



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년07월14일

(11) 등록번호 10-2555257

(24) 등록일자 2023년07월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G01N 21/76 (2006.01) B01L 3/00 (2023.01)
 G01N 1/40 (2006.01) G01N 21/77 (2006.01)
 G01N 33/483 (2006.01)

(52) CPC특허분류
 G01N 21/763 (2013.01)
 B01L 3/502761 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0057627
 (22) 출원일자 2021년05월04일
 심사청구일자 2021년05월04일
 (65) 공개번호 10-2022-0151049
 (43) 공개일자 2022년11월14일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR101409531 B1*
 KR102201433 B1*
 W02002023180 A1
 JP2003307521 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 세종대학교산학협력단
 서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
 한국기계연구원
 대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)

(72) 발명자
 정재희
 경기도 남양주시 와부읍 덕소로2번길 39, 101동 605호(덕소강변삼익아파트)
 고현식
 서울특별시 동대문구 이문로 139, 404호(이문동) (뒷면에 계속)

(74) 대리인
 유병욱, 한승범

전체 청구항 수 : 총 11 항

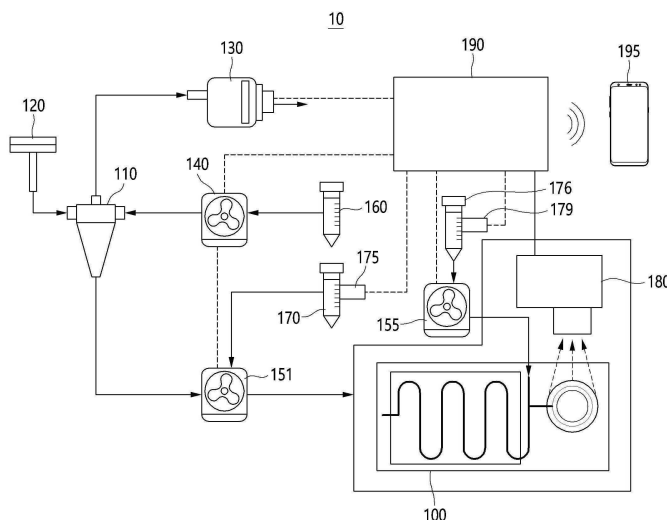
심사관 : 김태운

(54) 발명의 명칭 광유체 생물 발광 검출기 및 이를 구비한 바이오에어로졸 실시간 검출 시스템

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따른 광유체 생물 발광 검출기는, 몸체부; 상기 몸체부에 형성되는 샘플액 주입부; 상기 샘플액 주입부의 일측에 형성되는 용해액 주입부; 상기 샘플액 주입부 및 상기 용해액 주입부와 연통하도록 상기 몸체부에 형성된 유체채널; 상기 유체채널과 연통하도록 상기 몸체부에 형성되는 발광반응액 주입부; 상기 유체채널과 연통하도록 상기 몸체부에 형성되는 유체 배출부; 및 상기 발광반응액 주입부, 상기 유체채널 및 상기 유체 배출부와 연통하도록 상기 몸체부에 형성되는 검출부;를 포함할 수 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

- G01N 1/4055 (2013.01)
- G01N 21/77 (2013.01)
- G01N 33/483 (2013.01)
- B01L 2200/0684 (2013.01)
- B01L 2300/023 (2013.01)
- B01L 2300/025 (2013.01)
- B01L 2300/0663 (2013.01)
- B01L 2300/18 (2013.01)
- B01L 2400/0403 (2013.01)

허기준

경기도 안산시 상록구 해양4로 31(사동, 그랑시티 자이)

(72) 발명자

신재학

경기도 성남시 분당구 동판교로 91, 409동 501호(백현동, 백현마을4단지)

김상복

세종특별자치시 달빛로 211(아름동, 범지기마을10단지)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415169909
 과제번호 20012263
 부처명 산업통상자원부
 과제관리(전문)기관명 한국산업기술평가관리원
 연구사업명 산업기술알키미스트프로젝트

연구과제명 신체 보호형 스마트 수트 (유해물질을 자동으로 감지하여 인체를 상시보호할 수 있는 경량 소프트웨어러블 수트 개발)

기여율 20/100
 과제수행기관명 한국기계연구원
 연구기간 2020.09.01 ~ 2021.04.30

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711108947
 과제번호 2019R1A2C2002398
 부처명 과학기술정보통신부
 과제관리(전문)기관명 한국연구재단
 연구사업명 개인기초연구(과기정통부)(R&D)
 연구과제명 바이오미세먼지의 실시간 모니터링을 위한 초고속 마이크로콜로니 탐지 원천 기술

개발

기여율 80/100
 과제수행기관명 세종대학교
 연구기간 2020.03.01 ~ 2021.02.28

공시예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

몸체부;

상기 몸체부에 형성되는 샘플액 주입부;

상기 샘플액 주입부의 일측에 형성되는 용해액 주입부;

상기 샘플액 주입부 및 상기 용해액 주입부와 연통하도록 상기 몸체부에 형성된 유체채널;

상기 유체채널과 연통하도록 상기 몸체부에 형성되는 발광반응액 주입부;

상기 유체채널과 연통하도록 상기 몸체부에 형성되는 유체 배출부; 및

상기 발광반응액 주입부, 상기 유체채널 및 상기 유체 배출부와 연통하도록 상기 몸체부에 형성되는 검출부;를 포함하고,

상기 샘플액 주입부에서 주입된 샘플액에 포함된 바이오에어로졸과 상기 용해액 주입부에서 주입된 용해액은 상기 샘플액 주입부, 상기 용해액 주입부 및 상기 발광반응액 주입부 사이에 위치하는 상기 유체채널을 흐르는 동안 혼합되어 서로 반응한 상태로 상기 발광반응액 주입부에서 주입된 발광반응액과 상기 검출부에 유입되며,

상기 바이오에어로졸, 상기 용해액 및 상기 발광반응액이 혼합되어 흐르는 상기 유체채널과 상기 유체 배출부 사이에 위치하는 상기 검출부는 내부에 기포 또는 버블이 발생하지 않도록 직경 또는 크기가 상기 유체채널에서부터 서서히 커진 후 상기 유체 배출부를 향해 서서히 작아지고 상기 유체채널의 내부를 흐르는 유체의 유동방향을 따라 길쭉한 형태로 형성되는 것을 특징으로 하는 광유체 생물 발광 검출기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 유체채널 중 상기 샘플액 주입부, 상기 용해액 주입부 및 상기 발광반응액 주입부 사이에 위치하는 부분은 상기 유체채널의 내부를 흐르는 유체의 유동 방향이 반복적으로 변하거나 전환되도록 형성되는 것을 특징으로 하는 광유체 생물 발광 검출기.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 유체 채널은 상기 샘플액 주입부, 상기 용해액 주입부 및 상기 발광반응액 주입부 사이에 위치하는 부분이 가장 길게 형성되는 것을 특징으로 하는 광유체 생물 발광 검출기.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 유체채널 중 상기 샘플액 주입부, 상기 용해액 주입부 및 상기 발광반응액 주입부 사이에 위치하는 부분은, 상하방향 및 좌우방향을 따라 반복적으로 유동 방향으로 변하도록 형성되는 것을 특징으로 하는 광유체 생물 발광 검출기.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 검출부는 상기 유체채널의 직경 또는 크기 보다 굵거나 크게 형성되는 것을 특징으로 하는 광유체 생물 발광 검출기.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 유체채널 중 상기 바이오에어로졸과 상기 용해액의 혼합액과 상기 발광반응액이 혼합되어 흐르는 부분은 유체의 유동 방향이 상하방향 및 좌우방향으로 반복적으로 변화하거나 전환되도록 형성되는 것을 특징으로 하는 광유체 생물 발광 검출기.

청구항 7

삭제

청구항 8

제2항에 있어서,

상기 유체채널 중 상기 샘플액 주입부, 상기 용해액 주입부 및 상기 발광반응액 주입부 사이에 위치하는 부분의 온도를 제어하는 온도조절부를 포함하는 것을 특징으로 하는 광유체 생물 발광 검출기.

청구항 9

제2항에 있어서,

상기 검출부의 하면에는 광반사부가 마련되는 것을 특징으로 하는 광유체 생물 발광 검출기.

청구항 10

바이오에어로졸을 포함하는 공기가 유입되는 흡입부;

상기 흡입부와 연통되어 상기 바이오에어로졸을 포집하는 포집부;

상기 포집부에 물을 공급하는 물 보관부;

상기 포집부에서 포집된 상기 바이오에어로졸이 물과 함께 주입되는 제1항 내지 제6항, 제8항 및 제9항 중 어느 한 항에 따른 광유체 생물 발광 검출기;

상기 광유체 생물 발광 검출기에 용해액을 공급하는 용해액 보관부;

상기 광유체 생물 발광 검출기에 발광반응액을 공급하는 발광반응액 보관부; 및

상기 광유체 생물 발광 검출기의 상기 검출부에서 발생하는 빛을 감지하는 형광 측정 센서;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 바이오에어로졸 실시간 검출 시스템.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 포집부는 습식 사이클론으로 마련되는 것을 특징으로 하는 바이오에어로졸 실시간 검출 시스템.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 용해액 보관부 및 상기 발광반응액 보관부에는 용해액 및 발광반응액의 냉장 보관 온도를 제어하는 온도제어소자가 각각 형성되는 것을 특징으로 하는 바이오에어로졸 실시간 검출 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 광유체 생물 발광 검출기 및 이를 구비한 바이오에어로졸 실시간 검출 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 공기 중 바이오에어로졸을 실시간으로 검출함으로써 육안으로 바이오에어로졸의 실시간 모니터링이 가능한 광유체 생물 발광 검출기 및 이를 구비한 바이오에어로졸 실시간 검출 시스템을 제공한다.

