



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년01월13일

(11) 등록번호 10-2201433

(24) 등록일자 2021년01월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01N 15/02 (2006.01) B05B 1/02 (2006.01)
 B05B 12/08 (2006.01) B05B 5/025 (2006.01)
 C12M 1/34 (2006.01) G01N 15/06 (2006.01)
 G01N 21/64 (2006.01) G06N 20/00 (2019.01)

(52) CPC특허분류

G01N 15/02 (2020.05)
 B05B 1/02 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0125371

(22) 출원일자 2019년10월10일

심사청구일자 2019년10월10일

(56) 선행기술조사문헌

JP2015210209 A*

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

황정호

서울특별시 강남구 도곡로13길 19, 102동 901호(역삼동, 역삼동롯데캐슬 노블)

안상권

경기 의정부시 신곡동 산33-22번지, 106동 1502호

김형래

서울특별시 양천구 목동서로 100, 303동 1204호(목동, 목동신시가지아파트3단지)

(74) 대리인

김연권

전체 청구항 수 : 총 16 항

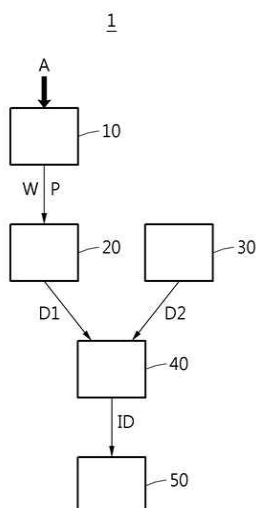
심사관 : 인치현

(54) 발명의 명칭 기계학습을 이용한 바이오 에어로졸 모니터링 장치 및 그 방법

(57) 요약

개시된 본 발명에 의한 바이오 에어로졸 모니터링 장치는, 공기 중 바이오 에어로졸 입자를 포집액으로 포집하는 포집부, 포집액을 액적으로 정전 분무하되, 정전 분무되는 액적 중 적어도 일부에 일정량의 입자가 포함되도록 분무시키는 입자 분무부 및, 입자 분무부를 통해 분무된 입자를 기계학습으로 분석하는 분석부를 포함한다. 이러한 구성에 의하면, 일정량의 입자가 포함된 액적을 연속적으로 기계학습에 의해 실시간 분석할 수 있어, 특정 바이오 에어로졸 속(Genus)에 대한 모니터링 효율 향상에 기여할 수 있게 된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B05B 12/082 (2013.01)

B05B 5/025 (2013.01)

C12M 1/34 (2013.01)

G01N 15/0656 (2013.01)

G01N 21/6486 (2013.01)

G06N 20/00 (2019.01)

(56) 선행기술조사문헌

JP2018132301 A*

KR1020190043135 A*

JP5059740 B2

KR1020170112404 A

KR101568333 B1

KR1020160111140 A

KR1020170012260 A

KR1020180103546 A

KR1020180004898 A

KR101779039 B1

KR1020100002010 A

KR1020150051456 A

KR1020190030146 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2013M3A6B2078959

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 글로벌프론티어사업

연구과제명 [Ezbaro] (3세부)입자의 전기적 특성을 이용한 기상 감염성 병원체 액상포집 기술개발 (3단계)

기 여 율 1/1

과제수행기관명 연세대학교 산학협력단

연구기간 2019.01.01 ~ 2019.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

공기 중 바이오 에어로졸 입자를 포집액으로 포집하는 포집부;

상기 포집액을 액적으로 정전 분무하되, 상기 액적 중 적어도 일부에 상기 입자가 일정량 포함하도록 정전 분무시키는 입자 분무부;

상기 입자 분무부를 통해 분무된 상기 입자를 기계학습으로 분석하는 분석부;

상기 입자 분무부로부터 배출된 상기 액적을 향해 상기 입자와 반응 가능한 시약으로 정전 분무하여 제공하는 시약부; 및

상기 입자와 시약을 상호 혼합하여 반응시키는 반응부;

를 포함하며,

상기 입자 분무부는 일정량의 상기 입자를 포함하는 상기 액적을 날개로 정전 분무하는 바이오 에어로졸 모니터링 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 입자 분무부는,

상기 입자가 포집된 상기 포집액이 유입되는 입자 유입구 및 상기 입자 유입구로부터 길이 방향으로 연장되어 상기 액적으로 배출시키는 입자 배출구가 마련되는 입자 배출몸체;

상기 입자 유입구와 상기 입자 배출구 사이에 마련되어, 상기 포집액을 날개의 상기 액적으로 정전 분무하는 테일러 콘(Taylor cone) 형상을 가지는 입자 배출콘;

상기 포집액의 표면장력보다 큰 정전기력을 상기 입자 배출콘에 인가하여 상기 입자 배출콘의 개폐를 제어하는 입자 제어부; 및

상기 입자 배출콘으로부터 배출된 상기 액적으로 오일을 공급하여, 상기 액적의 상태를 유지시키는 오일 공급부;

를 포함하여, 일정 속도 및 위치로 상기 액적을 정전 분무하는 바이오 에어로졸 모니터링 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 분석부는 상기 반응부로부터 배출된 상기 시약과 반응한 상기 입자를 관측한 이미지를 기계학습으로 분석하는 바이오 에어로졸 모니터링 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 시약부는,

상기 시약이 유입되는 시약 유입구 및 상기 시약 유입구로부터 길이 방향으로 연장되어 상기 시약을 배출시키는 시약 배출구가 마련되는 제2배출몸체;

상기 시약 유입구와 시약 배출구 사이에 마련되어, 상기 시약을 정전 분무시키는 테일러 콘(Taylor cone) 형상을 가지는 시약 배출콘; 및

상기 시약 배출콘이 개방되도록 상기 시약의 표면장력보다 큰 정전기력이 상기 시약 배출콘에 인가되도록 제어하여, 상기 시약 배출콘의 개폐를 제어하는 시약 제어부;

를 포함하는 바이오 에어로졸 모니터링 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 시약 배출콘은 상기 시약을 액적 상태로 분무하며,

상기 시약 배출콘을 통해 배출된 액적 상태의 상기 시약으로 오일을 공급하여 액적 상태를 유지시키는 바이오 에어로졸 모니터링 장치.

청구항 6

제2항에 있어서,

상기 액적에 1 μ m 미만의 상기 입자가 일정량 포함되도록, 상기 입자 제어부에 의해 상기 입자 배출콘의 개방 범위가 제어되는 바이오 에어로졸 모니터링 장치.

청구항 7

제2항에 있어서,

상기 포집액 및 오일은 5 μ L/Hour : 400 μ L/Hour의 유량 비율로 상기 입자 배출몸체로 공급되고,

상기 입자 배출콘을 사이에 두고 각각 양극과 음극을 인가하는 제1양극 및 음극 인가체에 5500~6500V의 전압이 인가되며,

상기 오일에 3~7%의 계면활성제가 포함되는 바이오 에어로졸 모니터링 장치.

