

기술 설명서 요약본

기 술 명	LiDAR 기술을 이용한 유출오일 및 적조 동시 감지 기술	
기술분류 (대분류-중분류)	해양재해-해양제해 발생 분석/예측	
공사 관련 기술 여부	공사 외 기술	공사 관련 기술
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
기 업 명	(주)마하테크	

기 술 개 요

■ 신청 기술 주요내용 및 특징

- 유출 오일 및 적조 동시 측정 소형 하이브리드 광센서 개발

■ 3D 시뮬레이션을 이용한 광학계 설계

- : 광학 설계 프로그램인 Zemax OpticStudio를 사용하여 광학계 구성에 필요한 렌즈 특성 확인
- : 렌즈 특성 확인 후 광학계의 발광부와 수광부로 나눠 설계
- : 광학계를 거쳐서 나오는 빛이 크기가 측정하고자 하는 지점까지 일정하게 조사 될 수 있도록 설계
- : 광학계 베이스, mirror, lens, laser diode 등 고정을 위한 마운트 설계

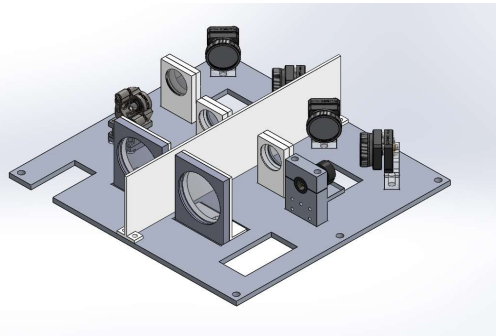
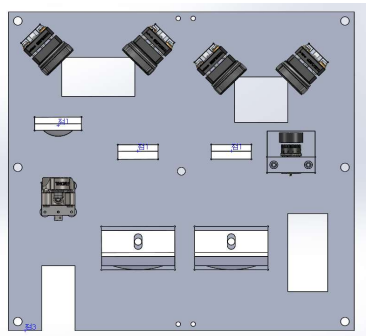


그림. 유출 오일 및 적조 동시 측정 소형 하이브리드 광센서의 광학계 설계

■ 유출 오일 및 적조 동시 측정 소형 하이브리드 광센서의 광학계 제작

- : 3D 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 설계된 도면을 바탕으로 광원부 및 수광부 등 주요 핵심 부품 배치
- : 광센서 광학계 베이스는 AL 재질로 제작
- : 광학계 Align 틀어짐을 방지하기 위해 광학계 position을 음각으로 가공한 후 광학 부품 고정

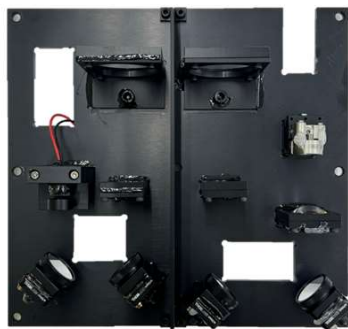


그림. 유출 오일 및 적조 동시 측정 소형 하이브리드 광센서의 광학계 제작

- 광원부 제어를 위한 Laserdiode Driver 개발
 - : 12V의 DC 전압을 입력하여 회로 구동하며, 1.6W, 5W Laserdiode를 선택하여 출력 가능
 - : Laserdiode의 세기를 조절하기 위하여 외부의 PWM 신호(라즈베리파이4B)를 입력받음
 - : PWM 신호를 통하여 Laserdiode의 On/Off를 컨트롤 진행

