



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0141082
(43) 공개일자 2022년10월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 21/41 (2006.01) G01N 21/43 (2006.01)
G06F 15/16 (2018.01)
(52) CPC특허분류
G01N 21/4133 (2013.01)
G01N 21/43 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0047190
(22) 출원일자 2021년04월12일
심사청구일자 2021년04월12일

(71) 출원인
경상국립대학교산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
(72) 발명자
고진환
경상남도 진주시 신안들말길 17, 103동 701호 (신안동, 주공1차아파트)
(74) 대리인
김중선

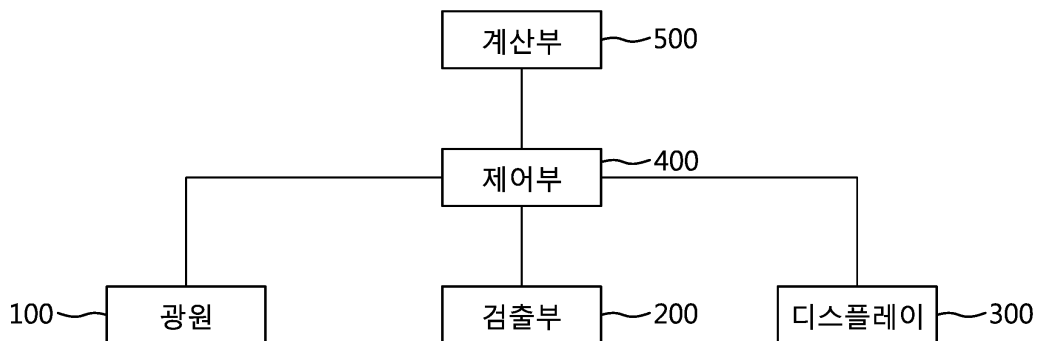
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 해양오염 기름 두께 측정 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 해양오염 기름 두께 측정 장치 및 방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 기설정된 입사각으로 수면에 광을 조사하는 광원, 상기 광원이 기름 및 물에 의해 이중 굴절된 광의 광점을 검출하는 검출부, 상기 광점 및 상기 입사각 기반으로 스넬의 법칙(Snell's law)을 이용하여 상기 기름의 두께를 계산하는 계산부 및 상기 계산부의 결과를 사용자에게 제공하는 디스플레이를 포함하며, 간단한 구조로 기름의 두께를 정확하게 측정할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06F 15/16 (2013.01)

G01N 2021/4153 (2013.01)

G01N 2021/437 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

기설정된 입사각으로 수면에 광을 조사하는 광원;

상기 광원이 기름 및 물에 의해 이중 굴절된 광의 광점을 검출하는 검출부;

상기 광점 및 상기 입사각 기반으로 스넬의 법칙(Snell's law)을 이용하여 상기 기름의 두께를 계산하는 계산부; 및

상기 계산부의 결과를 사용자에게 제공하는 디스플레이;

를 포함하는 해양오염 기름 두께 측정 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 광원은 레이저 광을 이용하는 것을 특징으로 하는 해양오염 기름 두께 측정 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 검출부는 측정면에서 상기 광원의 최대 밝기 기점의 좌표를 상기 광점으로 검출하는 것을 특징으로 하는 해양오염 기름 두께 측정 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 물은 해수인 것을 특징으로 하는 해양오염 기름 두께 측정 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 계산부에서 상기 기름의 두께는 하기의 수학식에 의해 산출되며,

$$t = \left[D - x \frac{\frac{n_3 \sin \theta_1}{n_1}}{\sqrt{1 - \left(\frac{n_3 \sin \theta_1}{n_1} \right)^2}} \right] / \left[\frac{\frac{n_2 \sin \theta_1}{n_1}}{\sqrt{1 - \left(\frac{n_2 \sin \theta_1}{n_1} \right)^2}} \right]$$

여기서, t는 오일층의 두께, n1은 공기 굴절률, n2는 기름층 굴절률, n3는 물의 굴절률, θ 은 오일층 입사각, D는 상기 광이 수면과 최초 접촉하는 지점부터 상기 광점까지의 거리, x는 상기 물의 깊이인 해양오염 기름 두께 측정 장치.