배경 기술

[0002] 공기 중에는 곰팡이, 박테리아, 바이러스와 같은 다양한 미생물이 부유하고 있으며, 이로 인한 조류 인플루엔자, 중증급성호흡기중후군, 인플루엔자, 중증호흡기중후군, 신종코로나바이러스 등의 공기 감염 문제가 대두되고 있다. 따라서 공기 중에 부유하고 있는 미생물 검출 기술의 필요성이 점차 증가하고 있다.

[0003] 기존에 공기 중의 부유 미생물을 측정하는 방법은 생물 입자가 증식 가능한 고체 또는 액체에 미생물을 포집하고 1~2일간 적당한 온도 및 습도가 유지된 환경에서 배양한 후, 육안으로 확인 가능한 콜로니수(colony number, 세균수)에서 미생물의 수를 측정하는 방법과, 포집한 미생물을 별도로 염색을 한 후 형광 현미경을 이용하여 미생물의 수를 측정하는 방법이 있다.

[0004] 그러나 상기한 종래의 방법은 1~2일이라는 시간이 소요되어 실시간으로 공기 중 부유미생물을 검출하는데 한계가 있으며, 별도의 샘플링 과정과 전처리 과정 등 사용자의 수작업이 필요하다. 따라서 기존의 방법은 부유미생물을 실시간으로 검출하는 시스템을 개발할 수 없다는 한계가 있다.

[0005] 따라서, 공기 중의 바이오미세먼지 또는 부유미생물과 같은 바이오에어로졸(bioaerosol)을 실시간으로 검출하고 그 결과를 시각적으로 제시할 수 있는 바이오에어로졸 검출 장치에 대한 개발이 필요하다.

[0006] 본 출원인은, 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명을 제안하게 되었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-2200600호(2021.01.04.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상기의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 공기 중 바이오미세먼지를 포함하는 바이오에어로졸을 실시간으로 검출함으로써 육안으로 바이오에어로졸의 실시간 모니터링이 가능한 광유체 생물 발광 검출기 및 이를 구비한 바이오에어로졸 실시간 검출 시스템을 제공한다.

[0009] 또한, 본 발명은 별도의 샘플링과 일련의 수작업이 필요하지 않아 현장에서 신속하고 정확한 측정이 가능한 광유체 생물 발광 검출기 및 이를 구비한 바이오에어로졸 실시간 검출 시스템을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기한 바와 같은 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 광유체 생물 발광 검출기는, 몸체부; 상기 몸체부에 형성되는 샘플액 주입부; 상기 샘플액 주입부의 일측에 형성되는 용해액 주입부; 상기 샘플액 주입부 및 상기 용해액 주입부와 연통하도록 상기 몸체부에 형성된 유체채널; 상기 유체채널과 연통하도록 상기 몸체부에 형성되는 발광반응액 주입부; 상기 유체채널과 연통하도록 상기 몸체부에 형성되는 유체 배출부; 및 상기 발

광반응액 주입부, 상기 유체채널 및 상기 유체 배출부와 연통하도록 상기 몸체부에 형성되는 검출부;를 포함할 수 있다.

- [0011] 상기 유체채널 중 상기 샘플액 주입부, 상기 용해액 주입부 및 상기 발광반응액 주입부 사이에 위치하는 부분은 상기 유체채널의 내부를 흐르는 유체의 유동 방향이 반복적으로 변하거나 전환되도록 형성될 수 있다.
- [0012] 상기 유체 채널은 상기 샘플액 주입부, 상기 용해액 주입부 및 상기 발광반응액 주입부 사이에 위치하는 부분이 가장 길게 형성될 수 있다.
- [0013] 상기 샘플액 주입부에서 주입된 샘플액에 포함된 바이오에어로졸과 상기 용해액 주입부에서 주입된 용해액은 상기 샘플액 주입부, 상기 용해액 주입부 및 상기 발광반응액 주입부 사이에 위치하는 상기 유체채널을 흐르는 동안 혼합되어 서로 반응한 상태로 상기 발광반응액 주입부에서 주입된 발광반응액과 상기 검출부에 유입될 수 있다.
- [0014] 상기 검출부는 상기 유체채널의 직경 또는 크기 보다 굵거나 크게 형성될 수 있다.
- [0015] 상기 유체채널 중 상기 바이오에어로졸과 상기 용해액의 혼합액과 상기 발광반응액이 혼합되어 흐르는 부분은 유체의 유동 방향이 반복적으로 변하거나 전환되도록 형성될 수 있다.
- [0016] 상기 바이오에어로졸, 상기 용해액 및 상기 발광반응액이 혼합되어 흐르는 상기 유체채널과 상기 유체 배출부 사이에 위치하는 상기 검출부는 직경 또는 크기가 상기 유체 채널 보다 완만하게 증가하거나 감소하는 형태로 형성될 수 있다.
- [0017] 상기 유체채널 중 상기 샘플액 주입부, 상기 용해액 주입부 및 상기 발광반응액 주입부 사이에 위치하는 부분의 온도를 제어하는 온도조절부를 포함할 수 있다.
- [0018] 상기 검출부의 하면에는 광반사부가 마련될 수 있다.
- [0019] 한편, 본 발명은, 바이오에어로졸을 포함하는 공기가 유입되는 흡입부; 상기 흡입부와 연통되어 상기 바이오에어로졸을 포집하는 포집부; 상기 포집부에 물을 공급하는 물 보관부; 상기 포집부에서 포집된 상기 바이오에어로졸이 물과 함께 주입되는 상기 광유체 생물 발광 검출기; 상기 광유체 생물 발광 검출기에 용해액을 공급하는 용해액 보관부; 상기 광유체 생물 발광 검출기에 발광반응액을 공급하는 발광반응액 보관부; 및 상기 광유체 생물 발광 검출기의 상기 검출부에서 발생하는 빛을 감지하는 형광 측정 센서;를 포함하는 바이오에어로졸 실시간 검출 시스템을 제공할 수 있다.
- [0020] 상기 포집부는 습식 사이클론으로 마련될 수 있다.
- [0021] 상기 용해액 보관부 및 상기 발광반응액 보관부에는 용해액 및 발광반응액의 냉장 보관 온도를 제어하는 온도제어소자가 각각 형성될 수 있다.

발명의 효과

- [0022] 본 발명에 따른 광유체 생물 발광 검출기 및 이를 구비한 바이오에어로졸 실시간 검출 시스템은 사용자가 공기 중 바이오에어로졸을 수동으로 샘플링할 필요가 없으며, 쉽고 간단하게 공기 중의 바이오에어로졸의 농도를 실시간으로 파악할 수 있다.
- [0023] 또한, 본 발명에 따른 광유체 생물 발광 검출기 및 이를 구비한 바이오에어로졸 실시간 검출 시스템은 샘플링과 생물 발광이 별도의 시스템으로 구분되지 않고 하나의 시스템으로 이루어져 있기 때문에 연속적으로 장기간 자동 측정할 수 있다.
- [0024] 또한, 본 발명에 따른 광유체 생물 발광 검출기 및 이를 구비한 바이오에어로졸 실시간 검출 시스템은 무선 또는 유선으로 검출 결과를 사용자에게 시각적으로 제시할 수 있고, 원격 제어가 가능하기 때문에 사용자의 편의성이 증대될 수 있다.
- [0025] 또한, 본 발명에 따른 광유체 생물 발광 검출기 및 이를 구비한 바이오에어로졸 실시간 검출 시스템은 미세한 유체채널을 통해 바이오에어로졸의 용해과정부터 생물 발광 측정까지의 과정이 용이하게 이루어질 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 바이오에어로졸 실시간 검출 시스템의 구성을 예시적으로 보여주는 구성도

이다.

도 2는 도 1에 따른 시스템을 예시적으로 보여주는 사시도이다.

도 3은 도 1에 따른 시스템에서 바이오에어로졸을 검출하는 개념을 개략적으로 보여주는 도면이다.

도 4는 도 1에 따른 시스템에 사용되는 광유체 생물 발광 검출기의 제1 실시예를 도시한 도면이다.

도 5는 도 4에 따른 광유체 생물 발광 검출기의 작동을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 도 1에 따른 시스템에 사용되는 광유체 생물 발광 검출기의 제2 실시예를 도시한 도면이다.

도 7 내지 도 9는 도 1에 따른 시스템에 의한 바이오에어로졸 검출 성능을 보여주는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 명세서에 개시된 실시 예를 상세히 설명하되, 동일하거나 유사한 구성요소에 는 동일, 유사한 도면 부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 "부"는 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다. 또한, 본 명세서에 개시된 실시 예를 설명함에 있어서 관련 된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 명세서에 개시된 실시 예의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 명세서에 개시된 실시 예를 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 명세서에 개시된 기술적 사상이 제한되지 않으며, 본 발명의 사상 및 기술 범 위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0028] 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소 들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0029] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.
- [0030] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.
- [0031] 본 출원에서, "포함한다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 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 이해되 어야 한다.
- [0032] 도면들은 개략적이고 축적에 맞게 도시되지 않았다는 것을 일러둔다. 도면에 있는 부분들의 상대적인 치수 및 비율은 도면에서의 명확성 및 편의를 위해 그 크기에 있어 과장되거나 감소되어 도시되었으며 임의의 치수는 단 지 예시적인 것이지 한정적인 것은 아니다. 그리고 둘 이상의 도면에 나타나는 동일한 구조물, 요소 또는 부품 에는 동일한 참조 부호가 유사한 특징을 나타내기 위해 사용된다.
- [0033] 본 발명의 실시예는 본 발명의 이상적인 실시예들을 구체적으로 나타낸다. 그 결과, 도면의 다양한 변형이 예상 된다. 따라서 실시예는 도시한 영역의 특정 형태에 국한되지 않으며, 예를 들면 제조에 의한 형태의 변형도 포 함한다.
- [0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 바이오에어로졸 실시간 검출 시스템의 구성을 예시적으로 보여주는 구성도, 도 2는 도 1에 따른 시스템을 예시적으로 보여주는 사시도, 도 3은 도 1에 따른 시스템에서 바이오에어로졸을 검출하는 개념을 개략적으로 보여주는 도면, 도 4는 도 1에 따른 시스템에 사용되는 광유체 생물 발광 검출기의 제1 실시예를 도시한 도면, 도 5는 도 4에 따른 광유체 생물 발광 검출기의 작동을 설명하기 위한 도면, 도 6은 도 1에 따른 시스템에 사용되는 광유체 생물 발광 검출기의 제2 실시예를 도시한 도면, 도 7 내지 도 9는 도 1 에 따른 시스템에 의한 바이오에어로졸 검출 성능을 보여주는 그래프이다.
- [0035] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 바이오에어로졸 실시간 검출 시스템(10, 이하 '시스템' 으로 약칭함)은, 바이오에어로졸(bioaerosol)을 포함하는 공기가 유입되는 흡입부(120); 흡입부(120)와 연통되 어 상기 바이오에어로졸을 포집하는 포집부(110); 포집부(110)에 물을 공급하는 물 보관부(160); 포집부(110)에 서 포집된 상기 바이오에어로졸이 물과 함께 주입되는 광유체 생물 발광 검출기(100); 광유체 생물 발광 검출기 (100)에 용해액을 공급하는 용해액 보관부(170); 광유체 생물 발광 검출기(100)에 발광반응액을 공급하는 발광

반응액 보관부(176); 및 광유체 생물 발광 검출기(100)의 검출부(106, 도 4 참조)에서 발생하는 빛을 감지하는 형광 측정 센서(180);를 포함할 수 있다.