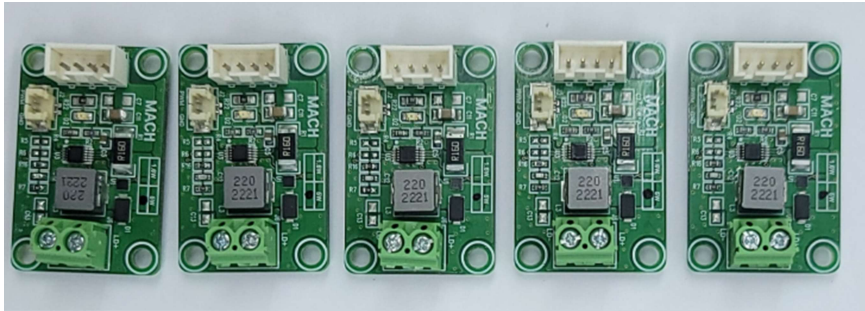


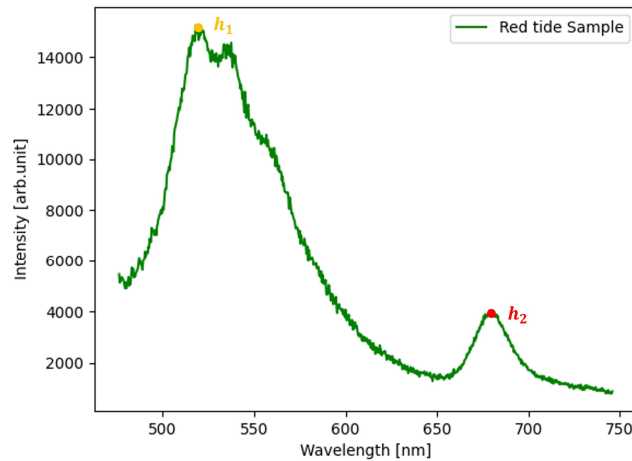
그림. Laserdiode Driver PCB 제작

- 유출 오일 및 적조 동시 측정 소형 하이브리드 광센서의 제어 모듈 및 프로그램 개발

- 통합 제어 노드 및 컨트롤러 제작_라즈베리파이를 이용한 제어 컨트롤러 개발
 - : LD Driver control package 개발
 - : GPS module control 개발
 - : Spectrometer Control package 개발
- 센서 통합 제어 프로그램 개발
 - : 광학계 장비 제어 프로그램 개발
 - : 장비 내부의 프로그램 동작 알고리즘 개발
 - : 동작 프로그램 코드 작성(Python)

- 유출 오일 및 적조 농도 분석 기술 개발

- 유출 오일 및 적조에 의한 형광 스펙트럼 기반 분석 기술
 - : 유출 오일에 의한 형광 스펙트럼 기반 분석 기술
 - ~ HnL 분석법
 - 물과 오일의 스펙트럼에서 현저하게 구분되는 특정 구간(파장)의 세기를 비교하여 판별 기준 설정
 - 약 490 ~ 510 nm의 구간에서 오일의 형광 세기가 물의 형광 세기보다 더 높게 나타나므로 이 구간 세기의 평균값을 구함
 - 측정된 Intensity 평균값을 바탕으로 기준값 미만일 경우 물, 이상일 경우 오일로 판별
 - ~ Raman 분석법
 - 특정 구간의 오일 형광신호와 물의 라만신호 세기의 비율을 비교하여 판별 기준 설정
 - 물의 라만 파장 525nm 부근의 세기와 약 490 ~ 510nm의 구간의 평균 세기의 비를 통하여 비교 분석
 - ~ Integral 분석법
 - 전반적으로 오일의 스펙트럼이 물의 스펙트럼보다 단파장 영역에서 세기가 높다는 점을 이용하여 해당 영역의 적분 값을 비교하는 방법
- 적조 미생물에 의한 형광 스펙트럼 기반 분석 기술



$$C = a \frac{h_2}{h_1} + b$$

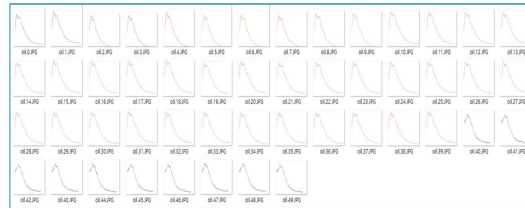
그림 . 적조 분석 방법

- 클로로필 함량(C)과 물의 라만 스펙트럼의 Peak 지점(h_1)의 세기, 적조의 클로로필-a로 인해 발생하는 형광의 Peak 지점(h_2)의 세기를 위 수식을 통하여 상관관계 도출
- 여러 번의 실측 데이터로 위 식의 조건을 만족하는 최적의 a 와 b 값을 구하여 장비의 Calibration 진행