청구항 8

제4항에 있어서,

상기 시약 배출콘은 상기 시약 제어부에 의해 1 μ m 미만의 크기로 개방 범위가 제어되는 바이오 에어로졸 모니터링 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 반응부는 상기 입자 분무부에서 배출된 상기 액적과 상기 시약부로부터 배출된 시약이 상호 혼합되도록 복수회 절곡된 반응 경로를 제공하는 바이오 에어로졸 모니터링 장치.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 시약은 미생물과 반응할 수 있는 형광액을 포함하여 상기 입자를 염색시키며,

상기 분석부는 포토센서 또는 형광 현미경을 통해 염색된 상기 입자를 측정된 이미지를 기계학습에 의해 분석하는 바이오 에어로졸 모니터링 장치.

청구항 11

바이오 에어로졸 입자가 포집된 포집액을 상기 입자가 일정량 포함하는 입자 액적으로 정전 분무하는 입자 분무단계;

상기 입자 액적을 관측하여 기계학습에 의해 상기 바이오 에어로졸의 속(Genus)을 분석하는 기계학습 분석단계; 및

상기 입자와 반응 가능한 시약을 시약 액적으로 정전 분무하여, 상기 입자 액적과 반응시키는 시약 반응단계;

를 포함하며,

상기 입자 분무단계는 상기 입자 액적을 날개로 정전 분무하는 바이오 에어로졸 모니터링 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 기계학습 분석단계는 상기 시약과 반응한 상기 입자 액적을 측정하여 분석하는 바이오 에어로졸 모니터링 방법.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 시약 반응단계는,

상기 시약을 시약 액적으로 분무하는 시약 분무단계; 및

상기 입자 액적과 상기 시약 액적을 혼합하여 반응시키는 반응단계;

를 포함하며,

상기 입자 분무단계와 시약 분무단계는 동시에 이루어지거나, 상기 시약 분무단계가 상기 입자 분무단계 이전에 또는 이후에 이루어지는 바이오 에어로졸 모니터링 방법.

청구항 14

제11항에 있어서,

상기 입자 분무단계는,

상기 포집액이 입자 배출물체로 유입되는 단계;

상기 입자 배출물체의 내부에 마련된 테일러 콘(Taylor cone) 형상을 가지는 입자 배출콘으로부터 상기 입자를 일정량 포함하는 상기 입자 액적을 일정 속도 및 위치로 정전 분무시키는 단계; 및

상기 입자 액적으로 오일을 공급하는 제1오일 공급단계;

를 포함하며,

상기 입자 배출콘은 상기 포집액의 표면장력보다 큰 정전기력이 인가되어 상기 입자 액적을 분무할 수 있도록 개방이 제어되는 바이오 에어로졸 모니터링 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 입자 액적에 $1\mu\text{m}$ 미만의 상기 입자가 일정량 포함되도록, 상기 입자 배출콘의 개방 범위가 제어되는 바이오 에어로졸 모니터링 방법.

청구항 16

제11항에 있어서,

상기 포집액이 상기 입자 분무단계로 연속적으로 공급되어, 상기 기계학습 분석단계가 연속적으로 실시간 이루어지는 바이오 에어로졸 모니터링 방법.

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 바이오 에어로졸 모니터링 장치 및 그 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 공기 중 바이오 에어로졸의 속(Genus) 농도를 실시간 연속적으로 기계학습을 통해 모니터링할 수 있는 기계학습을 이용한 바이오 에어로졸 모니터링 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적인 공기 중 부유 미생물 즉, 바이오 에어로졸 측정 방법은 시료 기체 중에 부유하고 있는 생물 입자를 증식에 적합한 고체 또는 액체 표면에 포집하고, 일정기간 적당 온도 및 습도 환경에서 배양하여 포집 미생물을 측정하는 배양법과, 포집된 미생물을 염색하여 형광 현미경을 이용하여 측정하는 염색법이 주로 사용된다.

[0003] 근래에는 ATP(아데노신삼인산, Adenosine triphosphate)와 루시페린(luciferin)/루시페라아제(luciferase)이 반응하여 빛을 내는 원리를 이용하는 ATP 생물 발광법에 의해, ATP 소거처리, ATP 추출, 발광량 측정까지 소요되는 일련의 과정을 30분 정도로 축소하여 신속한 측정 작업이 가능하게 되었다. 참고로, 이러한 ATP 생물 발광법을 이용한 바이오 에어로졸 측정방법은 공기 중 바이오 에어로졸 총 농도를 알아내는 방식에 적합하다.

[0004] 한편, 최근에는 바이오 에어로졸 중에서도 인체에 유해도가 높은 특정 속(Genus)의 바이오 에어로졸이 공기 중에 얼마나 존재하는지 대한 관심이 높다. 그러나, 공기 중 특정 바이오 에어로졸 속(Genus)의 농도 검출에 주로 적용되는 PCR(중합효소 연쇄반응, Polymerase chain reaction) 방식은, 검지 시간이 2~3시간으로 오래 걸리며, PCR 장비에 들어가는 샘플 준비가 복잡하다.

[0005] 이에 따라, 근래에는 공기 중 특정 바이오 에어로졸 속(Genus)을 모니터링함에 따른 효율을 향상시키기 위한 다양한 연구가 지속적으로 이루어지고 있는 추세이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제10-1912521호

(특허문헌 0002) 일본 등록특허공보 제4797652호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 목적은 공기 중 바이오 에어로졸 입자 중 특정 속(Genus)을 실시간 및 연속적으로 기계학습을 통해 모니터링할 수 있는 기계학습을 이용한 바이오 에어로졸 모니터링 장치를 제공하기 위한 것이다.

[0008] 본 발명의 다른 목적은 공기 중 바이오 에어로졸의 입자를 속(Genus)에 따라 실시간 및 연속적으로 농도 측정할 수 있는 기계학습을 이용한 바이오 에어로졸 모니터링 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 의한 바이오 에어로졸 모니터링 장치는, 공기 중 바이오 에어로졸 입자를 포집액으로 포집하는 포집부, 상기 포집액을 액적으로 정전 분무하되, 상기 액적 중 적어도 일부에 상기 입자가 일정량 포함하도록 정전 분무시키는 입자 분무부 및, 상기 입자 분무부를 통해 분무된 상기 입자를 기계학습으로 분석하는 분석부를 포함한다.

[0010] 또한, 상기 입자 분무부는, 상기 입자가 포집된 상기 포집액이 유입되는 입자 유입구 및 상기 입자 유입구로부터 길이 방향으로 연장되어 상기 액적으로 배출시키는 입자 배출구가 마련되는 입자 배출도체, 상기 입자 유입

구와 상기 입자 배출구 사이에 마련되어, 상기 포집액을 정전 분무하여 일정량의 상기 입자를 포함하는 상기 액적을 날개로 배출시키는 테일러 콘(Taylor cone) 형상을 가지는 입자 배출콘, 상기 포집액의 표면장력보다 큰 정전기력을 상기 입자 배출콘에 인가하여 상기 입자 배출콘의 개폐를 제어하는 입자 제어부 및, 상기 입자 배출콘으로부터 배출된 상기 액적으로 오일을 공급하여, 상기 액적의 상태를 유지시키는 오일 공급부를 포함하여, 일정 속도 및 위치로 상기 액적을 정전 분무할 수 있다.