- [0036] 상기와 같이 구성되는 본 발명의 일 실시예에 따른 시스템(10)은 습식 사이클론의 포집부(110)를 이용하여 공기 중 바이오에어로졸을 포집하고 이를 광유체 생물 발광 검출기(100)로 주입하면 형광 측정 센서(180)에 의해 RLU(Relative Light Unit)을 측정하여 그 값을 디스플레이에 실시간으로 보여 줄 수 있다.
- [0037] 이하에서, 검출 대상물은 공기 중에 있는 바이러스, 세균, 곰팡이와 같은 부유미생물을 포함하는 바이오에어로졸, 미세먼지 등의 에어로졸을 포함하는 개념으로서, 본 발명의 일 실시예에 따른 바이오에어로졸 실시간 검출 시스템(10)의 포집부(110)에 의해서 액화 포집되는 물체(물질)를 의미한다.
- [0038] 또한, 본 명세서에서는 바이오에어로졸이 바이오미세먼지를 포함하는 개념으로 정의한다.
- [0039] 도 1 및 도 2를 참조하면, 바이오에어로졸을 포함하는 공기는 시스템(10)의 흡입부(120)를 통해 유입되고, 흡입부(120)는 바이오에어로졸을 포함하는 공기를 포집부(110)로 전달한다. 여기서, 포집부(110)는 습식 사이클론(wet cyclone)으로 마련될 수 있다.
- [0040] 본 발명의 일 실시예에 따른 시스템(10)의 포집부(110)는 본 출원인이 특허출원을 진행한 한국특허출원 제10-2020-0080338호에 기재된 "액화 포집 장치(110)"와 동일하므로, 반복적인 설명은 생략한다.
- [0041] 한국특허출원 제10-2020-0080338호에 개시된 바와 같이 포집부(110)는 습식 방식으로 바이오에어로졸을 포집하기 때문에 포집부(110)에는 바이오에어로졸을 포함하는 공기와 함께 물이 주입된다. 이를 위해, 포집부(110)는 물 보관부(160)와 연결될 수 있다. 이때, 물 보관부(160)에 저장되어 있는 물(초순수)은 유체 기계(140)를 통해서 포집부(110)로 이송될 수 있다. 물 보관부(160)와 포집부(110)를 연결하는 유체기계(140)로는 on/off 기능을 가지는 펌프가 사용되는 것이 바람직한데, on/off 기능을 가지기 때문에 펌프 뿐만 아니라 단방향 밸브의 역할도 수행할 수 있다.
- [0042] 포집부(110)에서 바이오에어로졸이 제거된 공기는 공기 펌프(130)에 의해서 외부로 배출될 수 있다. 포집부(110)에 포집되는 공기 유량은 포집부(110)에 연결되어 있는 공기 펌프(130)에 의해서 결정될 수 있다.
- [0043] 본 발명의 일 실시예에 따른 시스템(10)은 포집부(110)에서 바이오에어로졸을 고농축 상태로 포집할 수 있다. 이와 같이, 고농축의 바이오에어로졸을 포집할 수 있기 때문에 후술하는 광유체 생물 발광 검출기(100)에 바이오에어로졸을 소량만 공급하여도 공기 중에 부유하는 바이오에어로졸의 농도를 정확하게 검출해 낼 수 있다.
- [0044] 포집부(110)에서 포집된 바이오에어로졸은 물과 함께 포집부(110)에서 배출된 후 광유체 생물 발광 검출기(100)로 유입될 수 있다. 이때, 바이오에어로졸을 포함하는 유체(물)는 유체기계(151)를 통과한 후 광유체 생물 발광 검출기(100)에 유입될 수 있다.
- [0045] 본 발명의 일 실시예에 따른 시스템(10)은 광유체 생물 발광 검출기(100)를 구비함으로써 바이오에어로졸을 실시간으로 검출할 수 있다. 포집부(110)에 의해서 포집된 바이오에어로졸이 광유체 생물 발광 검출기(100)로 주입되면 미세유체 채널(104)의 내부에서 용해액(Lysis 용액)과 혼합되어 바이오에어로졸이 용해된다. 그 과정에서 ATP(adenosine triphosphate)가 추출되고, 추출된 ATP는 발광반응액(Luciferin-Luciferase 용액)과 혼합되어 반응하여 빛을 발산하게 된다.
- [0046] 따라서, 광유체 생물 발광 검출기(100)에는 바이오에어로졸이 포함된 물 뿐만 아니라 용해액과 발광반응액이 유입된다. 이를 위해, 본 발명의 일 실시예에 따른 시스템(10)은 용해액 보관부(170) 및 발광반응액 보관부(176)를 포함할 수 있다.
- [0047] 용해액 보관부(170)에는 바이오에어로졸을 용해시키기 위한 용액이 저장되고, 발광반응액 보관부(176)에는 용해된 바이오에어로졸과 반응하여 빛을 발산하는 발광반응액이 저장될 수 있다.
- [0048] 용해액 보관부(170)에 저장되는 용해액으로는 lysis 용액이 사용될 수 있다. Lysis 용액은 바이오에어로졸을 용해시키거나 바이오에어로졸의 세포벽을 파괴할 수 있는 효소 용액(Enzyme solution)이다. Lysis 용액에 의해서 용해되거나 세포벽이 파괴되면 바이오에어로졸은 ATP를 방출하게 된다.
- [0049] 발광반응액 보관부(176)에 저장되는 발광반응액으로는 luciferin-luciferase 용액이 사용될 수 있다. ATP가 Luciferin-luciferase 용액과 반응하면 ATP는 AMP로 변하면서 빛을 발산하게 된다. ATP와 반응하여 빛을 발산하는 luciferin-luciferase 용액도 효소 용액(Enzyme fluid)이다.

