, M. L., Wong, S. M., and Zhang, L. 1998. Simultaneous TD/RT-PCR detection of cymbidium mosaic potexvirus and odontoglossum ringspot tobamovirus with a single pair of primers. *J. Virol. Methods* 72:197–204.
 31. Su, H. B., Chong, S., and Thompson, M. 1996. Interfacial hybridization of RNA homopolymer studied by liquid phase acoustic network analysis. *Langmuir* 12:2247–2255.
 32. Su, H. B., Chong, S., and Thompson, M. 1997. Kinetics of hybridization of interfacial RNA homopolymers studied by thickness-shear mode acoustic wave sensor. *Biosens. Bioelectron.* 12:161–173.
 33. Su, H. B., and Thompson, M. 1995. Kinetics of interfacial nucleic acid hybridization studied by acoustic network analysis. *Biosens. Bioelectron.* 10:329–340.

34. Tan, W. L. S., Wong, S. M., and Kini, R. M. 2000. Rapid simultaneous detection of two orchid viruses using LC-and/or MALDI-mass spectrometry. *J. Virol. Methods* 85:93-99.
35. Wang, J. 1998. DNA biosensor based on peptide nucleic acid (PNA) recognition layer. A review. *Biosens. Bioelectron.* 13:757-762.
36. Wang, J., Jiang, M., Nilsen, T., and Getts, R. 1998. Dendritic Nucleic acid probes for DNA biosensors. *J. Am. Chem. Soc.* 120:8281-8282.
37. Wang, J., Jiang, M., and Palecek, E. 1999. Real-time monitoring of enzymatic cleavage of nucleic acids using a quartz crystal microbalance. *Bioelectrochem. Bioenerg.* 48:477-480.
38. Wang, J., Nilsson, P. E., Jiang, M., Lai, X. H., Fernandes, J. R., Douglas, H. G., Mehmet, O., Asher, B., and Michael, M. 1997. Mismatch-sensitive hybridization detection by peptide nucleic acids immobilized on a quartz crystal microbalance. *Anal. Chem.* 69:5200-5202.
39. Wong, S. M., and Chang, C. G. 1993. Evaluation of sample processing methods in detecting *Cymbidium* mosaic virus in orchids using indirect ELISA. *Int. J. Trop. Plant Dis.* 11:139-145.
40. Wong, S. M., Chng, C. G., Lee, Y. H., Tan, K., and Zettler, F. W. 1994. Incidence of *Cymbidium* mosaic virus and *odontoglossum* Ringspot viruses and their significance in orchid cultivation in Singapore. *Crop Prot.* 13:235-239.
41. Wong, S. M., Lim, S. H., and Chang, C. G. 1994. Detection of *odontoglossum* ringspot virus and tobacco mosaic virus with homologous and heterologous antigen antibody combinations. *Int. J. Trop. Plant Dis.* 12:107-116.
42. Wong, S. M., Mahtani, P. H., Lee, K. C., Yu, H. H., Tan, Y., Neo, K. K., Chan, Y., Wu, M., and Chng, C. G. 1997. *Cymbidium* mosaic potovirus RNA: Complete nucleotide sequence and phylogenetic analysis. *Arch. Virol.* 142:383-391.
43. Zettler, F. W., Ko, N. J., Wisler, G. C., Elliot, M. S., and Wong, S. M. 1990. Viruses of orchids and their control. *Plant Dis.* 74:621-626.
44. Zhang, H., Tan, H. W., Wang, R. H., Wei, W. Z., and Yao, S. Z. 1998. Immobilization of DNA on silver surface of blue acoustic wave sensor and its application to the study of UV-damage. *Anal. Chim. Acta* 374:31-33.

명칭	Hardware Firmware Source Code
	<pre> /***** LIBRARIES *****/ #include<Wire.h> #include "src/Adafruit_MCP9808.h" #include <ADC.h> /***** DEFINE *****/ // potentiometer AD5252 I2C address is 0x2C(44) #define ADDRESS 0x2C // potentiometer AD5252 default value for compatibility with openQCM Q-1 shield @5VDC #define POT_VALUE 240 //254 // reference clock #define REFCLK 12500000 /***** VARIABLE DECLARATION *****/ // current input frequency long freq = 0; // DDS Synthesizer AD9851 pin function int WCLK = A8; int DATA = A9; int FQ_UD = A1; // frequency tuning word long FTW; float temp_FTW; // temporary variable // phase comparator AD8302 pinout int AD8302_PHASE = 20; int AD8302_MAG = 37; //int AD83202_REF = 17; int AD83202_REF = 34; // TODO double val = 0; // Create the MCP9808 temperature sensor object Adafruit_MCP9808 tempsensor = Adafruit_MCP9808(); // init temperature variable float temperature = 0; // LED pin int ledPin1 = 24; int ledPin2 = 25; // ADC init variabl boolean WAIT = true; // ADC waiting delay microseconds int WAIT_DELAY_US = 100; // ADC averaging boolean AVERAGING = true; // inint number of averaging int AVERAGE_SAMPLE = 32; // teensy ADC averaging init </pre>

```

int ADC_RESOLUTION = 13;

// init sweep param
long freq_start;
long freq_stop;
long freq_step;

// init output ad8302 measurement (cast to double)
double measure_phase = 0;
double measure_mag = 0;

/***** 20191017 DC Motor *****/
#if 0 // 20191028 by airhank
int Pin1 = 7;
int Pin2 = 8;
// Create an IntervalTimer object
IntervalTimer myTimer;
int timerflag = LOW;
int startFlag = LOW; // Moter Start flag
#endif
/***** FUNCTION *****/
/* AD9851 set frequency fucntion */
void SetFreq(long frequency)
{
// set to 125 MHz internal clock
temp_FTW = (frequency * pow(2, 32)) / REFCLK;
FTW = long (temp_FTW);

long pointer = 1;
int pointer2 = 0b10000000;
int lastByte = 0b10000000;

/* 32 bit dds tuning word frequency instructions */
for (int i = 0; i < 32; i++)
{
if ((FTW & pointer) > 0)
digitalWrite(DATA, HIGH);
else
digitalWrite(DATA, LOW);

digitalWrite(WCLK, HIGH);
digitalWrite(WCLK, LOW);
pointer = pointer << 1;
}

/* 8 bit dds phase and x6 multiplier refclock*/
for (int i = 0; i < 8; i++)
{
//if ((lastByte & pointer2) > 0) digitalWrite(DATA, HIGH);
//else digitalWrite(DATA, LOW);
digitalWrite(DATA, LOW);
digitalWrite(WCLK, HIGH);
digitalWrite(WCLK, LOW);
pointer2 = pointer2 >> 1;
}
}

```

```

}

digitalWrite(FQ_UD, HIGH);
digitalWrite(FQ_UD, LOW);

//FTW = 0;
}

/***** SETUP *****/
void setup()
{
// Initialise I2C communication as Master
Wire.begin();
// Initialise serial communication, set baud rate = 9600
Serial.begin(115200);

// set potentiometer value
// Start I2C transmission
Wire.beginTransmission(ADDRESS);
// Send instruction for POT channel-0
Wire.write(0x01);
// Input resistance value, 0x80(128)
Wire.write(POT_VALUE);
// Stop I2C transmission
Wire.endTransmission();

// AD9851 set pin mode
pinMode(WCLK, OUTPUT);
pinMode(DATA, OUTPUT);
pinMode(FQ_UD, OUTPUT);

// AD9851 enter serial mode
digitalWrite(WCLK, HIGH);
digitalWrite(WCLK, LOW);
digitalWrite(FQ_UD, HIGH);
digitalWrite(FQ_UD, LOW);

// AD8302 set pin mode
pinMode(AD8302_PHASE, INPUT);
pinMode(AD8302_MAG, INPUT);
pinMode(AD8302_REF, INPUT);

// Teensy 3.6 set adc resolution
analogReadResolution(ADC_RESOLUTION);

// begin temperature sensor
tempsensor.begin();

// turn on the light
pinMode(ledPin1, OUTPUT);
pinMode(ledPin2, OUTPUT);
digitalWrite(ledPin1, HIGH);
digitalWrite(ledPin2, HIGH);

```

```

/***** 20191017 init interface of DC Motor *****/
#if 0 // 20191028 by airhank
pinMode(Pin1, OUTPUT);
pinMode(Pin2, OUTPUT);
#endif
}

int message = 0;
boolean debug = true;
long pre_time = 0;
long last_time = 0;

int byteAtPort = 0;

/***** 20191017 DC Motor *****/
#if 0 // 20191028 by airhank
void motorOFF(){
// STOP DC Motor
timerflag = HIGH;

digitalWrite(Pin1, LOW);
digitalWrite(Pin2, LOW);

}
#endif

/***** LOOP *****/
void loop()
{
if ( ( byteAtPort = Serial.available() ) > 0 ) {
// read message at serial port
String message_str = Serial.readStringUntil('\n');
char buf[byteAtPort];
message_str.toCharArray(buf, sizeof(buf));
char *p = buf;
char *str;
int nn = 0;
// decode message
while ((str = strtok_r(p, ";", &p)) != NULL) { // delimiter is the semicolon
// frequency start
if (nn == 0) {
freq_start = atol(str);
// Serial.print("FREQ START = ");
// Serial.println(freq_start);
nn = 1;
}
// frequency stop
else if (nn == 1) {
freq_stop = atol(str);
nn = 2;
}
// frequency step
else if (nn == 2) {
freq_step = atol(str);
}
}
}
}