[0011] 또한, 상기 액적 분무부로부터 배출된 상기 액적을 향해 상기 입자와 반응 가능한 시약을 제공하는 시약부 및 상기 입자와 시약을 상호 혼합하여 반응시키는 반응부를 포함하며, 상기 분석부는 상기 반응부로부터 배출된 상기 시약과 반응한 상기 입자를 관측한 이미지를 기계학습으로 분석할 수 있다.

[0012] 또한, 상기 시약부는, 상기 시약이 유입되는 시약 유입구 및 상기 시약 유입구로부터 길이 방향으로 연장되어 상기 시약을 배출시키는 시약 배출구가 마련되는 제2배출몸체, 상기 시약 유입구와 시약 배출구 사이에 마련되어, 상기 시약을 정전 분무시키는 테일러 콘(Taylor cone) 형상을 가지는 시약 배출콘 및, 상기 시약 배출콘이 개방되도록 상기 시약의 표면장력보다 큰 정전기력이 상기 시약 배출콘에 인가되도록 제어하여, 상기 시약 배출콘의 개폐를 제어하는 시약 제어부를 포함할 수 있다.

[0013] 또한, 상기 시약 배출콘은 상기 시약을 액적 상태로 분무하며, 상기 시약 배출콘을 통해 배출된 액적 상태의 상기 시약으로 오일을 공급하여 액적 상태를 유지시킬 수 있다.

[0014] 또한, 상기 액적에 $1\mu\text{m}$ 미만의 상기 입자가 일정량 포함되도록, 상기 입자 제어부에 의해 상기 입자 배출콘의 개방 범위가 제어될 수 있다.

[0015] 또한, 상기 포집액 및 오일은 $5\mu\text{L}/\text{Hour}$: $400\mu\text{L}/\text{Hour}$ 의 유량 비율로 상기 입자 배출몸체로 공급되고, 상기 입자 배출콘을 사이에 두고 각각 양극과 음극을 인가하는 제1양극 및 음극 인가체에 $5500\sim 6500\text{V}$ 의 전압이 인가되며, 상기 오일에 3~7%의 계면활성제가 포함될 수 있다.

[0016] 또한, 상기 시약 배출콘은 상기 시약 제어부에 의해 $1\mu\text{m}$ 미만의 크기로 개방 범위가 제어될 수 있다.

[0017] 또한, 상기 반응부는 상기 액적 분무부에서 배출된 상기 액적과 상기 시약부로부터 배출된 시약이 상호 혼합되도록 복수회 절곡된 반응 경로를 제공할 수 있다.

[0018] 또한, 상기 시약은 미생물과 반응할 수 있는 형광액을 포함하여 상기 입자를 염색시키며, 상기 분석부는 포토센서 또는 형광 현미경을 통해 염색된 상기 입자를 측정된 이미지를 기계학습에 의해 분석할 수 있다.

[0019] 본 발명의 바람직한 일 실시예에 의한 바이오 에어로졸 모니터링 방법은, 바이오 에어로졸 입자가 포집된 포집액을 상기 입자가 일정량 포함하는 입자 액적으로 정전 분무하는 입자 분무단계 및 상기 입자 액적을 관측하여 기계학습에 의해 상기 바이오 에어로졸의 속(Genus)을 분석하는 기계학습 분석단계를 포함한다.

[0020] 또한, 상기 입자와 반응 가능한 시약을 시약 액적으로 정전 분무하여, 상기 입자 액적과 반응시키는 시약 반응단계를 포함하며, 상기 기계학습 분석단계는 상기 시약과 반응한 상기 입자 액적을 측정하여 분석할 수 있다.

[0021] 또한, 상기 시약 반응단계는, 상기 시약을 시약 액적으로 분무하는 시약 분무단계 및 상기 입자 액적과 상기 시약 액적을 혼합하여 반응시키는 반응단계를 포함하며, 상기 입자 분무단계와 시약 분무단계는 동시에 이루어지거나, 상기 시약 분무단계가 상기 입자 분무단계 이전에 또는 이후에 이루어질 수 있다.

[0022] 또한, 상기 입자 분무단계는, 상기 포집액이 입자 배출몸체로 유입되는 단계, 상기 입자 배출몸체의 내부에 마련된 테일러 콘(Taylor cone) 형상을 가지는 입자 배출콘으로부터 상기 입자를 일정량 포함하는 상기 입자 액적을 일정 속도 및 위치로 정전 분무시키는 단계 및, 상기 입자 액적으로 오일을 공급하는 제1오일 공급단계를 포함하며, 상기 입자 배출콘은 상기 포집액의 표면장력보다 큰 정전기력이 인가되어 상기 입자 액적을 분무할 수 있도록 개방이 제어될 수 있다.

[0023] 또한, 상기 입자 액적에 $1\mu\text{m}$ 미만의 상기 입자가 일정량 포함되도록, 상기 입자 배출콘의 개방 범위가 제어될 수 있다.

[0024] 또한, 상기 포집액이 상기 입자 분무단계로 연속적으로 공급되어, 상기 기계학습 분석단계가 연속적으로 실시될 수 있다.

[0025] 본 발명의 바람직한 다른 측면에 의한 바이오 에어로졸 모니터링 방법은, 바이오 에어로졸을 기 학습하는 학습단계 및 연속적으로 유입되는 상기 바이오 에어로졸이 포집된 포집액을 기계학습으로 분석하는 분석단계를 포함

하며, 상기 분석단계는 상기 기계학습에 의해 상기 바이오 에어로졸의 속(Genus)에 따른 농도를 모니터링한다.

[0026] 또한, 상기 포집액은 일정량의 상기 바이오 에어로졸의 입자가 포함되도록 액적으로 정전 분무되어 시약과 반응하며, 상기 분석단계는 상기 시약과 반응한 상기 입자 액적을 측정하여 분석할 수 있다.

[0027] 또한, 상기 포집액은 서로 다른 종류의 상기 바이오 에어로졸의 속(Genus)이 각각 포함되도록 복수개 마련되며, 상기 분석단계는 상기 복수의 포집액을 각각 분석하여 상기 바이오 에어로졸 속(Genus)의 종류별로 기계학습 분석할 수 있다.

발명의 효과

[0028] 상기와 같은 구성을 가지는 본 발명에 의하면, 첫째, 기계학습을 통해 정전 분무된 바이오 에어로졸의 특정 속(Genus)에 대한 농도 검출이 가능해져, 바이오 에어로졸의 속에 대한 모니터링 효율을 향상시킬 수 있게 된다.

[0029] 둘째, 공기 중 부유하는 박테리아와 같은 입자를 미세 액적에 일정량씩 가두어 일정 위치로 정전 분무시켜 관측한 이미지를 기계학습에 의해 분석함으로써, 미생물의 정확한 외형 분석 및 분류가 가능해진다.