- [0050] 광유체 생물 발광 검출기(100)에서 사용되는 lysis 용액과 luciferin-luciferase 용액은 enzyme 용액이기 때문에 안정화시키기 위해서는 열려야 한다. 본 발명의 일 실시예에 따른 시스템(10)은 lysis 용액과 luciferin-luciferase 용액을 얼리지 않고 냉장 보관함으로써 lysis 용액과 luciferin-luciferase 용액을 수명을 연장하고 오래 사용할 수 있다. 이를 위해, 용해액 보관부(170) 및 발광반응액 보관부(176)에는 용해액 및 발광반응액의 냉장 보관 온도를 제어하는 온도제어소자(175,179)가 각각 형성될 수 있다.
- [0051] 온도제어소자(175,179)는 전기 공급에 의해서 온도를 조절하거나 제어할 수 있는 열전소자로 마련되는 것이 바람직하다. 온도제어소자(175,179)는 제어부(190)에 의해서 작동이 제어될 수 있다. 제어부(190)는 온도제어소자(175,179)에 공급되는 전류량 등을 제어하여 용해액 보관부(170) 및 발광반응액 보관부(176)에 각각 저장된 lysis 용액과 luciferin-luciferase 용액이 4℃ 정도에서 냉장 보관되게 할 수 있다.
- [0052] 한편, lysis 용액과 luciferin-luciferase 용액은 가격이 비싼 용액이기 때문에 수명을 늘이고 오래 사용하는 것이 경제성 측면에서 유리하다. 본 발명의 일 실시예에 따른 시스템(10)은 lysis 용액과 luciferin-luciferase 용액을 냉장 보관함으로써 수명을 늘일 수 있을 뿐만 아니라 lysis 용액과 luciferin-luciferase 용액이 유입되는 광유체 생물 발광 검출기(100)에 미세 유체채널(104)이 형성되어 있기 때문에 주입되는 용액을 양을 줄여서 소량의 lysis 용액과 luciferin-luciferase 용액을 사용해서 바이오에어로졸을 검출할 수 있고, 결과적으로 lysis 용액과 luciferin-luciferase 용액을 장기간 사용할 수 있기 때문에 경제성을 높일 수 있다.
- [0053] 본 발명의 일 실시예에 따른 시스템(10)은 용해액 보관부(170)와 광유체 생물 발광 검출기(100)의 사이, 발광반응액 보관부(176)와 광유체 생물 발광 검출기(100)의 사이에는 각각 마련되는 유체 기계(151,155)를 포함할 수 있다.
- [0054] 유체 기계(151,155)는 제어부(190)에 의해서 작동 상태 또는 작동 여부가 제어되며, 연동 펌프의 역할과 밸브의 역할을 수행할 수 있다. 즉, 유체 기계(151,155)는 On/Off 기능을 가지기 때문에 단방향 밸브 역할도 수행할 수 있다.
- [0055] 유체 기계(151,155)는 연동 펌프의 형태로 마련되는 것이 바람직하데, 유체 기계(151,155)의 작동 상태를 제어부(190)가 제어함으로써 광유체 생물 발광 검출기(100)에 주입되는 용해액 및 발광반응액의 유량을 조절할 수 있다. 유체 기계(151,155)는 용해액 및 발광반응액의 주입 유량을 조절하거나 제어할 수 있기 때문에 고가의 용해액 및 발광반응액을 소량만 광유체 생물 발광 검출기(100)에 주입하여 용해액 및 발광반응액의 사용 기한을 늘일 수 있고 광유체 생물 발광 검출기(100)의 작동 빈도 등을 제어할 수도 있다.
- [0056] 여기서, 용해액 보관부(170)와 광유체 생물 발광 검출기(100) 사이에 마련되는 유체 기계(151)는 포집부(110)에서 배출되는 유체 즉, 고농축 상태의 포집 바이오에어로졸이 함유된 물을 광유체 생물 발광 검출기(100)에 주입할 수 있다.
- [0057] 광유체 생물 발광 검출기(100)에 주입된 바이오에어로졸은 용해액 및 발광반응액에 의해서 빛을 발산하고 그 빛은 광유체 생물 발광 검출기(100)의 상부에 배치된 형광 측정 센서(180)에 의해서 측정될 수 있다.
- [0058] 형광 측정 센서(180)는 RLU(Relative Light Unit)을 측정하고 그 결과값을 제어부(190)에 전달하며, 제어부(190)는 형광 측정 센서(180)의 측정값을 디스플레이부(195)를 통해 사용자에게 알려주게 된다. 제어부(190)와 디스플레이부(195)는 유선 또는 무선으로 통신할 수 있으며, 디스플레이부(195)는 컴퓨터 또는 사용자 단말기 등의 형태로 마련될 수 있고 원격으로 제어 가능하다.
- [0059] 본 발명의 일 실시예에 따른 시스템(10)은 광유체 생물 발광 검출기(100)를 구비함으로써 미세 유체채널을 통해 바이오에어로졸의 용해과정부터 생물 발광 측정까지의 과정이 용이하게 이루어질 수 있고, 샘플링과 생물 발광이 별도의 분리된 시스템으로 구성되는 것이 아니라 하나의 시스템 내에 구현되기 때문에 바이오에어로졸의 공기 중 농도를 연속적으로 장기간 자동으로 측정할 수 있다.
- [0060] 이하에서는 도면을 참조하여 광유체 생물 발광 검출기(100)에 대해서 보다 상세하게 설명한다.
- [0061] 도 3에는 광유체 생물 발광 검출기(100)를 포함하는 시스템(10)의 작동 개념이 간단하게 도시되어 있다. 도 3을 참조하면, 바이오에어로졸(BA)이 포함된 공기가 포집부(110)의 제1 인렛(inlet, 112)으로 유입되고 포집부(110)의 제2 인렛(114)으로는 물이 유입된다.
- [0062] 바이오에어로졸을 포함한 공기와 물은 포집부(110)의 사이클론부(111)의 내면을 따라 유동하게 되고 이 과정에서 바이오에어로졸은 물에 흡착되어 고농축 상태로 포집된 후 포집부(110)의 제1 아웃렛(outlet, 115)을 통해

배출되고 바이오에어로졸이 제거된 공기는 포집부(110)의 제2 아웃렛(114)을 통해 배출된다.

- [0063] 바이오에어로졸을 포함하는 물(HS)은 광유체 생물 발광 검출기(100)로 유입된 후 용해액에 의해 세포벽이 파괴되어 ATP를 배출하게 되고 ATP는 발광반응액과 반응하여 빛을 발산하면 형광 측정 센서(180)가 빛을 측정하게 된다. 광유체 생물 발광 검출기(100)의 내부에는 미세한 유체채널(104)이 형성되어 있는데 유체채널(104)이 미세하게 형성되어 있기 때문에 바이오에어로졸, 용해액 및 발광반응액이 소량만 유체채널(104)에 주입되어도 바이오에어로졸의 농도를 측정할 수 있다.
- [0064] 도 4 및 도 5에는 광유체 생물 발광 검출기(100)의 제1 실시예가 도시되어 있다.
- [0065] 도 4 및 도 5에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제1 실시예에 따른 광유체 생물 발광 검출기(100)는, 몸체부(101); 상기 몸체부(101)에 형성되는 샘플액 주입부(102); 샘플액 주입부(102)의 일측에 형성되는 용해액 주입부(103); 샘플액 주입부(102) 및 용해액 주입부(103)와 연통하도록 몸체부(101)에 형성된 유체채널(104); 유체채널(104)과 연통하도록 몸체부(101)에 형성되는 발광반응액 주입부(105); 유체채널(104)과 연통하도록 몸체부(101)에 형성되는 유체 배출부(109); 및 발광반응액 주입부(105), 유체채널(104) 및 유체 배출부(109)와 연통하도록 몸체부(101)에 형성되는 검출부(106);를 포함할 수 있다.
- [0066] 광유체 생물 발광 검출기(100)의 몸체부(101)는 사용자가 내부를 육안으로 관측할 수 있도록 투명한 재질로 형성되는 것이 바람직하다. 예를 들면, 투명한 폴리머, PDMS(polydimethylsiloxane), PMMA(polymethylmethacrylate) 등의 재질로 형성될 수 있다. 경우에 따라서는, 빛을 검출해야 하는 검출부(106)만 투명하게 형성하고 몸체부(101)의 나머지 부분은 구리 등의 금속으로 형성할 수도 있다.
- [0067] 광유체 생물 발광 검출기(100)는 미세 유체채널(104) 등의 모양이 형성되어 있는 몰드 또는 금형에 폴리머 또는 PDMS 등의 재료를 주입하는 방식에 의해서 제조될 수 있다.
- [0068] 도 4를 참조하면, 몸체부(101)는 그 내부에 미세한 유체채널(104)이 충분히 형성될 수 있도록 평판형 육면체의 모양을 가지는 것이 바람직하지만, 반드시 이러한 형상에 한정되는 것은 아니다.
- [0069] 미세한 유체채널(104)은 몸체부(101)의 내부에 형성되며, 유체채널(104)을 흐르는 유체 또는 액체를 주입하기 위한 4개의 구멍이 몸체부(101)에 형성될 수 있다. 상기 4개의 구멍은 샘플액 주입부(102), 용해액 주입부(103), 발광반응액 주입부(105) 및 유체 배출부(109)이다. 샘플액 주입부(102), 용해액 주입부(103), 발광반응액 주입부(105) 및 유체 배출부(109)는 몸체부(101)의 표면과 유체채널(104)을 연결하는 형태로 마련되는 것이 바람직하다.
- [0070] 샘플액 주입부(102)에는 포집부(110)에서 배출된 샘플액 즉, 고농축의 바이오에어로졸이 포함된 물이 주입될 수 있다. 제어부(190)는 연동 펌프로 마련되는 유체기계(151)의 작동을 조절하여 광유체 생물 발광 검출기(100)에 주입되는 샘플액의 공급유량, 공급시간, 공급빈도 등을 제어할 수 있다.
- [0071] 샘플액 주입부(102)를 통해 유입된 샘플액은 유체채널(104)을 흐르게 되는데, 샘플액 주입부(102)는 샘플액 채널(102a)의 일단과 연결되고 샘플액 채널(102a)의 타단은 유체채널(104)과 연결될 수 있다. 여기서, 샘플액 채널(102a)은 유체채널(104)과 동일한 형태로 마련되는 것이 바람직하다.
- [0072] 샘플액 주입부(102)의 일측에는 용해액 주입부(103)가 형성될 수 있다. 용해액 주입부(103)에는 샘플액에 포함된 바이오에어로졸을 용해시키거나 세포벽을 파괴하는 용해액이 유입될 수 있다. 용해액으로는 lysis 용액이 사용될 수 있다. 제어부(190)는 연동 펌프로 마련되는 유체기계(151)의 작동을 조절하여 광유체 생물 발광 검출기(100)에 주입되는 용해액의 공급유량, 공급시간, 공급빈도 등을 제어할 수 있다.
- [0073] 용해액 주입부(103)를 통해 유입된 용해액(lysis 용액)은 유체채널(104)을 흐르게 되는데, 용해액 주입부(103)는 용해액 채널(103a)의 일단과 연결되고 용해액 채널(103a)의 타단은 유체채널(104)과 연결될 수 있다. 여기서, 용해액 채널(103a)은 유체채널(104)과 동일한 형태로 마련되는 것이 바람직하다.
- [0074] 한편, 용해액 채널(103a)의 타단은 샘플액 채널(102a)의 타단이 유체채널(104)에 연결되는 부분에 연결되는 것이 바람직하다. 즉, 유체채널(104)에 샘플액과 용해액이 같이 유입되도록 샘플액 채널(102a)과 용해액 채널(103a)이 유체채널(104)에 연결되는 것이 바람직하다. 이때, 샘플액 채널(102a), 용해액 채널(103a) 및 유체채널(104)은 일체로 형성될 수 있다.
- [0075] 유체채널(104)의 상류단은 샘플액 채널(102a) 및 용해액 채널(103a)과 연결되기 때문에 유체채널(104)을 흐르면 샘플액은 용해액과 혼합되어 흐르기 때문에 샘플액의 바이오에어로졸이 용해액과 반응을 할 수 있다.