```

```

nn = 0;
message = 1;

/***** 20191017 DC Motor *****/
// startFlag = LOW;
// timerflag = LOW;

}

}

if (message == 0) {
// dummy do nothing
}
if (message == 1) {
/***** 20191017 DC Motor *****/
#if 0
//DC motor RUN
if (startFlag == LOW)
{
digitalWrite(Pin1, HIGH);
digitalWrite(Pin2, LOW);
myTimer.begin(motorOFF, 500000); // motorOFF after 5 seconds
startFlag = HIGH;
}

// Disable timer
if (timerflag == HIGH ){
myTimer.end();
}
#endif
// start sweep
long count = 0;
pre_time = millis();
// start sweep cycle measurement
for (count = freq_start; count <= freq_stop; count = count + freq_step)
{
// set AD9851 DDS current frequency
SetFreq(count);
// do the magic ! waiting for the ADC measure
if (WAIT) delayMicroseconds(WAIT_DELAY_US);

// measure gain phase
int app_phase = 0;
int app_mag = 0;

// ADC measure and averaging
if (AVERAGING == true) {
for (int i = 0; i < AVERAGE_SAMPLE; i++) {
// ADC measure phase
app_phase += analogRead(AD8302_PHASE);
// ADC measure gain
app_mag += analogRead(AD8302_MAG);

```

```

}
// averaging (cast to double)
measure_phase = 1.0 * app_phase / AVERAGE_SAMPLE;
measure_mag = 1.0 * app_mag / AVERAGE_SAMPLE;

// serial write data
Serial.print(measure_mag);
Serial.print(";");
Serial.print(measure_phase);
Serial.println();
}
}

// measure temperature
tempsensor.shutdown_wake(0); // Don't remove this line! required before reading temp
temperature = tempsensor.readTempC();
// serial write temperature data at the end of the sweep
Serial.print(temperature);
Serial.print(";");
// print termination char EOM
Serial.println("s");
}
}
#if 0 // 20191028 by airhank
else
{
if ( startFlag == HIGH && timerflag == HIGH)
{
startFlag = LOW;
timerflag = LOW;
}
}
#endif
}

```

명칭

GUI Source Code

```

from PyQt5 import QtCore, QtGui, QtWidgets
from pyqtgraph import GraphicsLayoutWidget
from PyQt5.QtGui import *
from PyQt5.QtCore import *
from PyQt5.QtWidgets import *

class ui_size():
mdi_ini_x = 0
mdi_ini_y = 50

plot_x = 1000
plot_y = 750
control_x = plot_x
control_y = 100
info_x = 350
info_y = plot_y + control_y

```

```

total_x = plot_x + info_x
total_y = plot_y + control_y

set_x = 700
set_y = 450

class Ui_Setting(object): #QtWidgets.QMainWindow
def setupUi(self, MainWindow4):
MainWindow4.setObjectName("MainWindow4")
# MainWindow4.setMinimumSize(QQtCore.QSize(1500, 1000))
MainWindow4.setFixedSize(ui_size.set_x, ui_size.set_y)
# MainWindow4.resize(1500, 1000)
MainWindow4.setStyleSheet("")
MainWindow4.setTabShape(QtWidgets.QTabWidget.Rounded)
self.centralwidget = QtWidgets.QWidget(MainWindow4)
self.centralwidget.setObjectName("centralwidget")

# =====
self.gridLayoutWidget = QtWidgets.QWidget(self.centralwidget)
self.gridLayoutWidget.setGeometry(QQtCore.QRect(50, 100, 600, 200))
self.gridLayoutWidget.setObjectName("gridLayoutWidget")
self.gridLayout = QtWidgets.QGridLayout(self.gridLayoutWidget)
self.gridLayout.setContentsMargins(0, 0, 0, 0)
self.gridLayout.setObjectName("gridLayout")

self.l_title = QtWidgets.QLabel(self.centralwidget)
self.l_title.setStyleSheet('font: 75 15pt "Arial";')
self.l_title.setText("<font color=#cc0000 > Settings </font>")
self.l_title.setGeometry(QQtCore.QRect(50, 20, 200, 50))
self.l_title.setObjectName("l_title")

# Serial COM Port -----
self.l1 = QtWidgets.QLabel(self.gridLayoutWidget)
# self.l1.setStyleSheet("background: #990000; padding: 1px;")
self.l1.setStyleSheet('font: 75 11pt "Arial";')
self.l1.setText("<font color=#000000 > Serial COM Port </font>")
# self.l1.setFixedHeight(15)
self.gridLayout.addWidget(self.l1, 0, 0, 1, 1)

# Resonance Frequency / Quartz Sensor -----
self.l2 = QtWidgets.QLabel(self.gridLayoutWidget)
# self.l2.setStyleSheet("background: #990000; padding: 1px;")
self.l2.setStyleSheet('font: 75 11pt "Arial";')
self.l2.setText("<font color=#000000 > Resonance Frequency / Quartz Sensor </font>")
# self.l2.setFixedHeight(15)
self.gridLayout.addWidget(self.l2, 1, 0, 1, 1)

# Samples Number / History Buffer Size-----
self.l5 = QtWidgets.QLabel(self.gridLayoutWidget)
# self.l5.setStyleSheet("background: #990000; padding: 1px;")
self.l5.setStyleSheet('font: 75 11pt "Arial";')
self.l5.setText("<font color=#000000 > Samples Number / History Buffer Size </font>")
# self.l5.setFixedHeight(15)

```



```

self.gridLayout.addWidget(self.l5, 2, 0, 1, 1)

# Save file -----
self.infosave = QtWidgets.QLabel(self.gridLayoutWidget)
# self.infosave.setStyleSheet("background: #990000; padding: 1px;")
#self.infosave.setAlignment(QtCore.Qt.AlignCenter)
# self.infosave.setFixedHeight(15)
self.infosave.setStyleSheet('font: 75 11pt "Arial";')
self.infosave.setText("<font color=#000000 > Save file </font>")
self.gridLayout.addWidget(self.infosave, 3, 0, 1, 1)
# self.Layout_controls.addWidget(self.infosave, 3, 2, 1, 1)
# self.infosave.setObjectName("infosave")
#

# COM port combobox -----
self.cBox_Port = QtWidgets.QComboBox(self.gridLayoutWidget)
self.cBox_Port.setEditable(False)
self.cBox_Port.setObjectName("cBox_Port")
self.gridLayout.addWidget(self.cBox_Port, 0, 1, 1, 1)

# frequency/quartz combobox -----
self.cBox_Speed = QtWidgets.QComboBox(self.gridLayoutWidget)
self.cBox_Speed.setEditable(False)
self.cBox_Speed.setObjectName("cBox_Speed")
self.gridLayout.addWidget(self.cBox_Speed, 1, 1, 1, 1)

# samples SpinBox -----
self.sBox_Samples = QtWidgets.QSpinBox(self.gridLayoutWidget)
self.sBox_Samples.setMinimum(1)
self.sBox_Samples.setMaximum(100000)
self.sBox_Samples.setProperty("value", 500)
self.sBox_Samples.setObjectName("sBox_Samples")
#self.sBox_Samples.setEnabled(False)
self.gridLayout.addWidget(self.sBox_Samples, 2, 1, 1, 1)

# export file CheckBox -----
self.chBox_export = QtWidgets.QCheckBox(self.gridLayoutWidget)
self.chBox_export.setEnabled(True)
self.chBox_export.setObjectName("chBox_export")
self.gridLayout.addWidget(self.chBox_export, 3, 1, 1, 1)

# # openQCM link -----
self.laonz_link_label = QtWidgets.QLabel(self.centralwidget)
self.laonz_link_label.setAlignment(QtCore.Qt.AlignLeft)
# self.laonz_link_label.setStyleSheet('font: 75 10pt "Arial";')
self.laonz_link_label.setText("<font color=#000000 >(??칩뽕뽕?/font>")
self.laonz_link_label.setGeometry(QtCore.QRect(50, 330 , 100, 100))
self.laonz_link_label.setObjectName("laonz_link_label")

self.l4 = QtWidgets.QLabel(self.centralwidget)
def link(linkStr):
QtGui.QDesktopServices.openUrl(QtCore.QUrl(linkStr))

