



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년10월13일

(11) 등록번호 10-2164528

(24) 등록일자 2020년10월05일

(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)

(52) CPC특허분류

G01N 15/02 (2020.05)

B05B 1/02 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0085849

(22) 출원일자 2019년07월16일

심사청구일자 2019년07월16일

(56) 선행기술조사문헌

JP5059740 B2\*

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

재단법인 바이오나노헬스가드연구원

대전광역시 유성구 과학로 125 (어은동, 한국생명공학연구원)

(72) 발명자

황정호

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

김형래

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

안상권

서울특별시 도봉구 마들로 859-19, 118동 1308호(도봉동, 도봉한신아파트)

(74) 대리인

김연권

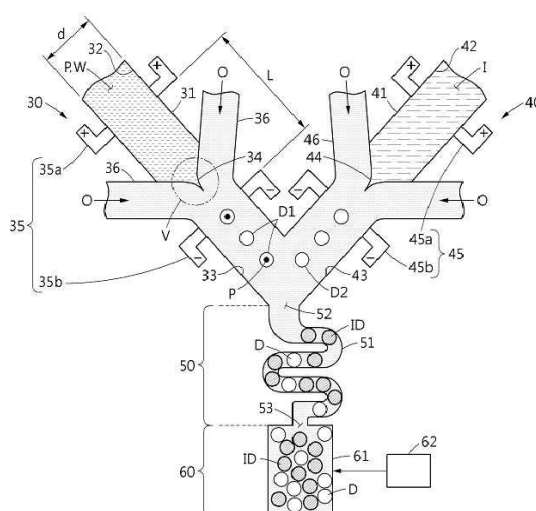
전체 청구항 수 : 총 12 항

심사관 : 인치현

(54) 발명의 명칭 바이오에어로졸 모니터링 장치 및 그 방법

**(57) 요약**

개시된 본 발명에 의한 바이오에어로졸 모니터링 장치는, 공기 중 바이오에어로졸 입자를 포집액으로 포집하는 포집부, 입자가 포집된 포집액을 제1액적으로 정전 분무시키는 제1액적 배출부, 제1액적으로 입자와 반응 가능한 시약을 제2액적으로 정전 분무시키는 제2액적 배출부, 제1 및 제2액적을 상호 혼합하여 입자와 시약을 상호 반응시키는 반응부 및, 시약과 반응한 입자를 측정하는 측정부를 포함하며, 제1액적에는 입자가 날개로 포함되도록 제1액적 배출부에서 배출되는 제1액적의 크기가 제어된다. 이러한 구성에 의하면, 날개의 입자가 시약과 반응함으로써, 육안으로부터 정확한 바이오에어로졸 모니터링이 가능해진다.

**대표도 - 도3**

(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)

(56) 선행기술조사문헌

KR101568333 B1  
 KR1020160111140 A  
 KR1020170012260 A  
 KR102001770 B1

\*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 기술개
발 (3단계)(2/4)	
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.12.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

삭제

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

삭제

#### 청구항 6

삭제

#### 청구항 7

삭제

#### 청구항 8

삭제

#### 청구항 9

삭제

#### 청구항 10

삭제

#### 청구항 11

포집액에 포집된 입자가 날개 포함된 제1액적을 날개로 정전 분무시키는 제1테일러 콘(Taylor cone)을 포함하는 제1액적 배출부;

상기 제1액적으로 상기 입자와 반응 가능한 시약을 제2액적으로 정전 분무시키는 제2테일러 콘을 포함하는 제2액적 배출부;

상기 제1 및 제2액적으로 상호 반응시키는 반응부; 및

상기 시약과 반응한 상기 입자를 측정하는 측정부;

를 포함하며,

상기 제1 및 제2액적 배출부는 배출된 상기 제1 및 제2액적으로 오일을 공급하되, 상기 입자가 포함된 상기 포집액의 유량 및 상기 오일의 유량이  $5\mu\text{L}/\text{Hour}$  :  $400\mu\text{L}/\text{Hour}$ 의 비율로 상기 제1액적 배출부로 공급되고,

상기 오일에 계면활성제가 포함되는 바이오에어로졸 모니터링 장치.

## 청구항 12

제11항에 있어서,

상기 제1액적 배출부는,

상기 제1테일러 콘이 마련되며, 상기 포집액이 유입되는 제1배출몸체;

상기 제1테일러 콘을 사이에 두고 전압을 인가하여, 상기 포집액의 표면장력보다 큰 정전기력을 발생시켜 상기 제1테일러 콘의 개폐를 제어하는 제1제어부; 및

상기 제1테일러 콘으로부터 배출된 상기 제1액적으로 상기 오일을 공급하는 제1오일 공급부;

를 포함하며,

상기 제2액적 배출부는,

상기 제2테일러 콘이 마련되며, 상기 시약이 유입되는 제2배출몸체;

상기 제2테일러 콘을 사이에 두고 전압을 인가하여, 상기 시약의 표면장력보다 큰 정전기력을 발생시켜 상기 제2테일러 콘의 개폐를 제어하는 제2제어부; 및

상기 제2테일러 콘으로부터 배출된 상기 제2액적으로 상기 오일을 공급하는 제2오일 공급부;

를 포함하는 바이오에어로졸 모니터링 장치.

## 청구항 13

제12항에 있어서,

상기 제1액적에  $1\mu\text{m}$  미만의 상기 입자가 날개로 포함되도록, 상기 제1테일러 콘은 상기 제1제어부에 의해  $1\mu\text{m}$  미만의 크기로 개방되도록 제어되는 바이오에어로졸 모니터링 장치.