[0030] 셋째, 기계학습을 통한 바이오 에어로졸의 연속적인 이미지 처리로 인해, 바이오 에어로졸 모니터링의 자동화 및 연속적인 실시간 측정이 가능해진다. 또한, 기존의 바이오 에어로졸 속(Genus) 모니터링을 위해 요구되는 오랜 시간 측정 문제점을 개선할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

[0031] 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 바이오 에어로졸 모니터링 장치를 개략적으로 도시한 구성도이다.

도 2는 도 1에 도시된 포집부의 일 예를 개략적으로 도시한 구성도이다.

도 3은 도 1에 도시된 입자 분무부, 시약부, 반응부 및 분석부를 개략적으로 도시한 구성도이다.

도 4는 도 3의 V영역을 개략적으로 확대 도시한 도면이다. 그리고,

도 5는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 의한 바이오 에어로졸 모니터링 방법을 개략적으로 도시한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032] 이하, 본 발명의 바람직한 일 실시예를 첨부된 도면을 참고하여 설명한다. 다만, 본 발명의 사상이 그와 같은 실시예에 제한되지 않고, 본 발명의 사상은 실시예를 이루는 구성요소의 부가, 변경 및 삭제 등에 의해서 다르게 제안될 수 있을 것이나, 이 또한 발명의 사상에 포함되는 것이다.

[0034] 도 1을 참고하면, 본 발명의 바람직한 일 실시예에 의한 바이오 에어로졸 모니터링 장치(1)는 포집부(10), 입자 분무부(20), 시약부(30), 반응부(40) 및 분석부(50)를 포함한다.

[0035] 포집부(10)는 공기(A) 중 미생물 입자 즉, 바이오 에어로졸 입자(P)를 포집액(W)으로 포집한다. 본 실시예에서는 공기(A) 중 미생물 입자(P)들 중에서 상대적으로 크기가 작은 박테리아, 바이러스와 같은 미생물 입자(P)를 포집부(10)가 포집하는 것으로 예시한다.

[0036] 참고로, 본 발명에서는 포집부(10)로 공기(A)가 유입되기 전에 미도시된 분류수단을 통해 입자(P)가 크기별로 분류될 수도 있다. 여기서, 미도시된 분류수단은 입자(P)를 크기에 따라 분류하는 미세채널(Micro channel)이 마련된 가상 임팩터(virtual impactor)를 이용할 수도 있으나, 본 발명의 요지가 아니므로 자세한 도시 및 설명은 생략한다. 또한, 분류수단(미도시)이 마련되지 않고, 포집부(10)로 공기(A)가 바로 유입되어, 공기(A) 중 입자(P)가 포집되는 변형에도 가능하다.

[0037] 도 2의 도시와 같이, 포집부(10)는 입자(P)를 포함한 공기(A)를 전기적으로 하전하여, 포집액(W)으로 포집한다. 이를 위해, 포집부(10)는 공기(A)가 유입되는 유입구(12)와, 유입구(12)로부터 길이 방향으로 연장되어 마주하는 배출구(13)가 관통 형성되는 포집관(11), 포집관(11)의 유입구(12)와 배출구(13) 사이에 상호 마주하도록 배치되어 고전압이 인가되는 제1 및 제2전극(14)(15)을 포함한다. 여기서, 제1전극(14)은 팁(Tip) 형상을 갖으며, 제1전극(14)과 마주하는 제2전극(15)은 판(Plate) 형상을 가진다.

[0038] 제1전극(14)은 단부에 전도성 금속이 마련되는 방전 전극이며, 제2전극(15)은 전도성 금속으로 이루어진 판 형상의 접지(Ground) 전극으로써, 제1전극(14)으로부터 일정거리 이격된 위치에 배치된다. 이러한 제1전극(14)에 고 전압의 직류(DC) 전압이 인가될 경우, 팁 형상의 제1전극(14)의 단부에서 코로나 방전(Corona discharge)이

발생되어, 유입된 공기(A) 중 입자(P)를 양전하로 하전시킨다.

