



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0008792
(43) 공개일자 2014년01월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 21/64 (2006.01) G01N 33/483 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0075904
(22) 출원일자 2012년07월12일
심사청구일자 2012년07월12일

(71) 출원인
한국과학기술원
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)
(72) 발명자
유경식
대전광역시 유성구 대학로 291 카이스트 전기 및
전자공학과
박병현
대전광역시 유성구 대학로 291 카이스트 전기 및
전자공학과
권경목
대전광역시 유성구 대학로 291 카이스트 전기 및
전자공학과
(74) 대리인
이원희

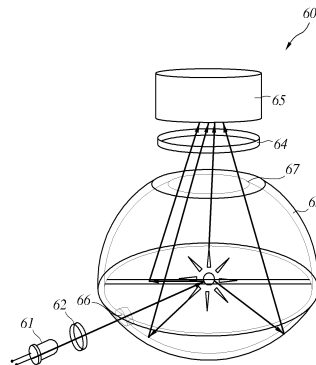
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 집광식 휴대용 형광 검출 시스템

(57) 요약

본 발명은, 형광을 이용하여 고속, 고정밀도의 항원 검출을 목적으로 한 휴대용 형광 검출 시스템에 관한 것으로, 본 발명에 따르면, 1개의 적분구만을 이용하여 광검출기(photodetector)의 반대 방향으로 향하는 빛을 모음으로써 최대 70%의 효율밖에 얻을 수 없었던 종래의 휴대용 형광 검출 시스템의 한계를 극복하여, 반경이 서로 다른 2개의 반구형 거울을 각각의 초점이 일치하도록 접합한 구면거울을 이용함으로써, 기존에 버려졌던 30%의 형광까지 반사시켜 100%의 효율을 얻을 수 있는 새로운 집광식 휴대용 형광 검출 시스템이 제공된다.

대표도 - 도6



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2010-0020804

부처명 교육과학기술부

연구사업명 공공복지안전연구사업

연구과제명 인수공통 전염병원체 신속면역진단 및 모니터링 시스템개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국과학기술원

연구기간 2010.08.16 ~ 2012.07.31

특허청구의 범위

청구항 1

현장 진단 및 모니터링을 위해 형광을 이용하여 항원을 검출하는 집광식 휴대용 형광 검출 시스템에 있어서,
 형광체를 여기 시키는 여기광(excitation light)을 발생하는 형광여기광원(fluorescence excitation source);
 상기 형광여기광원으로부터 발생된 빛을 필터링하는 여기필터(excitation filter);
 반경이 서로 다른 2개의 반구형 거울을 접합한 형태로 형성되어 상기 형광여기광원으로부터 전달된 빛을 집광하는 구면거울;
 상기 구면거울에 의해 집광된 빛을 필터링하는 발산필터(emission filter); 및
 상기 구면거울에 의해 집광되고 상기 발산필터를 통과한 빛으로부터 형광을 검출하는 광검출기(photodetector)를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 집광식 휴대용 형광 검출 시스템.

청구항 2

제 1항에 있어서,
 상기 형광여기광원은, LED를 이용하여 구성되는 것을 특징으로 하는 집광식 휴대용 형광 검출 시스템.

청구항 3

제 1항에 있어서,
 상기 구면거울은,
 상기 형광여기광원으로부터의 빛이 입사하는 광입구; 및
 상기 구면거울 내에서 집광된 광이 나가는 광출구를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 집광식 휴대용 형광 검출 시스템.

청구항 4

제 1항에 있어서,
 상기 여기필터 및 상기 발산필터는, 측정하고자 하는 시료의 특성에 따라 필터를 변경할 수 있도록 복수의 서로 다른 필터가 설치된 필터부로 각각 구성되는 것을 특징으로 하는 집광식 휴대용 형광 검출 시스템.

청구항 5

제 4항에 있어서,
 각각의 상기 필터부의 복수의 필터들 중 원하는 필터를 선택할 수 있도록 하기 위해 각각의 상기 필터부를 회전시키는 필터 회전부를 더 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 집광식 휴대용 형광 검출 시스템.

청구항 6

제 1항에 있어서,
 상기 구면거울은, 반경이 서로 다른 적분구(dome reflector)와 반구형 반사체(hemisphere reflector)를 각각의

초점이 서로 일치하도록 접합한 형태로 형성됨으로써, 상기 형광여기광원으로부터의 광을 모두 상기 광검출기로 향하게 하도록 구성된 것을 특징으로 하는 집광식 휴대용 형광 검출 시스템.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 구면거울은, 플라스틱, 금속, 유리, 폴리머 중 적어도 하나의 재료로 형성되는 것을 특징으로 하는 집광식 휴대용 형광 검출 시스템.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 구면거울은, 반사율을 높이기 위해 알루미늄(Al), 금(Au), 은(Ag) 중 적어도 하나의 재료로 내표면을 코팅 하도록 구성된 것을 특징으로 하는 집광식 휴대용 형광 검출 시스템.

청구항 9

제 6항에 있어서,

상기 구면거울은, 플라스틱 재질로 형성되고, 내표면이 은(Ag)으로 코팅되어 있는 것을 특징으로 하는 집광식 휴대용 형광 검출 시스템.

청구항 10

제 1항에 있어서,

상기 형광여기광원과 상기 여기필터가 일체로 형성되어 상기 구면거울의 광입구에 직접 설치되고,

상기 발산필터와 상기 광검출기가 일체로 형성되어 상기 구면거울의 광출구에 직접 설치되어 있는 것을 특징으로 하는 집광식 휴대용 형광 검출 시스템.

청구항 11

현장 진단 및 모니터링을 위해 형광을 이용하여 항원을 검출하는 형광검출방법에 있어서,

청구항 1항 내지 10항 중 어느 한 항에 기재된 집광식 휴대용 형광 검출 시스템을 이용하여 형광을 검출하는 것을 특징으로 하는 형광검출방법.

청구항 12

형광을 이용하여 항원을 검출하는 형광검출수단; 및

상기 형광검출수단으로부터 검출된 항원에 대한 진단을 수행하는 진단모듈을 포함하여 구성되며,

상기 형광검출수단은, 청구항 1항 내지 10항 중 어느 한 항에 기재된 집광식 휴대용 형광 검출 시스템이고,

상기 진단모듈은, 상기 형광검출수단에 유선 또는 무선으로 연결되어 진단기능을 수행하도록 구성된 컴퓨터 또는 단말기인 것을 특징으로 하는 통합 진단시스템.

청구항 13

집광 시스템에 적용되는 구면거울에 있어서,
 적분구(dome reflector) 형태로 형성되는 제 1 구면부;
 반구형 반사체(hemisphere reflector) 형태로 형성되는 제 2 구면부;
 광원으로부터의 빛이 입사하는 광입구; 및
 집광된 광이 나가는 광출구를 포함하여 구성되고,
 상기 제 1 구면부 및 상기 제 2 구면부는 각각 서로 다른 반경을 가지며,
 상기 제 1 구면부와 상기 제 2 구면부를 각각의 초점이 서로 일치하도록 접합함으로써, 광원으로부터의 광을 모두 한 방향으로 향하게 하도록 구성된 것을 특징으로 하는 구면거울.

청구항 14

제 13항에 있어서,
 상기 구면거울은, 플라스틱, 금속, 유리, 폴리머 중 적어도 하나의 재료로 형성되는 것을 특징으로 하는 구면거울.

청구항 15

제 13항에 있어서,
 상기 구면거울은, 반사율을 높이기 위해 알루미늄(Al), 금(Au), 은(Ag) 중 적어도 하나의 재료로 내표면을 코팅 하도록 구성된 것을 특징으로 하는 구면거울.

청구항 16

제 13항에 있어서,
 상기 구면거울은, 플라스틱 재질로 형성되고, 내표면이 은(Ag)으로 코팅되어 있는 것을 특징으로 하는 구면거울.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은, 인수공통(人獸共通) 병원체 현장 신속 진단 및 모니터링이 가능한 휴대용 시스템에 관한 것으로, 더 상세하게는, 형광을 이용하여 고속, 고정밀도의 항원 검출을 목적으로 한 휴대용 형광 검출 시스템에 관한 것이다.

[0002] 또한, 본 발명은, 1개의 적분구만을 이용하여 광검출기(photodetector)의 반대 방향으로 향하는 빛을 모음으로써 최대 70%의 효율밖에 얻을 수 없었던 종래의 휴대용 형광 검출 시스템의 한계를 극복하여, 반구 거울을 이용하여 기존에 버려졌던 30%의 형광까지 반사시킴으로써 이론적으로 100%의 효율을 얻을 수 있는 새로운 집광식 휴대용 형광 검출 시스템에 관한 것이다.

배경기술

- [0003] 종래, (주)녹십자 MS에서 미국 MagnaBioSciences사로부터 기술이전을 받아 심혈관질환을 예측하는 자성을 이용한 진단기기 개발(MICT)이 이루어지고 있으며, 또한, 바디텍사 및 나노엔텍사에서는 레이저(Laser) 바이오 진단 기기를 이용한 심혈관 질환 등을 진단하는 키트를 개발하고 있다.
- [0004] 이러한 레이저를 이용한 형광 측정용 진단기기(FICT)는, 미국의 BioSite사에서 개발하여 Triage라는 상품명으로 널리 시판하고 있으며, 국내 매출이 약 40억원에 달할 정도로 큰 시장을 형성하고 있다.
- [0005] 그 외에도, Inverness(미국), Roche(스위스), Abbott(미국)사 등 여러 회사에서 형광을 이용한 대형 진단장비를 개발하고 있다.
- [0006] 그러나 상기한 바와 같은 기존의 장비들에서 널리 사용되는 형광 검출방법인 레이저 유발 형광 검출법의 경우, 그러한 방법을 구현하기 위한 시스템이 복잡하여 현장 검출에 어려움이 있었다.
- [0007] 이에 대하여, 종래, 인수공통 병원체 현장 신속 진단 및 모니터링이 가능한 휴대용 시스템 개발의 일환으로, 형광을 이용하여 고속, 고정밀도의 항원 검출을 목적으로 한 휴대용 형광 검출 시스템이 개발되었다.
- [0008] 더 상세하게는, 상기한 바와 같은 휴대용 형광 검출 시스템에 대한 종래기술의예로서, 예를 들면, 휴대용 LED 광원 및 형광체 기반의 고속 고정밀도 다중 항원 멀티 검출용 진단기기 및 인수 공통 감염질환의 조기 진단 시스템 개발의 일환으로 본 발명자들에 의해 개발되어 2011년 04월 08일자로 한국 특허청에 출원된 특허출원 제 10-2011-0032688호에 개시된 바와 같은 "휴대용 형광 검출 시스템(Portable Fluorescence Detection System)" 이 있다.
- [0009] 즉, 상기한 특허출원 제10-2011-0032688호의 "휴대용 형광 검출 시스템은, 각종 형광물질에 대한 검출 키트로 사용될 수 있도록 렌즈 및 레이저를 사용하지 않음으로써 간편하게 휴대할 수 있고, 복수의 형광을 짧은 시간이 검출할 수 있어 빠른 진단이 가능하며, 렌즈, 레이저 및 빔살 가르개와 같은 복잡하고 고가의 장비들을 사용하지 않을 수 있어 비용절감이 가능한 휴대용 형광 검출 시스템에 관한 것이다.
- [0010] 이를 위해, 상기한 특허출원 제10-2011-0032688호의 "휴대용 형광 검출 시스템은, DNA 칩 또는 멤브레인을 이용한 단백질 칩에 대해 시료의 형광을 검출하는 형광 검출 시스템에 있어서, 광이 출사되는 광원; 판 형상의 회전부; 상기 광원으로부터 출사된 광을 여기 시키며, 상기 회전부의 일측면에 설치되고, 교체 가능한 필터부; 내측으로 함입되어 내면의 거울이 곡면 형태로 형성되며, 상기 회전부의 상기 필터부가 장착되는 측과 반대되는 타측에 위치되도록 설치되고, 외면 일정 영역에 상기 광원이 설치되는 곡면반사부; 및 상기 필터부의 상기 회전부에 장착되는 측과 반대되는 타측에 설치되며, 상기 광원에서 발생된 빛에 의해 시료의 형광물질이 여기 되어 발생된 광신호를 검출하여 전기적 신호로 바꾸어 주는 광검출기를 포함하여 형성되는 것을 특징으로 한다.
- [0011] 더 상세하게는, 형광 검출에 있어서, 형광원에서 발산되는 빛은 앞, 뒤, 좌, 우, 아래, 위 등의 전방위로 방출되는데 비해, 이미지를 얻기 위해 렌즈를 이용하면 형광에서 발산하는 빛 중 일부분만 사용하게 되고, 나머지 빛은 버려지게 된다.
- [0012] 그러나 상기한 특허출원 제10-2011-0032688호에 제시된 바와 같은 현장 진단을 위한 휴대용 형광 검출 시스템에 있어서는, 이미지 자료가 필요하지 않으므로 렌즈를 빼고 형광에서 나오는 모든 빛을 받아들이도록 구성하여 광 검출효율을 높일 수 있다.