## 청구항 14

제13항에 있어서,

상기 제1테일러 콘을 사이에 두고 각각 양극과 음극을 인가하는 제1양극 및 음극 인가체에 5500~6500V의 전압이 인가되고,

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

## 청구항 15

제11항에 있어서,

상기 반응부는 상기 제1 및 제2액적이 상호 혼합되어 상기 입자가 상기 시약에 의해 염색되도록 복수회 절곡된 반응 경로를 제공하며,

상기 측정부는 포토센서 또는 형광 현미경을 통해 육안으로 염색된 상기 입자를 측정하는 바이오에어로졸 모니터링 장치.

## 청구항 16

포집액으로 포집된 바이오에어로졸 입자가 날개로 포함된 날개의 제1액적으로 정전 분무 시키는 입자 배출단계;

상기 제1액적을 향해 상기 입자와 반응 가능한 시약을 제2액적으로 정전 분무 시키는 시약 배출단계;

상기 시약과 입자를 상호 혼합하여 반응시키는 반응단계; 및

상기 시약과 반응한 상기 입자를 측정하는 측정단계;

를 포함하며,

상기 입자 배출단계 및 시약 배출단계는 각각 상기 제1 및 제2액적으로 오일을 공급하되, 상기 입자가 포함된 상기 포집액의 유량 및 상기 오일의 유량이  $5\mu\text{L}/\text{Hour}$  :  $400\mu\text{L}/\text{Hour}$ 의 비율로 공급되고, 상기 오일에 계면활성

제가 포함되는 바이오에어로졸 모니터링 방법.

#### 청구항 17

제16항에 있어서,

상기 입자 배출단계 및 시약 배출단계는 동시에 이루어지는 바이오에어로졸 모니터링 방법.

#### 청구항 18

제16항에 있어서,

상기 입자 배출단계 이전에, 공기 중 상기 입자를 전기 집진방식(Electrostatic precipitation), 임핀저(Impinger) 또는 습식 사이클론(Wet cyclone) 방식 중 적어도 어느 하나의 방식으로 상기 포집액에 포집하는 포집단계;

를 포함하는 바이오에어로졸 모니터링 방법.

#### 청구항 19

제16항에 있어서,

상기 입자 배출단계는,

상기 입자가 포집된 상기 포집액이 제1배출몸체로 유입되는 단계;

상기 제1배출몸체의 내부에 마련된 테일러 콘(Taylor cone) 형상을 가지는 제1배출콘으로부터 상기 입자를 날개 포함하는 상기 제1액적을 정전 분무시키는 단계; 및

상기 제1액적으로 상기 오일을 공급하는 제1오일 공급단계;

를 포함하며,

상기 제1배출콘은 상기 포집액의 표면장력보다 큰 정전기력이 인가되어 상기 제1액적을 분무할 수 있도록 개방이 제어되는 바이오에어로졸 모니터링 방법.

#### 청구항 20

제19항에 있어서,

상기 제1액적에 1 $\mu$ m 미만의 상기 입자가 날개로 포함되도록, 상기 제1배출콘은 1 $\mu$ m 미만의 크기로 개방되도록 제어되는 바이오에어로졸 모니터링 방법.

#### 청구항 21

제16항에 있어서,

상기 시약 배출단계는,

상기 시약이 제2배출몸체로 유입되는 단계;

상기 제2배출몸체의 내부에 마련된 테일러 콘(Taylor cone) 형상을 가지는 제2배출콘으로부터 상기 제2액적을 정전 분무시키는 단계; 및

상기 제2액적으로 상기 오일을 공급하는 제2오일 공급단계;

를 포함하며,

상기 제2배출콘은 상기 시약의 표면장력보다 큰 정전기력이 인가되어 상기 제2액적을 분무할 수 있도록 개방이 제어되는 바이오에어로졸 모니터링 방법.

#### 청구항 22

제16항에 있어서,

상기 반응단계에서 상기 시약은 상기 입자를 염색시키며,

상기 측정단계는 상기 시약에 의해 염색된 상기 입자를 포토센서 또는 형광 현미경을 통해 측정하는 바이오에어로졸 모니터링 방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 바이오에어로졸 모니터링 장치 및 그 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 테일러 콘(Taylor cone)을 이용하여 정전 분무 방식으로 공기 중 입자를 날개의 액적으로 분무하여 시약과 반응시킴으로써 육안으로도 정확한 모니터링이 가능한 바이오에어로졸 모니터링 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 일반적인 공기 중 부유 미생물 즉, 바이오에어로졸 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.

[0004] 한편, 이러한 일반적인 바이오에어로졸 측정방법은 공기 중 부유 미생물의 실시간 측정이 어려우며, 각 측정 단계를 정밀하게 수행할 수 있는 측정자의 높은 숙련도가 요구된다. 뿐만 아니라, 부유 미생물 측정 장비는 매우 고가임에 따라, 일반 사용자가 쉽게 사용하기 어렵다.

[0005] 이에 따라, 근래에는 기존의 제한적인 바이오에어로졸 측정 방식을 벗어나, 다양한 장소에서 사용자가 쉽게 접근하여 실시간으로 정확한 측정을 가능케 하는 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 바이오에어로졸 입자를 날개로 정전 분무하여 시약과 반응시킴으로써 육안으로 바이오에어로졸의 정확한 모니터링이 가능한 바이오에어로졸 모니터링 장치를 제공하기 위한 것이다.