청구항 6

기름층을 포함하는 수면에 기 설정된 입사각으로 레이저를 조사하는 단계;

검출부에서 측정면의 광점을 검출하는 단계;

계산부에서 상기 광점 및 상기 입사각을 기반으로 스넬의 법칙(Snell's law)을 이용하여 상기 기름층의 두께를 계산하는 단계; 및

상기 기름층의 두께를 사용자에게 디스플레이를 통해 제공하는 단계;

를 포함하는 해양오염 기름 두께 측정 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 측정면은 물속의 바닥을 의미하고,

상기 광점은 상기 레이저가 상기 측정면에 도달하여 최대 밝기를 갖는 지점의 좌표를 의미하는 것을 특징으로 하는 해양오염 기름 두께 측정 방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 기름의 두께를 계산하는 단계는 하기의 수학식을 이용하여 계산을 실시하며,

$$t = \left[D - x \frac{\frac{n_3 \sin \theta_1}{n_1}}{\sqrt{1 - \left(\frac{n_3 \sin \theta_1}{n_1} \right)^2}} \right] / \left[\frac{\frac{n_2 \sin \theta_1}{n_1}}{\sqrt{1 - \left(\frac{n_2 \sin \theta_1}{n_1} \right)^2}} \right]$$

여기서, t는 오일층의 두께, n1은 공기 굴절률, n2는 기름층 굴절률, n3는 물의 굴절률, θ_1 은 오일층 입사각, D는 상기 광이 수면과 최초 접촉하는 지점부터 상기 광점까지의 거리, x는 상기 물의 깊이인 해양오염 기름 두께 측정 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 해양오염 기름 두께 측정 방법 및 장치에 관한 것으로, 구체적으로는 레이저를 이용하여 수면 위 기름층의 두께를 측정함으로써 간단한 구조만으로도 정밀한 기름층의 두께를 측정하여 제염에 도움을 주는 측정 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 해양에서 기름 유출 사고가 발생하는 경우 인간을 포함한 해양생태계에 치명적인 영향을 초래한다. 2007년 태안 앞바다에서 발생한 기름 유출 사고 및 1995년 여수 앞바다에서 발생한 시프린스호 기름 유출 사고는 지역민뿐만 아니라 전 국민에게 큰 충격을 주었으며, 오랜 시간 기름이 남아 생태계 복원에 어려움을 겪었다.

[0003] 이러한 기름 유출 사고가 발생하면 현재는 60 내지 150톤 급의 소형 방제선이 오일펜스를 설치하고 많은 인력 또는 소형 어선들을 이용하여 직접 기름을 제거하는 방법을 이용하고 있으나, 원유가 아닌 기름은 사람의 육안으로는 구분이 어려우며, 이에 따라 기름 제거에 어려움이 많다.

[0004] 이에 오염된 기름양을 측정하기 위하여 다양한 유출유 탐지 센서를 개발하여 왔으며, 대부분 대규모, 고가의 시료 분석 장비인 질량분석 기기를 소형화하는 방법으로 연구가 진행되었다.

[0005] 이러한 탐지 방법은 기름의 농도 및 성분을 분석할 수 있는 장점이 있으나, 탐지 센서 내부에 장착되는 자외선 소스, 주파수 발생기, 스펙트럼 분석기 등의 고가의 부품이 연구되어 센서의 단가가 높아져 사용 중 유실 가능성이 높은 해양 환경에서 실제 사용하기에는 어려움이 많다.

[0006] 상기 소형화된 질량분석 기기의 문제점을 해결하기 위하여 비접촉 방식의 기름 탐지 방법을 연구하였으며, 그 결과로 LED 광원을 이용하여 기름층 아래로부터 투과된 빛의 세기를 CCD 센서로부터 획득한 이미지를 분석하는 방법이 제시되었으나, LED 광원은 빛이 분산되는 성질이 있으며 광량의 크기가 제한적이기 때문에 증유와 같이 불투명한 기름의 경우 빛이 기름층을 투과할 수 없어 탐지가 어려운 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제10-2044834호 (2019년 11월 08일 등록)
(특허문헌 0002) 대한민국 등록특허공보 제10-1279077호 (2013년 6월 20일 등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명은 상기 기술적 과제에 대한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 레이저 광원의 굴절률을 이용하여 기름의 두께를 측정하는 방법 및 장치를 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0009] 특히, 본 발명은 기름 두께 측정 장치의 단가 및 유지보수 비용이 저렴하면서도 실시간으로 정확하게 기름의 두께를 측정하는 레이저를 이용한 기름 두께 측정 방법 및 장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0010] 상기 기술적 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 해양오염 기름 두께 측정 장치는 기설정된 입사각으로 수면에 광을 조사하는 광원; 상기 광원이 기름 및 물에 의해 이중 굴절된 광의 광점을 검출하는 검출부; 상기 광점 및 상기 입사각 기반으로 스넬의 법칙(Snell's law)을 이용하여 상기 기름의 두께를 계산하는 계산부; 및 상기 계산부의 결과를 사용자에게 제공하는 디스플레이;를 포함할 수 있다.
- [0011] 또한, 상기 광원은 레이저 광을 이용하여 동작을 수행할 수 있다.
- [0012] 또한, 상기 검출부는 상기 물속의 측정면에서 상기 광원의 최대 밝기 기점의 좌표를 상기 광점으로 검출할 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 물은 해수일 수 있다.
- [0014] 또한, 상기 계산부에서 상기 기름의 두께는 아래 수학적 식 1에 의해 산출될 수 있으며,