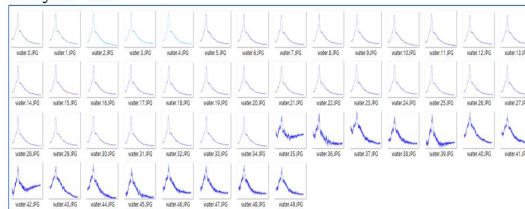
- 머신러닝 기법을 이용한 유출 오일 및 적조 농도 분석 기술 개발

- 유출 오일 및 적조 농도별 Raw Data 확보 및 데이터 구축
- : 유출 오일 Raw Data 확보 및 데이터 구축

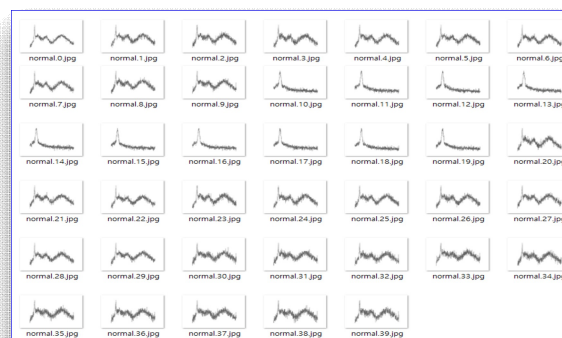
Training data - Oil



Training data - Water



: 적조 농도별 Raw Data 확보 및 데이터 구축



- 데이터 전처리 및 오차 반영

: 머신러닝 알고리즘 구축을 위한 데이터 전처리 및 오차 반영

: 임의의 크기 및 해상도를 가진 training data 및 test data에 대한 화면 전처리 작업 및 크기 정규화 작업 진행(ImageDataGenerator 함수)

- 레이블 데이터 구성 및 머신러닝 아키텍처 구성

: 머신러닝 학습 모델을 정하고 Fine-tuning을 위한 파라미터 값들과 classifier를 정의하여 아키텍처 구성

: 학습률(learning-rate)을 낮게 설정하여 반복 학습을 통해 Fine-tuning 실행

: 이를 바탕으로 training step 진행 후 학습이 완료된 모델을 이용하여 임의의 Test data를 통해 Test step 진행

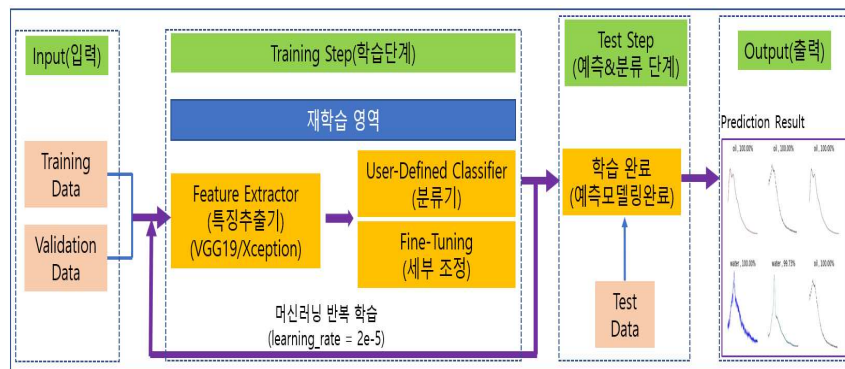


그림. 머신러닝 아키텍처 개념도

- 머신러닝 학습 모델링 개발

: 모델 컴파일링을 통해 optimizer 학습률을 낮게 설정하여 학습률을 조금씩 업데이트 해 나가도록 모델링 개발

: 모델 fitting을 이용하여 train data에 대해 30번의 학습 진행

: ModelCheckpoint와 EarlyStopping이라는 callback함수를 두어 학습을 진행하면서 validation loss값이 일정 상태가 되었을 때 학습조건을 변경(best model 업로드 등)하여 학습 효율 증진