- [0076] 유체채널(104) 중 샘플액 주입부(102), 용해액 주입부(103) 및 발광반응액 주입부(105) 사이에 위치하는 부분(CLR)은 유체채널(104)의 내부를 흐르는 유체의 유동 방향이 반복적으로 변하거나 전환되도록 형성될 수 있다. 도 4를 참조하면, 유체채널(104) 중 몸체부(101)의 하부에 위치하는 부분(CLR)은 유체의 유동 방향이 반복적으로 변하도록 지그-재그(zig-zag) 형태로 형성되어 있다. 유체채널(104) 중 유체의 유동 방향이 반복적으로 변하는 지그-재그 형태로 형성된 부분(CLR)은 세포 용해 영역(Cell Lysis Region)이다.
- [0077] 유체채널(104) 중 바이오에어로졸과 용해액이 혼합되어 흐르는 부분(CLR)은 유체의 유동 방향이 반복적으로 변하거나 전환되도록 형성될 수 있다.
- [0078] 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 광유체 생물 발광 검출기(100)는 바이오에어로졸(BA)의 세포 내부에 있는 ATP를 이용하여 발광을 검출해야 하는데 이를 위해서는 바이오에어로졸의 세포벽을 파괴하거나 세포를 용해해서(Cell lysis) ATP를 추출해야 한다.
- [0079] 발광반응액 주입부(105)에서 주입되는 발광반응액과 바이오에어로졸이 만나기 전에 바이오에어로졸의 세포벽이 파괴되어야 충분한 ATP가 발광반응액과 반응할 수 있다. 따라서, Lysis 용액과 같은 용해액이 바이오에어로졸과 혼합되어 있는 시간이 길수록 바이오에어로졸(BA)의 세포벽이 파괴되거나 세포가 용해되어 ATP가 원활하게 배출될 수 있다.
- [0080] 본 발명의 일 실시예에 따른 광유체 생물 발광 검출기(100)의 유체채널(104)은 샘플액 주입부(102), 용해액 주입부(103) 및 발광반응액 주입부(109) 사이에 위치하는 부분이 가장 길게 형성될 수 있다. 즉, 유체채널(104) 중 세포 용해 영역(CLR)이 가장 긴 부분을 차지한다. 세포 용해 영역(CLR)의 유체채널(104)이 가장 긴 부분을 차지하기 때문에 세포 용해 영역(CLR)을 통과하는 동안 바이오에어로졸은 용해액과 충분히 혼합되는데 필요한 시간을 확보할 수 있고 바이오에어로졸의 농도를 측정하는데 필요한 ATP가 배출될 수 있다.
- [0081] 용해액으로 사용하는 Lysis 용액이 바이오에어로졸의 세포벽을 용해하거나 파괴하는데 약 3분 정도의 시간이 필요하다. 따라서, 유체채널(104)은 바이오에어로졸과 용해액이 세포 용해 영역(CLR)을 통과하는데 3분 이상의 시간이 소요되도록 형성되는 것이 바람직하다. 다만, 세포 용해 영역(CLR) 전체를 통과하는데 걸리는 시간이 3분 정도가 되어야 하는 것은 아니고, 세포 용해 영역(CLR) 중 앞쪽에 위치하는 몇 개의 채널을 통과하는데 걸리는 시간이 3분 정도가 되도록 형성해도 무방하다.
- [0082] 한편, 바이오에어로졸의 세포벽이 lysis 용액과 같은 용해액과 반응하여 녹거나 파괴되기 위해서는 반응 온도가 일정하게 유지되는 것이 바람직하다. 즉, ATP 추출 효율을 높이기 위해서는 바이오에어로졸과 용해액이 혼합되는 세포 용해 영역(CLR)의 온도를 일정하게 유지하는 것이 바람직하다. 이를 위해, 광유체 생물 발광 검출기(100)는 유체채널(104) 중 세포 용해 영역(CLR)의 온도를 제어하는 온도조절부(107)를 포함할 수 있다. 온도조절부(107)는 제어부(190)에 의해서 작동이 제어될 수 있다.
- [0083] 온도조절부(107)는 세포 용해 영역(CLR)의 후면에 배치되는 것이 바람직한데 세포 용해 영역(CLR) 전체가 온도조절부(107)에 놓이도록 배치되는 것이 바람직하다. 온도조절부(107)는 세포 용해 영역(CLR)의 온도가 상온을 유지하도록 온도를 조절하거나 4℃ 내지 30℃가 되도록 온도를 조절할 수 있다. 세포 용해 영역(CLR)의 온도가 4℃ 미만이면 활성이 저하되기 때문에 4℃ 이상이 되도록 온도를 조절하는 것이 바람직하다.
- [0084] 유체채널(104)의 세포 용해 영역(CLR)을 통과하면서 바이오에어로졸에서 추출된 ATP는 발광반응액 주입부(105)에서 주입되는 발광반응액(109)과 만나게 된다.
- [0085] 발광반응액 주입부(105)는 ATP가 반응하여 빛을 발산하는 발광반응액이 유입될 수 있다. 발광반응액으로는 luciferin-luciferase 용액이 사용될 수 있다. 제어부(190)는 연동 펌프로 마련되는 유체기계(155)의 작동을 조절하여 광유체 생물 발광 검출기(100)에 주입되는 발광반응액의 공급유량, 공급시간, 공급빈도 등을 제어할 수 있다.
- [0086] 발광반응액 주입부(105)를 통해 유입된 발광반응액(luciferin-luciferase 용액)은 유체채널(104)을 흐르게 되는데, 발광반응액 주입부(105)는 발광반응액 채널(105a)의 일단과 연결되고 발광반응액 채널(105a)의 타단은 세포 용해 영역(CLR)의 출구측 유체채널(104)과 연결될 수 있다. 여기서, 발광반응액 채널(105a)은 유체채널(104)과 동일한 형태로 마련되는 것이 바람직하다.
- [0087] 발광반응액 채널(105a)을 흐르는 발광반응액과 세포 용해 영역(CLR)을 통과하는 바이오에어로졸의 ATP는 발광반응액 채널(109a)로 흐르게 된다. 발광반응액 채널(109a)의 일단은 발광반응액 채널(105a)의 타단 및 세포 용해 영역(CLR)의 출구측 유체채널(104)과 연결될 수 있다. 발광반응액 채널(109a)의 타단은 검출부(106)에 연결될 수

있다.

- [0088] 이와 같이, 샘플액 주입부(102)에서 주입된 샘플액에 포함된 바이오에어로졸과 용해액 주입부(103)에서 주입된 용해액은 샘플액 주입부(102), 용해액 주입부(103) 및 발광반응액 주입부(105) 사이에 위치하는 유체채널(104, CLR)을 흐르는 동안 혼합되어 서로 반응한 상태로 발광반응액 주입부(105)에서 주입된 발광반응액과 검출부(106)에 유입될 수 있다.
- [0089] ATP는 발광반응 채널(109a)을 흐르는 동안 luciferin-luciferase 용액과 같은 발광반응액에 의해 AMP로 변하면서 빛을 발산하게 된다.
- [0090] 검출부(106)는 발광반응액과 반응하여 빛을 발산하는 ATP를 모으는 부분이다. 검출부(106)에 ATP가 모이기 때문에 발산되는 빛의 양을 늘일 수 있다. 검출부(106)는 ATP가 모여서 발산되는 빛이 충분히 발생할 수 있도록 유체채널(104)의 직경 또는 크기 보다 굵거나 크게 형성되는 것이 바람직하다. 도 4를 참조하면, 검출부(106)는 그 좌측에 연결되어 있는 발광반응 채널(109a) 및 우측에 연결되어 있는 배출 채널(109b) 보다 굵고 크게 형성되어 있다.
- [0091] 검출부(106)는 ATP가 발산하는 빛을 이용해서 바이오에어로졸의 농도를 측정하는 부분이기 때문에 측정할 수 있을 정도의 광량을 만들 수 있어야 하고 빛이 외부로 전달될 수 있어야 한다. 따라서, 검출부(106)는 유체채널(104)의 직경 또는 크기 보다 큰 형태 예를 들면 둥근 모양으로 형성되는 것이 바람직하다. 도 4에 도시된 검출부(106)는 위에서 보면 거의 동그란 모양을 가진다. 또한, 검출부(106)는 투명하게 형성되어야 검출부(106)에서 배출되는 빛을 형광 측정 센서(180)가 측정할 수 있다.
- [0092] 검출부(106)에서 발산되는 빛을 측정할 수 있도록 검출부(106)의 상부에 형광 측정 센서(180)가 위치하는 것이 바람직하다. 형광 측정 센서(180)는 검출부(106)에서 발산되는 빛의 RLU(Relative Light Unit)을 측정하여 그 값을 디스플레이부(195)에 실시간을 보여주게 된다.
- [0093] 형광 측정 센서(180)는 PMT(photomultiplier tube)가 이용될 수 있다.
- [0094] 한편, 검출부(106)에서 외부로 발산되는 빛은 등방향으로 퍼지기 때문에 등방향으로 퍼지는 빛의 직선 광경로 상에 형광 측정 센서(180)가 위치하면 정확한 측정이 가능하다. 다만, 형광 측정 센서(180)로 전달되는 광량을 늘이기 위해서 검출부(106)의 하면에는 광반사부(108)를 마련할 수 있다.
- [0095] 광반사부(108)는 검출부(106)를 기준으로 형광 측정 센서(180)와 대향하는 위치에 마련되는 것이 바람직하다. 검출부(106)의 하면에 광반사부(108)를 배치하고 검출부(106)의 상면에 형광 측정 센서(180)를 배치하면, 검출부(106)에서 위쪽으로 발산되는 빛은 형광 측정 센서(180)에 바로 전달되고 검출부(106)의 아래쪽으로 발산되는 빛(L, 도 5 참조)은 광반사부(108)에서 반사되어 형광 측정 센서(180)에 전달될 수 있다. 광반사부(108)를 배치함으로써 형광 측정 센서(180)가 측정하는 광량을 늘일 수 있다.
- [0096] 광반사부(108)는 평면 거울 또는 오목 거울 형태를 가지는 것이 바람직하다. 광반사부(108)가 오목 거울로 형성되는 경우에는 평면 거울로 형성되는 경우 보다 많은 광량이 형광 측정 센서(180)에 전달될 수 있다. 이와 같이, 광반사부(108)는 발산된 빛을 반사시켜서 형광 측정 센서(180)의 민감도를 향상시킬 수 있다.
- [0097] 검출부(160)에서 빛을 발산한 ATP가 포함된 유체는 배출 채널(109b)을 통과한 후 유체 배출부(109)를 통해 몸체부(101)의 외부로 배출된다.
- [0098] 본 발명의 일 실시예에 따른 광유체 생물 발광 검출기(100)는 유체채널(104) 등을 미세하게 형성할 수 있기 때문에 바이오에어로졸 검출에 필요한 시료(샘플액, 용해액, 발광반응액 등)를 적게 사용할 수 있고 시스템(10)을 소형화를 구현할 수 있다. 예를 들면, 도 4에 도시된 바와 같이, 세포 용해 영역(CLR)의 이웃하는 유체채널 간격이 5mm 정도가 되도록 광유체 생물 발광 검출기(100)를 소형화하는 것이 가능하다.
- [0099] 도 5를 참조하면, 포집된 바이오에어로졸(BA)이 광유체 생물 발광 검출기(100)로 주입되면 미세 유체채널(104) 내부에서 용해액인 Lysis 용액과 혼합되어 바이오에어로졸(BA)이 용해된다. 그 과정에서 ATP(adenosine triphosphate)가 추출된다. 추출된 ATP는 발광반응액인 Luciferin-Luciferase 용액과 혼합되어 반응하여 빛(L)을 발산하고, 형광 측정 센서(180)는 빛을 측정하게 된다.
- [0100] 도 6에는 본 발명의 일 실시예에 따른 시스템(10)에 사용되는 광유체 생물 발광 검출기의 제2 실시예가 도시되어 있다.
- [0101] 도 6을 참조하면, 광유체 생물 발광 검출기(200)는, 몸체부(201); 몸체부(201)에 형성되는 샘플액 주입부(202);