수학적 식 1

$$t = \left[D - x \frac{\frac{n_2 \sin \theta_1}{n_1}}{\sqrt{1 - \left(\frac{n_2 \sin \theta_1}{n_1} \right)^2}} \right] / \left[\frac{\frac{n_2 \sin \theta_1}{n_1}}{\sqrt{1 - \left(\frac{n_2 \sin \theta_1}{n_1} \right)^2}} \right]$$

[0015]

- [0016] 여기서, t는 오일층의 두께, n1은 공기 굴절률, n2는 기름층 굴절률, n3는 물의 굴절률, θ_1 은 오일층 입사각, θ_2 는 수층(水層) 입사각이다.
- [0017] 또 다른 측면에서 상기 기술적 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 기름 두께 측정 방법은 기름층을 포함하는 수면에 기 설정된 입사각으로 레이저를 조사하는 단계; 검출부에서 측정면의 광점을 검출하는 단계; 계산부에서 상기 광점 및 상기 입사각을 기반으로 스넬의 법칙(Snell's law)을 이용하여 상기 기름층의 두께를 계산하는 단계; 및 상기 기름층의 두께를 사용자에게 디스플레이를 통해 제공하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0018] 또한, 상기 측정면은 물속의 바닥을 의미하고, 상기 광점은 상기 레이저가 상기 측정면에 도달하여 최대 밝기를 갖는 지점의 좌표를 의미할 수 있다.
- [0019] 또한, 상기 기름의 두께를 계산하는 단계는 아래 수학적 식 2를 이용하여 계산될 수 있으며,

수학식 2

$$t = \left[D - x \frac{\frac{n_2 \sin \theta_1}{n_1}}{\sqrt{1 - \left(\frac{n_2 \sin \theta_1}{n_1} \right)^2}} \right] / \left[\frac{\frac{n_2 \sin \theta_1}{n_1}}{\sqrt{1 - \left(\frac{n_2 \sin \theta_1}{n_1} \right)^2}} \right]$$

[0020]

[0021]

여기서, t는 오일층의 두께, n1은 공기 굴절률, n2는 기름층 굴절률, n3는 물의 굴절률, θ 은 오일층 입사각, θ 는 수층(水層) 입사각이다.

발명의 효과

[0022]

상기한 본 발명의 일 실시예에 따른 기름 두께 측정 방법 및 장치는 비접촉식으로 활용되어 재사용이 가능하며, 간단한 구조로 구성될 수 있어 저렴한 가격으로 제작 및 보수가 가능하다.

[0023]

또한, 포집된 기름의 두께를 정확하게 측정할 수 있어 기름 수거장치의 면적을 계산함으로써 수거된 기름 양을 정확하게 추정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0024]

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 기름 두께 측정 장치의 블록 다이어그램이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 기름 두께 측정 장치를 수식으로 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 기름 두께 측정 장치의 검출부의 실제 동작 예시에 관한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 기름 두께 측정 방법의 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025]

본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시 예를 가질 수 있는 바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다.

[0026]

그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0027]

본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0028]

다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가진 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0029]

이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시 예를 보다 상세하게 설명하고자 한다. 본 발명을 설명함에 있어 전체적인 이해를 용이하게 하기 위하여 도면상의 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 참조부호를 사용하고 동일한 구성요소에 대해서 중복된 설명은 생략한다.

[0030]

본 발명의 일 실시예에서 기름 두께 측정 장치는 유출된 기름을 수거하는 방제선에서 수거한 기름 양을 계산하기 위해 기름 두께를 측정하는 방법을 기반으로 설명을 실시하고 있으나, 이에 한정하지 않고 수조, 바다 등 바닥면이 존재하는 모든 물과 기름이 혼재하여 수층(水層)과 기름층이 존재하는 장소에서 모두 활용될 수 있음은 자명한 사실이다.