- [0039] 이렇게 하전된 공기(A) 중 입자(P)는 포집액(W)에 포집된다. 이때, 포집액(W)은 포집액 지지체(16)에 마련된 포집액 인렛(Inlet)(17)을 통해 유입된 후, 포집액 아웃렛(Outlet)(18)을 통해 배출된다. 참고로, 포집액(W)은 순수(DI-Water)를 포함하며, 포집액(W)에는 박테리아를 포함하는 에어로졸 입자(P)가 포집되는 것으로 예시한다.
- [0040] 한편, 본 실시예에서는 박테리아와 같은 미생물을 포함하는 공기(A) 중 입자(P)를 하전시켜 포집액(W)에 포집하는 것으로 예시하나, 꼭 이에 한정되지 않는다. 즉, 공기(A) 중 입자(P)를 포집하는 방식은 도 2의 도시로만 한정되지 않으며, 공기(A) 중 입자(P)를 액상의 포집액(W)에 포집할 수 있는 다양한 포집방식 중 어느 하나로 변형 가능하다. 예컨대, 포집부(10)가 전기 집진방식(Electrostatic precipitation), 임핀저(Impinger), 습식 사이클론(Wet cyclone) 등과 같은 다양한 포집 방식 중 어느 하나로 변형 가능함은 당연하다.
- [0041] 여기서, 포집액(W)에 포집된 바이오 에어로졸은 특정 속(Genus)만이 포함될 수 있다. 아울러, 포집액(W)이 서로 다른 바이오 에어로졸 속(Genus)을 포함하도록 복수개로 마련될 수도 있다. 그로 인해, 후술할 입자 분무부(20)로 연속적 및 실시간으로 특정 바이오 에어로졸 속(Genus)을 유입시킬 수 있다.
- [0042] 입자 분무부(20)는 포집액(W)에 포집된 입자(P)를 정전 분무(Electro-spraying)하여, 입자(P)가 일정량 포함된 미세 액적(이하, 제1액적으로 지칭함) (D1)으로 날개 배출시킨다. 이러한 입자 분무부(20)는 도 3의 도시와 같이, 입자 배출몸체(21), 입자 배출콘(24), 입자 제어부(25) 및 입자용 오일 공급부(26)를 포함하여, 원하는 속도 및 위치로 일정량의 입자(P)가 포함된 제1액적(D1)을 분무한다.
- [0043] 입자 배출몸체(21)는 포집부(10)에 의해 포집액(W)에 포집된 입자(P)가 유입되는 입자 유입구(22)와, 입자 유입구(22)로부터 길이 방향으로 연장되어 입자(P)를 반응부(40)로 배출시키는 입자 배출구(23)가 마련된다. 이러한 입자 배출몸체(21)에는 포집액(W)에 포집된 입자(P)가 유입된다.
- [0044] 입자 배출콘(24)은 입자 유입구(22)와 입자 배출구(23)의 사이에 마련되어, 입자 유입구(22)를 통해 포집액(W)에 포집된 입자(P)를 날개의 제1액적(D1)으로 배출시키도록 테일러 콘(Taylor cone) 형상을 가진다. 입자 배출콘(24)의 콘 형상을 가지는 단부는 일종의 노즐로써, 도 4의 도시와 같이, 표면 장력을 이기는 정전기력이 가해지면 개방되어 포집액(W)에 포집된 입자(P)를 제1액적(D1)으로 정전 분무시키게 된다. 여기서, 입자 배출콘(24)의 개방되는 범위(G) 제어를 통해, 입자 배출콘(24)으로부터 정전 분무되는 제1액적(D1)의 크기를 제어할 수 있다.
- [0045] 입자 제어부(25)는 입자 배출콘(24)에 인가되는 정전기력을 제어함으로써, 입자 배출콘(24)의 개폐를 제어한다. 입자 제어부(25)는 양극의 전압을 인가하는 제1양극 인가체(25a) 및 음극의 전압을 인가하는 제1음극 인가체(25b)가 입자 배출콘(24)을 사이에 두고 입자 배출몸체(21)에 마련된다. 이러한 입자 제어부(25)에 의해 제1양극 및 음극 인가체(35a)(35b)에 인가되는 전압을 제어한다. 그로 인해, 입자 제어부(25)에 의해 발생하는 정전기력이 입자(P)가 포집된 포집액(W)의 표면 장력 보다 크도록 제어될 경우, 입자 배출콘(24)의 콘 형상을 가지는 단부가 개방되어 포집액(W)에 포집된 입자(P)가 제1액적(D1)으로 정전 분무된다.
- [0046] 이때, 도 4의 도시와 같이, 입자 배출콘(24) 단부의 개방 범위(G)를 입자 제어부(25)에 의해 인가되는 정전기력을 제어하여 조절할 수 있음으로써, 입자 배출콘(24)으로부터 정전 분무되는 제1액적(D1)의 크기를 제어할 수 있다. 또한, 입자 제어부(25)는 입자 배출콘(24)이 형성하는 경사 각도를 제어함으로써, 입자 배출콘(24)으로부터 분무되는 제1액적(D1)의 크기와 배출 위치를 제어할 수도 있다.
- [0047] 예컨대, 입자 제어부(25)는 입자 배출콘(24)의 개방 범위(G)가 $1\mu\text{m}$ 미만이도록 제어할 경우, 입자 배출콘(24)을 통해 $1\mu\text{m}$ 미만의 사이즈를 가지는 입자(P)가 제1액적(D1)으로 분무되게 된다. 이때, 입자 배출콘(24)으로부터 배출되는 $1\mu\text{m}$ 미만의 제1액적(D1)에는 대략 0.6 내지 $0.8\mu\text{m}$ 크기를 가지는 박테리아와 같은 입자(P)가 하나씩만 포함될 수 있음에 따라, 입자 배출콘(24)을 통해 정전 분무되는 제1액적(D1)에는 한 개의 입자(P)만이 포함되게 된다.
- [0048] 그로 인해, $1\mu\text{m}$ 미만의 크기를 가지는 박테리아와 같은 바이오 에어로졸 입자(P)만이 포집액(W)과 함께 제1액적(D1)으로 분무 가능한 것이다. 이때, 입자 배출콘(24)을 통해 배출되는 제1액적(D1)에는 입자(P)가 포함되지 않을 수도 있다. 즉, 입자 배출콘(24)을 통과한 제1액적(D1)에 미생물 입자(P)가 포함되지 않고, 포집액(W)인 순수(DI Water)만이 제1액적(D1)으로 배출될 수도 있는 것이다.
- [0049] 한편, 이러한 입자 제어부(25)에 의해 제어되는 입자 배출콘(24)의 개방 범위(G)는 $1\mu\text{m}$ 미만으로만 한정되지 않

으며, 제1액적(D1)에 일정량의 입자(P)가 포함될 수 있도록 다양하게 변형 가능하다.