샘플액 주입부(202)의 일측에 형성되는 용해액 주입부(203); 샘플액 주입부(202) 및 용해액 주입부(203)와 연통하도록 몸체부(201)에 형성된 유체채널(204); 유체채널(204)과 연통하도록 몸체부(201)에 형성되는 발광반응액 주입부(205); 유체채널(204)과 연통하도록 몸체부(201)에 형성되는 유체 배출부(209); 및 발광반응액 주입부(209), 유체채널(204) 및 유체 배출부(209)와 연통하도록 몸체부(201)에 형성되는 검출부(206);를 포함할 수 있다.

- [0102] 도 6에 도시된 광유체 생물 발광 검출기(200)의 샘플액 채널(202a), 용해액 채널(203a), 발광반응액 채널(205a), 발광반응 채널(209a), 배출 채널(209b) 등은 도 4에 도시된 광유체 생물 발광 검출기(100)와 동일하다. 다만, 유체채널(204)의 형상, 검출부(206)의 형상이 도 4의 광유체 생물 발광 검출기(100)와 차이가 있다. 이차에서는 차이가 있는 부분에 대해서 자세히 설명한다.
- [0103] 도 6에 도시된 광유체 생물 발광 검출기(200)의 경우, 유체채널(204) 중 바이오에어로졸과 용해액이 혼합되는 부분(CLR), 발광반응액과 바이오에어로졸의 ATP가 혼합되는 부분(BLR) 반복적인 지그-재그 형태를 가진다.
- [0104] 상기에서 설명한 바와 같이, 바이오에어로졸의 세포벽이 용해액(lysis 용액)에 의해서 용해되기 위해서는 3분 정도의 시간을 확보하는 것이 바람직한데, 이를 위해 바이오에어로졸이 용해액과 혼합되는 세포 용해 영역(CLR)의 유체채널(204)은 상하방향 뿐만 아니라 좌우방향으로 유동 방향이 반복적으로 변하거나 전환되도록 형성될 수 있다.
- [0105] 도 6을 참조하면, 세포 용해 영역(CLR)의 유체채널(204)은 상하방향을 따라 반복적으로 유동 방향이 변하도록 형성되어 있는데, 상하방향으로 마련된 유체채널(204)은 좌우방향으로 유동 방향이 변하면서 상하방향으로 마련되어 있다. 따라서, 도 6의 광유체 생물 발광 검출기(200)의 세포 용해 영역(CLR)은 도 4의 광유체 생물 발광 검출기(100)의 세포 용해 영역(CLR)과 동일 면적 내에서 길이가 더 긴 유체채널(204)을 가질 수 있다. 또한, 세포 용해 영역(CLR)의 유체채널의 길이가 동일하면, 도 4의 경우 보다 도 6의 경우가 세포 용해 영역(CLR)의 크기 또는 면적을 줄일 수 있기 때문에 광유체 생물 발광 검출기(200)의 소형화에 유리하다.
- [0106] 또한, 도 6에 도시된 광유체 생물 발광 검출기(200)는 유체채널(204) 중 바이오에어로졸과 용해액의 혼합액(즉, ATP가 추출된 상태)과 발광반응액이 혼합되어 흐르는 부분(BLR)은 유체의 유동 방향이 반복적으로 변하거나 전환되도록 형성될 수 있다.
- [0107] 후술하겠지만 도 6에 도시된 광유체 생물 발광 검출기(200)는 도 4에 도시된 검출기(100) 보다 검출부(206)의 크기가 작다. 따라서, 검출부(206) 내에서 ATP와 발광반응액이 반응할 시간이 도 4의 검출기(100) 보다 충분하지 않고 이럴 경우 검출부(206)에서 충분한 광량이 나오지 않을 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 도 6에 도시된 제2 실시예에 따른 광유체 생물 발광 검출기(200)의 유체채널(204)은 세포 용해 영역(CLR)을 통과한 바이오에어로졸의 ATP가 발광반응액과 반응하는 시간을 확보할 수 있도록 발광 반응 영역(BLR)을 포함할 수 있다.
- [0108] 도 6에 도시된 바와 같이, 유체채널(204)의 발광 반응 영역(BLR)은 발광반응액 채널(205a)의 타단과 세포 용해 영역(CLR)의 출구측 채널이 합류하는 지점부터 형성되며, 세포 용해 영역(CLR)과 비슷하게 상하방향 및 좌우방향으로 유동 방향이 변하도록 형성될 수 있다. 발광 반응 영역(BLR)이 충분히 긴 유체채널로 형성되기 때문에 ATP는 발광 반응 영역(BLR)을 통과하는 동안 발광반응액과 반응할 수 있는 시간을 충분히 확보할 수 있고 형광 측정 센서(180)에서 측정에 필요한 충분한 광량을 만들어 낼 수 있다.
- [0109] 한편, 도 4에 도시된 제1 실시예에 따른 광유체 생물 발광 검출기(100)의 경우에는 검출부(106) 내부에 기포 또는 버블이 생길 수 있다. 왜냐하면 검출부(106)에 연결된 유체채널(104) 보다 검출부(106)가 크기 때문에 유체채널(104)을 통해 검출부(106)에 유입된 공기가 검출부(106)를 빠져나가지 않고 검출부(106)의 내부에 기포를 만들 공간적 여유가 충분하기 때문이다. 검출부(106)의 내부에 기포 또는 버블이 존재하게 되면 검출부(106)에서 발산되는 광량이 변할 수 있고 이에 따라 형광 측정 센서(180)의 측정 결과가 정확하지 않을 수 있다.
- [0110] 도 6에 도시된 제2 실시예에 따른 광유체 생물 발광 검출기(200)는 검출부(206)의 내부에 기포 또는 버블이 발생하지 않도록 형성되어 있다. 즉, 바이오에어로졸의 ATP, 용해액 및 발광반응액이 혼합되어 흐르는 발광반응 채널(209a)과 유체 배출부(209) 사이에 위치하는 검출부(206)는 직경 또는 크기가 유체 채널 보다 완만하게 증가하거나 감소하는 형태로 형성될 수 있다.
- [0111] 도 6을 참조하면, 검출부(206)는 발광반응 채널(209a) 또는 배출 채널(209b)의 길이방향을 따라 길게 형성되며 검출부(206)의 직경 또는 크기가 서서히 커진 후 서서히 작아지는 형태를 가진다. 검출부(206)가 유체의 유동방향을 따라 길쭉한 형태를 가지기 때문에 검출부(206)의 내부에 유입된 유체의 젖음 특성이 검출부(206)의 내부

에 전체적으로 미치게 되어 검출부(206)의 내부에 기포 또는 버블이 존재하기 어려운 환경이 조성될 수 있다.

[0112] 도 6에 도시하지는 않았지만, 세포 용해 영역(CLR)의 후면에는 온도조절부(미도시)가 마련되고, 검출부(206)의 후면에는 광반사부(미도시)가 마련될 수 있다. 도 6에 도시된 광유체 생물 발광 검출기(200에 구비되는 상기 온도조절부 및 광반사부는 도 4에 도시된 광유체 생물 발광 검출기(100)의 온도조절부(107) 및 광반사부(108)와 동일하다.

[0113] 한편, 도 7은 습식 사이클론으로 마련되는 포집부(110)의 미세입자 크기 별 및 총 포집 효율을 나타내는 그래프이다. 입자의 크기에 따라 포집 효율의 차이는 크게 나타나지 않았으며, 총 포집 효율은 99.5%를 가짐이 확인되었다.

[0114] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 바이오에어로졸 실시간 검출 시스템(10)의 다양한 바이오에어로졸의 농도에 따른 바이오에어로졸 검출 민감도를 보여주는 그래프이다. 공기 중으로 그람 양성균 바이오에어로졸(표피포도상구균(S.epidermidis), 고초균(B.subtilis), 마이크로코커스 루테우스(M.luteus))과, 그람 음성균 바이오에어로졸(대장균(E.coli), 엔테로박터 에로진스(E.aerogens), 폐렴막대균(K.pneumoniae))을 분무하여 습식 사이클론의 포집부(110)로 포집한 후 평가를 진행하였다. 그 결과, 바이오에어로졸의 농도가 증가함에 따라 바이오에어로졸 실시간 검출 시스템(10)의 RLU값도 증가하는 경향을 보임이 확인되었다. 이는 바이오에어로졸의 농도가 높을수록 더 많은 ATP가 추출되어 생물 발광도가 증가함을 나타낸 결과이다.