[0013] 즉, 상기한 특허출원 제10-2011-0032688호에 개시된 바와 같은 종래의 휴대용 형광 검출 시스템에 따르면, 형광원에서 전사방으로 방출되는 빛을 적분구면 거울을 이용하여 모두 특정 협소한 영역으로 모아 형광의 집광 효율을 극단적으로 높임으로써, 진단의 신뢰성을 높이고, 또한, 렌즈를 사용하지 않으므로 시스템의 부피를 줄일 수 있다는 이점이 있다.

[0014] 여기서, 상기한 바와 같은 종래의 휴대용 형광 검출 시스템에 있어서는, 1개의 적분구를 이용하여 광검출기(photodetector)의 반대 방향으로 향하는 빛을 모아 최대 70%의 효율을 얻었다.

[0015] 그러나 적분구의 원리를 적절히 사용하면 집광율 100%를 얻을 수 있으며, 예를 들면, 반구 거울을 1개 더 추가로 사용하여 기존에 버려졌던 약 30% 이상의 형광까지 반사시키면 거의 100%의 효율을 얻을 수 있다.

[0016] 그러나 종래, 단순 구면 또는 포물면의 적분구를 이용하여 광경로를 변화시켜 집광하는 원리가 제시된 바 있으나, 서로 다른 모양의 구면 거울을 이용하여 점광원에서 사방으로 나가는 빛을 모두 한 영역에 모음으로써 이론적으로 100% 집광이 가능한 형광 검출 시스템의 구조 및 그 제조방법에 대하여는 제시된 바 없었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0017] 본 발명은 상기한 바와 같은 종래기술의 문제점을 해결하고자 하는 것으로, 따라서 본 발명의 목적은, 1개의 적분구를 이용하여 광검출기의 반대 방향으로 향하는 빛을 모아 최대 70%의 효율을 얻는데 그쳤던 종래의 휴대용 형광 검출 시스템의 단점을 개선하여, 서로 다른 모양의 구면 거울을 이용하여 점광원에서 사방으로 나가는 빛을 모두 한 영역에 모음으로써, 이론적으로 100% 집광이 가능한 새로운 구조의 집광식 휴대용 형광 검출 시스템을 제공하고자 하는 것이다.

[0018] 즉, 본 발명의 목적은, 1개의 적분구만을 이용하였던 종래의 휴대용 형광 검출 시스템의 구성에 반구 거울을 1개 더 추가로 사용하여 기존에 버려졌던 약 30% 이상의 형광까지 반사시킴으로써, 100%의 효율을 얻을 수 있는 새로운 구조의 집광식 휴대용 형광 검출 시스템을 제공하고자 하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0019] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위해, 본 발명에 따르면, 현장 진단 및 모니터링을 위해 형광을 이용하여 항원을 검출하는 집광식 휴대용 형광 검출 시스템에 있어서, 형광체를 여기 시키는 여기광(excitation light)을 발생하는 형광여기광원(fluorescence excitation source); 상기 형광여기광원으로부터 발생된 빛을 필터링하는 여기필터(excitation filter); 반경이 서로 다른 2개의 반구형 거울을 접합한 형태로 형성되어 상기 형광여기광원으로부터 전달된 빛을 집광하는 구면거울; 상기 구면거울에 의해 집광된 빛을 필터링하는 발산필터(emission filter); 및 상기 구면거울에 의해 집광되고 상기 발산필터를 통과한 빛으로부터 형광을 검출하는 광검출기(photodetector)를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 집광식 휴대용 형광 검출 시스템이 제공된다.

[0020] 여기서, 상기 형광여기광원은, LED를 이용하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0021] 또한, 상기 구면거울은, 상기 형광여기광원으로부터의 빛이 입사하는 광입구; 및 상기 구면거울 내에서 집광된 광이 나가는 광출구를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

- [0022] 아울러, 상기 여기필터 및 상기 발산필터는, 측정하고자 하는 시료의 특성에 따라 필터를 변경할 수 있도록 복수의 서로 다른 필터가 설치된 필터부로 각각 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0023] 더욱이, 상기한 시스템은, 각각의 상기 필터부의 복수의 필터들 중 원하는 필터를 선택할 수 있도록 하기 위해 각각의 상기 필터부를 회전시키는 필터 회전부를 더 포함하여 구성된 것을 특징으로 한다.
- [0024] 또한, 상기 구면거울은, 반경이 서로 다른 적분구(dome reflector)와 반구형 반사체(hemisphere reflector)를 각각의 초점이 서로 일치하도록 접합한 형태로 형성됨으로써, 상기 형광여기광원으로부터의 광을 모두 상기 광검출기로 향하게 하도록 구성된 것을 특징으로 한다.
- [0025] 여기서, 상기 구면거울은, 플라스틱, 금속, 유리, 폴리머 중 적어도 하나의 재료로 형성되는 것을 특징으로 한다.
- [0026] 아울러, 상기 구면거울은, 반사율을 높이기 위해 알루미늄(Al), 금(Au), 은(Ag) 중 적어도 하나의 재료로 내표면을 코팅하도록 구성된 것을 특징으로 한다.
- [0027] 더욱이, 상기 구면거울은, 플라스틱 재질로 형성되고, 내표면이 은(Ag)으로 코팅되어 있는 것을 특징으로 한다.
- [0028] 또한, 상기한 시스템은, 상기 형광여기광원과 상기 여기필터가 일체로 형성되어 상기 구면거울의 광입구에 직접 설치되고, 상기 발산필터와 상기 광검출기가 일체로 형성되어 상기 구면거울의 광출구에 직접 설치되어 있는 것을 특징으로 한다.
- [0029] 아울러, 본 발명에 따르면, 현장 진단 및 모니터링을 위해 형광을 이용하여 항원을 검출하는 형광검출방법에 있어서, 상기에 기재된 집광식 휴대용 형광 검출 시스템을 이용하여 형광을 검출하는 것을 특징으로 하는 형광검출방법이 제공된다.
- [0030] 더욱이, 본 발명에 따르면, 형광을 이용하여 항원을 검출하는 형광검출수단; 및 상기 형광검출수단으로부터 검출된 항원에 대한 진단을 수행하는 진단모듈을 포함하여 구성되며, 상기 형광검출수단은, 상기에 기재된 집광식 휴대용 형광 검출 시스템이고, 상기 진단모듈은, 상기 형광검출수단에 유선 또는 무선으로 연결되어 진단기능을 수행하도록 구성된 컴퓨터 또는 단말기인 것을 특징으로 하는 통합 진단시스템이 제공된다.
- [0031] 또한, 본 발명에 따르면, 집광 시스템에 적용되는 구면거울에 있어서, 적분구(dome reflector) 형태로 형성되는 제 1 구면부; 반구형 반사체(hemisphere reflector) 형태로 형성되는 제 2 구면부; 광원으로부터의 빛이 입사하는 광입구; 및 집광된 광이 나가는 광출구를 포함하여 구성되고, 상기 제 1 구면부 및 상기 제 2 구면부는 각각 서로 다른 반경을 가지며, 상기 제 1 구면부와 상기 제 2 구면부를 각각의 초점이 서로 일치하도록 접합함으로써, 광원으로부터의 광을 모두 한 방향으로 향하게 하도록 구성된 것을 특징으로 하는 구면거울이 제공된다.
- [0032] 여기서, 상기한 구면거울은, 플라스틱, 금속, 유리, 폴리머 중 적어도 하나의 재료로 형성되는 것을 특징으로 한다.
- [0033] 아울러, 상기한 구면거울은, 반사율을 높이기 위해 알루미늄(Al), 금(Au), 은(Ag) 중 적어도 하나의 재료로 내

표면을 코팅하도록 구성된 것을 특징으로 한다.

[0034] 더욱이, 상기한 구면거울은, 플라스틱 재질로 형성되고, 내표면이 은(Ag)으로 코팅되어 있는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0035] 상기한 바와 같이, 본 발명에 따르면, 서로 다른 모양의 구면 거울을 이용하여 점광원에서 사방으로 나가는 빛을 모두 한 영역에 모음으로써, 기존에 버려졌던 약 30% 이상의 형광까지 반사시켜 100%의 효율을 얻을 수 있는 새로운 구조의 집광식 휴대용 형광 검출 시스템이 제공됨으로써, 1개의 적분구를 이용하여 최대 70%의 효율을 얻는데 그쳤던 종래의 휴대용 형광 검출 시스템의 단점을 개선할 수 있다.

[0036] 따라서 본 발명에 따르면, 1개의 적분구만을 이용하였던 종래의 휴대용 형광 검출 시스템의 구성에 반구 거울을 1개 더 추가로 사용하여 100%의 효율을 얻을 수 있는 새로운 구조의 집광식 휴대용 형광 검출 시스템이 제공됨으로써, 진단을 위한 형광체와 이에 부합하는 파장대역의 LED로 구성된 바이오 진단 원천기술 확보가 가능하게 된다.

[0037] 아울러, 본 발명에 따르면, LED의 장점인 파장의 다양성, 안정적 광출력, 장수명의 신뢰성, 소형, 가벼운 무게, 그리고 여타 특수 광원 대비 저렴한 가격 등의 장점을 활용하여, 초기 구입 및 유지관리 비용을 획기적으로 절감할 수 있으면서, 고신뢰도와 고정밀도 및 고효율까지 갖춘 호흡기 감염질환 진단기기 개발이 가능해진다.

[0038] 또한, 본 발명에 따르면, 광학 시스템에서 여러 방향으로 나가는 빛을 한곳으로 모으는 모든 설비에 사용 가능하여, 예를 들면, 광 조명장치에서 점광원에서 나오는 빛을 모두 한방향으로 나가도록 모을 때 퍼지는 빛을 모아 줄 수 있다.