- [0050] 입자용 오일 공급부(26)는 입자 배출콘(24)을 통해 배출된 제1액적(D1)의 액적 상태를 유지시키기 위해 오일(O)을 공급한다. 즉, 입자용 오일 공급부(26)는 서로 녹지 않는 두 가지 액체의 한편이 다른 쪽의 작은 입자 상태로 분산된 상태인 에멀전(Emulsion)과 같이, 오일(O) 속에 순수를 포함하는 포집액(W)의 제1액적(D1) 형태가 유지되도록 오일(O)을 공급한다. 이러한 입자용 오일 공급부(26)는 입자 배출콘(24)으로부터 분무된 제1액적(D1)에 바로 오일(O)을 공급할 수 있도록 입자 배출콘(24)의 단부를 향해 오일(O)을 공급한다.
- [0051] 본 실시예에서는 입자용 오일 공급부(26)가 입자 배출콘(24)의 단부를 향해 상호 마주하도록 한 쌍으로 마련되어 오일(O)을 공급하는 것으로 예시하나, 꼭 이에 한정되지 않음은 당연하다.
- [0052] 한편, 본 실시예에서 설명하는 입자 분무부(20)의 제1양극 및 음극 인가체(25a)(25b)은 ITO 전극을 포함하며, 제1양극 및 음극 인가체(25a)(25b) 사이의 이격된 거리(L)는 대략 4mm인 것으로 예시한다. 또한, 입자 유입구(22)의 직경(d)은 대략 0.1mm인 것으로 예시한다.
- [0053] 아울러, 입자 배출콘(24)을 통한 제1액적(D1) 배출을 위한 필요 인가 전압은 대략 4000V이며, 제1액적(D1)의 크기를 1 μ m로 조절하기 위해 다음과 같은 조건이 적용될 수 있다. 즉, 입자 유입구(22)로 유입되는 입자(P)가 포집된 포집액(W)의 유량 및 오일(O)의 유량은 5 μ L/Hour : 400 μ L/Hour의 비율로 입자 배출물체(21)로 공급되며, 제1양극 및 음극 인가체(25a)(25b)에 인가되는 전압은 대략 6000V이고, 오일(O)에 포함될 수 있는 Span 80과 같은 계면활성제의 농도는 대략 3~7%일 수 있다. 이러한 조건을 통해, 입자 배출콘(24)이 1 μ m의 제1액적(D1)을 배출시킬 수 있게 된다.
- [0054] 시약부(30)는 입자 분무부(20)로부터 분무된 제1액적(D1)을 향해 입자(P)와 반응 가능한 시약(I)을 정전 분무시킨다. 이러한 시약부(30)는 상술한 입자 분무부(20)와 마찬가지로 시약 배출물체(31), 시약 배출콘(34), 시약 제어부(35) 및 시약용 오일 공급부(36)를 포함한다.
- [0055] 참고로, 본 발명에서 설명하는 시약(I)은 루시페린(luciferin)/루시페라아제(luciferase)을 포함하여 ATP 방식으로 미생물과 형광 반응할 수 있는 형광액을 포함하는 것으로 예시하나, 꼭 이에 한정되지 않음은 당연하다.
- [0056] 시약 배출물체(31)는 시약(I)이 유입되는 시약 유입구(32)와, 시약 유입구(32)로부터 길이 방향으로 연장되어 시약(I)을 반응부(40)로 배출시키는 시약 배출구(33)가 마련된다. 이때, 시약 배출물체(31)의 시약 배출구(33)는 입자 배출물체(21)의 입자 배출구(23)와 연통되며, 제1 및 제2배출물체(31)(41)의 상호 연통하는 입자 배출구(23) 및 시약 배출구(33)는 후술할 반응부(40)와 연결되게 된다. 그로 인해, 입자 배출구(23) 및 시약 배출구(33)는 반응부(40)에 대해 양 갈래 분리된 일종의 "Y"자 형상을 가진다.
- [0057] 시약 배출콘(34)은 시약 유입구(32)와 시약 배출구(33) 사이에 마련되어, 시약 유입구(32)를 통해 유입된 시약(I)을 정전 분무하여 시약(I)을 포함하는 미세 액적(이하, 제2액적으로 지칭함)(D2)으로 배출시키는 테일러 콘 형상을 가진다.
- [0058] 시약 제어부(35)는 시약 배출콘(34)을 통해 배출되는 시약(I)을 포함하는 제2액적(D2)의 분무를 제어하도록, 시약 배출콘(34)의 개폐를 제어한다. 즉, 시약 제어부(35)는 상술한 입자 제어부(25)와 마찬가지로 시약(I)의 표면 장력보다 큰 정전기력이 가해지도록 제2양극 및 음극 인가체(35a)(35b)를 포함한다. 제2양극 및 음극 인가체(35a)(35b)는 시약 배출콘(34)을 사이에 두고 시약 배출물체(31)에 마련되어, 전압 인가로 발생하는 정전기력이 시약(I)의 표면 장력보다 크거나 작도록 제어하여, 시약 배출콘(34)을 개방 또는 폐쇄시키게 된다.
- [0059] 여기서, 시약 제어부(35)는 입자 제어부(25)와 마찬가지로 1 μ m 미만으로 시약 배출콘(34)이 개방되어 제2액적(D2)으로 시약(I)을 정전 분무하도록 제어할 수 있다. 그러나, 꼭 이에 한정되는 것은 아니며, 시약 배출콘(34)의 개방 범위 및 조건은 다양하게 변경 가능함은 당연하다.
- [0060] 시약용 오일 공급부(36)는 시약 배출콘(34)을 통해 배출된 제2액적(D2)의 상태 유지를 위해 오일(O)을 공급한다. 이러한 시약용 오일 공급부(36)는 입자용 오일 공급부(26)와 마찬가지로, 시약 배출콘(34)으로부터 분무된 제2액적(D2)에 바로 오일(O)을 공급할 수 있도록 시약 배출콘(34)의 단부를 향해 오일(O)을 공급한다. 아울러, 시약용 오일 공급부(36)는 시약 배출콘(34)의 단부를 향해 상호 마주하도록 한 쌍으로 마련되어 오일(O)을 공급하는 것으로 도시 및 예시하나, 꼭 이에 한정되지 않음은 당연하다.
- [0061] 반응부(40)는 입자 분무부(20) 및 시약부(30)를 통해 날개로 정전 분무된 제1 및 제2액적(D1)(D2)에 포함된 입자(P)와 시약(I)을 상호 혼합하여 반응시킨다. 이러한 반응부(40)는 도 3의 도시와 같이, 복수회 절곡된 반응 경로(41)를 가진다. 여기서, 제1 및 제2액적(D1)(D2)은 혼합 유입구(42)를 통해 유입되어 반응 경로(41)를 거

쳐 상호 혼합되어 반응된 후에, 연결된 혼합 배출구(43)를 통해 분석부(50)로 배출되게 된다.

- [0062] 참고로, 반응 경로(41)를 거쳐 제1액적(D1) 중 입자(P)는 시약(I)을 포함하는 제2액적(D2)과 반응하여 반응 액적(ID) 상태로 염색된다. 또한, 입자(P)가 포함되지 않은 제1액적(D1)은 제2액적(D2)과 반응하지 않음으로써, 제1액적(D1) 상태를 그대로 유지하게 된다.
- [0063] 분석부(50)는 입자 분무부(20)로부터 분리된 입자(P)를 기계학습으로 분석한다. 보다 구체적으로, 분석부(50)는 입자 분무부(20)에서 분무된 제1액적(D1) 중 입자(P)가 포함된 제1액적(D1)과 시약(I)을 포함하는 제2액적(D2)이 반응부(40)에서 상호 혼합되어 염색된 반응 액적(ID)을 관측한 이미지를 기계학습에 의해 분석한다. 여기서, 기계학습이라 함은, 다수의 데이터를 처리한 경험을 이용한 학습을 통해 정보 처리 능력이 향상된 분석법으로써, 분석부(50)는 연속적으로 포집되어 미세 액적화된 입자(P)를 연속적으로 관측한 이미지 데이터를 학습하여 분석한다.
- [0064] 이러한 분석부(50)는 도 3의 도시와 같이, 반응 액적(ID)과 제1액적(D1)이 반응부(40)로부터 배출되어 수거되는 수집통(51)과, 수집통(51)에 수집된 반응 액적(ID)을 분석하는 기계학습수단(52)을 포함한다.
- [0065] 수집통(51)은 반응부(40)의 혼합 배출구(53)와 연통한다. 이러한 수집통(51)에는 시약(I)과 반응하여 염색된 반응 액적(ID)과, 입자(P)를 구비하지 않아 시약(I)과 반응하지 않은 제1액적(D1)이 수거된다. 또한, 수집통(51)에는 제1 및 시약 오일 공급부(36)(46)으로부터 배출된 오일(O)도 함께 수거된다.
- [0066] 기계학습수단(52)은 수집통(51)에 수집된 반응 액적(ID)을 포토센서 또는 형광 현미경과 같은 육안으로 검출할 수 있는 장비 중 적어도 어느 하나를 이용하여 이미지한 후, 검출된 이미지를 기계학습을 통하여 분석한다. 이때, 기계학습수단(52)은 반응 액적(ID)의 이미지화를 통해 미생물의 외형을 분석하고, 이를 기계학습을 통해 데이터를 분석할 수 있음으로써, 미생물의 정확한 분류가 가능하다.
- [0067] 참고로, 본 실시예에서는 시약(I)이 루시페린/루시페라아제를 포함하는 것으로 예시함에 따라, 기계학습수단(52)은 시약(I)과 형광 반응하는 입자(P)를 촬영할 수 있는 형광 현미경인 것으로 예시한다.
- [0068] 한편, 기계학습수단(52)은 바이오 에어로졸을 속(Genus)별로 기계학습하여, 기 학습된 데이터를 가지고 연속적으로 유입되는 바이오 에어로졸을 속(Genus)에 따라 분석한다. 예컨대, 제1속 바이오 에어로졸이 포함된 포집액(W)이 유입되면 기계학습수단(52)은 제1속 바이오 에어로졸 농도를 기계학습으로 분석하며, 제2속 바이오 에어로졸이 포함된 포집액(W)이 유입되면 제2속 바이오 에어로졸 농도를 기계학습에 의해 실시간 분석하게 된다. 그로 인해, 기존의 오랜시간이 요구되며 샘플링이 복잡한 기존의 PCR 검지법과 같은 바이오 에어로졸 속에 따른 분석 단점을 극복할 수 있게 된다.
- [0070] 상기와 같은 구성을 가지는 본 발명에 의한 바이오 에어로졸 모니터링 장치(1)를 이용한 바이오 에어로졸 모니터링 방법(100)을 도 5를 참고하여 설명한다.
- [0071] 바이오 에어로졸 모니터링 방법은 포집단계(110), 입자 분무단계(120) 및 기계학습 분석단계(130)를 포함한다.
- [0072] 포집단계(110)는 공기(A) 중 박테리아와 같은 바이오 에어로졸 입자(P)를 포집액(W)으로 포집한다. 이러한 포집단계는 도 2와 같이 입자(P)를 전기적으로 하전에 의한 코로나 방전을 이용하여 포집액(W)으로 포집시킨다. 이때, 포집단계(110)에서 포집부(10)로 공기(A)가 연속적으로 유입되어 배출됨으로써, 포집단계(110)는 연속적으로 이루어짐이 좋다.
- [0073] 입자 분무단계(120)는 포집액(W)으로 포집된 입자(P)를 날개의 제1액적(D1)으로 일정 속도 및 위치로 정전 분무시킨다. 이러한 입자 배출단계는 도 3 및 도 4의 도시와 같이, 입자 배출몸체(21)로 유입된 입자(P)를 포함하는 포집액(W)을 테일러 콘 형상을 가지는 입자 배출콘(24)으로부터 제1액적(D1)으로 정전 분무시키게 된다. 이때, 입자 배출콘(24)에 인가되는 정전기력은 입자 제어부(25)에 의해 제어되며, 제1액적(D1)은 배출과 동시에 입자용 오일 공급부(26)로부터 공급된 오일(O)에 의해 액적 형상을 유지한 채 반응부(40) 측으로 유입되게 된다.
- [0074] 입자 분무단계(120)를 통해 배출된 제1액적(D1)은 시약(I)에 의해 반응하는 시약 반응단계(125)에서 시약(I)과 반응할 수 있다. 시약 반응단계(125)는 도 3과 같이, 시약(I)을 테일러 콘 형상을 가지는 시약 배출콘(34)으로 인가되는 정전기력이 시약 제어부(35)에 의해 제어됨으로써, 제2액적(D2)과 같은 액적 형태로 정전 분무된다. 이때, 제2액적(D2)은 배출과 동시에 시약용 오일 공급부(36)로부터 공급되는 오일(O)에 의해 액적 형상을 유지한 채 반응부(40)로 유입된다.