[0008] 본 발명의 다른 목적은 바이오에어로졸 입자를 날개로 정전 분무시켜 시약과 반응시킴으로써 측정 정확도를 향상시킬 수 있는 바이오에어로졸 모니터링 방법을 제공하기 위한 것이다.

#### 과제의 해결 수단

[0009] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 의한 바이오에어로졸 모니터링 장치는, 공기 중 바이오에어로졸 입자를 포집액으로 포집하는 포집부, 상기 입자가 포집된 상기 포집액을 제1액적으로 정전 분무시키는 제1액적 배출부, 상기 제1액적으로 상기 입자와 반응 가능한 시약을 제2액적으로 정전 분무시키는 제2액적 배출부, 상기 제1 및 제2액적을 상호 혼합하여, 상기 입자와 시약을 상호 반응시키는 반응부 및, 상기 시약과 반응한 상기 입자를 측정하는 측정부를 포함하며, 상기 제1액적에는 상기 입자가 날개로 포함되도록 상기 제1액적 배출부에서 배출되는 상기 제1액적의 크기가 제어된다.

[0010] 또한, 상기 공기 중 미생물 입자를 공기 역학적으로 분류시키는 분류부를 포함하며, 상기 입자는 상기 분류부로부터 분류되어 상기 포집부로 유입될 수 있다.

- [0011] 또한, 상기 제1액적 배출부는, 상기 입자가 포집된 상기 포집액이 유입되는 입자 유입구와, 상기 입자 유입구로부터 길이 방향으로 연장되어 상기 제1액적을 상기 반응부로 배출시키는 입자 배출구가 마련되는 제1배출몸체, 상기 입자 유입구와 상기 입자 배출구 사이에 마련되어, 상기 포집액을 정전 분무하여 날개의 상기 입자를 포함하는 상기 제1액적으로 배출시키는 테일러 콘(Taylor cone) 형상을 가지는 제1배출콘, 상기 제1배출콘이 개방되도록 상기 포집액의 표면장력보다 큰 정전기력이 상기 제1배출콘에 인가되도록 제어하여, 상기 제1배출콘의 개폐를 제어하는 제1제어부 및, 상기 제1배출콘을 통해 배출된 상기 제1액적의 상태 유지를 위해 상기 제1액적으로 오일을 공급하는 제1오일 공급부를 포함할 수 있다.
- [0012] 또한, 상기 제2액적 배출부는, 상기 시약이 유입되는 시약 유입구와, 상기 시약 유입구로부터 길이 방향으로 연장되어 상기 제2액적을 상기 반응부로 배출시키는 시약 배출구가 마련되는 제2배출몸체, 상기 시약 유입구와 시약 배출구 사이에 마련되어, 상기 제2액적을 날개로 정전 분무시키는 테일러 콘(Taylor cone) 형상을 가지는 제2배출콘, 상기 제2배출콘이 개방되도록 상기 시약의 표면장력보다 큰 정전기력이 상기 제2배출콘에 인가되도록 제어하여, 상기 제2배출콘의 개폐를 제어하는 제2제어부 및, 상기 제2배출콘을 통해 배출된 날개의 상기 제2액적의 상태 유지를 위해 상기 제2액적으로 오일을 공급하는 제2오일 공급부를 포함할 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 제1액적에  $1\mu\text{m}$  미만의 상기 입자가 날개로 포함되도록, 상기 제1배출콘이 상기 제1제어부에 의해  $1\mu\text{m}$  미만의 크기로 개방되도록 제어될 수 있다.
- [0014] 또한, 상기 입자가 포집된 상기 포집액의 유량 및 상기 오일의 유량이  $5\mu\text{L}/\text{Hour} : 400\mu\text{L}/\text{Hour}$ 의 비율로 상기 제1배출몸체로 공급되며, 상기 제1배출콘을 사이에 두고 각각 양극과 음극을 인가하는 제1양극 및 음극 인가체에  $5500\sim 6500\text{V}$ 의 전압이 인가되고, 상기 오일에 3~7%의 계면활성제가 포함될 수 있다.
- [0015] 또한, 상기 제2배출콘은 상기 제2제어부에 의해  $1\mu\text{m}$  미만의 크기로 개방 크기가 제어될 수 있다.
- [0016] 또한, 상기 반응부는 상기 제1 및 제2액적이 상호 혼합되도록 복수회 절곡된 반응 경로를 제공할 수 있다.
- [0017] 또한, 상기 시약은 미생물과 반응할 수 있는 형광액을 포함할 수 있다.
- [0018] 또한, 상기 시약은 상기 입자와 반응하여 염색시키며, 상기 측정부는 포토센서 또는 형광 현미경을 통해 육안으로 염색된 상기 입자를 측정할 수 있다.
- [0019] 본 발명의 바람직한 일 실시예에 의한 바이오에어로졸 모니터링 장치는, 포집액에 포집된 입자가 날개 포함된 제1액적을 정전 분무시키는 제1테일러 콘(Taylor cone)을 포함하는 제1액적 배출부, 상기 제1액적으로 상기 입자와 반응 가능한 시약을 제2액적으로 정전 분무시키는 제2테일러 콘을 포함하는 제2액적 배출부, 상기 제1 및 제2액적으로 상호 반응시키는 반응부 및, 상기 시약과 반응한 상기 입자를 측정하는 측정부를 포함한다.
- [0020] 또한, 상기 제1액적 배출부는, 상기 제1테일러 콘이 마련되며, 상기 포집액이 유입되는 제1배출몸체, 상기 제1테일러 콘을 사이에 두고 전압을 인가하여, 상기 포집액의 표면장력보다 큰 정전기력을 발생시켜 상기 제1테일러 콘의 개폐를 제어하는 제1제어부 및, 상기 제1테일러 콘으로부터 배출된 상기 제1액적으로 오일을 공급하는 제1오일 공급부를 포함하며, 상기 제2액적 배출부는, 상기 제2테일러 콘이 마련되며, 상기 시약이 유입되는 제2배출몸체, 상기 제2테일러 콘을 사이에 두고 전압을 인가하여, 상기 시약의 표면장력보다 큰 정전기력을 발생시켜 상기 제2테일러 콘의 개폐를 제어하는 제2제어부 및, 상기 제2테일러 콘으로부터 배출된 상기 제2액적으로 오일을 공급하는 제2오일 공급부를 포함할 수 있다.
- [0021] 또한, 상기 제1액적에  $1\mu\text{m}$  미만의 상기 입자가 날개로 포함되도록, 상기 제1테일러 콘은 상기 제1제어부에 의해  $1\mu\text{m}$  미만의 크기로 개방되도록 제어될 수 있다.
- [0022] 또한, 상기 입자가 포집된 상기 포집액의 유량 및 상기 오일의 유량이  $5\mu\text{L}/\text{Hour} : 400\mu\text{L}/\text{Hour}$ 의 비율로 상기 제1배출 몸체로 공급되며, 상기 제1테일러 콘을 사이에 두고 각각 양극과 음극을 인가하는 제1양극 및 음극 인가체에  $5500\sim 6500\text{V}$ 의 전압이 인가되고, 상기 오일에 3~7%의 계면활성제가 포함될 수 있다.
- [0023] 또한, 상기 반응부는 상기 제1 및 제2액적이 상호 혼합되어 상기 입자가 상기 시약에 의해 염색되도록 복수회 절곡된 반응 경로를 제공하며, 상기 측정부는 포토센서 또는 형광 현미경을 통해 육안으로 염색된 상기 입자를 측정할 수 있다.
- [0024] 본 발명의 바람직한 일 실시예에 의한 바이오에어로졸 모니터링 방법은, 포집액으로 포집된 바이오에어로졸 입자가 날개로 포함된 제1액적으로 정전 분무시키는 입자 배출단계, 상기 제1액적을 향해 상기 입자와 반응 가능한 시약을 제2액적으로 정전 분무시키는 시약 배출단계, 상기 시약과 입자를 상호 혼합하여 반응시키는 반응단