[0039] 더욱이, 본 발명에 따르면, 형광체 기반 항원 항체반응으로 인수 공통 감염 질환 진단시스템에 활용 가능하며, 아울러, 휴대형 진단칩의 활용과 칩내 통신기능을 부여함으로써, 질병의 예방과 진단 및 관리가 동시에 이루어질 수 있는 통합형 기술의 개발이 가능해진다.

도면의 간단한 설명

[0040] 도 1은 종래기술에 따른 레이저 유발 형광 검출장치의 전체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 2는 종래의 타원반사경 레이저 유발 표면 형광 검출장치의 전체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 3은 종래기술에 따른 휴대용 형광 검출 시스템의 작동 원리를 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 4는 종래기술에 따른 휴대용 형광 검출 시스템의 전체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 5a는 종래기술에 따른 휴대용 형광 검출 시스템에서 곡면반사경이 없는 경우의 빛의 진행을 나타내는 도면이고, 도 5b는 포물선형 거울을 사용한 경우의 빛의 진행을 나타내는 도면이며, 도 5c는 구를 1/4지점에서 자른 거울을 사용할 경우의 빛의 진행을 각각 나타낸 도면이다.

도 6은 본 발명에 따른 휴대용 형광 검출 시스템의 전체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 7은 본 발명에 따른 휴대용 형광 검출 시스템의 구면거울의 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 8은 본 발명에 따른 휴대용 형광 검출 시스템의 구면거울의 구성을 설명하기 위한 도면이다.

도 9는 본 발명에 따른 휴대용 형광 검출 시스템의 구면거울의 내면을 코팅하는 구성을 설명하기 위한

도면이다.

도 10은 본 발명에 따른 휴대용 형광 검출 시스템의 구면거울의 제조방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 11은 본 발명에 따른 휴대용 형광 검출 시스템의 성능을 시험하기 위한 측정장치의 전체적인 구성을 나타내는 도면이다.

도 12는 도 11에 나타난 본 발명에 따른 휴대용 형광 검출 시스템의 성능을 시험하기 위한 측정장치에 적용된 형광 드롭렛을 나타내는 도면이다.

도 13은 도 11 도 12에 나타난 바와 같은 측정장치를 이용하여 형광을 측정한 결과를 나타내는 도면으로, 형광의 흡수 파장, 발산 파장 및 LED의 여기 파장을 각각 나타내는 도면이다.

도 14는 도 11 도 12에 나타난 바와 같은 측정장치를 이용하여 형광을 측정한 결과를 나타내는 도면으로, 형광의 물 농도를 일정하게 하고 드롭렛의 크기를 다르게 하면서 광전류를 측정한 결과를 나타내는 도면이다.

도 15는 본 발명에 따른 집광식 휴대용 형광 검출 시스템의 다른 실시예로서, 광원과 광검출기가 구면거울에 일체화된 집광식 휴대용 형광 검출 시스템의 전체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 16은 본 발명에 따른 집광식 휴대용 형광 검출 시스템과 진단모듈이 통합된 형태의 통합 진단시스템의 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0041] 이하, 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명에 따른 집광식 휴대용 형광 검출 시스템의 구체적인 내용에 대하여 상세하게 설명한다.
- [0042] 여기서, 이하에 설명하는 내용은 본 발명을 실시하기 위한 실시예일 뿐이며, 본 발명은 이하에 설명하는 실시예의 내용으로만 한정되는 것은 아니라는 사실에 유념해야 한다.
- [0043] 즉, 본 발명은, 후술하는 바와 같이, 인수공통 병원체 현장 신속 진단 및 모니터링이 가능한 휴대용 시스템 개발을 위해, 형광을 이용하여 고속, 고정밀도의 항원 검출이 가능한 집광식 휴대용 형광 검출 시스템을 제공하고 자 하는 것이다.
- [0044] 이를 위해, 본 발명에 따르면, 후술하는 바와 같이, 여기 광원, 여기 필터, 구면 거울, 발산 필터 및 광검출기를 포함하고, 상기 구면 거울은 서로 다른 반경을 가지는 2개의 구면거울을 초점이 일치하도록 접합한 것을 특징으로 하는 집광식 휴대용 형광 검출 시스템이 제공된다.
- [0045] 따라서 본 발명에 따르면, 렌즈를 사용하지 않으므로 시스템의 부피를 줄일 수 있는 동시에, 형광원에서 전사방으로 방출되는 빛을 적분구면 거울을 이용하여 모두 특정 협소한 영역으로 모아 형광의 집광 효율을 100%까지 높임으로써, 진단의 신뢰성을 높일 수 있다.
- [0046] 즉, 기존의 휴대용 형광 검출시스템에서는 1개의 적분구를 이용하여 광검출기(photodetector)의 반대 방향으로 향하는 빛을 모아 최대 70%의 효율을 얻을 수 있었으나, 본 발명은, 후술하는 바와 같이 반구 거울을 한 개 더 추가로 사용함으로써, 기존에 버려졌던 약 30% 이상의 형광까지 반사시켜 이론상으로 100%의 효율을 얻을 수 있다.
- [0047] 계속해서, 첨부된 도면을 참조하여, 상기한 바와 같은 본 발명에 따른 집광식 휴대용 형광 검출 시스템의 구체적인 실시예에 대하여 상세하게 설명한다.

- [0048] 먼저, 도 1 내지 도 5를 참조하여, 기존의 형광 검출 시스템의 기본적인 구성 및 원리에 대하여 설명한다.
- [0049] 종래, DNA 칩 또는 멤브레인을 이용한 단백질 칩에 대하여 형광을 검출하는 방법으로는 레이저 유발 형광 검출법(Laser induced fluorescing detection)이 대표적으로 이용되고 있으며, 이러한 레이저 유발 형광 검출법은, 형광물질이 흡수하는 파장의 들뜸 광원으로 레이저를 사용하여 형광물질을 여기 상태(excited state)로 만들고, 다시 바닥상태(ground state)로 이동되면서 나오는 형광의 세기를 측정하고, 각 형광의 세기에 비례하여 형광 물질의 농도를 측정하며, 이러한 방법으로 DNA 또는 단백질 시료에 형광물질을 추가하여 정량 분석을 할 수 있다.
- [0050] 또한, 이러한 레이저 유발 형광 검출법을 이용하여 형광을 검출하는 장치 중에서 가장 많이 사용되는 것은, 도 1에 나타낸 바와 같은 공초점 레이저 스캐닝 장치(Confocal laserscanning system)(10)가 있다.
- [0051] 더 상세하게는, 공초점 레이저 스캐닝 장치(10)는, 레이저를 광원으로 이용하여 표본으로부터 발산된 형광 신호를 별도의 특수 검출기인 광전자 증배기 튜브(Photo multiplier tube)로 받아들인 후, 디지털 영상으로 변환시키는 것으로, 레이저 광원을 사용하여 표본에 표지한 형광물질에 적합한 파장대의 빛만을 조사(excitation)하여 형광의 발광(emission)을 유도한다.
- [0052] 이때, 빔살 가르개(beam splitter) 등 다양한 종류의 필터를 선택할 수 있으며, 최종적으로 공간필터(pin hole)를 검출기 앞에 위치시켜 초점이 맞는 상만을 받아 볼 수 있도록 구성되어 있다.
- [0053] 또한, 도 2를 참조하면, 도 2는 종래의 타원반사경 레이저 유발 표면 형광 검출장치의 전체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.
- [0054] 더 상세하게는, 도 2에 도시된 레이저 유발 표면형광 검출장치(20)는, 타원반사경(23)의 제 1 초점의 위치에 배치된 시료에 입사광선을 투사하여 형광을 발생시키고, 형광 및 입사광의 산란광이 제 2 초점에 집속된 후, 형광을 평행광으로 가공하여 표면형광을 검출하는 장치로서, 레이저(21)의 빛이 여기 필터(22)를 통과하고, 여기 필터(22)와 시료제어 수단(24) 사이에 배치되어 있는 타원반사경(23)의 중간 지점에 위치한 구멍을 통과한 후, 시료 제어수단(24)에 고정되어 있는 시료(24) 면에 적절한 크기로 집속된다.
- [0055] 여기서, 이러한 집속점은 타원 반사경(23)의 제1초점에 위치하며, 제 1 초점에서 발광된 형광과 입사광의 산란광은 타원반사경(23)에 의해 반사되어 타원거울의 제 2 초점으로서 시료의 표면에 위치한 먼지 등에 의한 노이즈를 제거하기 위한 공간필터(25)로 집속되고, 공간필터(25)를 통과한 빛은 평행 광학계(collimator)(26)에 의해 평행광으로 변형되어 형광필터(28)를 지나면서 산란광은 걸러지고 순수한 형광성분만이 광검출기(27)로 입사하며, 광검출기(27)로 입사된 형광은 형광 강도(fluorescence intensity)를 표시하는 신호로서 컴퓨터(29)로 전송되어 분석 처리된다.
- [0056] 그러나 상기한 바와 같은 공초점 레이저 스캐닝 장치(10) 및 레이저 유발 검출 장치(20)는, 렌즈, 빔살 가르개, 레이저 등 시스템이 복잡하고 고가의 장비들을 필요로 하며, 검출에 긴 시간을 필요로 하는 등의 단점이 있어, 각종 바이러스에 대한 긴급 및 휴대용 검출 키트로 사용하기에는 한계가 있었다.
- [0057] 이에 대하여, 본 발명자들은, 상기한 특허출원 제10-2011-0032688호 및 도 3에 나타낸 바와 같이, 렌즈 및 레이저를 비롯한 다수의 광학기기들을 사용하지 않아 간편하게 휴대할 수 있고, 복수의 형광을 짧은 시간에 검출할 수 있어 빠른 진단이 가능하며, 렌즈, 레이저 및 빔살 가르개와 같은 복잡하고 고가의 장비들을 사용하지 않을

수 있어 비용절감이 가능한 휴대용 형광 검출 시스템을 제안한 바 있다.