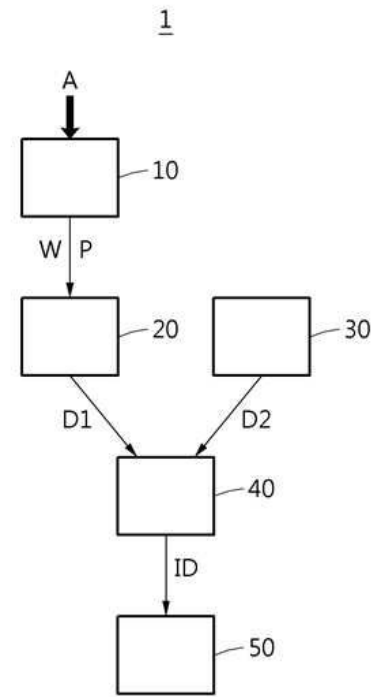
- [0075] 참고로, 입자 분무단계(120)의 제1액적(D1)과 시약 반응단계(125)의 제2액적(D2)는 동시에 분무되어 오일(O)에 의해 액적 형상을 유지한 채, 반응부(40)로 유입될 수 있다. 그러나, 꼭 이에 한정되지 않으며, 입자 분무단계(120) 이후에 시약 반응단계(125)의 제2액적(D2) 분무가 이루어지거나, 시약(I)을 포함한 제2액적(D2)을 먼저 시약 반응단계(125)에서 정전 분무시킨 후 입자 분무단계(120)에서 제1액적(D1)을 정전 분무시키는 변형예도 가능하다.
- [0076] 또한, 시약 반응단계(125)에서 제1 및 제2액적(D1)(D2)은 복수회 절곡된 반응 경로(41)로 유입됨으로써, 상호 혼합되어 반응된다. 이때, 제1액적(D1) 중 일정량의 입자(P)가 포함된 제1액적(D1)은 제2액적(D2)의 시약(I)과 반응하여 반응 액적(ID)으로 염색되며, 입자(P)가 포함되지 않은 제1액적(D1)에는 포집액(W)인 순수 성분만이 함유됨에 따라 제2액적(D2)과 비 반응하여 제1액적(D1) 상태를 유지하게 된다.
- [0077] 기계학습 분석단계(130)는 반응액적(ID)을 관측한 이미지 데이터를 기계학습에 의해 분석한다. 이때, 기계학습 수단(52)은 연속적으로 유입되는 반응액적(ID)을 형광 현미경과 같은 촬영수단을 이용해, 연속적으로 실시간 촬영하여 획득한 이미지를 기계학습 분석하게 된다. 이때, 기계학습 분석단계(130)는 바이오 에어로졸 속에 따라 기 학습한 데이터를 이용하여, 반응액적(ID)의 이미지로 기 기계학습된 기계학습수단(52)이 실시간으로 바이오 에어로졸 속에 대한 농도 정보를 분석한다.
- [0078] 그로 인해, 공기(A) 중 포함된 바이오 에어로졸 입자(P)의 분포, 개수, 용량 등이 검출되어, 실시간으로 모니터링할 수 있다. 또한, 기계학습에 의해 바이오 에어로졸 입자(P)의 외형을 분석함으로써, 이를 통해 입자(P)를 속에 따라 분류할 수 있음과 아울러, 속에 대한 농도와 같은 측정 데이터를 획득할 수 있다.
- [0079] 참고로, 포집단계(110)에서 공기(A)의 유입 및 배출이 연속적으로 이루어짐으로써, 입자 분무단계(120) 및 기계학습 분석단계(130)도 연속적으로 이루어질 수 있다. 그로 인해, 바이오 에어로졸 속에 따른 모니터링의 완전 자동화, 실시간 및 연속적인 측정/분석이 가능하다.
- [0081] 상술한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만 해당 기술분야의 숙련된 당업자라면 하기의 청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