```

```

self.l4.linkActivated.connect(link)
self.l4.setAlignment(QtCore.Qt.AlignLeft)
self.l4.setText('<a href="https://www.laonz.net"> <font size=4 color=#008EC0 >www.laonz.net</font>>') #&nbsp;:
self.l4.setGeometry(QtCore.QRect(150, 330, 200, 100))
self.l4.setObjectName("l4")

self.gridLayout.setColumnStretch(0, 5)
self.gridLayout.setColumnStretch(1, 3)

self.line = QtWidgets.QFrame(self.centralwidget)
self.line.setGeometry(QtCore.QRect(30, 90, 660, 10))
self.line.setFrameShape(QtWidgets.QFrame.HLine)
self.line.setFrameShadow(QtWidgets.QFrame.Sunken)
self.line.setObjectName("line")

self.line_2 = QtWidgets.QFrame(self.centralwidget)
self.line_2.setGeometry(QtCore.QRect(30, 310, 660, 10))
self.line_2.setFrameShape(QtWidgets.QFrame.HLine)
self.line_2.setFrameShadow(QtWidgets.QFrame.Sunken)
self.line_2.setObjectName("line_2")

self.pushButton = QtWidgets.QPushButton(self.centralwidget)
self.pushButton.setGeometry(QtCore.QRect( int(ui_size.set_x/3), ui_size.set_y-50, int(ui_size.set_x/3), 31))
self.pushButton.setStyleSheet("border: 0px solid;\n"
"font: 87 9pt \"Arial Black\";\n"
"color: rgb(255, 255, 255);\n"
"border-radius: 15px;\n"
"background-color: rgb(184, 50, 52);\n"
"")
self.pushButton.setText("Close")
self.pushButton.setAutoFillBackground(False)
self.pushButton.setAutoExclusive(False)
self.pushButton.setFlat(True)
self.pushButton.setObjectName("pushButton")

self.pushButton.clicked.connect(MainWindow4.close)

MainWindow4.setCentralWidget(self.centralwidget)

self.retranslateUi(MainWindow4)

def retranslateUi(self, MainWindow4):
    _translate = QtCore.QCoreApplication.translate

    # def cl(self):
    #     self.MainWindow4.close()

class Ui_Controls(object): #QtWidgets.QMainWindow

def setupUi(self, MainWindow1):
    MainWindow1.setObjectName("MainWindow1")
    #MainWindow1.setGeometry(50, 50, 975, 70)

```

```

# MainWindow1.setFixedSize(1000,150)
#MainWindow1.resize(550, 50)
# MainWindow1.setMinimumSize(QtCore.QSize(900, 200))
# MainWindow1.resize(980, 150)
MainWindow1.setFixedSize(ui_size.control_x, ui_size.control_y)
# MainWindow1.resize(550, 50)
MainWindow1.setStyleSheet("")
MainWindow1.setTabShape(QtWidgets.QTabWidget.Rounded)
self.centralwidget = QtWidgets.QWidget(MainWindow1)
self.centralwidget.setObjectName("centralwidget")
# self.centralwidget.setContentsMargins(0,0,0,0)

#=====
self.window = QtWidgets.QMainWindow()
self.win_setting = Ui_Setting()
self.win_setting.setupUi(self.window)
self.window.setWindowFlags(QtCore.Qt.FramelessWindowHint)
#=====

# black label
self.back_ground = QtWidgets.QLabel(self.centralwidget)
self.back_ground.setGeometry(QtCore.QRect(10, 5, ui_size.control_x-20, 50))
self.back_ground.setStyleSheet("background-color: rgb(21, 21, 21);")
self.back_ground.setText("")
self.back_ground.setObjectName("label_15")

self.gridLayoutWidget = QtWidgets.QWidget(self.centralwidget)
self.gridLayoutWidget.setGeometry(QtCore.QRect(10, 0, ui_size.control_x-20, 100))
self.gridLayoutWidget.setObjectName("gridLayoutWidget")
self.gridLayout = QtWidgets.QGridLayout(self.gridLayoutWidget)
self.gridLayout.setContentsMargins(0, 0, 10, 0)
self.gridLayout.setObjectName("gridLayout")

# self.gridLayout = QtWidgets.QGridLayout(self.centralwidget)
# self.gridLayout.setObjectName("gridLayout")
# self.gridLayout.setGeometry(QtCore.QRect(10, 5, ui_size.control_x-20, 50))
# self.Layout_controls = QtWidgets.QGridLayout()
# self.Layout_controls.setContentsMargins(0,0,0,0)
# self.Layout_controls.setObjectName("Layout_controls")

# frequency/quartz combobox -----
self.cBox_Speed = self.win_setting.cBox_Speed

# self.cBox_Speed = QtWidgets.QComboBox(self.centralwidget)
# self.cBox_Speed.setEditable(False)
# self.cBox_Speed.setObjectName("cBox_Speed")
# self.Layout_controls.addWidget(self.cBox_Speed, 4, 1, 1, 1)

# stop button -----
self.pButton_Stop = QtWidgets.QPushButton(self.gridLayoutWidget)
# self.pButton_Stop.setIcon(QtGui.QIcon(QtGui.QPixmap("stop_icon.ico"))) #.png

```

```

# self.pButton_Stop.setMinimumSize(QtCore.QSize(0, 0))
# self.pButton_Stop.setObjectName("pButton_Stop")
self.pButton_Stop.setAutoFillBackground(False)
self.pButton_Stop.setText("")
icon = QtGui.QIcon()
icon.addPixmap(QtGui.QPixmap("stop_btn_r.png"), QtGui.QIcon.Normal, QtGui.QIcon.Off)
self.pButton_Stop.setIcon(icon)
self.pButton_Stop.setIconSize(QtCore.QSize(78, 26))
self.pButton_Stop.setAutoExclusive(False)
self.pButton_Stop.setFlat(True)

self.gridLayout.addWidget(self.pButton_Stop, 0, 5, 1, 1)

# COM port combobox -----
self.cBox_Port = self.win_setting.cBox_Port

# self.cBox_Port = QtWidgets.QComboBox(self.centralwidget)
# self.cBox_Port.setEditable(False)
# self.cBox_Port.setObjectName("cBox_Port")
# self.Layout_controls.addWidget(self.cBox_Port, 2, 1, 1, 1)

# Operation mode - source -----
self.cBox_Source = QtWidgets.QComboBox(self.gridLayoutWidget)
self.cBox_Source.setObjectName("cBox_Source")
self.gridLayout.addWidget(self.cBox_Source, 0, 1, 1, 1)

# start button -----
self.pButton_Start = QtWidgets.QPushButton(self.gridLayoutWidget)
# self.pButton_Start.setIcon(QtGui.QIcon(QtGui.QPixmap("start_icon.ico")))
# self.pButton_Start.setMinimumSize(QtCore.QSize(0, 0))
# self.pButton_Start.setObjectName("pButton_Start")
self.pButton_Start.setAutoFillBackground(False)
self.pButton_Start.setText("")
icon = QtGui.QIcon()
icon.addPixmap(QtGui.QPixmap("start_btn_r.png"), QtGui.QIcon.Normal, QtGui.QIcon.Off)
self.pButton_Start.setIcon(icon)
self.pButton_Start.setIconSize(QtCore.QSize(78, 26))
self.pButton_Start.setAutoExclusive(False)
self.pButton_Start.setFlat(True)
self.gridLayout.addWidget(self.pButton_Start, 0, 4, 1, 1)

# clear plots button -----
self.pButton_Clear = QtWidgets.QPushButton(self.gridLayoutWidget)
# self.pButton_Clear.setIcon(QtGui.QIcon(QtGui.QPixmap("clear_icon.ico")))
# self.pButton_Clear.setMinimumSize(QtCore.QSize(0, 0))
# self.pButton_Clear.setObjectName("pButton_Clear")
self.pButton_Clear.setAutoFillBackground(False)
self.pButton_Clear.setText("")
icon = QtGui.QIcon()
icon.addPixmap(QtGui.QPixmap("clear_btn_r.png"), QtGui.QIcon.Normal, QtGui.QIcon.Off)
self.pButton_Clear.setIcon(icon)
self.pButton_Clear.setIconSize(QtCore.QSize(123, 26))
self.pButton_Clear.setAutoExclusive(False)
self.pButton_Clear.setFlat(True)