- [0058] 즉, 도 3 및 도 4를 참조하면, 도 3 및 도 4는 본 발명자들에 의해 제시된 종래의 휴대용 형광 검출 시스템의 전체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.
- [0059] 도 3에 나타난 바와 같이, 기존에 제시된 휴대용 형광 검출 시스템(1)은, DNA 칩 또는 멤브레인을 이용한 단백질 칩에 대해 시료(600)의 형광을 휴대가 간편하고 빠르게 검출하기 위한 장치로서, 크게 나누어, 광원(100), 회전부(300), 필터부(200), 곡면반사부(400) 및 광검출기(500)를 포함하여 구성된다.
- [0060] 여기서, 상기한 광원(100)은, LED로 이루어지며, 즉, LED는 소형이고, 수명이 길며, 다양한 파장을 가지고, 저가에 쉽게 구입할 수 있으며, 단색과 백색광에 이르기까지 선택의 폭이 매우 넓다는 장점이 있으므로, 다양한 형광효율이 우수한 분자들을 활용하고 각각에 맞는 LED 파장을 대응시킴으로써, 휴대용 형광 검출 시스템(1)의 광원으로 적절히 적용될 수 있다.
- [0061] 또한, 형광 여기를 위해 주로 사용되는 반도체 레이저는, 기존의 가스 레이저 등에 비해 크기가 많이 작아졌지만, 선택할 수 있는 파장이 제한적이며, 특정 파장 대역 외에는 매우 고가이거나 수급이 어려운 문제점이 있어, 휴대용 형광 검출 시스템(1)의 광원으로 적합하지 않다는 단점이 있다.
- [0062] 아울러, 회전부(300)는 판 형상으로 형성되며, 필터부(200)는 회전부(300)의 일측면에 설치되어 광원(100)으로부터 출사된 광을 여기 시키고, 곡면반사부(400)는 내측으로 함입되어 내면의 거울이 곡면을 이루도록 형성되며, 회전부(300)에 필터부(200)가 장착되는 측과 반대되는 타측에 설치되고, 외면 일정 영역에 광원(100)이 설치된다.
- [0063] 이때, 곡면반사부(400)는 반구, 반타원, 포물선형 또는 1/4 구 형태와 같이 내측으로 함입되어 내면의 거울이 곡면을 이루는 형태 중 어떤 것이라도 사용 가능하며, 광검출기(500)는, 필터부(200)의 회전부(300)에 장착되는 측과 반대되는 타측에 설치되어 광원(100)에서 발생된 빛에 의해 시료(600)의 형광물질이 여기 되어 발생된 광신호를 검출하여 전기적 신호로 변환한다.
- [0064] 여기서, 광검출기(500)는 검출하는 광신호의 종류에 따라 다이오드형 광검출 소자, 광전도체형 광검출 소자, 카메라, CCD, CMOS sensor 등이 사용될 수 있으며, 또는, 별도의 구성요소를 제거하고 사용자의 눈으로 색을 판단하도록 하는 육안 검출도 가능하다.
- [0065] 아울러, 필터부(200)는, 광검출기(500)로 들어가는 형광 빛은 통과시키고, 광원(100)의 빛은 차단하는 역할을 하며, 회전부(300)의 일측면에 일정 간격 이격되어 설치되어 각각 서로 다른 파장대의 형광이 투과되도록 형성될 수 있고, 이때, 복수의 필터부(200) 중심이 동일한 원주 상에 위치되도록 설치되는 바람직하다.
- [0066] 또한, 필터부(200)는, 위치에 따라 다른 파장을 통과시킬 수 있으며, 회전부(300)에 탈부착 가능하게 설치될 수도 있고, 이때, 회전부(300)는, 필터부(200)가 회전에 의해 교체될 수 있도록 중심에 회전축(310)이 설치될 수도 있다.
- [0067] 이에 따라, 상기 휴대용 형광 검출 시스템(1)은 상기 회전부(300)의 회전 운동에 의해 상기 필터부(200)가 손쉽게 교체 가능함으로써, 별도의 분광기를 사용하지 않으면서 다양한 파장대에 위치한 복수의 형광을 짧은 시간에

검출할 수 있어 빠른 진단이 가능하다.

- [0068] 또한, 곡면반사부(400)는, 필터부(200)와 중심이 동일한 수직선상에 위치되도록 회전부(300)의 필터부(200)가 장착되는 측과 반대되는 타측에 설치될 수 있으며, 그것에 의해, 곡면반사부(400)는 회전부(300)의 회전운동에 의해 필터부(200)가 교체되더라도 교체된 상기 필터부(200)와 중심이 동일한 수직선상에 위치됨으로써, 각각의 필터부(200)마다 동일한 조건에서 시료(600)의 형광 검출 과정이 이루어질 수 있도록 구성될 수 있다.
- [0069] 이때, 곡면반사부(400)의 내면은 PDMS, 에폭시 수지, 플라스틱, 유리, 금속 중 어느 하나로 제작될 수 있으며, 이 중, 플라스틱으로 제작되는 곡면반사부(400)는 생산 단가가 저렴하고, 제작 속도가 빨라 대량생산이 용이하다는 장점이 있다.
- [0070] 또한, 상기한 휴대용 형광 검출 시스템(1)은, 회전부(300)가 회전축(310)을 중심으로 일정 속도로 회전 운동하도록 회전부(300)의 회전축(310)에 모터가 더 설치될 수도 있다.
- [0071] 아울러, 상기한 바와 같은 휴대용 형광 검출 시스템(1)의 동작에 대하여 설명하면, 먼저, 광원(100)에 의해 발생한 형광 빛은 곡면반사부(400) 내면의 곡면에 의해 반사되어 필터부(200)를 거쳐 상기 광검출기(500)로 향하게 되고, 곡면반사부(400) 내면에 형성되는 곡면반사경은 광원(100)의 빛을 반사하는 것뿐만 아니라, 광원(100)의 빛이 여러 차례에 걸쳐 형광 물질을 여기 시키는 역할을 함으로써, 광검출기(500)의 감광도(Sensitivity)를 높여 줄 수 있다.
- [0072] 여기서, 곡면 형태의 곡면반사부(400)를 사용하는 이유는, 도 5(a)에 나타난 바와 같이, 구면 거울을 사용하지 않을 경우에는 형광물질에서 나오는 빛의 일부분만이 광검출기로 들어가는 반면, 도 5(b)와 같이 포물선형 거울을 사용할 경우에는 거울 면을 향하는 빛들이 수직하게 반사되어 광검출기가 멀리 떨어져 있더라도 최소한 50% 이상의 빛을 검출할 수 있으며, 또한, 도 5(c)와 같이 구를 1/4지점에서 자른 거울을 사용할 경우에는 포물선형 구를 사용할 때만큼 수직하게 반사되지는 않지만, 비교적 빛이 수직하게 내려와 거울을 사용하지 않는 경우보다 검출 효율이 높아진다.
- [0073] 따라서 상기한 바와 같은 종래의 휴대용 형광 검출 시스템(1)은, 곡면의 반사면을 이용하여 검출효율을 증대시키고, 필터를 교체 가능하게 제작하여 별도의 분광기를 사용하지 않으면서 복수의 형광을 짧은 시간에 검출할 수 있어 빠른 진단이 가능하다는 장점이 있으나, 상기한 종래기술에 대한 설명에서 설명한 바와 같이, 기존의 형광 검출 시스템은 최대 70%까지의 효율밖에 얻을 수 없는 것이었다.
- [0074] 이에, 본 발명자들은, 이하에 설명하는 바와 같이 하여 이론적으로 100%의 효율을 얻을 수 있는 집광식 휴대용 형광 검출 시스템을 제시하였다.
- [0075] 계속해서, 도 6을 참조하여, 본 발명에 따른 집광식 휴대용 형광 검출 시스템(60)의 구체적인 실시예에 대하여 상세하게 설명한다.
- [0076] 여기서, 상기한 도 3 내지 도 5에 나타난 기존의 휴대용 형광 검출 시스템(1)과 동일한 부분에 대하여는, 설명을 간략히 하기 위해 그 상세한 설명을 생략하고, 다른 부분에 대하여만 설명한다.
- [0077] 즉, 본 발명의 실시예에 따른 집광식 휴대용 형광 검출 시스템(60)은, 비이미징(Non-imaging) 시스템으로서, 2

개의 구면거울이 집합된 적분구를 이용하는 것을 특징으로 하는 것이다.

- [0078] 더 상세하게는, 이미 실험실에서 분석이 완벽하게 끝난 바이러스 요소라면, 바이러스나 전염병을 검출해야 하는 농어촌 등의 현장에서는 복잡한 이미지를 얻을 필요 없이 감염의 여부만 알면 되므로, 이와 같이 이미징이 반드시 필요하지 않은 검출 분야에서는 굳이 이미징을 위한 렌즈가 불필요하며, 또한, 전사방으로 방출된 빛을 한곳으로 모으는 구면거울 구조를 이용하여 형광 빛을 모으면 그만큼 검출효율을 높일 수 있다.
- [0079] 즉, 도 6에 나타난 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 집광식 휴대용 형광 검출 시스템(60)은, 형광체를 여기시키는 여기광(excitation light)을 발생하는 형광여기광원(fluorescence excitation source)(61), 형광여기광원(61)으로부터 발생된 빛을 필터링하는 여기필터(excitation filter)(62), 여기광원(61)으로부터 시료에 전달되어 시료에 의해 반사된 빛을 집광하는 구면거울(63), 구면거울(63)에 의해 집광된 빛을 필터링하는 발산필터(emission filter)(64) 및 집광된 빛을 통하여 형광을 검출하는 광검출기(photodetector)(65)를 포함하여 구성되어 있다.
- [0080] 여기서, 상기한 구면거울(63)에는, 도 6에 나타난 바와 같이, 여기광원(61)으로부터의 빛이 입사하는 광입구(66) 및 구면거울(63) 내에서 집광된 광이 나가는 광출구(67)가 각각 형성되어 있다
- [0081] 또한, 상기한 형광여기광원(61)은, 일반적으로 많이 사용되는 레이저 대신 LED를 사용한다.
- [0082] 즉, LED는 소형이며 수명이 길고 저가에 쉽게 구입 가능하다는 장점이 있으며, 아울러, 현장에서 신속 진단을 위한 휴대용 검출시스템은, 기존의 시스템에 비해 휴대성이 뛰어나야 하며 가격 경쟁력이 있어야 하므로, 따라서 상기한 바와 같이 LED를 이용하여 광원을 구성함으로써, 병원체의 현장 검출을 위한 휴대용 형광 검출시스템에 적절히 적용될 수 있다.
- [0083] 아울러, 여기필터(62) 및 발산필터(64)는, 각각의 시료 특성에 따라 적절한 필터를 설치하여, 크로스토크(crosstalk)를 최소화하는 동시에, 해당 시료의 형광 특성에 적합한 파장의 빛이 시료에 공급되고 광검출기(65)에 도달할 수 있도록 하기 위한 것이다.
- [0084] 여기서, 상기한 집광식 휴대용 형광 검출 시스템(60)은, 시료가 변경되는 경우, 즉, 형광체가 바뀔 경우, 해당 형광체의 발광 파장에 맞는 필터가 필요하게 되므로, 복수의 필터를 설치하여 필요에 따라 필터를 변경할 수 있도록, 필터 회전을 위한 필터 회전체를 더 포함하여 구성될 수도 있다.
- [0085] 아울러, 필터 회전체의 구체적인 구성은, 도 4에 나타난 기존의 휴대용 형광 검출 시스템(1)과 동일하게 구성할 수 있으므로, 여기서는 그 상세한 설명은 생략한다.
- [0086] 다음으로, 구면거울(63)은, 시료, 즉, 형광체로부터 나오는 빛을 모아주는 역할을 하는 것으로, 앞서 설명한 바와 같이, 형광체의 발광은 모든 방향으로 이루어지므로 일반적인 방법으로는 발광되는 빛의 일부만 광 검출기에 도달하게 된다.
- [0087] 그러나 본 발명의 실시예에 따른 구면거울(63)은, 도 6에 나타난 바와 같이, 반경이 서로 다른 2개의 구면거울을 각각의 초점이 서로 일치하도록 집합한 형태로 형성됨으로써, 발광되는 빛을 100% 집광하여 광 검출기로 향하게 할 수 있으며, 이러한 점에서 상기한 종래의 휴대용 형광 검출 시스템(1)과 다르다.