: 학습을 끝마친 후 accuracy함수와 loss함수를 통해 모델링에 의해 학습된 training validation 추세 확인

: 학습결과를 확인하기 위해 임의의 test image의 크기를 조절하고 정규화를 통해 이미지 전처리 수행

: 학습된 모델링을 이용하여 test image에 prediction 함수를 수행하여 학습 결과 도출

- 외부 환경에 의해 발생하는 화이트 노이즈 제거 기술 개발

- 화이트 노이즈 제거 기술 개발

: 광원과 Detector Modulation synchronization을 통한 Noise 제거 기술 개발

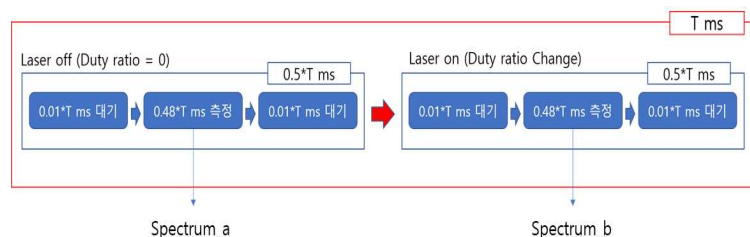


그림. 광원과 Spectrometer의 Modulation Synchronization 개략도

- 편광자를 통한 반사 Noise 제거 기술

: 해수면의 유출 오일 및 적조 측정 시 태양광이 해수면에 의해서 반사될 경우, 입사면에 수직 방향의 편광 성분만을 갖는 반사광이 수광부에 도달하는 것을 방지하기 위해 편광자를 통한 반사 노이즈 제거

: Target에서 발현 및 측정되는 형광의 영향을 최소화하기 위하여 Spectrometer의 fiber 바로 앞에 편광자 설치

- 유출 오일 및 적조 동시 측정 소형 하이브리드 광센서의 시제품 제작

: 유출 오일 및 적조 동시 측정 소형 하이브리드 광센서 패키징 기술 개발

: 유출 오일 및 적조 동시 측정 소형 하이브리드 광센서 케이스 설계 및 제작

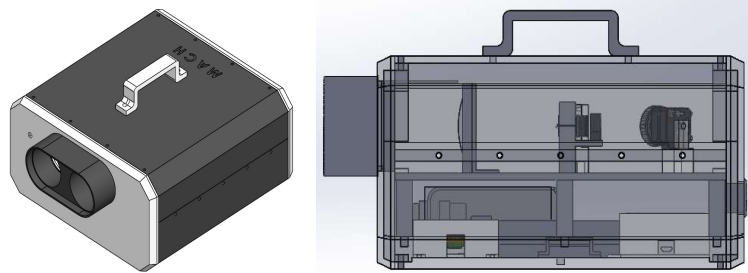


그림. 유출 오일 및 적조 동시 측정 소형 하이브리드 광센서 케이스 설계도(3D)



그림. 유출 오일 및 적조 동시 측정 소형 하이브리드 광센서 케이스

- 맵핑(Mapping) 시스템 개발

▪ 맵핑(Mapping) 시스템 설계 및 구축

: 데이터 형 변환

: 지도 맵핑을 위한 프로그램 코드 개발

▪ 맵핑 시스템 UI 제작

: 실시간 맵핑 시스템의 UI 디자인 개발

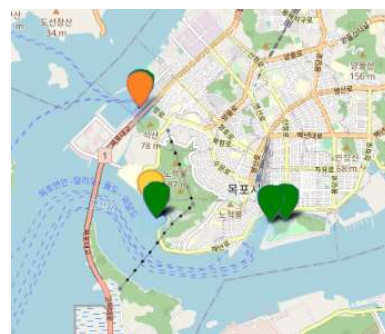


그림. Folium을 이용한 센서 원유 측정 데이터(좌)와 적조 측정 데이터(우) 맵핑(웹페이지용)