```

```

self.gridLayout.addWidget(self.pButton_Clear, 0, 2, 1, 1)

# reference button -----
self.pButton_Reference = QtWidgets.QPushButton(self.gridLayoutWidget)
#self.pButton_Reference.setIcon(QtGui.QIcon(QtGui.QPixmap("ref_icon.ico")))
# self.pButton_Reference.setMinimumSize(QtCore.QSize(0, 0))
# self.pButton_Reference.setObjectName("pButton_Reference")
self.pButton_Reference.setAutoFillBackground(False)
self.pButton_Reference.setText("")
icon = QtGui.QIcon()
icon.addPixmap(QtGui.QPixmap("reset_btn_r.png"), QtGui.QIcon.Normal, QtGui.QIcon.Off)
self.pButton_Reference.setIcon(icon)
self.pButton_Reference.setIconSize(QtCore.QSize(211, 26))
self.pButton_Reference.setAutoExclusive(False)
self.pButton_Reference.setFlat(True)

self.gridLayout.addWidget(self.pButton_Reference, 0, 3, 1, 1)

# samples SpinBox -----
self.sBox_Samples = self.win_setting.sBox_Samples

# self.sBox_Samples = QtWidgets.QSpinBox(self.centralwidget)
# self.sBox_Samples.setMinimum(1)
# self.sBox_Samples.setMaximum(100000)
# self.sBox_Samples.setProperty("value", 500)
# self.sBox_Samples.setObjectName("sBox_Samples")
# #self.sBox_Samples.setEnabled(False)
# self.Layout_controls.addWidget(self.sBox_Samples, 2, 2, 1, 1)

# export file CheckBox -----
self.chBox_export = self.win_setting.chBox_export

# self.chBox_export = QtWidgets.QCheckBox(self.centralwidget)
# self.chBox_export.setEnabled(True)
# self.chBox_export.setObjectName("chBox_export")
# self.Layout_controls.addWidget(self.chBox_export, 4, 2, 1, 1)

# Program Status standby -----
self.infostatus = QtWidgets.QLabel()
# self.infostatus.setStyleSheet('background: white; padding: 1px; border: 1px solid #cccccc')
# self.infostatus.setAlignment(QtCore.Qt.AlignCenter)
# self.infostatus.setText("<font color=#000000 > Program Status standby </font>")
# self.Layout_controls.addWidget(self.infostatus, 4, 3, 1, 2)

# Operation Mode -----
self.l0 = QtWidgets.QLabel(self.gridLayoutWidget)
# self.l0.setStyleSheet('background: #990000; padding: 1px;')
self.l0.setStyleSheet('font: 75 10pt "Arial";')
self.l0.setText("<font color=#ffffff >Mode</font> </a>")
self.l0.setFixedHeight(15)
self.l0.setIndent(10)
self.gridLayout.addWidget(self.l0, 0, 0, 1, 1)

```

```

# Infobar -----
self.infoBar = QtWidgets.QLabel(self.gridLayoutWidget)
self.infoBar.setStyleSheet('background: white; padding: 1px; border: 1px solid #cccccc')
#self.infoBar.setAlignment(QtCore.Qt.AlignCenter)
self.infoBar.setText("<font color=#0000ff > Infobar </font>")
self.infoBar.setFixedHeight(20)
self.gridLayout.addWidget(self.infoBar, 1, 0, 1, 7)
# self.infoBar.setGeometry(QtCore.QRect(10, 100, ui_size.control_x-20, 50))
# self.infoBar.setObjectName("infoBar")

#
-----
Progressbar

styleBar=""
QProgressBar
{
border: 0.5px solid grey;
border-radius: 1px;
text-align: center;
}
QProgressBar::chunk
{
background-color: qlineargradient(spread:pad, x1:0, y1:0, x2:1, y2:1, stop:0 rgba(182, 182, 182, 200), stop:1 rgba(209,
209, 209, 200));
}
""#background:url("openqcm-logo.png")
self.progressBar = QtWidgets.QProgressBar(self.gridLayoutWidget)
self.progressBar.setStyleSheet(styleBar)
self.progressBar.setProperty("value", 0)
self.progressBar.setGeometry(QtCore.QRect(0, 0, 50, 10))
self.progressBar.setObjectName("progressBar")

self.gridLayout.setRowStretch(0,2)
self.gridLayout.setRowStretch(1,2)

# self.Layout_controls.setColumnStretch(0,0)
# self.Layout_controls.setColumnStretch(1,2)
# self.Layout_controls.setColumnStretch(2,2)
# self.Layout_controls.setColumnStretch(3,2)
# self.Layout_controls.setColumnStretch(4,2)
self.gridLayout.addWidget(self.progressBar, 0, 6, 1, 1)
#
-----

#
# self.gridLayout.addLayout(self.Layout_controls, 1, 1, 1, 1)

MainWindow1.setCentralWidget(self.centralwidget)

self.retranslateUi(MainWindow1)
QtCore.QMetaObject.connectSlotsByName(MainWindow1)
def retranslateUi(self, MainWindow):
_translate = QtCore.QCoreApplication.translate
MainWindow.setWindowTitle(_translate("MainWindow", " LAONZ QCM"))
MainWindow.setWindowIcon(QtGui.QIcon('favicon.ico')) #.png

```

```

# self.pButton_Stop.setText(_translate("MainWindow", " STOP"))
# self.pButton_Start.setText(_translate("MainWindow", "START"))
# self.pButton_Clear.setText(_translate("MainWindow", "Clear Plots"))
# self.pButton_Reference.setText(_translate("MainWindow", "Set/Reset Reference"))
self.sBox_Samples.setSuffix(_translate("MainWindow", " / 180 min"))
self.sBox_Samples.setPrefix(_translate("MainWindow", ""))
self.chBox_export.setText(_translate("MainWindow", "Txt Export Sweep File"))

def showSettingForm(self):
self.window.show()

#####

class Ui_Plots(object):
def setupUi(self, MainWindow2):
MainWindow2.setObjectName("MainWindow2")
#MainWindow2.setGeometry(100, 100, 890, 750)
# MainWindow2.setFixedSize(700, 650)
#MainWindow2.resize(1091, 770)
# MainWindow2.setMinimumSize(QCoreApplication.instance().desktopSize())
MainWindow2.setFixedSize(ui_size.plot_x, ui_size.plot_y)
MainWindow2.setStyleSheet("")
MainWindow2.setTabShape(QtWidgets.QTabWidget.Rounded)
self.centralwidget = QtWidgets.QWidget(MainWindow2)
self.centralwidget.setObjectName("centralwidget")

self.gridLayout = QtWidgets.QGridLayout(self.centralwidget)
self.gridLayout.setContentsMargins(10, 10, 10, 0)
self.gridLayout.setObjectName("gridLayout")
self.gridLayout.setSpacing(0)
self.Layout_graphs = QtWidgets.QGridLayout()
self.Layout_graphs.setObjectName("Layout_graphs")
self.Layout_graphs.setSpacing(0)

self.plt = GraphicsLayoutWidget(self.centralwidget)
self.pltB = GraphicsLayoutWidget(self.centralwidget)

self.plt.setAutoFillBackground(False)
self.plt.setStyleSheet("border: 0px;")
self.plt.setFrameShape(QtWidgets.QFrame.StyledPanel)
self.plt.setFrameShadow(QtWidgets.QFrame.Plain)
self.plt.setLineWidth(0)
self.plt.setObjectName("plt")

self.pltB.setAutoFillBackground(False)
self.pltB.setStyleSheet("border: 0px;")
self.pltB.setFrameShape(QtWidgets.QFrame.StyledPanel)
self.pltB.setFrameShadow(QtWidgets.QFrame.Plain)
self.pltB.setLineWidth(0)
self.pltB.setObjectName("pltB")

```

```

# self.label = QtWidgets.QLabel()
# self.Layout_graphs.addWidget(self.label, 0, 0, 1, 1)
# def link1(linkStr):
#     QtGui.QDesktopServices.openUrl(QtCore.QUrl(linkStr))
# self.label.linkActivated.connect(link1)
# self.label.setText('<a href="https://openqcm.com/"> <font color=#000000 >Open-source Python application for
displaying, processing and storing real-time data from openQCM Q-1 Device</font> </a>')

self.Layout_graphs.addWidget(self.plt, 1, 0, 1, 1)
self.Layout_graphs.addWidget(self.pltB, 2, 0, 1, 1)

self.gridLayout.addLayout(self.Layout_graphs, 3, 1, 1, 1)
MainWindow2.setCentralWidget(self.centralwidget)

self.retranslateUi(MainWindow2)
QtCore.QMetaObject.connectSlotsByName(MainWindow2)

def retranslateUi(self, MainWindow2):
    _translate = QtCore.QCoreApplication.translate
    MainWindow2.setWindowIcon(QtGui.QIcon('favicon.ico')) #.png
    MainWindow2.setWindowTitle(_translate("MainWindow2", "LAONZ QCM"))

#####

class Ui_Info(object):
def __init__(self):
self.offset = 47
self.y_ini = 0
self.y_len = 0
self.y = self.y_ini + self.y_len
self.x = ui_size.info_x - 10
self.title = QtCore.QRect(0, 0, self.x, self.offset)
self.group_box = QtCore.QRect(0, self.y_ini, self.x, self.y_len)

def geoUpdate(self,sub_len):
self.y_ini = self.y + self.offset
self.y_len = self.offset * sub_len
self.y= self.y_ini + self.y_len
self.title = QtCore.QRect(0, self.y, self.x, self.offset)
self.group_box = QtCore.QRect(0, self.y_ini, self.x, self.y_len)

def setupUi(self, MainWindow3):
#MainWindow3.setObjectName("MainWindow3")
#MainWindow3.setGeometry(500, 50, 100, 500)
# MainWindow3.setFixedSize(300, 650)
#MainWindow3.resize(100, 500)
#MainWindow3.setMinimumSize(QtCore.QSize(0, 0))
MainWindow3.setStyleSheet("")
MainWindow3.setTabShape(QtWidgets.QTabWidget.Rounded)
# MainWindow3.setMinimumSize(QtCore.QSize(ui_size.info_x, ui_size.info_y))
MainWindow3.setFixedSize(ui_size.info_x, ui_size.info_y)