- [0088] 더 상세하게는, 도 7에 나타낸 바와 같이, 일반적인 적분구(dome reflector)를 이용하면, 아래로 향하는 빛은 모두 위로 재지향(redirection)되는 반면, 위로 나가는 빛은 여전히 사방으로 퍼지게 된다.
- [0089] 또한, 도 7에 나타낸 바와 같이, 반구형 반사체(hemisphere reflector)를 이용하면 중심에서 출발한 빛은 적분구에서 반사되어 다시 중심으로 되돌아 온다.
- [0090] 따라서 이러한 두 가지 구면 거울의 일부를 적절히 조합하면, 중심에서 출발한 형광을 모두 위로 향하게 만들 수 있다.
- [0091] 이에, 본 발명자들은, 상기한 바와 같은 원리에 근거하여 각각 반경이 다른 2개의 적분구와 반구형 거울을 접합하여 구면거울을 구성하고, Light tools를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다.
- [0092] 이하, 도 8을 참조하여, 상기한 바와 같이 각각 반경이 다른 2개의 적분구와 반구형 거울을 접합하여 형성된 구면거울을 구성하기 위한 시뮬레이션의 내용에 대하여 상세히 설명한다.
- [0093] 즉, 도 8a에 나타낸 바와 같이, 먼저, 구면거울에 반사되지 않고 구면거울의 중심으로부터 직접 위쪽의 열린 부분으로 향하는 형광 빛은 모두 위쪽의 열린 부분으로 나가게 된다.
- [0094] 또한, 도 8b에 나타낸 바와 같이, 구면거울의 중심으로부터 시료의 아래쪽으로 향하는 빛은 모두 아래쪽에 있는 적분구에 반사되어 위로 향한다.
- [0095] 아울러, 도 8c에 나타낸 바와 같이, 구면거울의 중심으로부터 위쪽의 반구형 거울로 향하는 빛은, 일단 반구형 거울에 반사되고, 중심을 거쳐 상기한 도 8b에 나타낸 바와 같은 경로를 통해 모두 위로 향한다.
- [0096] 따라서 상기한 세 가지 경우를 모두 결합하면, 도 8d에 나타낸 바와 같이, 구면거울의 중심에서 사방으로 출발한 빛은 모두 위로 모이는 효과를 얻을 수 있다.
- [0097] 즉, 광원에서 집합면과 평행하게 들어온 빛은 밖으로 빠져나오는 빛이 최소화되어 구조 안에 갇히는 효과가 있으며, 이는, 나중에 광원에서 출발한 여기광(excitation light)과 형광에서 나온 발산광(emission light)을 구분, 즉, 필터링 할 때 유리하게 작용한다.
- [0098] 아울러, 광원에서 나온 빛이 상기한 바와 같이 구면거울 구조 내에 갇히게 되면, 중심, 즉, 시료와 다시 만나게 될 확률이 그만큼 높아지게 되는 효과도 얻을 수 있다.
- [0099] 또한, 도 9를 참조하면, 도 9는 광원 소스로부터 나온 빛이 구면거울 내에서 어떻게 진행되는지를 나타내는 도면이다.
- [0100] 도 9에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 구면거울은, 집합면을 기준으로 위와 아래의 구의 반경이 다르므로, 따라서 빛이 옆에서 들어올 경우, 도 9에 나타낸 바와 같이 사다리꼴 형태의 광경로를 그리면서 구면

거울 구조 내부에 한동안 갇히게 된다.

- [0101] 즉, 도 9를 참조하면, 도 9a는 아래로 평행하게 진행하는 빛이 사다리꼴의 광경로를 이루는 것을 나타내고 있으며, 도 9b는 위로 평행하게 진행하는 빛이 구면거울의 내부에서 빠져나오기 전까지 여러 번 구조 내를 왕복하게 되는 것을 나타내고 있고, 도 9c는 접합면에 평행하게 빛을 쏘았을 때 빛이 어떻게 진행하는지를 나타내고 있다.
- [0102] 따라서 상기한 바와 같이, 반경이 서로 다른 2개의 반구형 거울을 각각의 초점이 서로 일치하도록 접합함으로써, 본 발명의 실시예에 따른 구면거울(63)을 구현할 수 있다.
- [0103] 여기서, 상기한 구면거울(63)은, 플라스틱, 금속, 유리, 폴리머 등 다양한 재료로 형성 가능하다.
- [0104] 바람직하게는, 플라스틱으로 구면거울(63)을 형성하면, 비교적 우수한 상급의 표면 거칠기를 얻을 수 있는 동시에, 제조가 용이하고, 비용 면에서 유리한 이점이 있으므로, 저비용 대량생산이 가능하다.
- [0105] 또한, 구면거울(63) 내부의 반사율이 높을수록 좋으므로, 알루미늄(Al), 금(Au), 은(Ag) 등의 재료로 구면거울(63)의 내표면을 코팅하여 반사율을 높일 수 있다.
- [0106] 즉, 도 10을 참조하면, 도 10은 본 발명에 따른 휴대용 형광 검출 시스템의 구면거울의 제조방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0107] 도 10에 나타난 바와 같이, 상기한 바와 같이 플라스틱으로 형성된 구면거울에, 바람직하게는, 은(Ag)으로 표면을 코팅함으로써, 특정 파장에 대하여 90%까지 반사율을 높일 수 있다.
- [0108] 여기서, 본 발명자들은, 상기한 바와 같은 본 발명의 실시예에 따른 집광식 휴대용 형광 검출 시스템의 성능을 시험하기 위해, 도 11에 나타난 바와 같이 실제로 형광 검출 시스템을 구현하고, 측정을 행하여 그 성능을 시험하였다.
- [0109] 계속해서, 도 11 내지 도 14를 참조하여, 상기한 바와 같은 본 발명의 실시예에 따른 집광식 휴대용 형광 검출 시스템의 성능을 시험하기 위한 실험 결과에 대하여 설명한다.
- [0110] 즉, 도 11 및 도 12를 참조하면, 도 11은 본 발명에 따른 휴대용 형광 검출 시스템의 성능을 시험하기 위한 측정장치의 전체적인 구성을 나타내는 도면이고, 도 12는 그러한 측정장치에 적용된 형광 드롭렛(droplet)을 나타내는 도면이다.
- [0111] 더 상세하게는, 도 11에 나타난 바와 같이, 상기한 본 발명의 실시예에 대한 설명에 따라 광전류(photocurrent)를 측정하기 위한 형광 검출시스템을 구성하기 위해, 광학부품들을 이용하여 광원, 필터, 구면거울, 광검출기(photodetector)를 각각 배치하였다.
- [0112] 여기서, 본 실험예에서는, 기존의 광학 부품을 기반으로 제작하기 위해 반구의 반지름이 약 2cm 정도인 것으로 제작하였으나, 후술하는 바와 같이, 부품의 집적 및 일체화 등을 통하여 최적화하면, 훨씬 더 작게 만드는 것도

가능하다.

- [0113] 또한, 도 12에 나타낸 바와 같이, 샘플(Sample)을 드롭렛(droplet) 형태로 로딩하여 모든 방향으로 빛이 블로킹(blocking) 되는 것을 최소화하였으며, 실제 실험에서 사용된 형광 드롭렛은 마이크로 피펫을 사용하여 $0.5 \times 10^{-6} \ell$ 까지 조절 가능하였다.
- [0114] 아울러, 도 13 및 도 14를 참조하면, 도 13 및 도 14는, 도 11 및 도 12에 나타낸 바와 같은 측정장치를 이용하여 형광을 측정한 결과를 나타내는 도면이다.
- [0115] 더 상세하게는, 도 13은 도 11 및 도 12에 나타낸 바와 같은 측정장치를 이용하여 형광을 측정하였을 때 형광의 흡수 파장, 발산 파장 및 LED의 여기 파장을 각각 나타내는 도면이고, 도 14는 형광의 물 농도를 일정하게 하고 드롭렛의 크기를 다르게 하면서 광전류를 측정한 결과를 나타내는 도면이다.
- [0116] 여기서, 도 13에 있어서, 형광은 쿠마린 유도체(coumarin-derivative)를 이용하였으며, 형광의 흡수(absorption) 파장과 발산(emission) 파장, 그리고 LED의 여기(excitation) 파장에 대하여, 여기 필터(Excitation filter)와 발산 필터(Emission filter)를 사용하여 크로스토크(Crosstalk)를 최소화하였다.
- [0117] 또한, 도 14에 있어서, 형광의 물 농도는 $40 \times 10^{-6} \text{ M}$ [$40 \mu\text{M}$] 농도로 농도를 일정하게 하고, 드롭렛(droplet)의 크기를 다르게 하면서 광전류(Photocurrent)를 측정하였으며, 대조군으로 형광 없이 물방울만 있을 때의 실험도 같이 진행하였다.
- [0118] 따라서 상기한 바와 같이, 본 발명에 따르면, 렌즈 대신 적분구 원리를 이용하여 구면 거울을 이용한 집광식 휴대용 형광 검출기를 제작함으로써, 렌즈를 사용하여 이미지를 얻을 때보다 받아들이는 형광의 양이 많아져 검출기의 집광 효율을 높일 수 있다.
- [0119] 또한, 본 발명에 따른 집광식 휴대용 형광 검출시스템은, 작고 간단하여 휴대가 가능하므로 초기 진입이 중요한 전염성 바이러스의 현장 진단용으로 적합하며, 사용된 재료 또한 주로 플라스틱 가공과 LED 광원을 이용하므로, 정밀 미세 공을 필요로 하는 렌즈 기반의 검출기와 비교하여 우수한 가격대 성능비를 가진다.
- [0120] 따라서 상기한 바와 같이 하여, 본 발명에 따른 집광식 휴대용 형광 검출 시스템을 구현할 수 있으며, 그것에 의해, 기존에 버려졌던 약 30% 이상의 형광까지 반사시켜 100%의 효율을 얻을 수 있는 집광식 휴대용 형광 검출 시스템을 제공할 수 있다.
- [0121] 이상, 상기한 바와 같은 본 발명의 실시예를 통하여 본 발명에 따른 집광식 휴대용 형광 검출 시스템의 상세한 내용에 대하여 설명하였으나, 본 발명은 상기한 실시예에 기재된 내용으로만 한정되는 것은 아니다.
- [0122] 즉, 도 15에 나타낸 바와 같이, 본 발명에 따른 집광식 휴대용 형광 검출 시스템은, 광원과 검출부의 일체화 및 집적화를 통하여 보다 간결한 구성으로 구현될 수 있다.
- [0123] 더 상세하게는, 도 15를 참조하면, 도 15는 본 발명에 따른 집광식 휴대용 형광 검출 시스템의 다른 실시예로서, 광원과 광검출기가 구면거울에 일체화된 집광식 휴대용 형광 검출 시스템(70)의 전체적인 구성을

개략적으로 나타내는 도면이다.

[0124] 구체적으로는, 도 15a에 나타난 바와 같이, LED(71)와 여기필터(72)를 일체로 구성하여 광입구(73)에 직접 설치하고, 또한, 도 15b에 나타난 바와 같이, 발산필터(74)와 광검출기(75)를 광출구에 직접 설치하여 구면거울(76)과 일체화함으로써, 불필요한 부분을 제거하여 보다 간결한 구조의 집광식 휴대용 형광 검출 시스템(70)을 구현할 수 있다.

[0125] 또한, 도 16을 참조하면, 도 16은 본 발명에 따른 집광식 휴대용 형광 검출 시스템과 진단모듈이 통합된 형태의 통합 진단시스템(80)의 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.