[0031]

또한, 본 발명의 일 실시예에서 방제선에서의 이용 방법을 설명하기 위하여 해수에서의 동작을 설명하나, 이에

한정되지 않고 해지면, 오일 저장 탱크 등의 기름과 섞이지 않고 별도의 층으로 이루는 액체 계층이 포함된 모든 장소 및 장치에서 이용될 수 있다.

- [0032] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 기름 두께 측정 장치의 블록 다이어그램이다.
- [0033] 도 1을 참조하면, 기름 두께 측정 장치는 광원(100), 검출부(200), 디스플레이(300), 제어부(400), 계산부(500)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0034] 광원(100)은 해수면에 기 설정된 입사각으로 광을 조사할 수 있다.
- [0035] 광원(100)은 입사된 광을 추적하기 위하여 직진성이 높은 광을 이용하여야 하며, 이를 위하여 본 발명의 일 실시예에서는 레이저를 이용하여 설명하고 있으나, 이에 한정되지 않는다. 레이저는 적색, 녹색, 청색 등 모든 색을 이용할 수 있으며, 필요에 따라 적외선, 근적외선, 자외선 레이저를 이용할 수도 있다.
- [0036] 도 2를 참조하면, 광원은 기 설정된 입사각($\theta 1$)으로 공기층에서 기름층으로 광을 조사할 수 있다. 기름층에 조사된 광은 기름층의 굴절률에 따라 제1 굴절각($\theta 2$)으로 기름층에 입사되며, 이후 기름층에서 해수층으로 진입하며 해수층의 굴절률에 따라 제2 굴절각($\theta 3$)으로 해수층에 입사되어 하단의 측정면에 광점을 형성할 수 있다. 이에 대해 구체적인 동작은 하기의 계산부(500)에서 설명하도록 한다.
- [0037] 검출부(200)는 해수면에 입사된 레이저 광에 의해 측정면에 형성되는 광점을 검출할 수 있다.
- [0038] 검출부(200)는 포토 다이오드, 카메라 등의 광 신호를 검출할 수 있는 모든 장치를 이용할 수 있으며, 본 발명의 일 실시예에서는 카메라를 기준으로 설명하도록 한다.
- [0039] 검출부(200)의 카메라는 광원(100)에서 방출된 레이저 광이 기름층 및 해수층에 의해 굴절되어 해면 또는 측정면에 도달할 것으로 예측되는 영역을 카메라로 촬영할 수 있다. 촬영된 영상에서 파이선과 OpenCV를 이용하여 획득한 이미지 내의 영상의 밝기를 분석하고 가장 밝은 밝기를 가지는 영역을 레이저 광으로 인지할 수 있다.
- [0040] 상기 레이저 광을 인식하는 방법으로 파이선과 OpenCV를 이용하는 방법을 예시하였으나, 이에 한정하지 않고, 머신 러닝(Machine Learning), 딥러닝(Deep learning), 뉴럴 네트워크(Neural network), 픽셀 단위 분석 방법 등 이미지 내의 밝기를 기준으로 이미지 분석을 실시할 수 있는 모든 방법을 활용할 수 있으며, 본 발명의 실시예에서는 대중적으로 많이 사용되는 파이선과 OpenCV를 활용하는 방법으로 설명하고 있을 뿐 이에 한정하지 않는다.
- [0041] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 기름 두께 측정 장치의 검출부의 실제 동작 예시에 관한 도면이다.
- [0042] 도 3을 참조하면, 인지된 레이저 광은 기 설정된 좌표계를 기준으로 레이저 광의 X축 및 Y축 좌표를 가지는 좌표계 형태로 변환하여 계산부(500)에서 기름 두께 계산에 활용될 수 있다.
- [0043] 디스플레이(300)는 기름 두께 측정 결과를 사용자에게 제공할 수 있다.
- [0044] 또한, 디스플레이(300)는 터치스크린으로 구성되어 제어부(400)를 통해 광원(100)과 검출부(200)의 동작을 명령하거나 장치에 이상이 발생하는 경우 이상과 관련된 오류 메시지를 수신할 수 있다.
- [0045] 또한, 디스플레이(300)는 검출부(200)에서 검출한 화면을 직접 확인하여 광원의 위치를 직접 수정할 수 있다.
- [0046] 제어부(400)는 광원(100), 검출부(200), 디스플레이(300) 및 계산부(500)의 동작을 제어할 수 있다.
- [0047] 상기 입사각은 수면과 수직인 상태에서의 기울어진 각도에 해당하며, 상기 기 설정된 입사각은 해수면까지의 거리에 따라 조절할 수 있다. 해수면이 광원(100)의 위치에 대비하여 기 설정된 거리 이상으로 먼 경우 입사각이 크면 자칫 검출부(200)의 좌표계를 벗어난 위치에 광 초점이 형성될 수 있으므로 이러한 문제를 해결하기 위하여 제어부(400)는 액추에이터(미도시) 등을 이용하여 광원(100)과 해수면 간의 높이 또는 광원(100)의 입사각을 조절할 수 있다.
- [0048] 또한, 제어부(400)는 광원(100)이 동작하면 검출부(200)에 동작 신호를 인가하여 즉시 측정면의 광점을 검출하도록 동작을 실시할 수 있다.
- [0049] 또한, 제어부(400)는 계산부(500)에 의해 계산된 기름 두께 정보 및 광점 정보 등을 사용자에게 제공하도록 디스플레이(300)를 제어하는 한편, 디스플레이(300)에 입력된 동작 명령을 광원(100) 및 검출부(200)에 인가할 수 있다.
- [0050] 제어부(400)는 상기 광원(100), 검출부(200) 및 디스플레이(500)의 제어를 수행할 수 있는 라즈베리파이