```



```

self.info1a.setText("<font color=#000000 > <b>Device Setup</b></font>")
self.info1a.setObjectName("info1a")
#self.info1a.setFixedWidth(250)
#self.info1a.setFixedHeight(22)
self.verticalLayout_setup.addWidget(self.info1a)
# self.gridLayout_2.addWidget(self.info1a, 1, 0, 1, 1)

#                                     Operation                                     Mode
-----

--
self.info11 = QtWidgets.QLabel(self.verticalLayoutWidget_setup)
# self.info11.setStyleSheet('background: white; padding: 1px; border: 1px solid #cccccc')
self.info11.setText("<font color=#000000 > <b>Operation Mode</b> </font>")
#self.info11.setFixedWidth(250)
self.info11.setObjectName("info11")
self.verticalLayout_setup.addWidget(self.info11)
# self.gridLayout_2.addWidget(self.info11, 2, 0, 1, 1)

#####
###
#####          Data Information          #####
#####
###

#                                     Data                                     Information
-----

self.info = QtWidgets.QLabel(self.centralwidget)
self.info.setIndent(10)
self.info.setStyleSheet('font: 75 12pt "Arial";')
# self.info.setStyleSheet('background: #990000; padding: 1px;')
self.info.setText("<font color=#990000 > <b>Data Information</b>&nbsp;</font>")
self.info.setGeometry(self.title)          #self.info1.setFixedWidth(250)
self.info.setObjectName("info")
#self.info.setFixedWidth(250)
# self.info.setFixedHeight(15)
# self.gridLayout_2.addWidget(self.info, 3, 0, 1, 1)
self.geoUpdate(7)
# Geometry = QtCore.QRect(0, self.y_ini, self.x, self.y_len)
#===== group box =====
self.GroupBox_data = QtWidgets.QGroupBox(self.centralwidget)
self.GroupBox_data.setGeometry(self.group_box)
self.GroupBox_data.setStyleSheet("border: 2px solid;\n"
"border-color:#cccccc;\n"
"border-radius: 20px;\n"
";")
#===== V layout =====
self.verticalLayoutWidget_data = QtWidgets.QWidget(self.centralwidget)
self.verticalLayoutWidget_data.setGeometry(self.group_box)
self.verticalLayoutWidget_data.setObjectName("verticalLayoutWidget_data")
self.verticalLayout_data = QtWidgets.QVBoxLayout(self.verticalLayoutWidget_data)
self.verticalLayout_data.setContentsMargins(30, 10, 10, 10)
self.verticalLayout_data.setSpacing(0)

```

```

self.verticalLayout_data.setObjectName("verticalLayout_data")

#                               Selected                               Frequency
-----

self.info2 = QtWidgets.QLabel()
# self.info2.setStyleSheet('background: white; padding: 1px; border: 1px solid #cccccc')
self.info2.setText("<font color=#000000 > <b>Selected Frequency</b> </font>")
#self.info2.setFixedWidth(250)
# self.gridLayout_2.addWidget(self.info2, 4, 0, 1, 1)
self.info2.setObjectName("info2")
self.verticalLayout_data.addWidget(self.info2)

#                               Frequency                               Value
-----
-
self.info6 = QtWidgets.QLabel()
# self.info6.setStyleSheet('background: white; padding: 1px; border: 1px solid #cccccc')
self.info6.setText("<font color=#000000 > <b>Frequency Value</b> </font>")
#self.info6.setFixedWidth(250)
# self.gridLayout_2.addWidget(self.info6, 5, 0, 1, 1)
self.info6.setObjectName("info6")
self.verticalLayout_data.addWidget(self.info6)

#                               Start                               Frequency
-----
-
self.info3 = QtWidgets.QLabel()
# self.info3.setStyleSheet('background: white; padding: 1px; border: 1px solid #cccccc')
self.info3.setText("<font color=#000000 > <b>Start Frequency</b> </font>")
#self.info3.setFixedWidth(250)
# self.gridLayout_2.addWidget(self.info3, 6, 0, 1, 1)
self.info3.setObjectName("info3")
self.verticalLayout_data.addWidget(self.info3)

#                               Stop                               Frequency
-----
--
self.info4 = QtWidgets.QLabel()
# self.info4.setStyleSheet('background: white; padding: 1px; border: 1px solid #cccccc')
self.info4.setText("<font color=#000000 > <b>Stop Frequency</b> </font>")
#self.info4.setFixedWidth(250)
# self.gridLayout_2.addWidget(self.info4, 7, 0, 1, 1)
self.info4.setObjectName("info4")
self.verticalLayout_data.addWidget(self.info4)

#                               Frequency
Range-----
-----
self.info4a = QtWidgets.QLabel()
# self.info4a.setStyleSheet('background: white; padding: 1px; border: 1px solid #cccccc')
self.info4a.setText("<font color=#000000 > <b>Frequency Range</b> </font>")
#self.info4a.setFixedWidth(250)
# self.gridLayout_2.addWidget(self.info4a, 8, 0, 1, 1)

```

```

self.info4a.setObjectName("info4a")
self.verticalLayout_data.addWidget(self.info4a)

#                                                                 Sample
Rate-----
----
self.info5 = QtWidgets.QLabel()
# self.info5.setStyleSheet('background: white; padding: 1px; border: 1px solid #cccccc')
self.info5.setText("<font color=#000000 > <b>Sample Rate</b> </font>")
#self.info5.setFixedWidth(250)
# self.gridLayout_2.addWidget(self.info5, 9, 0, 1, 1)
self.info5.setObjectName("info5")
self.verticalLayout_data.addWidget(self.info5)

#                                                                 Sample
Number-----
-----
self.info7 = QtWidgets.QLabel()
# self.info7.setStyleSheet('background: white; padding: 1px; border: 1px solid #cccccc')
self.info7.setText("<font color=#000000 ><b> Sample Number </b></font>")
#self.info7.setFixedWidth(250)
# self.gridLayout_2.addWidget(self.info7, 10, 0, 1, 1)
self.info7.setObjectName("info7")
self.verticalLayout_data.addWidget(self.info7)

#####
###
##### Reference Settings #####
#####
###

#                                                                 Reference Settings
-----

self.inforef = QtWidgets.QLabel(self.centralwidget)
self.inforef.setIndent(10)
self.inforef.setStyleSheet('font: 75 12pt "Arial";')
# self.inforef.setStyleSheet('background: #990000; padding: 1px;')
#self.inforef1.setAlignment(QtCore.Qt.AlignCenter)
self.inforef.setText("<font color=#990000 ><b> Reference Settings </b></font>")
self.inforef.setGeometry(self.title)          #self.info1.setFixedWidth(250)
self.inforef.setObjectName("info")
# self.inforef.setFixedHeight(15)
#self.inforef.setFixedWidth(250)
# self.gridLayout_2.addWidget(self.inforef, 11, 0, 1, 1)
self.geoUpdate(2)
#===== group box =====
self.GroupBox_ref = QtWidgets.QGroupBox(self.centralwidget)
self.GroupBox_ref.setGeometry(self.group_box)
self.GroupBox_ref.setStyleSheet("border: 2px solid;\n"
"border-color:#cccccc;\n"
"border-radius: 20px;\n")

```



```

#self.l8.setFixedWidth(250)
# self.gridLayout_2.addWidget(self.l8, 14, 0, 1, 1)
self.geoUpdate(3)

#===== group box =====
self.GroupBox_cur = QtWidgets.QGroupBox(self.centralwidget)
self.GroupBox_cur.setGeometry(self.group_box)
self.GroupBox_cur.setStyleSheet("border: 2px solid;\n"
"border-color:#cccccc;\n"
"border-radius: 20px;\n"
";")
#===== V layout =====
self.verticalLayoutWidget_cur = QtWidgets.QWidget(self.centralwidget)
self.verticalLayoutWidget_cur.setGeometry(self.group_box)
self.verticalLayoutWidget_cur.setObjectName("verticalLayoutWidget_cur")
self.verticalLayout_cur = QtWidgets.QVBoxLayout(self.verticalLayoutWidget_cur)
self.verticalLayout_cur.setContentsMargins(30, 10, 10, 10)
self.verticalLayout_cur.setSpacing(0)
self.verticalLayout_cur.setObjectName("verticalLayout_cur")

#                                     Resonance                                     Frequency
-----

self.l7 = QtWidgets.QLabel()
# self.l7.setStyleSheet('background: white; padding: 1px; border: 1px solid #cccccc')
self.l7.setText("<font color=#000000 > <b> Resonance Frequency</b> </font>")
#self.l7.setAlignment(QtCore.Qt.AlignCenter)
#self.l7.setFixedWidth(250)
# self.gridLayout_2.addWidget(self.l7, 15, 0, 1, 1)
self.l7.setObjectName("l7")
self.verticalLayout_cur.addWidget(self.l7)

#                                     Dissipation
-----

self.l6 = QtWidgets.QLabel()
# self.l6.setStyleSheet('background: white; padding: 1px; border: 1px solid #cccccc')
self.l6.setText("<font color=#000000 > <b>Dissipation</b> </font>")
#self.l6.setFixedWidth(250)
# self.gridLayout_2.addWidget(self.l6, 16, 0, 1, 1)
self.l6.setObjectName("info7")
self.verticalLayout_cur.addWidget(self.l6)

#                                     Temperature
-----

self.l6a = QtWidgets.QLabel()
# self.l6a.setStyleSheet('background: white; padding: 1px; border: 1px solid #cccccc')
self.l6a.setText("<font color=#000000 > <b> Temperature</b> </font>")
#self.l6a.setFixedWidth(250)
# self.gridLayout_2.addWidget(self.l6a, 17, 0, 1, 1)
self.l6a.setObjectName("l6a")
self.verticalLayout_cur.addWidget(self.l6a)