[0126] 즉, 도 16a 및 도 16b에 각각 나타난 바와 같이, 본 발명에 따른 집광식 휴대용 형광 검출 시스템과, 진단모듈의 기능을 수행하는 컴퓨터 또는 휴대용 단말기를 유선 또는 무선으로 연결하여 형광 검출과 진단을 동시에 수행 가능한 통합 진단 시스템(80)을 구축할 수 있다.

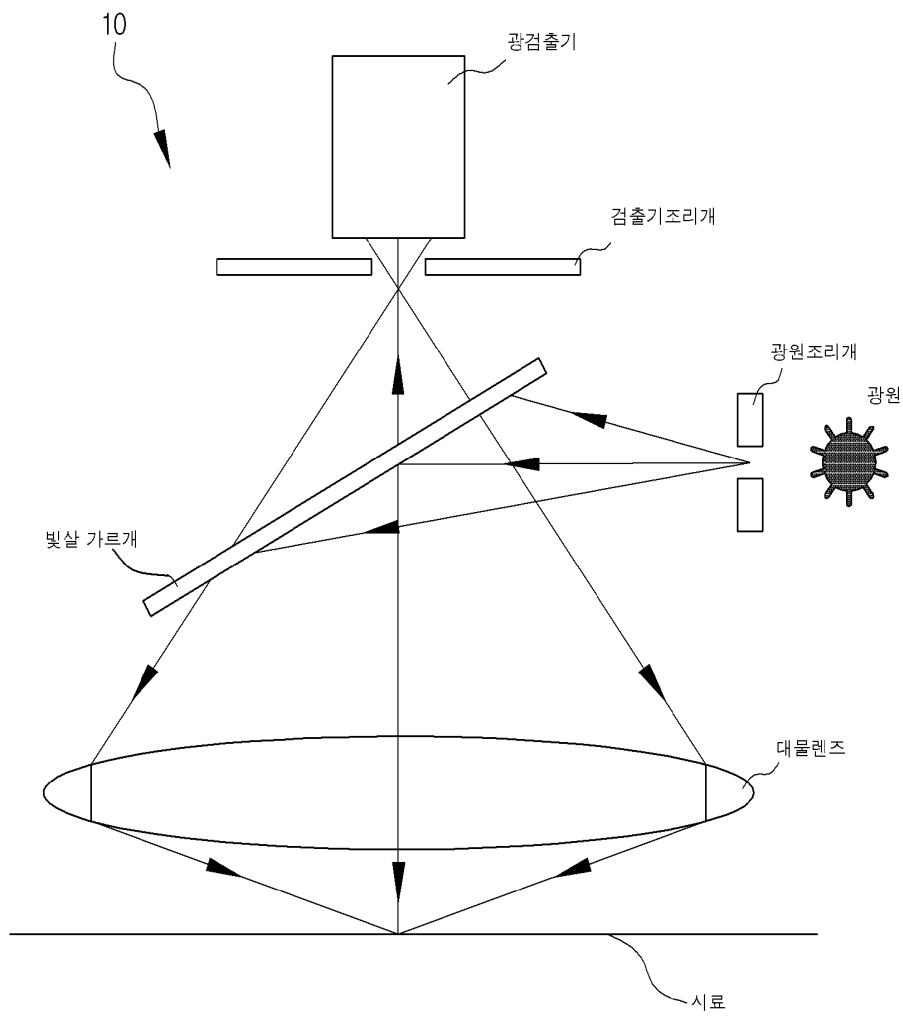
[0127] 따라서 상기한 바와 같이, 본 발명은, 본 발명의 상세한 설명에 기재된 실시예들의 내용으로만 한정되는 것이 아니라, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 설계상의 필요 및 기타 다양한 요인에 따라 여러 가지 수정, 변경, 결합 및 대체 등이 가능한 것임은 당연한 일이라 하겠다.

부호의 설명

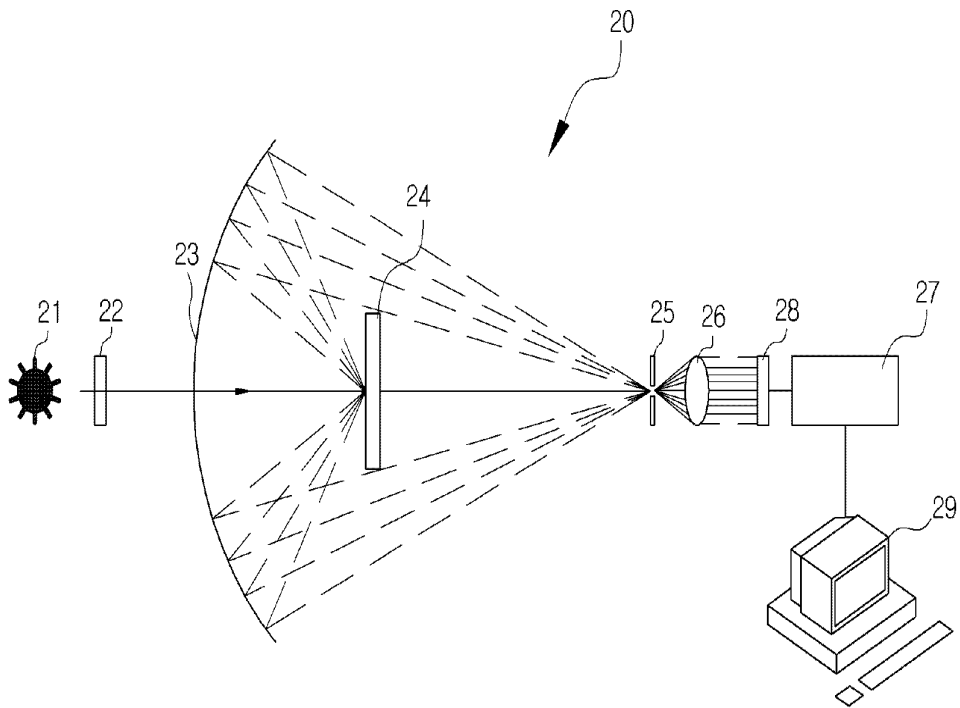
[0128]	1. 휴대용 형광 검출 시스템	10. 공초점 레이저 스캐닝 장치
	20. 레이저 유발 표면형광 검출장치	21. 레이저
	22. 여기 필터	23. 타원반사경
	24. 시료제어 수단	25. 공간필터
	26. 평행 광학계	27. 광검출기
	28. 형광필터	29. 컴퓨터
	60. 집광식 휴대용 형광 검출 시스템	61. 형광여기광원
	62. 여기필터	63. 구면거울
	64. 발산필터	65. 광검출기
	66. 광입구	67. 광출구
	70. 집광식 휴대용 형광 검출 시스템	71. LED
	72. 여기필터	73. 광입구
	74. 발산필터	75. 광검출기
	76. 구면거울	80. 통합 진단시스템
	100. 광원	200. 필터부
	300. 회전부	310. 회전축
	400. 곡면반사부	500. 광검출기
	600. 시료	