[0115] 도 9는 실험실에서의 바이오에어로졸 농도 변화에 대한 바이오에어로졸 실시간 검출 시스템(10)의 실시간 모니터링 민감도를 보여주는 그래프이다. 바이오에어로졸의 농도가 각각 130개/cm³, 200개/cm³가 되었을 때, 바이오에어로졸 분무를 중단하면서 검출 시스템(10)의 실시간 모니터링 민감도를 측정된 결과이다. 바이오에어로졸의 일례로 표피포도상구균을 사용하였다. 이 결과로 바이오에어로졸 실시간 검출 시스템(10)이 공기 중 바이오에어로졸의 농도 변화를 신속하고 정확하게 추적하는 것을 확인하였다.

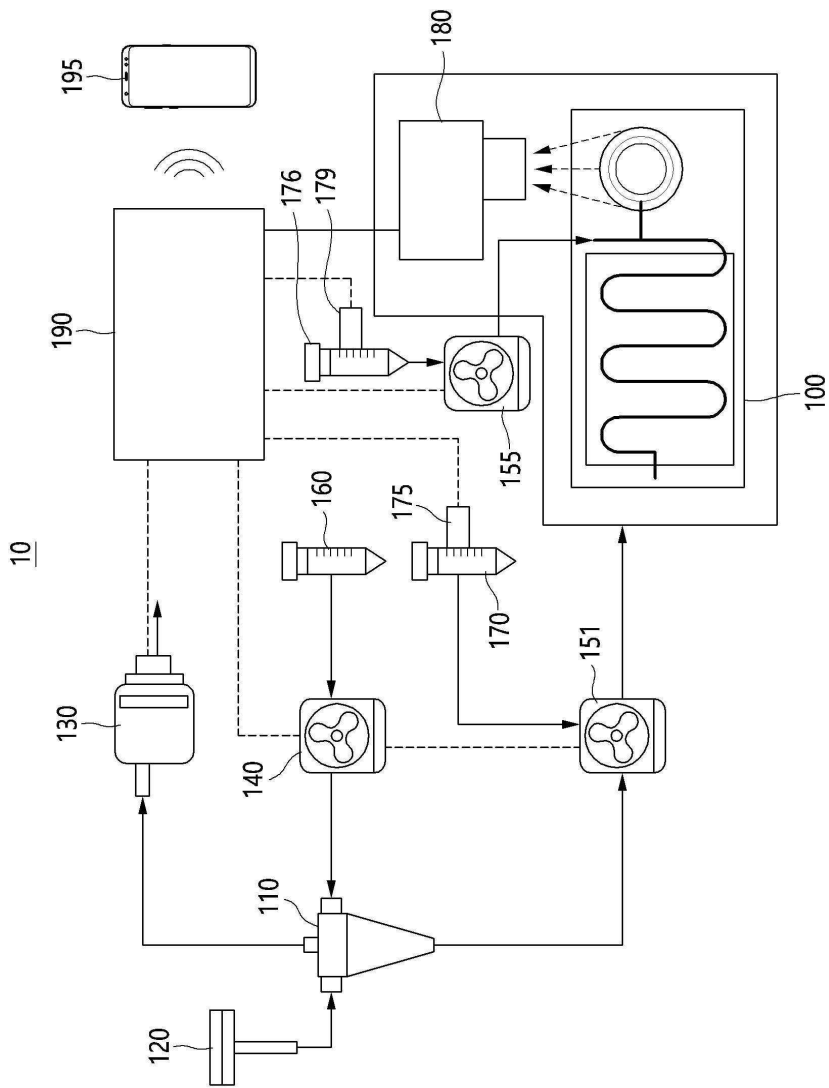
[0117] 이상과 같이 본 발명의 일 실시예에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 청구범위뿐만 아니라 이 청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

부호의 설명

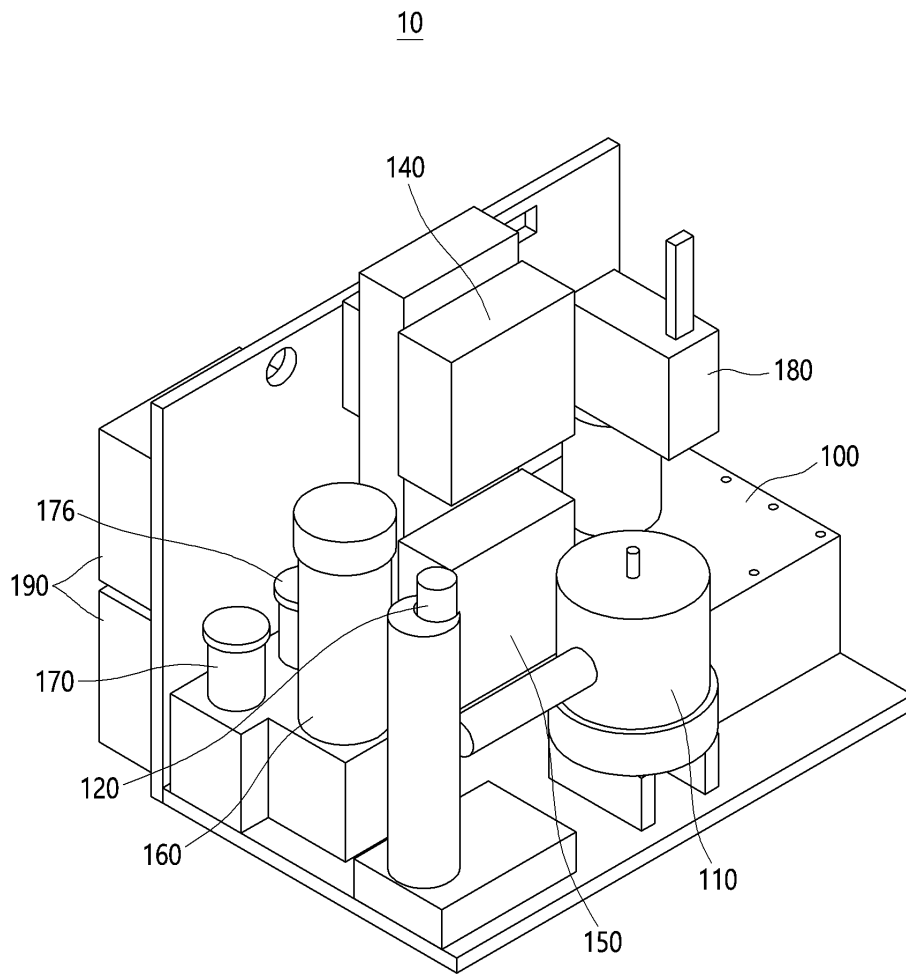
- [0118] 10: 바이오에어로졸 실시간 검출 시스템
- 100,200: 광유체 생물 반응 검출기
- 101,201: 몸체부
- 102,202: 샘플액 주입부
- 103,203: 용해액 주입부
- 104,204: 유체채널
- 105,205: 발광반응액 주입부
- 106,206: 검출부
- 107: 온도조절부
- 108: 광반사부
- 109,209: 유체 배출부
- 110: 포집부
- 180: 형광 측정 센서
- 190: 제어부