```

```

# Info from openQCM website
-----
# self.lweb = QtWidgets.QLabel()
# self.lweb.setStyleSheet('background: #990000; padding: 1px;')
# self.lweb.setText("<font color=#ffffff > Info from openQCM Website </font>")
# self.lweb.setFixedHeight(15)
# #self.lweb.setFixedWidth(250)
# self.gridLayout_2.addWidget(self.lweb, 18, 0, 1, 1)

# Check internet connection
-----
# self.lweb2 = QtWidgets.QLabel()
# self.lweb2.setStyleSheet('background: white; padding: 1px; border: 1px solid #cccccc')
# self.lweb2.setText("<font color=#0000ff > Checking your internet connection </font>")
# # self.lweb2.setFixedHeight(20)
# #self.lweb2.setFixedWidth(250)
# self.gridLayout_2.addWidget(self.lweb2, 19, 0, 1, 1)

# Software update status
-----
# self.lweb3 = QtWidgets.QLabel()
# self.lweb3.setStyleSheet('background: white; padding: 1px; border: 1px solid #cccccc')
# self.lweb3.setText("<font color=#0000ff > Software update status </font>")
# # self.lweb3.setFixedHeight(16)
# #self.lweb3.setFixedWidth(300)
# self.gridLayout_2.addWidget(self.lweb3, 20, 0, 1, 1)

# download button
-----
--
# self.pButton_Download = QtWidgets.QPushButton(self.centralwidget)
# self.pButton_Download.setIcon(QtGui.QIcon(QtGui.QPixmap("download_icon.ico"))) #.png
# self.pButton_Download.setMinimumSize(QtCore.QSize(0, 0))
# self.pButton_Download.setObjectName("pButton_download")
# self.pButton_Download.setFixedWidth(200)
# self.pButton_Download.setEnabled(False)
# self.gridLayout_2.addWidget(self.pButton_Download, 21, 0, 1, 1, QtCore.Qt.AlignRight)
#####
#####

# self.gridLayout.addLayout(self.gridLayout_2, 3, 1, 1, 1)
MainWindow3.setCentralWidget(self.centralwidget)

self.retranslateUi(MainWindow3)
QtCore.QMetaObject.connectSlotsByName(MainWindow3)

def retranslateUi(self, MainWindow3):
    _translate = QtCore.QCoreApplication.translate
    # self.pButton_Download.setText(_translate("MainWindow3", " Download zip file"))
    MainWindow3.setWindowIcon(QtGui.QIcon('favicon.ico')) #.png
    MainWindow3.setWindowTitle(_translate("MainWindow3", "Information GUI"))

class Ui_Backwindow(object): #QtWidgets.QMainWindow

```

```

def setupUi(self, MainWindow0):
    MainWindow0.setObjectName("MainWindow0")
    # MainWindow0.setMinimumSize(QtCore.QSize(1500, 1000))
    MainWindow0.setFixedSize(ui_size.total_x, ui_size.total_y+ui_size.mdi_ini_y)
    # MainWindow0.resize(1500, 1000)
    MainWindow0.setStyleSheet("")
    MainWindow0.setTabShape(QtWidgets.QTabWidget.Rounded)
    self.centralwidget = QtWidgets.QWidget(MainWindow0)
    self.centralwidget.setObjectName("centralwidget")

    self.laonz_logo = QtWidgets.QLabel(self.centralwidget)
    self.laonz_logo.setAlignment(QtCore.Qt.AlignRight)
    self.laonz_logo.setPixmap(QtGui.QPixmap("qcm_logo.png"))
    self.laonz_logo.setGeometry(QtCore.QRect(10, 10, 191, 35))
    self.laonz_logo.setObjectName("laonz_logo")

    self.set_button = QtWidgets.QPushButton(self.centralwidget)
    self.set_button.setIcon(QtGui.QIcon(QtGui.QPixmap("setting_ic.png"))) #.png
    self.set_button.setGeometry(QtCore.QRect(ui_size.total_x -50 , 0 , 50,50))
    self.set_button.setObjectName("set_button")
    self.set_button.setFlat(True)

    self.btn_source = self.button_source

    self.set_button.clicked.connect(self.set_widget_button)

    self.mdiArea = QtWidgets.QMdiArea(self.centralwidget)
    self.mdiArea.setGeometry(QtCore.QRect(ui_size.mdi_ini_x, ui_size.mdi_ini_y, ui_size.total_x, ui_size.total_y))
    self.mdiArea.setObjectName("mdiArea")

    MainWindow0.setCentralWidget(self.centralwidget)

    self.retranslateUi(MainWindow0)
    QtCore.QMetaObject.connectSlotsByName(MainWindow0)

def retranslateUi(self, MainWindow0):
    _translate = QtCore.QCoreApplication.translate
    MainWindow0.setWindowIcon(QtGui.QIcon('favicon.ico')) #.png
    MainWindow0.setWindowTitle(_translate("MainWindow0", "LAONZ QCM"))

def set_widget_button(self):
    self.btn_source()
    pass

def button_source(self):
    print("init")

```


<별첨작성 양식>

[별첨 1]

연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가축 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발 (영문) Development of a livestock Infectious virus biosensor platform for on-site diagnosis using Electrochemical Quartz Crystal Microbalance				
주관연구기관	(주)라운즈		주 관 연 구	(소속)라운즈	
참 여 기 업			책 임 자	(성명)김현철	
총연구개발비 (260,001천원)	계	260,001,000	총 연구 기간	2018. 4.~ 2019. 12.(1년 9월)	
	정부출연 연구개발비	195,000,000	총 참 여 수	총 인 원	10명
	기업부담금	65,001,000		내부인원	10명
	연구기관부담금			외부인원	

○ 연구개발 목표 및 성과

Bench-Top (외장형 현장 분석장치) Multimodal QCM(Quartz Crystal Microbalance)를 이용한 나노 표면/바이러스 질량 검출로 바이러스 존재여부 진단플랫폼 개발
Electrochemical 방식을 이용한 표면 반응 데이터 획득,외장형 Spectrometer(Full spectrum laser분석기 포함)을 통한 분광 정보 획득, Nano-Raman을 통한 Influenza virus 종류 동정 및 바이러스 분석
외장형 eQCM Spectrometer 인터페이스 프로그램 개발
QCM기반 나노표면 질량 검출, QCM system 및 pump제어, High speed / sensitivity를 가지는 QCM 프로그램 개발

○ 연구내용 및 결과

Dual mode (Plasma + CO₂ particle) 기관 cleaning공정 기술 개발, 바이러스 채집: acoustic levitation 과 ionization을 이용한 바이러스 농축, 임상 샘플의 바이러스 농축기법, Ionization 및 acoustic levitation 기반 농축실험
eQCM SERS용 기관제작 및 공정 개발, Nanopatterned Au 기관 design 및 제작공정 설계: Embossing + plating Electrospray을 이용한 nanoparticle deposition, 10회 이상 재사용 가능한 eQCM SERS기관 Cleaning공정 고도화, eQCM 민감도 향상을 위한 개선 사항
Dual chamber를 이용한 non-specific binding효율 검증:
그림에서와 같이 dual chamber QCM을 설계하여 같은 sample에 대해 control과 sample test chamber를 동시에 측정함으로써 non-specific binding과 같이 민감도에 영향을 줄 수 있는 외란의 효과를 검출함으로써 최대 검출 한계인 민감도를 향상
QCM의 detection 민감도는 resonance frequency와 detection area에 관련
QCM장치의 고유 공진 주파수를 최적화 함으로써 Target sample의 질량 변화폭을 virus수준 조정

QCM의 detection면적에 따른 질량 binding 면적을 증가로 민감도 향상된 QCM output 획득
SPR 영상처리시스템와 특성 비교 Q2-D array chip상에 고정화된 단백질의 상호작용 반사광이 최소
가 되는 공명각의 변화Spot의 반사 감소