도면

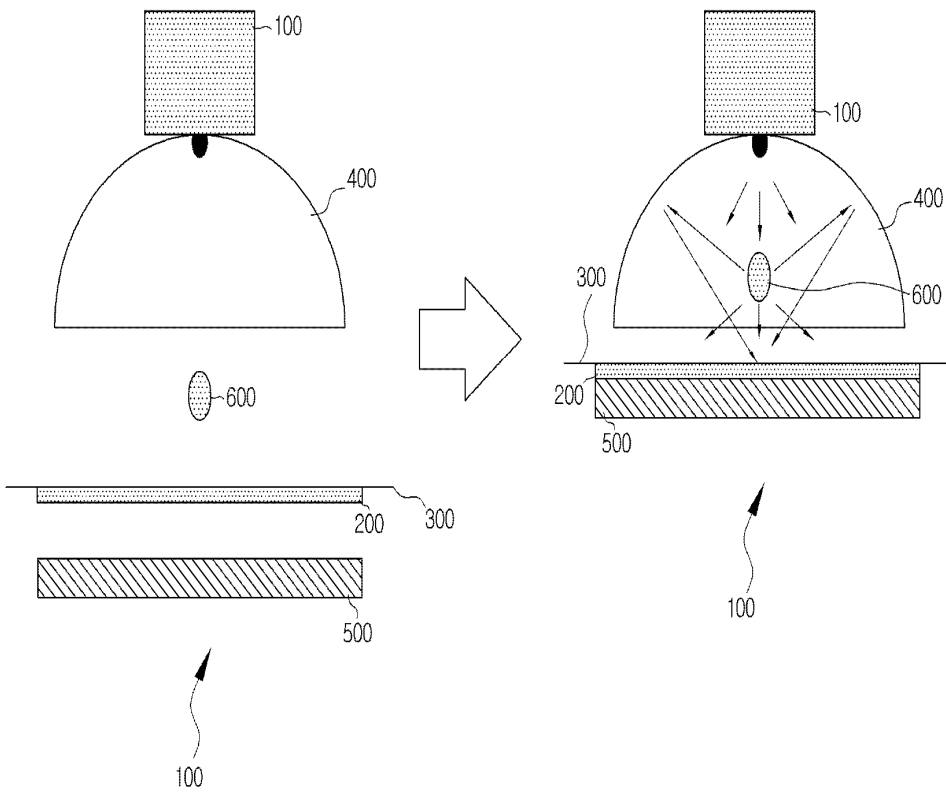
도면1



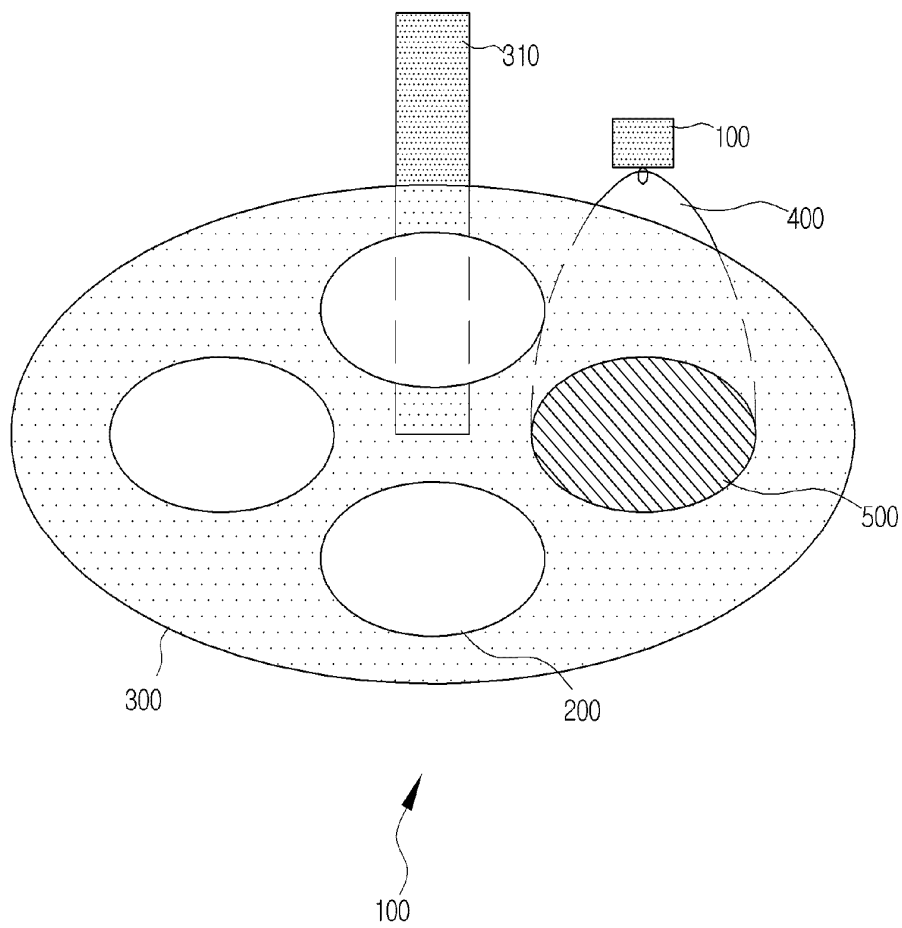
도면2



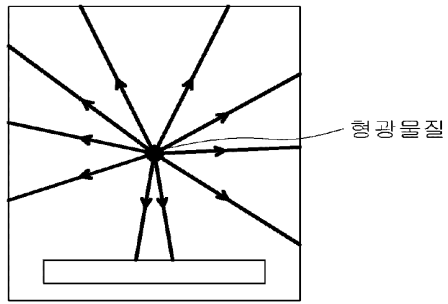
도면3



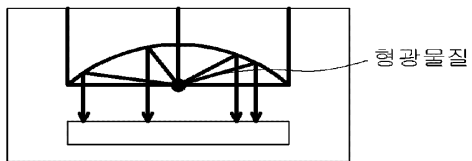
도면4



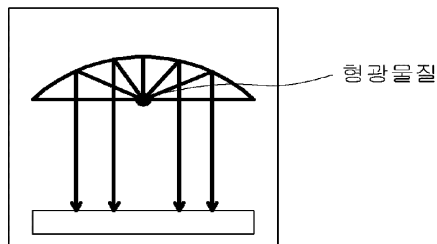
도면5



수광소자
(a)

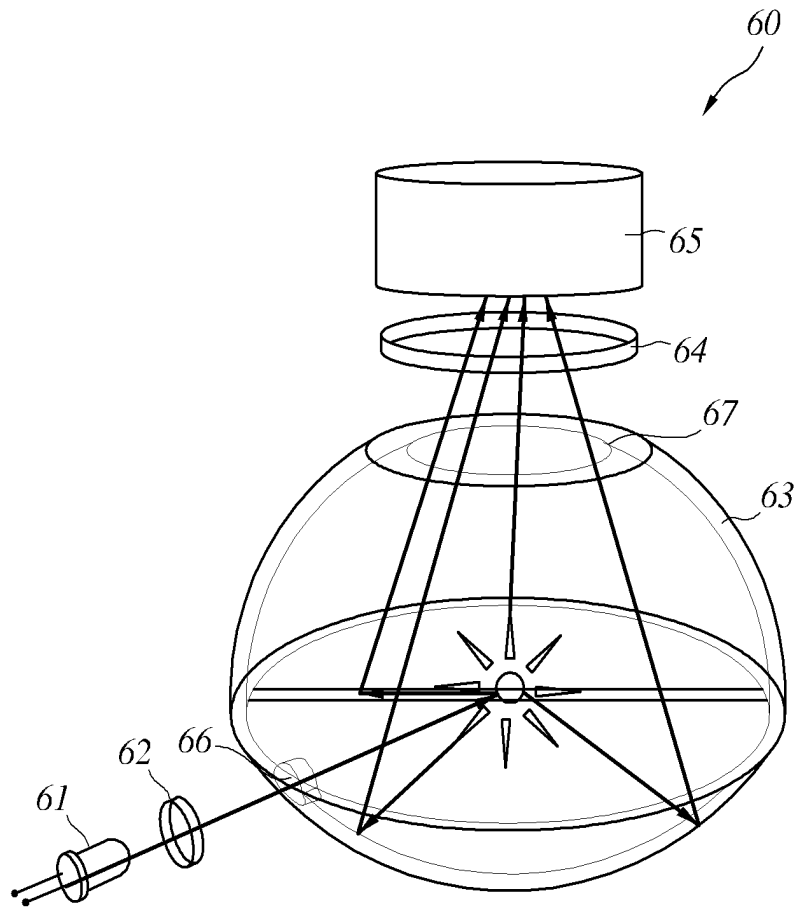


수광소자
(b)

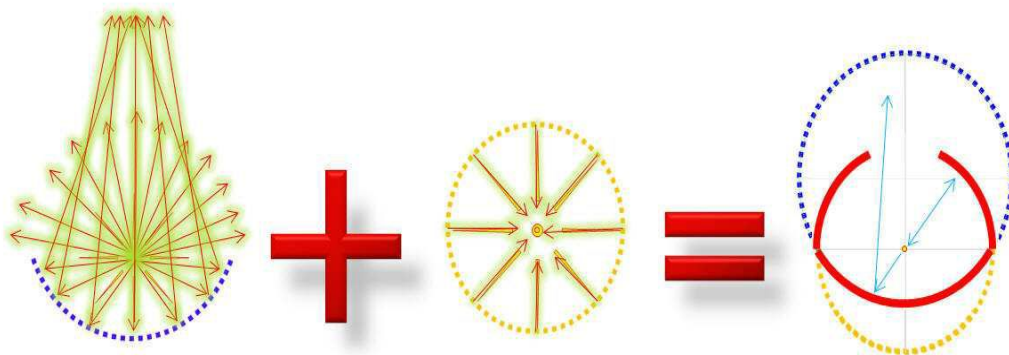


수광소자
(c)