- 클라우드 기반 유출오일 및 적조 실시간 모니터링 시스템 구축

■ 실시간 모니터링 시스템 구축

: 측정된 데이터를 볼 수 있는 웹사이트 제작

: 실시간 모니터링 시스템 화면 구성

: 데이터 그룹화

: 맵 핀 팝업 표시 데이터

■ PaaS 기반 클라우드 시스템 개발_Firebase기반 클라우드 서버 구축

: Google의 firebase 서비스를 활용하여 측정된 데이터를 보관하고 접근할 수 있는 클라우드 서버 구축

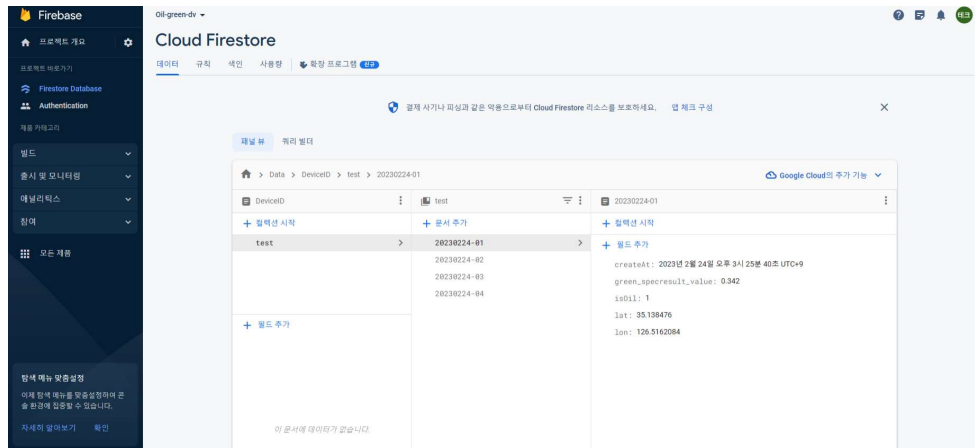


그림. Firebase 클라우드 서버 구축

- 유출 오일 및 적조 발생 모니터링을 위한 휴대폰 어플리케이션 개발

: 스마트폰으로 장비를 제어하기 위한 서버 및 어플리케이션 개발

: 어플리케이션 UI 구성

: 장비 제어 및 측정 데이터 확인을 위한 어플리케이션의 테스트를 진행

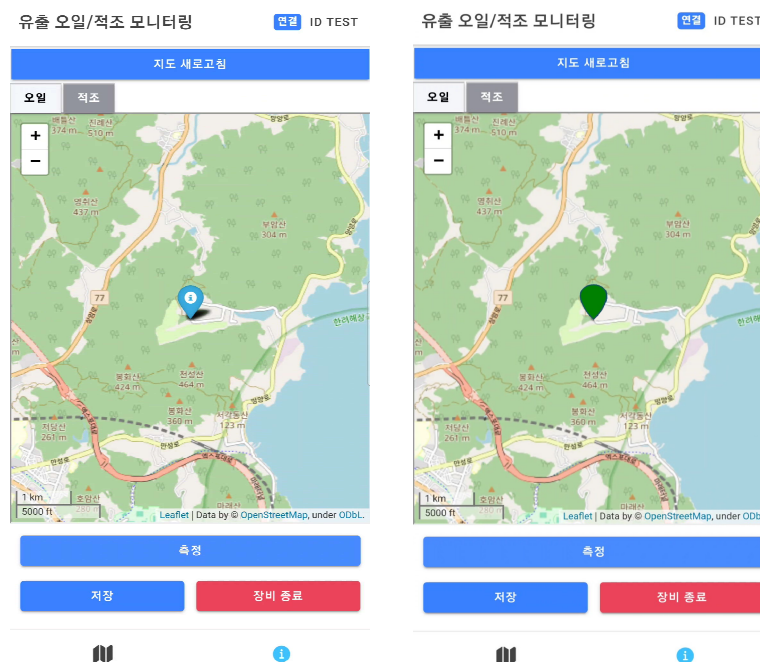


그림. 유출 오일 및 적조 발생 모니터링을 위한 휴대폰 어플리케이션 개발

■ 기존 기술과의 차별성

- : 기존 해양 수질 센서의 1 : 1 측정 방식에서 탈피하여 하나의 센서 모듈에서 유출 오일과 적조에 대하여 동시 측정이 가능한 하이브리드형 광센서 시스템 개발
- : 센서의 소형화 및 경량화를 추진하여 드론, 선박, 부이, 휴대형 등 다양한 플랫폼에 적용 가능한 제품으로 개발함으로써 이동성이 향상됨과 동시에 유출된 오일과 적조에 대한 상시 광대역 모니터링 가능하며 다양한 플랫폼 적용이 가능함에 따라 기존 상용화 제품에 비하여 많은 수요처 확보 가능
- : 수광부에 편광자를 설치함으로써 해수면에서 반사되는 반사광 차단이 가능하며 Lock-In-Amp 기술을 도입하여 높은 파도에 의해 발행하는 측정 간섭 현상을 최소화 함