도면

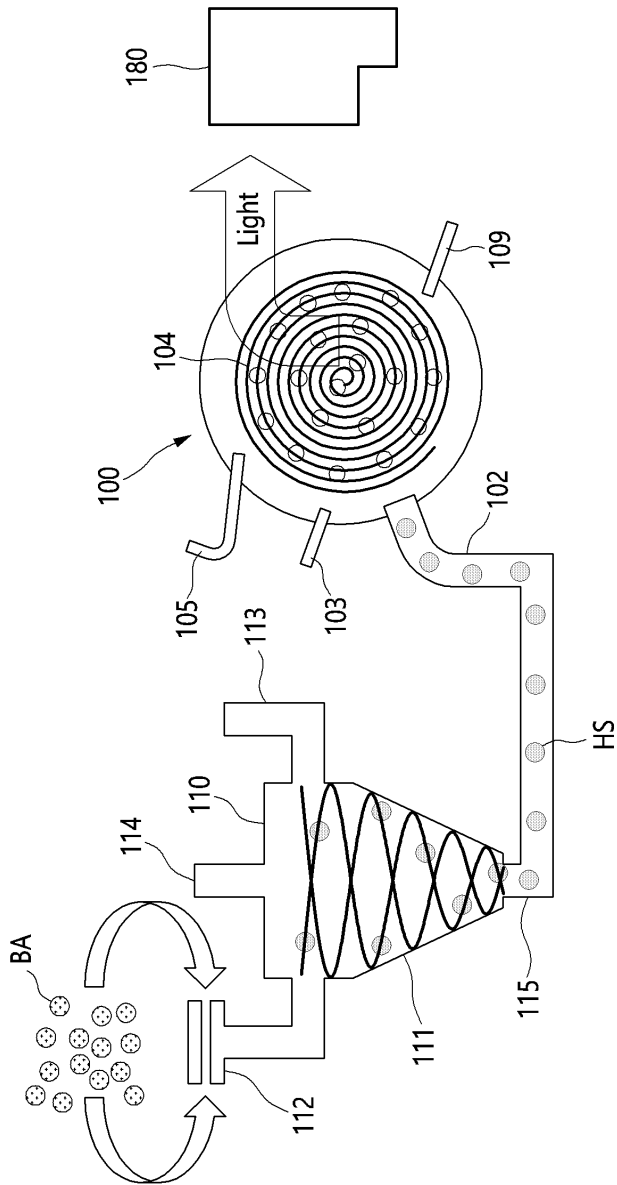
도면1



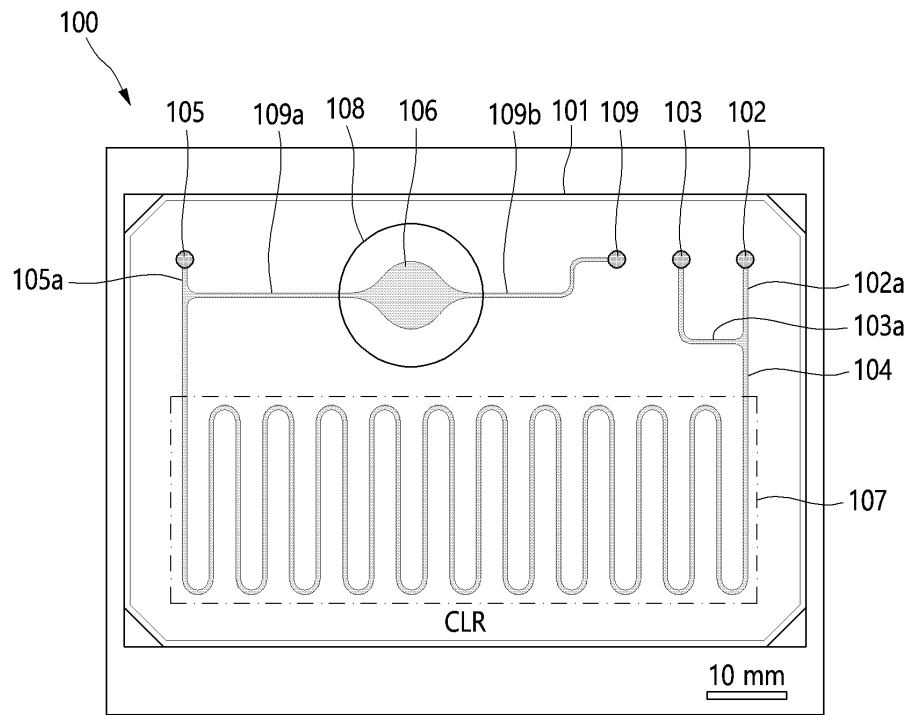
도면2



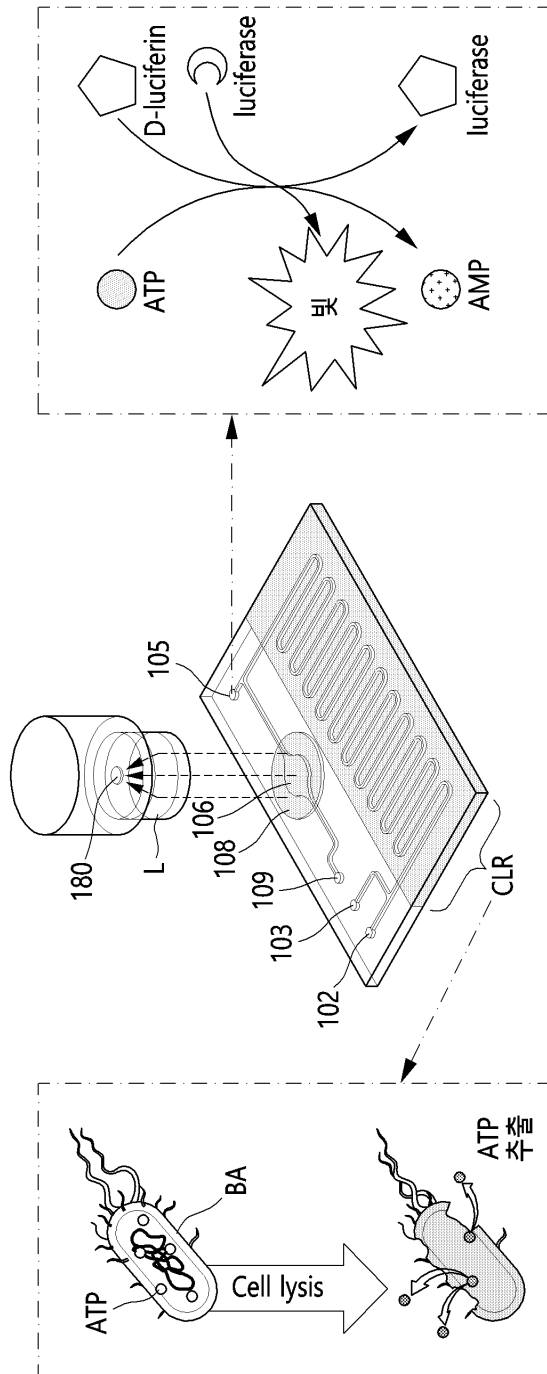
도면3



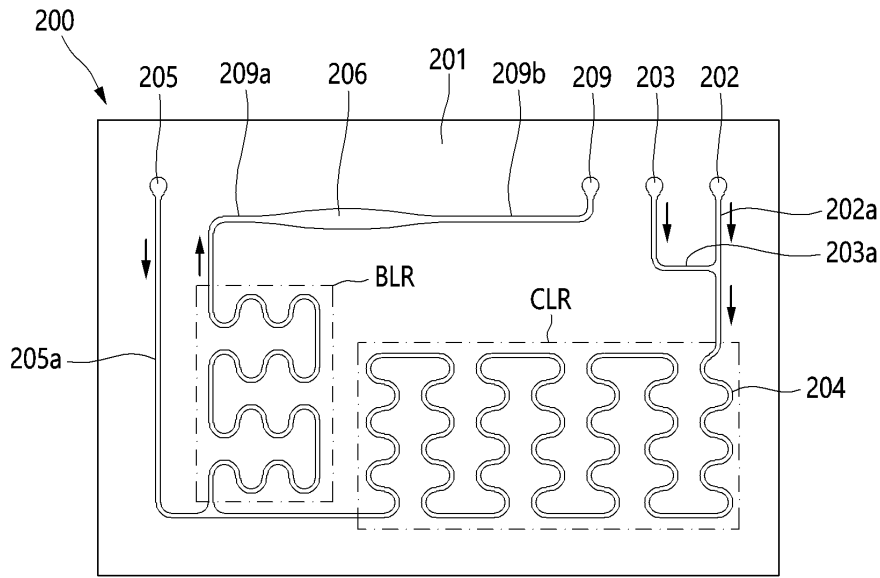
도면4



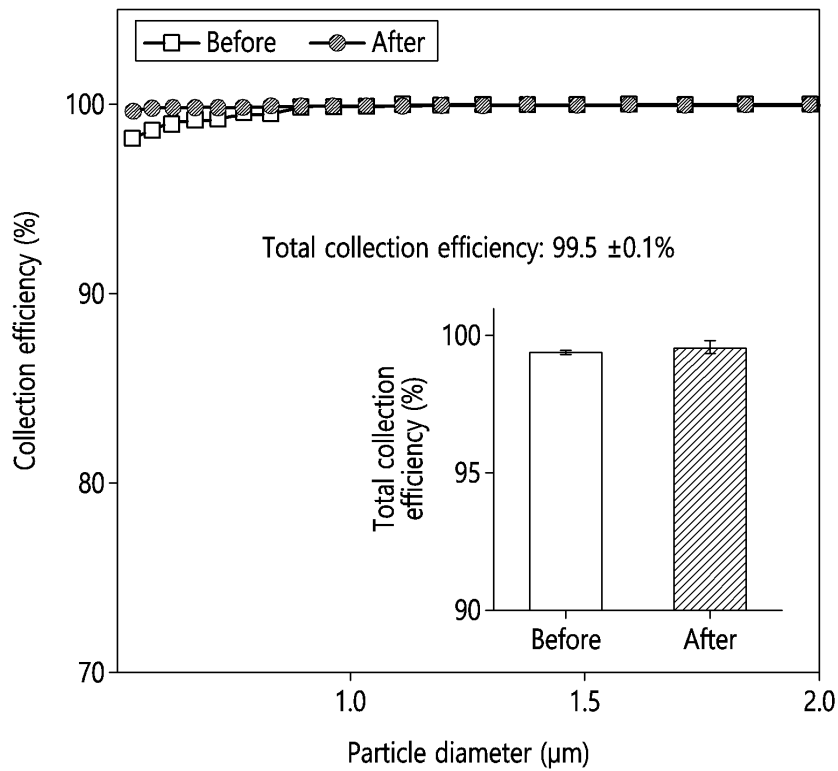
도면5



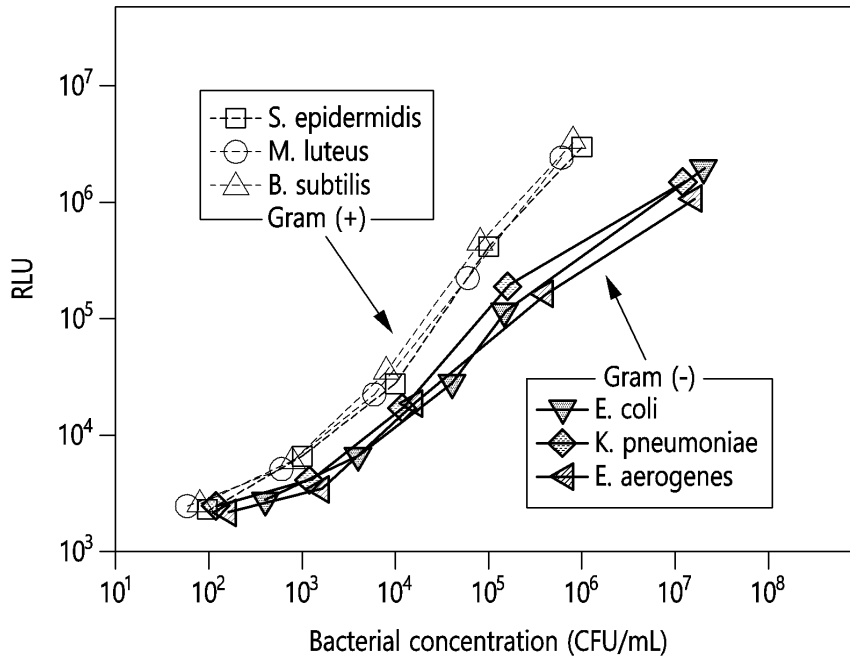
도면6



도면7



도면8



도면9