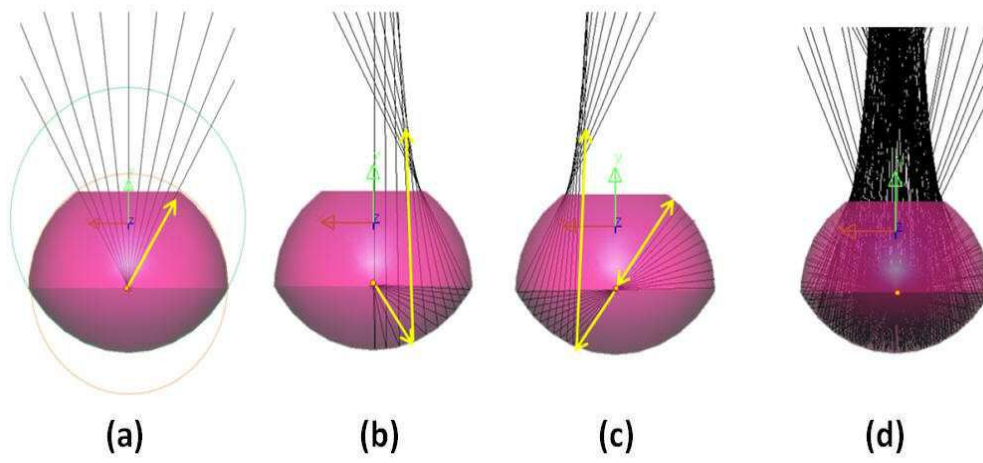
도면6



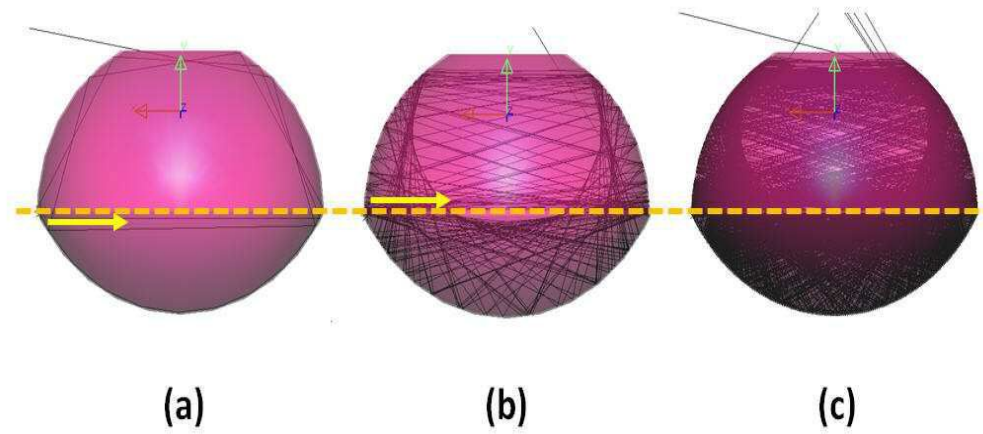
도면7



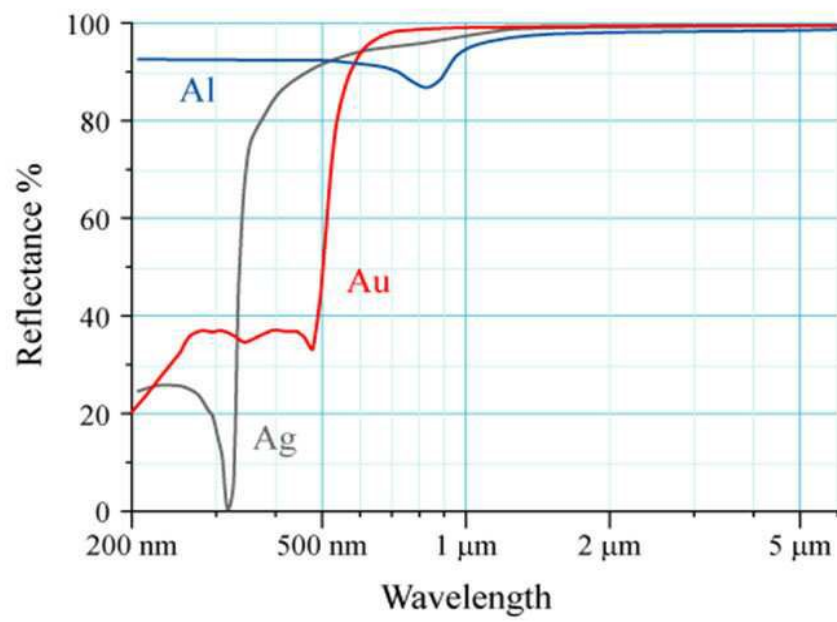
도면8



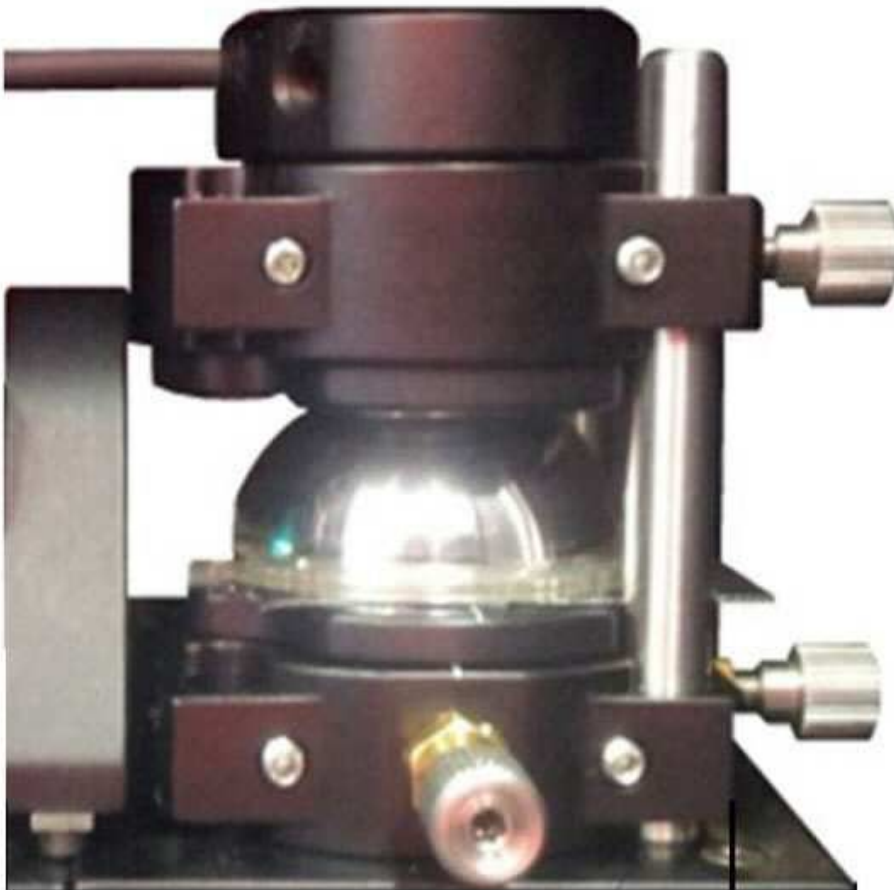
도면9



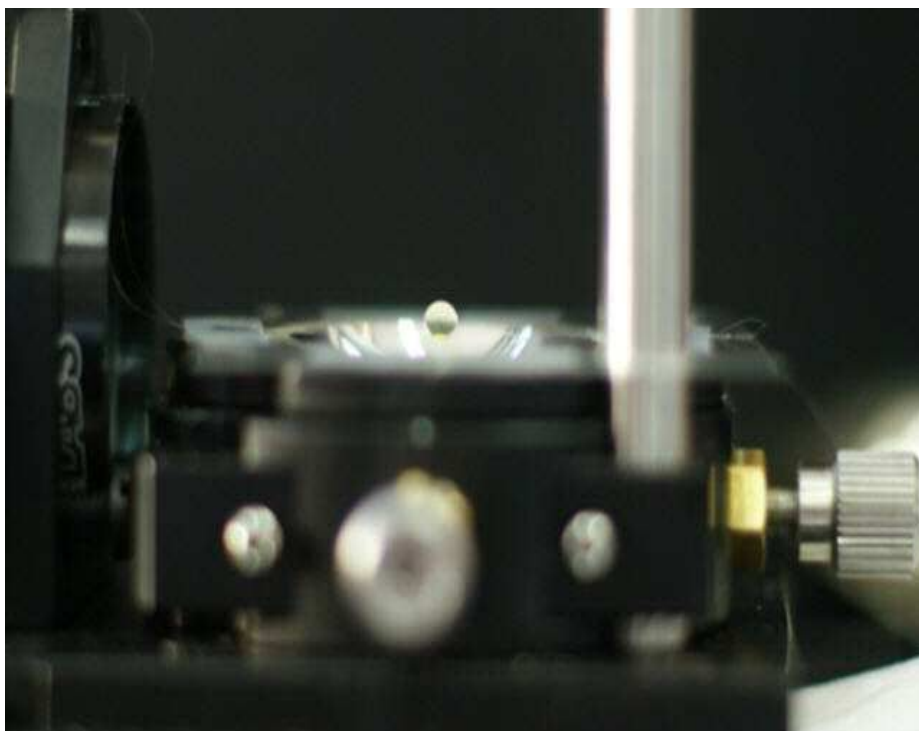
도면10



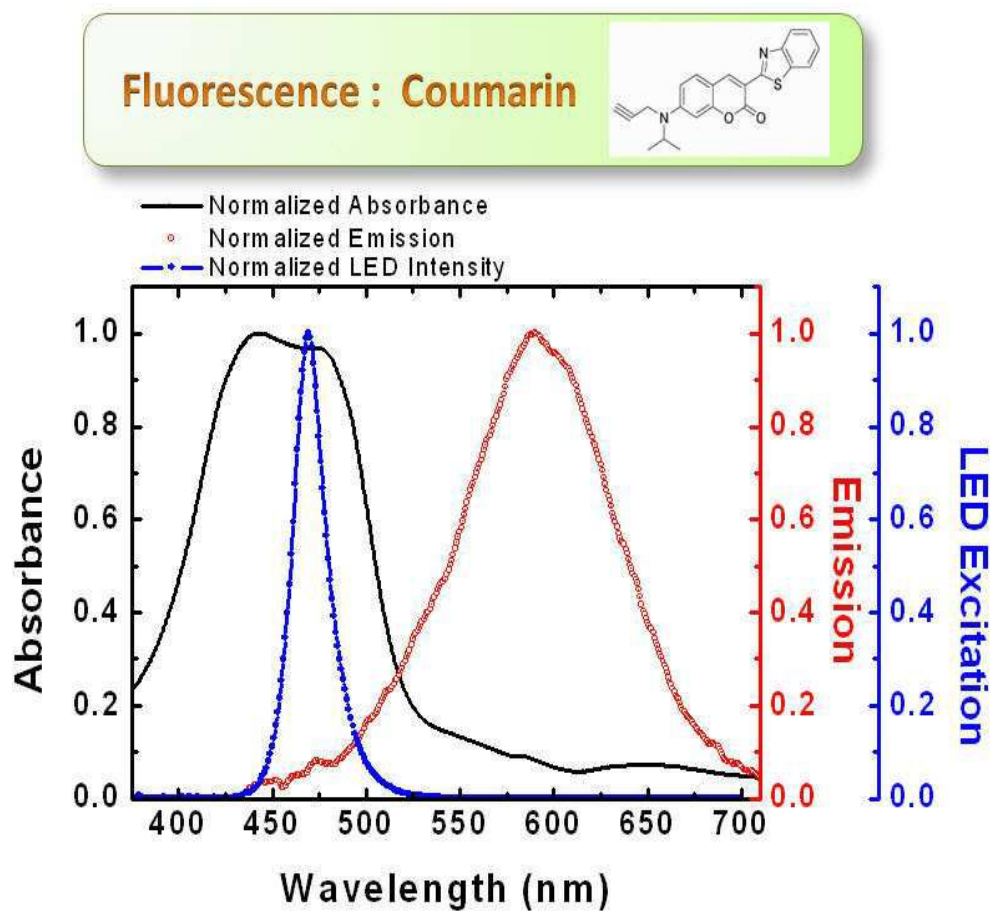
도면11



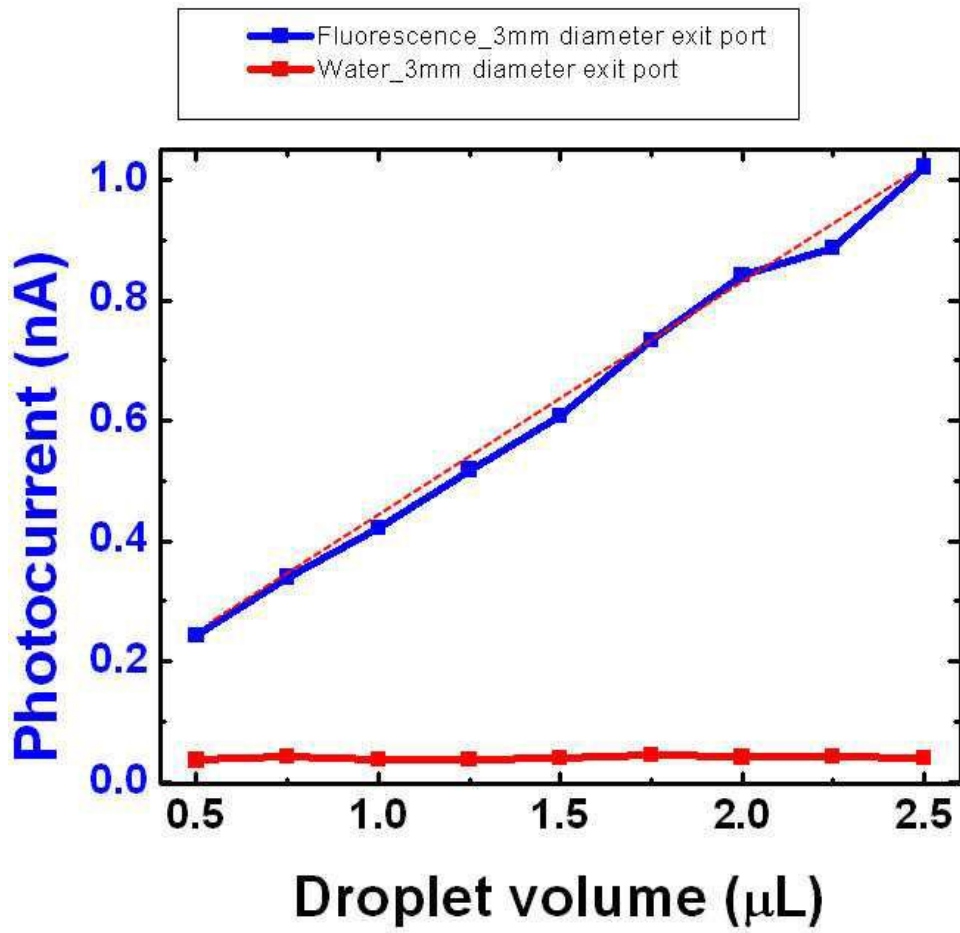
도면12



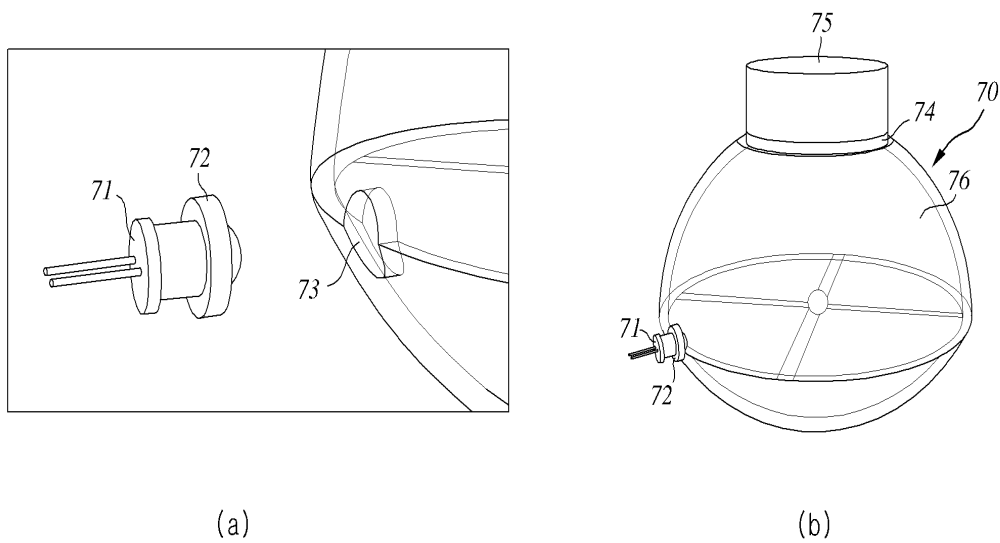
도면13



도면14



도면15



도면16