계 및, 상기 시약과 반응한 상기 입자를 측정하는 측정단계를 포함한다.

[0025] 또한, 상기 입자 배출단계 및 시약 배출단계는 동시에 이루어질 수 있다.

[0026] 또한, 상기 입자 배출단계 이전에, 공기 중 상기 입자를 전기 집진방식(Electrostatic precipitation), 임핀저(Impinger) 또는 습식 사이클론(Wet cyclone) 방식 중 적어도 어느 하나의 방식으로 상기 포집액으로 포집하는 포집단계를 포함할 수 있다.

[0027] 또한, 상기 입자 배출단계는, 상기 입자가 포집된 상기 포집액이 제1배출물체로 유입되는 단계, 상기 제1배출물체의 내부에 마련된 테일러 콘(Taylor cone) 형상을 가지는 제1배출콘으로부터 상기 입자를 날개 포함하는 상기 제1액적을 정전 분무시키는 단계 및, 상기 제1액적으로 오일을 공급하는 제1오일 공급단계를 포함하며, 상기 제1배출콘은 상기 포집액의 표면장력보다 큰 정전기력이 인가되어 상기 제1액적을 분무할 수 있도록 개방이 제어될 수 있다.

[0028] 또한, 상기 제1액적에 1 $\mu$ m 미만의 상기 입자가 날개로 포함되도록, 상기 제1배출콘은 1 $\mu$ m 미만의 크기로 개방되도록 제어될 수 있다.

[0029] 또한, 상기 시약 배출단계는, 상기 시약이 제2배출물체로 유입되는 단계, 상기 제2배출물체의 내부에 마련된 테일러 콘(Taylor cone) 형상을 가지는 제2배출콘으로부터 상기 제2액적을 정전 분무시키는 단계 및, 상기 제2액적으로 오일을 공급하는 제2오일 공급단계를 포함하며, 상기 제2배출콘은 상기 시약의 표면장력보다 큰 정전기력이 인가되어 상기 제2액적을 분무할 수 있도록 개방이 제어될 수 있다.

[0030] 또한, 상기 반응단계에서 상기 시약은 상기 입자를 염색시키며, 상기 측정단계는 상기 시약에 의해 염색된 상기 입자를 포토센서 또는 형광 현미경을 통해 측정할 수 있다.

### 발명의 효과

[0031] 상기와 같은 구성을 가지는 본 발명에 의하면, 첫째, 공기 중 부유하는 박테리아와 같은 입자를 날개로 정전 분무시켜 시약과 반응시킴으로써, 육안으로도 정확한 바이오에어로졸 측정이 가능해진다.

[0032] 둘째, 바이오에어로졸의 정확한 측정이 가능함에 따른 실시간 모니터링이 가능해진다.