(Raspberry Pi), 아두이노(Arduino) 등의 소형 컴퓨팅 장치 또는 데스크탑, 노트북 등과 같은 독립적인 프로세스 장치일 수 있으며, 유/무선 네트워크를 통한 서버와의 통신을 통해 동작을 수행할 수도 있다.

[0051] 계산부(500)는 광원(100)의 입사각 및 검출부(200)에서 검출한 광점의 좌표를 기반으로 기름의 두께를 계산할 수 있다.

[0052] 계산부(500)는 제어부(400) 내에 포함되어 동작을 수행하거나 독립적인 프로세싱 장치로 구성될 수 있다.

[0053] 일반적으로, 기름과 해수는 서로 섞이지 않은 상태로 독립적인 층을 이루고 있으며, 기름과 해수는 서로 다른 굴절률을 가지고 있다.

[0054] 도 2를 참조하면, 광원은 기 설정된 입사각(θ_1)으로 공기층에서 기름층으로 광을 조사할 수 있다. 기름층에 조사된 광은 기름층의 굴절률에 따라 제1 굴절각(θ_2)으로 기름층에 입사되며, 이후 기름층에서 해수층으로 진입하며 해수층의 굴절률에 따라 제2 굴절각(θ_3)으로 해수층에 입사되어 하단의 측정면에 광점을 형성할 수 있다.

[0055] 이를 정리하면, 광원(100)에서 방출된 광은 측정면에 도달할 때까지 기름층 및 해수층에 의해 입사각(θ_1), 제1 굴절각(θ_2), 제2 굴절각(θ_3)을 가지며 2회의 굴절이 발생하게 됨을 알 수 있다.

[0056] 광원(100)에서 공기 굴절률(n_1)을 통해 기름층에 기 설정된 입사각(θ_1)으로 입사되면 t의 두께를 가지는 기름층에서 기름층(오일층) 굴절률(n_2)에 의해 제1 굴절각(θ_2)으로 기름층을 통과할 수 있다. 제1 굴절각(θ_2)으로 기름층을 통과한 광은 해수층에서 해수층 굴절률(n_3)에 의해 제2 굴절각(θ_3)으로 해수층을 통과하며 측정면에 광점을 형성할 수 있다.

[0057] 상기 내용에 스넬의 법칙(Snell's law)를 적용하면 수학식 3과 같은 식이 성립될 수 있다.

수학식 3

$$\frac{\sin \theta_1}{n_1} = \frac{\sin \theta_2}{n_2} = \frac{\sin \theta_3}{n_3}$$

[0058]

[0059] 수학식 3에서 제1 굴절각(θ_2)을 중심으로 식을 변형하면 수학식 4가 성립함을 알 수 있다.

수학식 4

$$\sin \theta_2 = \frac{n_2}{n_1} \sin \theta_1, \sin \theta_3 = \frac{n_3}{n_1} \sin \theta_1$$

[0060]

[0061] 도 2를 참조하면, 기름층을 통과하는 광의 경로를 측정면과 수평인 X축 면에서의 거리(D_0) 및 해수층을 통과하는 광의 경로를 측정면과 수평인 X축 면에서의 거리(D_1), 기름층의 두께(t) 및 해수층의 두께(x), 제1 굴절각(θ_2) 및 제2 굴절각(θ_3)을 삼각함수 중 탄젠트(tan)의 관계를 확인하면 수학식 5가 성립함을 알 수 있다.