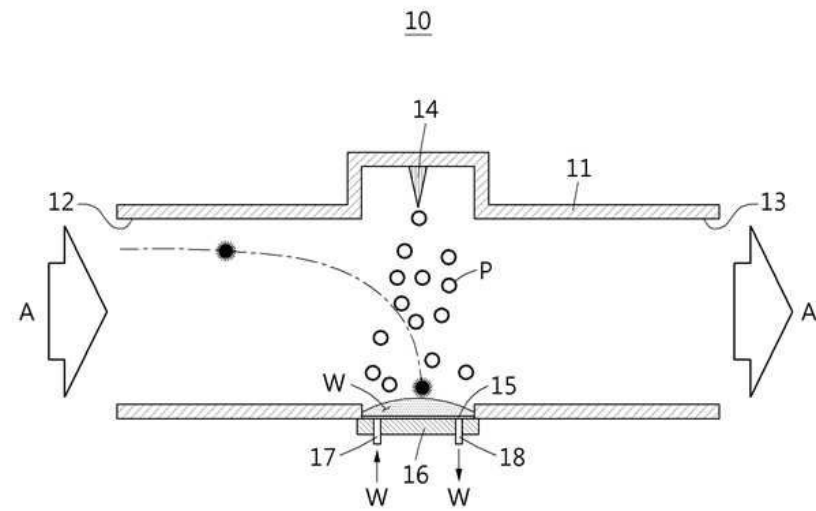
- [0082]
- | | |
|---------------------|--------------|
| 1: 바이오 에어로졸 모니터링 장치 | 10: 포집부 |
| 20: 입자 분무부 | 21: 입자 배출몸체 |
| 24: 입자 배출콘 | 25: 입자 제어부 |
| 30: 시약부 | 31: 시약 배출몸체 |
| 34: 시약 배출콘 | 35: 시약 제어부 |
| 40: 반응부 | 50: 기계학습 분석부 |
| 52: 기계학습수단 | P: 입자 |
| W: 포집액 | D1: 제1액적 |
| D2: 제2액적 | ID: 반응액적 |

도면

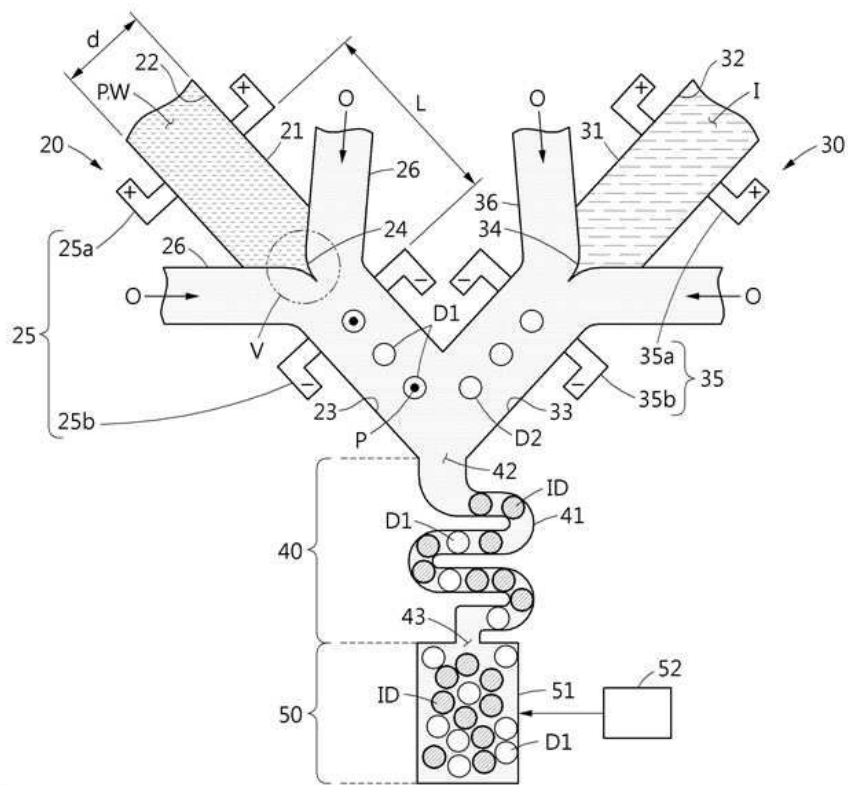
도면1



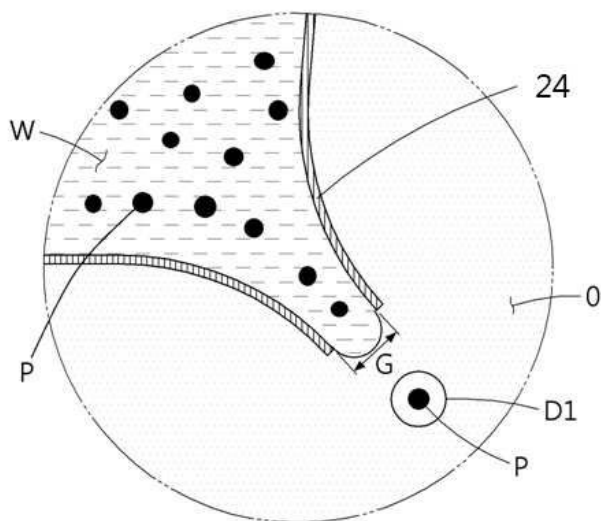
도면2



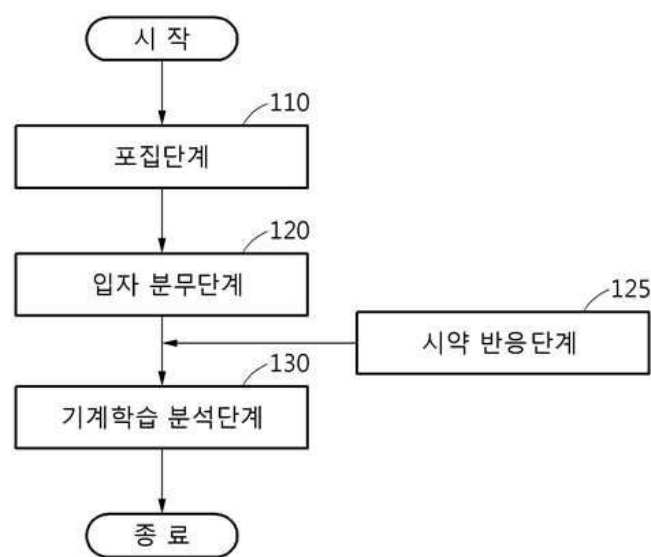
도면3



도면4



도면5



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 6

【변경전】

제1항에 있어서,

상기 액적에 1 μ m 미만의 상기 입자가 일정량 포함되도록, 상기 입자 제어부에 의해 상기 입자 배출콘의 개방 범위가 제어되는 바이오 에어로졸 모니터링 장치.

【변경후】

제2항에 있어서,

상기 액적에 1 μ m 미만의 상기 입자가 일정량 포함되도록, 상기 입자 제어부에 의해 상기 입자 배출콘의 개방 범위가 제어되는 바이오 에어로졸 모니터링 장치.