[0033] 셋째, 간단한 구조로 바이오에어로졸의 측정이 가능함에 따른, 제조 비용 저감에 유리하다.

### 도면의 간단한 설명

[0034] 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 바이오에어로졸 모니터링 장치를 개략적으로 도시한 구성도이다.

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

도 3은 도 1에 도시된 제1액적 배출부, 제2액적 배출부, 반응부 및 측정부를 개략적으로 도시한 구성도이다. 그리고,

도 4는 도 3의 V영역을 개략적으로 확대 도시한 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0035] 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.

[0037] 도 1을 참고하면, 본 발명의 바람직한 일 실시예에 의한 바이오에어로졸 모니터링 장치(1)는 분류부(10), 포집부(20), 제1액적 배출부(30), 제2액적 배출부(40), 반응부(50) 및 측정부(60)를 포함한다.

[0038] 분류부(10)는 공기(A) 중 미생물 입자(P)를 공기 역학적으로 분류시킨다. 이러한 분류부(10)는 유입된 공기(A)로부터 입자(P)를 크기에 따라 분류하는 미세채널(Micro channel)이 마련된 가상 임팩터(virtual impactor)를 이용할 수 있다. 이러한 가상 임팩터를 이용하는 분류부(10)의 입자(P) 분류 기술은 본 발명의 요지가 아니므로, 자세한 도시 및 설명은 생략한다. 또한, 분류부(10)가 마련되지 않고, 후술할 포집부(20)로 바로 공기(A) 중 미생물 입자(P)가 포집되는 변형예도 가능하다.

[0039] 포집부(20)는 공기(A) 중 부유하는 입자(P)를 포집한다. 본 실시예에서는 공기(A) 중 미생물 입자(P)들 중에서



상대적으로 크기가 작은 박테리아, 바이러스와 같은 입자(P)를 포집하는 것으로 예시한다. 참고로, 본 발명에서는 분류부(10)를 통해 크기별로 분류된 입자(P)가 포집부(20)로 유입되는 것으로 예시하나, 꼭 이에 한정되는 것은 아니다. 즉, 포집부(20)가 분류부(10)를 경유하지 않고 공기(A) 중 입자(P)가 크기별로 분류되지 않은 상태로 유입되는 변형에도 가능하다.

[0040] 도 2의 도시와 같이, 포집부(20)는 공기(A) 중 포함된 바이오에어로졸 입자(P)를 포집액(W)으로 포집한다. 이를 위해, 포집부(20)는 공기(A)가 유입되는 유입구(22)와, 유입구(22)로부터 길이 방향으로 연장되어 마주하는 배출구(23)가 관통 형성되는 포집관(21)을 가진다. 또한, 포집부(20)는 포집관(21)의 유입구(22)와 배출구(23) 사이에 상호 마주하도록 배치되어 전압이 인가되는 제1 및 제2전극(24)(25)을 포함하여, 전기 집진방식(Electrostatic precipitation)으로 입자(P)를 포집액(W)으로 포집하는 것으로 예시한다. 여기서, 제1전극(24)은 팁(Tip) 형상을 갖으며, 제1전극(24)과 마주하는 제2전극(25)은 판(Plate) 형상을 가지나, 꼭 이에 한정되지 않는다.

[0041] 포집관(21)의 유입구(22)로 유입된 공기(A) 중 입자(P)는 제1 및 제2전극(24)(25) 사이에서 발생하는 전기 집진력에 의해 제2전극(25) 측에 마련된 포집액(W)에 포집된다. 이때, 포집액(W)은 포집액 지지체(26)에 마련된 포집액 인렛(Inlet)(27)을 통해 유입된 후, 포집액 아웃렛(Outlet)(28)을 통해 배출된다. 참고로, 포집액(W)은 순수(DI-Water)를 포함하며, 포집액(W)에는 박테리아를 포함하는 에어로졸 입자(P)가 포집되는 것으로 예시한다.

[0042] 한편, 박테리아와 같은 미생물을 포함하는 공기(A) 중 입자(P)를 포집액(W)에 포집하는 방식은 도 2와 같은 전기 집진방식(Electrostatic precipitation)으로만 한정되지 않으며, 공기(A) 중 입자(P)를 액상의 포집액(W)에 포집할 수 있는 다양한 포집방식 중 어느 하나로 변형 가능하다. 예컨대, 포집부(20)가 임핀저(Impinger), 습식 사이클론(Wet cyclone) 등과 같은 다양한 포집 방식 중 어느 하나로 변형 가능함은 당연하다.

[0043] 제1액적 배출부(30)는 포집액(W)에 포집된 입자(P)를 정전 분무(Electro-spraying)하여, 제1액적(D1)으로 날개 배출시킨다. 이러한 제1액적 배출부(30)는 도 3의 도시와 같이, 제1배출몸체(31), 제1배출콘(34), 제1제어부(35) 및 제1오일 공급부(36)를 포함한다.

[0044] 제1배출몸체(31)는 포집부(20)에 의해 포집액(W)에 포집된 입자(P)가 유입되는 입자 유입구(32)와, 입자 유입구(32)로부터 길이 방향으로 연장되어 입자(P)를 반응부(50)로 배출시키는 입자 배출구(33)가 마련된다. 이러한 제1배출몸체(31)에는 포집액(W)에 포집된 입자(P)가 유입된다.