수학식 5

$$D_0 = t \tan \theta_2, D_1 = x \tan \theta_3$$

[0062]

[0063] 삼각함수의 기본 변환 공식에 의하면 $\tan \theta$ 는 하기의 수학식 6을 만족한다.

수학식 6

$$\tan \theta = \frac{\sin \theta}{\sqrt{1 - \sin^2 \theta}}$$

[0064]

[0065] 상기 수학식 6을 상기 수학식 5에 대입하면 수학식 7이 성립함을 알 수 있다.

수학식 7

$$D_0 = t \frac{\sin \theta_2}{\sqrt{1 - \sin^2 \theta_2}}, D_1 = x \frac{\sin \theta_3}{\sqrt{1 - \sin^2 \theta_3}}$$

상기 수학식 7에서 광원(100)에서 방출된 광이 기름층과 해수층을 지나는 거리인 D는 기름층을 지나는 거리(D1)와 해수층을 지나는 거리(D2)의 합이므로 광원(100)에서 방출된 광이 기름층과 해수층을 지나는 거리인 D에 대하여 하기의 수학식 8이 성립할 수 있다.

수학식 8

$$D = D_0 + D_1 = t \frac{\sin \theta_2}{\sqrt{1 - \sin^2 \theta_2}} + x \frac{\sin \theta_3}{\sqrt{1 - \sin^2 \theta_3}}$$

상기 수학식 8에 상기 수학식 4를 대입하면 수학식 9가 성립하며, 수학식 9에 대해 실측을 통해 광원(100)에서 방출된 광이 기름층과 해수층을 지나는 거리인 D와 해수층의 두께(x)를 알 수 있으므로, 구하고자 하는 기름층의 두께(t)로 식을 정리하면 수학식 10을 성립할 수 있음을 알 수 있다.

수학식 9

$$D = t \frac{\frac{n_2}{n_1} \sin \theta_1}{\sqrt{1 - \left(\frac{n_2}{n_1} \sin \theta_1\right)^2}} + x \frac{\frac{n_3}{n_1} \sin \theta_1}{\sqrt{1 - \left(\frac{n_3}{n_1} \sin \theta_1\right)^2}}$$

수학식 10

$$t = \left[D - x \frac{\frac{n_3}{n_1} \sin \theta_1}{\sqrt{1 - \left(\frac{n_3}{n_1} \sin \theta_1\right)^2}} \right] / \left[\frac{\frac{n_2}{n_1} \sin \theta_1}{\sqrt{1 - \left(\frac{n_2}{n_1} \sin \theta_1\right)^2}} \right]$$

즉, 본원발명은 공기층에서 측정면까지의 거리(수심), 광이 해수면에 입사하는 각도(입사각) 및 공기, 오일층, 해수층 각각의 굴절률을 이용하여 오일층의 두께를 측정할 수 있다.

여기에서 방출된 광이 기름층과 해수층을 지나는 거리, 공기 굴절률, 해수층 굴절률, 입사각 및 수심은 직접적 측정을 통해 알 수 있으며, 오일층의 굴절률은 오일의 종류(원유, 휘발유 등)에 따라 익히 알고 있으므로 레이저 조사만으로 오일층의 두께를 측정할 수 있다.

특히, 방출된 광이 기름층과 해수층을 지나는 거리(D)는 검출부(200)의 이미지 분석을 통하여 광점의 좌표 및 해수면에 입사하는 레이저의 좌표를 기반으로 계산될 수 있다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 기름 두께 측정 방법의 순서도이다.

해수면에 기 설정된 입사각을 갖도록 레이저 광을 조사할 수 있다(S100).

상기 기 설정된 입사각은 입사되는 각도가 일정하도록 광원(100)의 높이 및 조사되는 각도를 액츄에이터(미도시) 등을 이용하여 조사할 수 있다.

레이저 광이 조사되면 측정면에 형성되는 광점을 검출할 수 있다(S200).

레이저 광이 조사되는 영역은 기름층 및 해수층에 의해 두 번의 굴절이 발생하며, 두 번의 굴절 후 측정면에 형성되는 광원을 카메라, 포토 다이오드 등을 이용하여 이미지 또는 영상을 획득하고, 획득한 이미지 또는 영상을 분석하여 가장 밝은 영역을 광점으로 판단 후, 판단된 광점을 좌표계로 변환하여 좌표를 출력할 수 있다.