- : 라이다 기반 유출 오일 및 적조 동시 모니터링 시스템은 조사된 레이저에 의해 발현된 오일의 형광 특성과 클로로필-a에 의한 형광 스펙트럼을 분석하여 오염원을 감지하기 때문에 기상 및 지형 조건, 해상 부유물 등에 영향을 받지 않고 정확한 유출 오일 및 적조 발생 농도의 모니터링 가능
- : GPS 및 GIS 기술을 접목한 맵핑 시스템 개발을 통해 유출 오일 및 적조의 실시간 감지 뿐만 아니라 해양 오염 사고 이후 방제작업을 통한 정화도 및 확산 모니터링 기능이 가능함
- : 사용자의 편의성 향상을 위하여 ICT 기술을 접목하여 센서 시스템에서 검출한 측정 데이터를 유저의 모바일기기로 전송 할 수 있는 클라우드 기반 실시간 원격 모니터링 시스템 도입

경제·산업적 파급효과

- : 당사의 LIDAR 기반 유출오일 및 적조 동시 모니터링 시스템은 상용화 제품 개발 시, 국내외에서 첫 상용화 사례로써 외산 장비의 기술적 피속성에서 벗어나 신기술 기반의 독자적인 원천 기술 확보 가능
- : 유출오일 및 적조 동시 모니터링 시스템이 당사에서 개발되어 상용화될 경우, 국내외적으로 최초 사례로써 신기술 기반의 핵심 원천기술의 확보를 통하여 국내외 관련 시장 선점 가능
- : 수질 분석에 있어 외산 계측 장비에만 의존하지 않음으로써 기술적 피속성에서 벗어나 독자적 기술 확보의 기반을 마련할 수 있어, 고가의 수질 분석 계측 장비의 수입대체가 가능하여 국내의 환경 분야 계측 분석 장비 산업 발전에 기여 할 수 있을 것으로 기대
- : 해양 유출오일 및 적조의 조기 감지 및 실시간 모니터링을 통하여 오염원 방제 작업의 골든타임 확보가 가능하며 해양경찰청 추산 약 700억 이상의 방제 소요 비용 절감 효과 발생