○ 연구성과 활용실적 및 계획

FMDV의 실시간 유전자증폭기술을 이용한 진단 검사 방법 : 표준물질 DNA는 NCBI의 FJ593972,
722bp의 5-UTR부위를 유전자 합성을 통하여 제작(한국, 바이오팩트), 실시간 유전자 증폭 방법은
Iranian Journal of Virology 2013;7(1&2): 21-2를 참고하여 PCR 조건 및 프리믹스 조성 변형, 프
로브와 프라이머의 염기서열과 동일 사용

진단 평가는 FMDV의 표준물질은 증류수로 희석하여 10^8 copies/ml 부터 1 copy 농도의 희석액 사용,
각 농도당 약 3회 반복 검사 실시, 또한 $R^2=0.98$ 이상으로 선형회귀 모델 직선성 평가

검출한계(LOD)는 10^6 copies/ml 에서 1 copy/ml 까지 양성률 100%, 3회 반복 측정한 결과로 98%
(probit분석)으로 98% 신뢰수준으로 결정되는 검출 한계 1 copy/ml, 일반적인 실시간유전자 증폭기
술로 확인, 바이러스 내지 세균의 검출한계와 비슷한 수준 확인

선형회귀 모델 R^2 값도 0.999, 본 검사는 10^6 copies/ml 에서 1 copy/ml 범위에서 RNA 정량값 보고
및 판단, 이에 FMDV의 표준물질은 QCM 실험 사용

FMDV를 QCM으로 진단 특이도와 민감도가 높게 나타나는 것으로 확인, HCV를 통해 실검체에서도
진단 가능 확인, QCM은 비교적 진단에 필요한 단가가 저렴하여, 기존 FMDV 진단 방법인 ELISA,
PCR과 병행하여 사용할 수 있는 새로운 현장형 진단 검사 방법

IT산업과 연계로 고위험성 병원균 (바이러스, 독성 박테리아) DB 및 해석 기술확보와 손쉽게 현장에
서 바이러스 정보를 확인할 수 있는 휴대형 분광 분석 시스템 및 서비스 제공

플랫폼 구성은 eQCM, 표준 라만 분광기 HW 등 既 확보기술을 접목하여 현장의 항체반응, 분광분석
정보, 표준 바이러스 DB 연동 통합 분석 플랫폼 구축

eQCM/나노 라만 분광법으로 신속한 Avian Flu/FMD 바이러스 진단 기술 확보

본 과제로 바이러스 진단장비를 이용한 전염성 바이러스의 분석을 위한 기초데이터 확보, 인공지능
(딥 러닝)기반 진단 플랫폼 및 솔루션 개발로 바이러스 진단 솔루션 대중화, 상용화로 국민 건강 증
진 기여

기존의 가축 전염성 바이러스 발생빈도 증가와 변형된 바이러스 변형종의 확대로 조기발견을 위한 지
속적인 전염성 바이러스 샘플 분석 DB 업데이트, 진단 솔루션 업그레이드로 조기발견과 신속한 대응
체계 확립

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		118062-2	
사업구분	농림축산식품연구개발사업				
연구분야	가축질병진단장치		과제구분	단위	
사업명	가축질병대응기술개발사업			주관	
총괄과제	기재하지 않음		총괄책임자	기재하지 않음	
과제명	전기화학적 미소수정진동차저울을 이용한 현장 진단형 가축 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발		과제유형	응용	
연구기관	(주)라운즈		연구책임자	김현철	
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차연도	2018.4.26. ~2018.12.31	85,000,000	28,334,000	113,334,000
	2차연도	2019.1.1. ~2019.12.31	110,000,000	36,667,000	146,667,000
	계	2018.4.26. ~2019.12.31	195,000,000	65,001,000	260,001,000
참여기업					
상대국		상대국연구기관			

※ 총 연구기간이 5차연도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2019. 12. 31.

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
(주)라운즈	본부장	김현철

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.

확약	
-----------	--

I. 연구개발실적

※ 다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

국내 축산업계의 현실이 최근 5년간 구제역, 조류독감과 같은 집단사육 환경에서 전염성 바이러스에 의한 집단폐사의 위험성이 높아지고 있는 현실에서 고위험성 바이러스 검출 시장의 국산 기기 개발을 위한 핵심기술의 확보가 필요한 상황이다. 집단사육환경의 농장관리에서 정밀진단의 환경이 요구되지만 현실적인 어려움과 적용가능한 제품의 개발이 미진한 상황이다. 이와 같은 현장적용이 가능한 자동화 분석 기기 개발과 조류독감(influenza)/구제역(FMD : Foot and mouth disease) 바이러스(virus) 분석을 위한 솔루션 개발
집단사육환경에서 전염성바이러스의 노출진단은 경제적인 손실을 최소화 하는 조기에방의 방법으로 적용해야한다. 본 과제를 통한 전염성 바이러스 진단용 바이오센서플랫폼의 구축으로 집단사육환경에서 바이러스의 예방활동에 적용 가능

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

고위험성 병원균 (바이러스, 독성 박테리아) DB 및 해석 기술확보와 손쉽게 현장에서 바이러스 정보를 확인할 수 있는 휴대형 분광 분석 시스템 및 서비스 제공
플랫폼 구성은 eQCM, 표준 라만 분광기 HW 등 既 확보기술을 접목하여 현장의 항체반응, 분광분석 정보, 표준 바이러스 DB 연동 통합 분석 플랫폼 구축
eQCM/나노 라만 분광법으로 신속한 Avian Flu/FMD 바이러스 진단 기술 확보
본 과제로 바이러스 진단장비를 이용한 전염성 바이러스의 분석을 위한 기초데이터 확보, 인공지능(딥 러닝)기반 진단 플랫폼 및 솔루션 개발로 바이러스 진단 솔루션 대중화, 상용화로 국민 건강 증진 기여

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

기존의 가축 전염성 바이러스 발생빈도 증가와 변형된 바이러스 변형종의 확대로 조기발견을 위한 지속적인 전염성 바이러스 샘플 분석 DB 업데이트, 진단 솔루션 업그레이드로 조기발견과 신속한 대응 체계 확립

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

eQCM/나노 라만 분광법을 이용한 신속한 Avian Flu/FMD 바이러스 진단 기술
 바이러스 진단장비를 이용한 전염성 바이러스의 분석을 위한 기초데이터를 확보
 인공지능(딥 러닝)기반 진단 플랫폼 및 솔루션 개발로 바이러스 진단 솔루션의 대중화와 상용화
 가축 전염성 바이러스 발생빈도 증가와 변형된 바이러스 변형종의 확대(조기발견이 더욱 어려움)
 지속적인 전염성 바이러스 샘플 분석 DB 업데이트로, 진단 솔루션 업그레이드를 통한 조기 발견과 신속한 대응체계를 확립
 현재의 가축 전염성 바이러스 질병에 대한 대책이 살처분과 같은 사후처리로 농가소득의 손실과 사회적 먹거리에 대한 불안감으로 기회손실비용 증가를 방지

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가축 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발관련 특허출원 1과 등록 1을 완료된 상태 과제종료후에 추가되는 특허출원이 예상됨
 논문 게재와 학술대회 발표는 제출일정과 발표일정의 조율과정에서 지연되어있지만 과제종료후에도 진행하는 상황임
 QCM 관련 학술대회와 전문학술지에 대한 검색과 SCI급 학회지에 제출 및 심사일정에 대한 확인이 필요한 상황임

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
Bench-Top (외장형 현장 분석장치) Multimodal QCM(Quartz Crystal Microbalance)	30	100	Electrochemical 방식을 이용한 표면 반응 데이터 획득 외장형 Spectrometer(Full spectrum laser분석기 포함)을 통한 분광 정보 획득 Nano-Raman을 통한 Influenza virus 종류 동정 및 바이러스 분석 자료 구축 QCM일체형 electrode설계 및 제작 완료 Impedance analyzer 회로 설계 및 제작 완료
외장형 eQCM Spectrometer 인터페이스 프로그램 개발	20	100	QCM system 및 pump제어 High speed / sensitivity를 가지는 QCM 프로그램 개발 완료 나노 표면 개질 및 전극 개발 완료
바이러스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 기술 개발	20	100	임상 샘플의 농축을 위한 Hydrophobic surface 및 Ionization + Acoustic levitation 방식 개발 (Dynamic continuous viral sample accumulation) Embossing 및 electrospray 기법을 이용한 Au eQCM용 SERS기판 개발 Dual mode (Plasma + CO ₂ particle) 기판 cleaning공정 기술 확보 임상 샘플의 바이러스 농축기법 Ionization 및 acoustic levitation 기반 구축
eQCM SERS용 기판제작 및 공정 개발	10	100	Nanopatterned Au 기판 design 및 제작공정 설계: Embossing + plating Electrospray을 이용한 nanoparticle deposition 10회 이상 재사용 가능한 eQCM SERS기판 Cleaning공정 고도화
전염성 바이러스 시료의 외부기관협력으로 바이러스 종에 대한 DB 확보	10	100	Dual chamber를 이용한 non-specific binding효율 검증 수정판에 고정된 probe의 농도에 따른 진동수 변화 표준물질 농도에 따른 진동수 변화 온도에 의한 양·음성 검체의 진동수 변화 반응시간에 따른 진동수 변화 재생 횟수에 대한 진동수 변화 다른 바이러스와의 교차반응 검사 Laonz QCM을 이용한 HCV 실검체 진단
eQCM Spectrometer 통합 플랫폼 구축	10	100	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장 진단형 가측 전염성 바이러스 진단플랫폼 구축 을 위한 기반 확보
합계	100점		