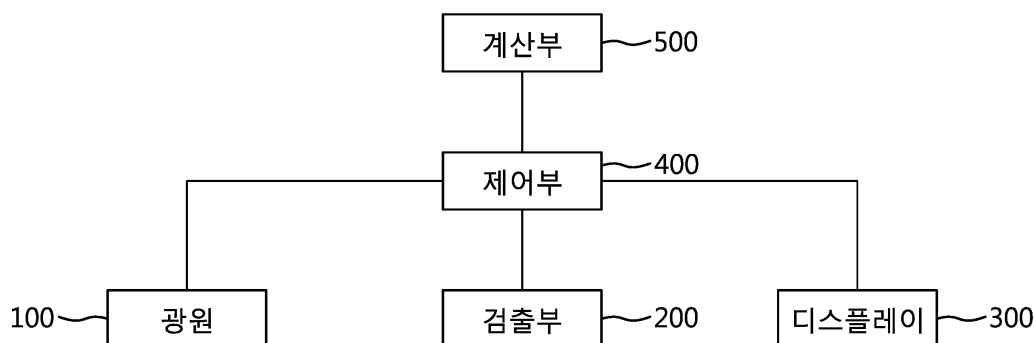
- [0080] 광점이 검출되면 광점과 입사각을 기반으로 기름 두께를 계산할 수 있다(S300).
- [0081] 구체적으로 기름 두께는 광점과 해수면에 입사되는 지점 간의 거리, 공기 굴절률, 오일층 굴절률, 해수층 굴절률, 입사각 및 해수층의 깊이 정보를 기반으로 상기 수학식 10을 이용하여 계산할 수 있다.
- [0082] 또한, 상기 수학식 10에서 공기, 오일층 및 해수층 각각의 굴절률(n_1 , n_2 , n_3)은 실질적으로 고정된 값을 가지고 있으며, 광점과 해수면에 입사되는 지점 간의 거리(D), 해수층의 깊이 및 입사각은 단순 측정을 통해 획득할 수 있는 정보이므로 반복적 측정 및 계산을 통해 보다 정확한 기름층의 두께를 계산함으로써 오차를 획기적으로 감소시킬 수 있다.
- [0083] 이상에서 본 발명에 따른 바람직한 실시예에 따른 기름 두께 측정 장치 및 방법은 장치는 비접촉식으로 활용되어 재사용이 가능하며, 간단한 구조로 구성될 수 있어 저렴한 가격으로 제작 및 보수가 가능하다.
- [0084] 또한, 포집된 기름의 두께를 정확하게 측정할 수 있어 기름 수거장치의 면적을 계산함으로써 수거된 기름량을 정확하게 추정할 수 있다.
- [0085] 상술한 실시예에 설명된 특징, 구조, 효과 등은 본 발명의 적어도 하나의 실시예에 포함되며, 반드시 하나의 실시예에만 한정되는 것은 아니다. 나아가, 각 실시예에서 예시된 특징, 구조, 효과 등은 실시예들이 속하는 분야의 통상의 지식을 가지는 자에 의하여 다른 실시예들에 대해서도 조합 또는 변형되어 실시 가능하다.
- [0086] 따라서 이러한 조합과 변형에 관계된 내용들은 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다. 또한, 이상에서 실시예들을 중심으로 설명하였으나 이는 단지 예시일 뿐 본 발명을 한정하는 것이 아니며, 본 발명이 속하는 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 실시예의 본질적인 특성을 벗어나지 않는 범위에서 이상에 예시되지 않은 여러 가지의 변형과 응용이 가능함을 알 수 있을 것이다. 예를 들어, 실시예들에 구체적으로 나타난 각 구성 요소는 변형하여 실시할 수 있는 것이다. 그리고 이러한 변형과 응용에 관계된 차이점들은 첨부한 청구범위에서 규정하는 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