[0045] 제1배출콘(34)은 입자 유입구(32)와 입자 배출구(33)의 사이에 마련되어, 입자 유입구(32)를 통해 포집액(W)에 포집된 입자(P)를 날개의 제1액적(D1)으로 배출시키도록 테일러 콘(Taylor cone) 형상을 가진다. 제1배출콘(34)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, 제1배출콘(34)의 개방되는 범위(G) 제어를 통해, 제1배출콘(34)으로부터 정전 분무되는 제1액적(D1)의 크기를 제어할 수 있다.

[0046] 제1제어부(35)는 제1배출콘(34)에 인가되는 정전기력을 제어함으로써, 제1배출콘(34)의 개폐를 제어한다. 제1제어부(35)는 양극의 전압을 인가하는 제1양극 인가체(35a) 및 음극의 전압을 인가하는 제1음극 인가체(35b)가 제1배출콘(34)을 사이에 두고 제1배출몸체(31)에 마련된다. 이러한 제1제어부(35)에 의해 제1양극 및 음극 인가체(35a)(35b)에 인가되는 전압을 제어한다. 그로 인해, 제1제어부(35)에 의해 발생하는 정전기력이 입자(P)가 포집된 포집액(W)의 표면 장력 보다 크도록 제어될 경우, 제1배출콘(34)의 콘 단부가 개방되어 포집액(W)에 포집된 입자(PW)가 제1액적(D1)으로 정전 분무된다.

[0047] 이때, 도 4의 도시와 같이, 제1배출콘(34) 단부의 개방 범위(G)를 제1제어부(35)에 의해 인가되는 정전기력을 제어하여 조절할 수 있음으로써, 제1배출콘(34)으로부터 정전 분무되는 제1액적(D1)의 크기를 제어할 수 있다. 또한, 제1제어부(35)는 제1배출콘(34)이 형성하는 경사 각도를 제어함으로써, 제1배출콘(34)으로부터 분무되는 제1액적(D1)의 크기를 제어할 수도 있다.

[0048] 보다 구체적으로, 제1제어부(35)는 제1배출콘(34)의 개방 범위(G)가 1 $\mu$ m 미만으로 개방되도록 제어함으로써, 제1배출콘(34)을 통해 1 $\mu$ m 미만의 사이즈를 가지는 입자(P)이 제1액적(D1)으로 분무되게 된다. 이때, 제1배출콘(34)으로부터 배출되는 1 $\mu$ m 미만의 제1액적(D1)에는 대략 0.6 내지 0.8 $\mu$ m 크기를 가지는 박테리아와 같은 입자(P)가 날개로 포함됨에 따라, 제1배출콘(34)을 통해 정전 분무되는 제1액적(D1)에는 날개의 입자(P)만이 포함되게 된다.