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가축 전염성 바이러스 진단플랫폼 구축을 위한 기반 확보를 통하여 가축 전염성 바이러스 발생빈도 증가와 변형된 바이러스 변형종의 확대(조기발견이 더욱 어려움)

지속적인 전염성 바이러스 샘플 분석 DB 업데이트로, 진단 솔루션 업그레이드를 통한 조기 발견과 신속한 대응체계를 확립 기반 기술 확보

현재의 가축 전염성 바이러스 질병에 대한 대책이 살처분과 같은 사후처리로 농가소득의 손실과 사회적 먹거리에 대한 불안감으로 기회손실비용 증가를 방지에 기여 가능

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

eQCM, 표준 라만 분광기 HW 등 既 확보기술의 접목으로 현장 진단형 시스템 구축에 필요한 기반기술로 기존의 기술들의 복잡성과 높은 가격의 장비의 원천기술확보에 중점

항체반응 및 분광분석 정보와 표준 바이러스 DB를 연동하는 통합 분석 플랫폼을 구축하기 위한 기반기술의 확보에 중점

eQCM/나노 라만 분광법을 이용한 신속한 Avian Flu/FMD 바이러스 진단 기술의 현장진단형 가축 전염성 바이러스 진단플랫폼의 개발 가능성에 중점

바이러스 진단장비를 이용한 전염성 바이러스의 분석을 위한 기초데이터를 확보를 위한 외부 기관연계의 확대가 필요

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

eQCM/나노 라만 분광법으로 신속한 Avian Flu/FMD 바이러스 진단 기술 확보를 통한 초기 현장진단형 가축 전염성 바이러스 진단플랫폼의 확립으로 농가수익확보기술을 통한 국가경제의 손실비용절감기술로 확대

본 과제로 바이러스 진단장비를 이용한 전염성 바이러스의 분석을 위한 기초데이터 확보, 인공지능(딥 러닝)기반 진단 플랫폼 및 솔루션 개발로 바이러스 진단 솔루션 대중화, 상용화로 국민 건강 증진 기여

기존의 가축 전염성 바이러스 발생빈도 증가와 변형된 바이러스 변형종의 확대로 조기발견을 위한 지속적인 전염성 바이러스 샘플 분석 DB 업데이트, 진단 솔루션 업그레이드로 조기 발견과 신속한 대응체계 확립

[별첨 3]

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input checked="" type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야	응용, 가축질병진단장비	
연구과제명	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가축 전염성 바이러스 진단 플랫폼의 개발			
주관연구기관	㈜라운즈		주관연구책임자	김현철
연구개발비	정부출연 연구개발비	기업부담금	연구기관부담금	총연구개발비
	195,000,000	65,001,000		260,001,000
연구개발기간	2018. 04. 26 ~ 2019. 12. 31 (21개월)			
주요활용유형	<input type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타(상용화) <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:)			

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① Bench-Top (외장형 현장 분석장치) Multimodal QCM(Quartz Crystal Microbalance)	Electrochemical 방식을 이용한 표면 반응 데이터 획득 외장형 Spectrometer(Full spectrum laser분석기 포함)을 통한 분광 정보 획득 Nano-Raman을 통한 Influenza virus 종류 동정 및 바이러스 분석 자료 구축 QCM일체형 electrode설계 및 제작 완료 Impedance analyzer 회로 설계 및 제작 완료 QCM system 및 pump제어
② 외장형 eQCM Spectrometer 인터페이스 프로그램	High speed / sensitivity를 가지는 QCM 프로그램 개발 완료 나노 표면 개질 및 전극 개발 완료
③ 바이러스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 기술	임상 샘플의 농축을 위한 Hydrophobic surface 및 Ionization + Acoustic levitation 방식 개발 (Dynamic continuous viral sample accumulation) Embossing 및 electrospray 기법을 이용한 Au eQCM용 SERS기판 개발 Dual mode (Plasma + CO ₂ particle) 기판 cleaning공정 기술 확보 임상 샘플의 바이러스 농축기법

	Ionization 및 acoustic levitation 기반 구축
④ eQCM SERS용 기관제작 및 공정	Nanopatterned Au 기관 design 및 제작공정 설계: Embossing + plating Electrospray을 이용한 nanoparticle deposition 10회 이상 재사용 가능한 eQCM SERS기관 Cleaning공정 고도화
⑤ 전염성 바이러스 시료 DB	Dual chamber를 이용한 non-specific binding효율 검증 수정판에 고정된 probe의 농도에 따른 진동수 변화 표준물질 농도에 따른 진동수 변화 온도에 의한 양·음성 검체의 진동수 변화 반응시간에 따른 진동수 변화 재생 횟수에 대한 진동수 변화 다른 바이러스와의 교차반응 검사 Laonz QCM을 이용한 HCV 실검체 진단
⑥ eQCM Spectrometer 통합 플랫폼 구축	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단 형 가축 전염성 바이러스 진단플랫폼 구축을 위한 기반 확보

* 결과에 대한 의견 첨부 가능

3. 연구목표 대비 성과

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과				교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특 허 출원	특 허 등록	품 종 등록	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		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	백 만 원	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건			
가중치	10	10			40	10	10	5	5											
최종목표	3	3			3	7,300	6,100	20	6,000		3		15	6		2	5			
연기간내 달성실적	1	1						1			1									
달성율(%)	33	33						20			33									

4. 핵심기술

구분	핵심 기술 명
①	Bench-Top (외장형 현장 분석장치) Multimodal QCM(Quartz Crystal Microbalance)
②	외장형 eQCM Spectrometer 인터페이스 프로그램
③	바이러스 채집 및 eQCM용 SERS substrate 기술
④	eQCM SERS용 기판제작 및 공정
⑤	전염성 바이러스 시료 DB
⑥	eQCM Spectrometer 통합 플랫폼 구축

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 해결	정책 자료	기타
①의 기술					V	V				
②의 기술					V			V		
③의 기술					V			V		
④의 기술					V			V		
⑤의 기술		V						V		
⑥의 기술		V						V		

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	Electrochemical 방식을 이용한 표면 반응 데이터 획득 및 활용 외장형 Spectrometer(Full spectrum laser분석기 포함)을 통한 분광 정보 획득 Nano-Raman을 통한 Influenza virus 종류 동정 및 바이러스 분석 자료 구축
②의 기술	QCM system 및 pump제어 High speed / sensitivity를 가지는 QCM 프로그램 활용범위 확대 나노 표면 개질 및 전극 양산화(상용제품 추진)
③의 기술	임상 샘플의 농축을 위한 Hydrophobic surface 및 Ionization + Acoustic levitation 방식 개발 (Dynamic continuous viral sample accumulation) Embossing 및 electrospray 기법을 이용한 Au eQCM용 SERS기판 제품화
④의 기술	Nanopatterned Au 기판 design 및 제작공정 설계: Embossing + plating Electrospray을 이용한 nanoparticle deposition 10회 이상 재사용 가능한 eQCM SERS기판 Cleaning공정 고도화를 통한 제품화 추진
⑤의 기술	Dual chamber를 이용한 non-specific binding효율 검증을 통한 제품화 추진
⑥의 기술	전기화학적 미소수정진동자저울을 이용한 현장진단형 가축 전염성 바이러스 진단플 랫폼 구축을 위한 기반 확보를 통한 사업화 추진

7. 연구종료 후 성과창출 계획

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		논문		학 술 발 표	정 책 활 용			홍 보 전 시		
												SC I	비 SC I						논 문 평 균 IF	
단위	건	건	건	건	백 만 원	백 만 원	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건			
가중치	10	10		10	10	40			5	5							5	5		
최종목표	3	3		1	2.7 3	3	7,3 00	6,1 00	20	60 0		3		15	6			2	5	
1차 연도	목 표	1							1											
	실 적																			
2차 연도	목 표	1	1		1	2.7 3			1	10 0		1		5	1			1	1	
	실 적																			
소 계	목 표 실 적	2	1						1					5	1					
종료 1차연도		1				1	30 0		2			1		5	1			1	1	
종료 2차연도	1	1				1	2,0 00		5	50 0					2				1	
종료 3차연도						1	5,0 00		12			1		5	2				2	
종료 4차연도																				
종료 5차연도																				
소 계	1	2					7,3 00		19	50 0		2			5			1	4	
합 계	3	3		1	2.7 3		7,3 00		20	60 0		3			6			2	5	

<뒷면지>

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 가축질병대응기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 가축질병대응기술 개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.