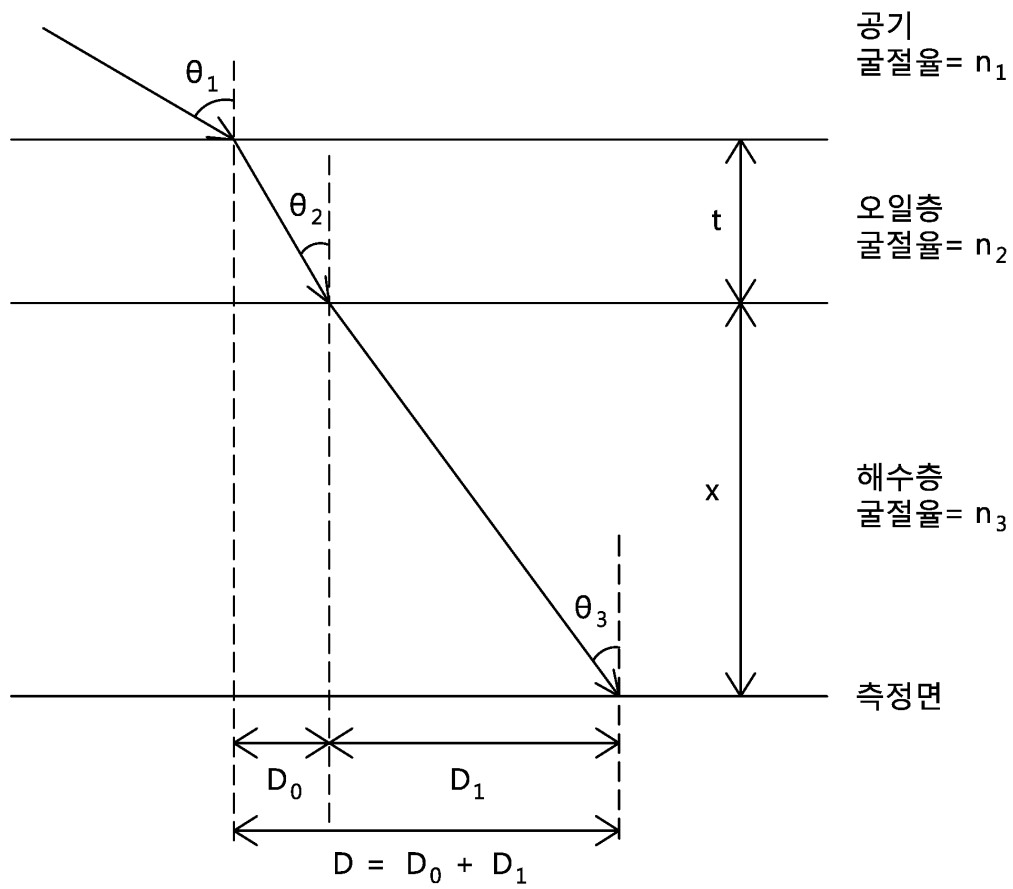
- [0087] 100: 광원
200: 검출부
300: 디스플레이
400: 제어부
500: 계산부

도면

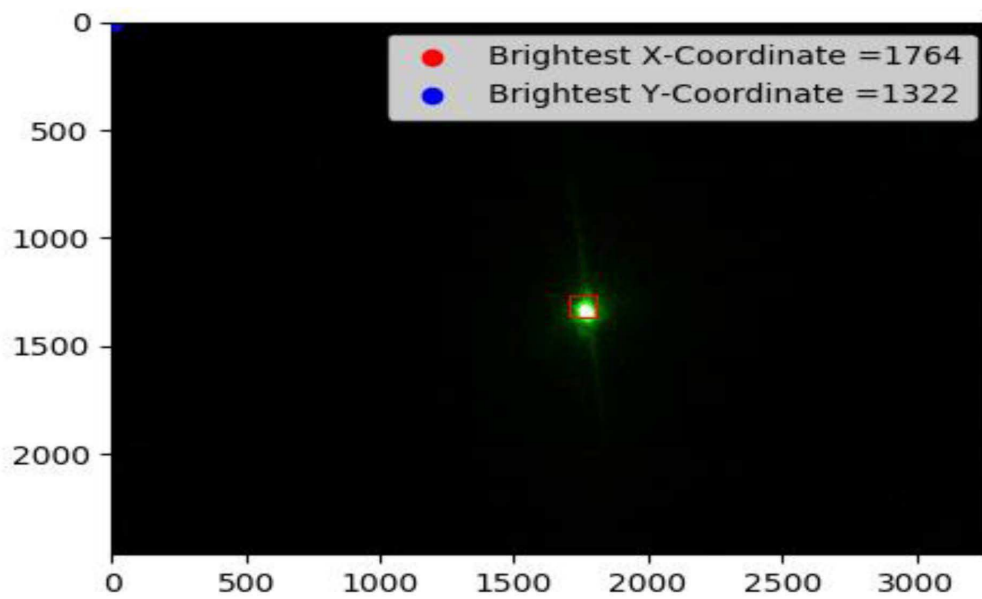
도면1



도면2



도면3



도면4