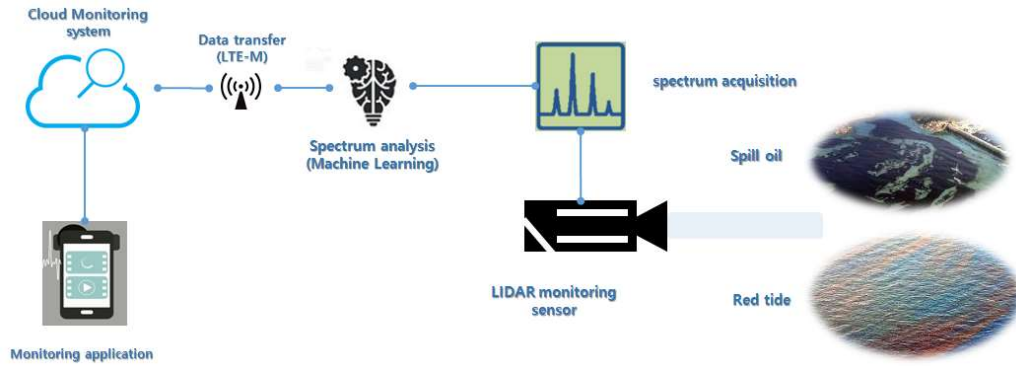
지식재산권 및 시험성적

■ 지식재산권

국내 특허		해외 특허		기타(프로그램)	
출원: 6건	등록: 4건	출원: 2건	등록: 1건	출원: 1건	등록: 2건
구분	출원번호 (등록번호)	출원일자 (등록일자)	출원명칭 (등록명칭)	출원인 (권리자)	
특허 출원	10-2018-0020401	2018.02.21.	원격 원유누출 모니터링 장치	(주)마하테크	
특허 출원	10-2018-0142392	2018.11.19.	오일 유출 감지장치	(주)마하테크	
특허 등록	10-2019-0105720 (10-2215071)	2019.08.28. (2021.02.04.)	원유 및 적녹조 검출 장치	(주)마하테크	
특허 등록	10-2020-0180931 (10-2215071)	2020.12.11. (2019.08.28.)	시료 계측을 위한 분광기 시스템	(주)마하테크	
특허 출원	10-2021-0151380	2021.11.05	해상 유출유 검출 시스템	(주)마하테크	
특허 출원	10-2021-0165284	2021.11.26	해수면 오일 검출 장치	(주)마하테크	
특허 등록	10-2021-0186380 (10-2609743)	2021.12.23. (2023.11.30.)	플랫-탑 평행광 조사가 가능한 해수면 오일 검출 장치	(주)마하테크	
특허 등록	10-2022-0163322 (10-2620882)	2022.11.29. (2023.12.29.)	물과 기름을 판별하기 위한 UV 형광 측정 시스템	(주)마하테크	
특허 출원	10-2022-0166663	2022.12.02	해수면 오일 검출 장치	(주)마하테크	
특허 출원	10-2023-0181123	2023.12.13	적조 측정이 가능한 라이다 센서	(주)마하테크	
해외 출원	PCT/KR2022/010354	2022-07-15	해수면 오일 검출 장치	(주)마하테크	

해외 출원	PCT/KR2022/010354	2022-07-15	플랫-탑 평행광 조사가 가능한 해수면 오일 검출 장치	(주)마하테크
저작권등록 (프로그램)	C-2023-063666	2023-12-28	원유 및 적조 측정기 구동 프로그램	(주)마하테크
저작권등록 (프로그램)	C-2024-001451	2024-01-10	원유 및 적조 측정기 측정 데이터 확인용 및 관리자 웹서비스	(주)마하테크
ISO 9001 인증	GCC-KQ-30221	2024.02.23	LiDAR를 이용한 오일 및 적조 검출 광학 시스템의 설계, 제품 개발 및 제조	(주)마하테크
■ 시험성적				
시험기관:	한국광기술원, 한국기계전기전자시험연구원			
시험내용:	유출 오일 및 적조 동시 측정 소형 하이브리드 광센서의 주요 특성 시험 및 내구성 시험			
시험결과:	<p>광센서 주요 특성 시험</p> <ul style="list-style-type: none"> - 원격 측정 거리 34m - 오일 검출 정확도 100% - 오일 검출 재현성 97% 이상 - 적조 검출 정확도 100% - 적조 검출 재현성 95% 이상 - 측정 오염원 오일 및 적조 2종 <p>내구성 시험</p> <ul style="list-style-type: none"> - 방수 및 방진 IP67 등급 - 충격성 시험 IK07 등급 			

- LiDAR 기반 유출오일 및 적조 동시 모니터링 시스템 개략도



- LiDAR 기반 유출오일 및 적조 동시 모니터링 광센서

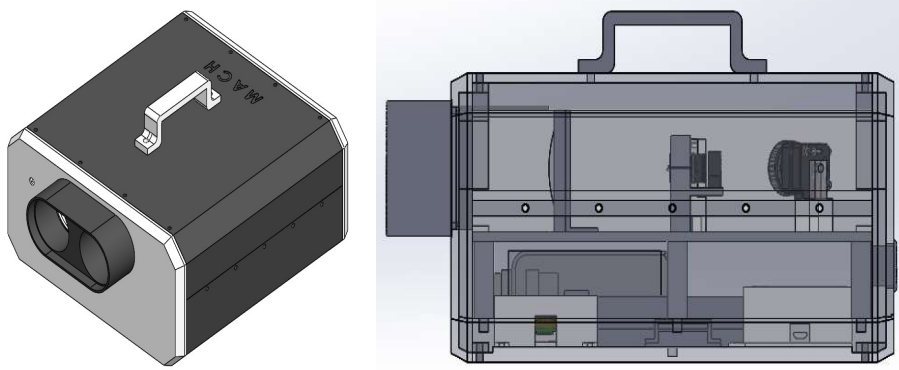


그림. LiDAR 기반 유출오일 및 적조 동시 모니터링 광센서 외함 설계도(3D)



그림. LiDAR 기반 유출오일 및 적조 동시 모니터링 광센서 제작