- [0049] 즉, 제1배출콘(34)을 통해 분무되는 제1액적(D1)의 크기가  $1\mu\text{m}$ 에 따라,  $1\mu\text{m}$  이상의 미생물 입자는 제1액적(D1)에 포함될 수 있으며,  $1\mu\text{m}$  미만의 크기를 가지는 박테리아와 같은 바이오에어로졸 입자(P)만이 포집액(W)과 함께 제1액적(D1)으로 분무 가능한 것이다. 참고로, 제1배출콘(34)을 통해 배출되는 제1액적(D1)에는 입자(P)가 포함되지 않을 수도 있다. 즉, 제1배출콘(34)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.
- [0050] 제1오일 공급부(36)는 제1배출콘(34)을 통해 배출된 제1액적(D1)의 상태 유지를 위해 오일(O)을 공급한다. 즉, 제1오일 공급부(36)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 제1오일 공급부(36)는 제1배출콘(34)으로부터 분무된 제1액적(D1)에 바로 오일(O)을 공급할 수 있도록 제1배출콘(34)의 단부를 향해 오일(O)을 공급한다.
- [0051] 본 실시예에서는 제1오일 공급부(36)가 제1배출콘(34)의 단부를 향해 상호 마주하도록 한 쌍으로 마련되어 오일(O)을 공급하는 것으로 예시하나, 꼭 이에 한정되지 않음은 당연하다.
- [0052] 한편, 본 실시예에서 설명하는 제1액적 배출부(30)의 제1양극 및 음극 인가체(35a)(35b)은 ITO 전극을 포함하며, 제1양극 및 음극 인가체(35a)(35b) 사이의 이격된 거리(L)는 대략  $4\text{mm}$ 인 것으로 예시한다. 또한, 입자 유입구(32)의 직경(d)은 대략  $0.1\text{mm}$ 인 것으로 예시한다.
- [0053] 아울러, 제1배출콘(34)을 통한 제1액적(D1) 배출을 위한 필요 인가 전압은 대략  $4000\text{V}$ 이며, 제1액적(D1)의 크기를  $1\mu\text{m}$ 로 조절하기 위해 다음과 같은 조건이 적용될 수 있다. 즉, 입자 유입구(32)로 유입되는 입자(P)가 포집된 포집액(W)의 유량 및 오일(O)의 유량은  $5\mu\text{L}/\text{Hour} : 400\mu\text{L}/\text{Hour}$ 의 비율로 제1배출몸체(31)로 공급되며, 제1양극 및 음극 인가체(35a)(35b)에 인가되는 전압은 대략  $6000\text{V}$ 이고, 오일(O)에 포함될 수 있는 Span 80과 같은 계면활성제의 농도는 대략 3~7%일 수 있다. 이러한 조건을 통해, 제1배출콘(34)이  $1\mu\text{m}$ 의 제1액적(D1)을 배출시킬 수 있게 된다.
- [0054] 제2액적 배출부(40)는 제1액적 배출부(30)로부터 분무된 제1액적(D1)을 향해 입자(P)와 반응 가능한 시약(I)을 정전 분무시킨다. 이러한 제1액적 배출부(30)는 상술한 제1액적 배출부(30)와 마찬가지로 제2배출몸체(41), 제2배출콘(44), 제2제어부(45) 및 제2오일 공급부(46)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] 제2배출몸체(41)는 시약(I)이 유입되는 시약 유입구(42)와, 시약 유입구(42)로부터 길이 방향으로 연장되어 시약(I)을 반응부(50)로 배출시키는 시약 배출구(43)가 마련된다. 이때, 제2배출몸체(41)의 시약 배출구(43)는 제1배출몸체(31)의 입자 배출구(33)와 연통되며, 제1 및 제2배출몸체(31)(41)의 상호 연통하는 입자 배출구(33) 및 시약 배출구(43)는 반응부(50)와 연결되게 된다. 그로 인해, 입자 배출구(33) 및 시약 배출구(43)는 반응부(50)에 대해 양 갈래 분리된 일종의 "Y"자 형상을 가진다.
- [0057] 제2배출콘(44)은 시약 유입구(42)와 시약 배출구(43) 사이에 마련되어, 시약 유입구(42)를 통해 유입된 시약(I)을 정전 분무하여 날개의 시약(I)을 포함하는 제2액적(D2)으로 배출시키는 테일러 콘 형상을 가진다.
- [0058] 제2제어부(45)는 제2배출콘(44)을 통해 배출되는 시약(I)을 포함하는 제2액적(D2)의 분무를 제어하도록, 제2배출콘(44)의 개폐를 제어한다. 즉, 제2제어부(45)는 상술한 제1제어부(35)와 마찬가지로 시약(I)의 표면 장력보다 큰 정전기력이 가해지도록 제2양극 및 음극 인가체(45a)(45b)를 포함한다. 제2양극 및 음극 인가체(45a)(45b)는 제2배출콘(44)을 사이에 두고 제2배출몸체(41)에 마련되어, 전압 인가로 발생하는 정전기력이 시약(I)의 표면 장력보다 크거나 작도록 제어하여, 제2배출콘(44)을 개방 또는 폐쇄시키게 된다.
- [0059] 여기서, 제2제어부(45)는 제1제어부(35)와 마찬가지로  $1\mu\text{m}$  미만으로 제2배출콘(44)이 개방되어 제2액적(D2)으로 시약(I)을 정전 분무하도록 제어한다. 그러나, 꼭 이에 한정되는 것은 아니며, 제2배출콘(44)의 개방 범위 및 조건은 다양하게 변경 가능함은 당연하다.
- [0060] 제2오일 공급부(46)는 제2배출콘(44)을 통해 배출된 제2액적(D2)의 상태 유지를 위해 오일(O)을 공급한다. 이러한 제2오일 공급부(46)는 제1오일 공급부(36)와 마찬가지로, 제2배출콘(44)으로부터 분무된 제2액적(D2)에 바로 오일(O)을 공급할 수 있도록 제2배출콘(44)의 단부를 향해 오일(O)을 공급한다. 아울러, 제2오일 공급부(46)는 제2배출콘(44)의 단부를 향해 상호 마주하도록 한 쌍으로 마련되어 오일(O)을 공급하는 것으로 도시 및 예시하나, 꼭 이에 한정되지 않음은 당연하다.

- [0061] 참고로, 제2액적 배출부(40) 또한, 상술한 제1액적 배출부(40)와 동일한 조건으로 제어됨으로써, 대략  $1\mu\text{m}$  크기의 제2액적(D2)을 제2배출콘(44)이 배출시킴이 좋다.
- [0062] 반응부(50)는 제1액적 배출부(30) 및 제2액적 배출부(40)를 통해 날개로 정전 분무된 제1 및 제2액적(D1)(D2)에 포함된 입자(P)와 시약(I)을 상호 혼합하여 반응시킨다. 이러한 반응부(50)는 도 3의 도시와 같이, 복수회 절곡된 반응 경로(51)를 가진다. 여기서, 반응부(50)의 반응 경로(51)로 제1 및 제2액적(D1)(D2)이 혼합 유입구(52)를 통해 유입되어 반응 경로(51)를 거쳐 혼합되어 반응된 후, 혼합 배출구(53)를 통해 배출되게 된다.
- [0063] 참고로, 반응 경로(51)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 유지하게 된다.
- [0064] 측정부(60)는 시약(I)과 반응한 입자(P)를 측정한다. 즉, 측정부(60)는 제1액적(D1) 중 입자(P)가 포함된 제1액적(D1)과 시약(I)을 포함하는 제2액적(D2)이 반응부(50)에서 상호 혼합되어 염색된 반응 액적(ID)을 측정한다. 이러한 측정부(60)는 도 3의 도시와 같이, 반응 액적(ID)과 제1액적(D1)이 반응부(50)로부터 배출되어 수거되는 수집통(61)과, 수집통(61)에 수집된 반응 액적(ID)을 측정하는 검출수단(62)을 포함한다.
- [0065] 수집통(61)은 반응부(50)의 혼합 배출구(53)와 연통한다. 이러한 수집통(61)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(61)에는 제1 및 제2오일 공급부(36)(46)으로부터 배출되어 액적 형상을 유지시키는 오일(O)도 함께 수거된다.
- [0066] 검출수단(62)은 포토센서 또는 형광 현미경과 같은 육안으로 반응 액적(ID)을 검출할 수 있는 장비 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것으로 예시한다. 본 실시예에서는 시약(I)이 루시페린/루시페라아제를 포함하는 것으로 예시함에 따라, 검출수단(62)은 시약(I)과 형광 반응하는 입자(P)를 형광 현미경인 것으로 예시한다.
- [0068] 상기와 같은 구성을 가지는 본 발명에 의한 바이오에어로졸 모니터링 장치(1)를 이용한 바이오에어로졸 모니터링 방법을 도 1 내지 도 4를 참고하여 설명한다.
- [0069] 바이오에어로졸 모니터링 방법은 포집단계, 입자 배출단계, 시약 배출단계, 반응단계 및 측정단계를 포함한다.
- [0070] 포집단계는 공기(A) 중 박테리아와 같은 바이오에어로졸 입자(P)를 포집액(W)으로 포집한다. 이러한 포집단계는 분류부(10)를 이용하여 입자(P)를 공기 역학적으로 분리한 후, 도 2와 같이 입자(P)를 포집액(W)으로 포집시킨다.
- [0071] 입자 배출단계는 포집액(W)으로 포집된 입자(P)를 날개의 제1액적(D1)으로 정전 분무시킨다. 이러한 입자 배출단계는 도 3 및 도 4의 도시와 같이, 제1배출몸체(31)로 유입된 입자(P)를 포함하는 포집액(W)을 테일러 콘 형상을 가지는 제1배출콘(34)으로부터 제1액적(D1)으로 정전 분무시키게 된다. 이때, 제1배출콘(34)에 인가되는 정전기력은 제1제어부(35)에 의해 제어되며, 제1액적(D1)은 배출과 동시에 제1오일 공급부(36)로부터 공급된 오일(O)에 의해 액적 형상을 유지한 채 반응부(50) 측으로 유입되게 된다.
- [0072] 시약 배출단계는 도 3와 같이, 시약(I)을 테일러 콘 형상을 가지는 제2배출콘(44)으로 인가되는 정전기력이 제2제어부(45)에 의해 제어됨으로써, 제2액적(D2)과 같은 액적 형태로 정전 분무된다. 이때, 제2액적(D2)은 배출과 동시에 제2오일 공급부(46)로부터 공급되는 오일(O)에 의해 액적 형상을 유지한 채 반응부(50)로 유입된다.
- [0073] 참고로, 입자 배출단계 및 시약 배출단계는 동시에 이루어져 오일(O)에 의해 액적 형상을 유지한 채, 동시에 반응부(50)로 유입됨이 좋다. 그러나, 꼭 이에 한정되지 않으며, 입자 배출단계 이후에 시약 배출단계가 이루어지거나, 시약(I)을 포함한 제2액적(D2)을 먼저 시약 배출단계에서 정전 분무시킨 후 입자 배출단계에서 제1액적(D1)을 정전 분무시키는 변형에도 가능하다.
- [0074] 반응단계는 도 3과 같이, 제1 및 제2액적(D1)(D2)을 복수회 절곡된 반응 경로(51)로 유입시켜, 반응 경로(51)를 경유하면서 상호 혼합하여 반응시킨다. 이때, 제1액적(D1) 중 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.
- [0075] 측정단계는 반응단계를 거친 반응액적(ID)이 측정부(60)의 수집통(61)에 수집된 후, 포토센서, 광학 현미경과 같은 검출수단(62)에 의해 측정된다. 그로 인해, 최종적으로 공기(A) 중 포함된 바이오에어로졸 입자(P)의 분포, 개수, 용량 등이 검출되어, 실시간 모니터링된다.

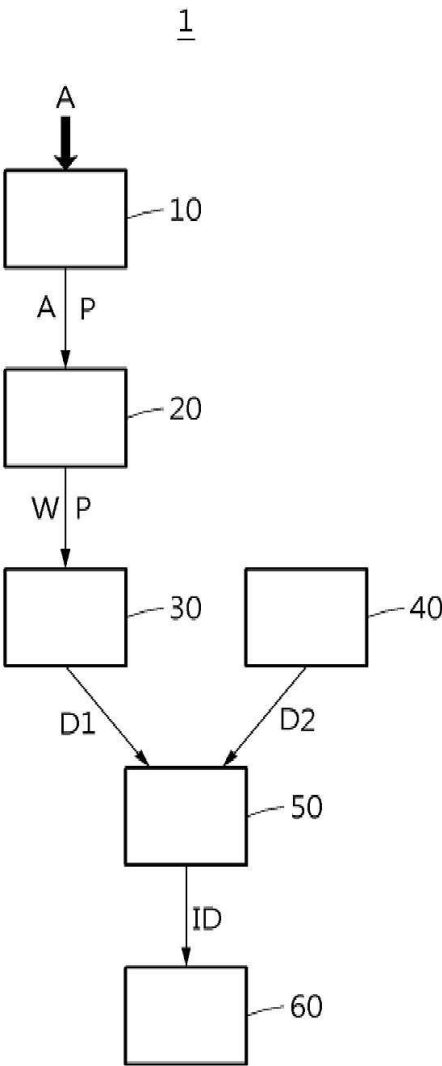
[0077] 상술한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만 해당 기술분야의 숙련된 당업자라면 하기의 청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

## 부호의 설명

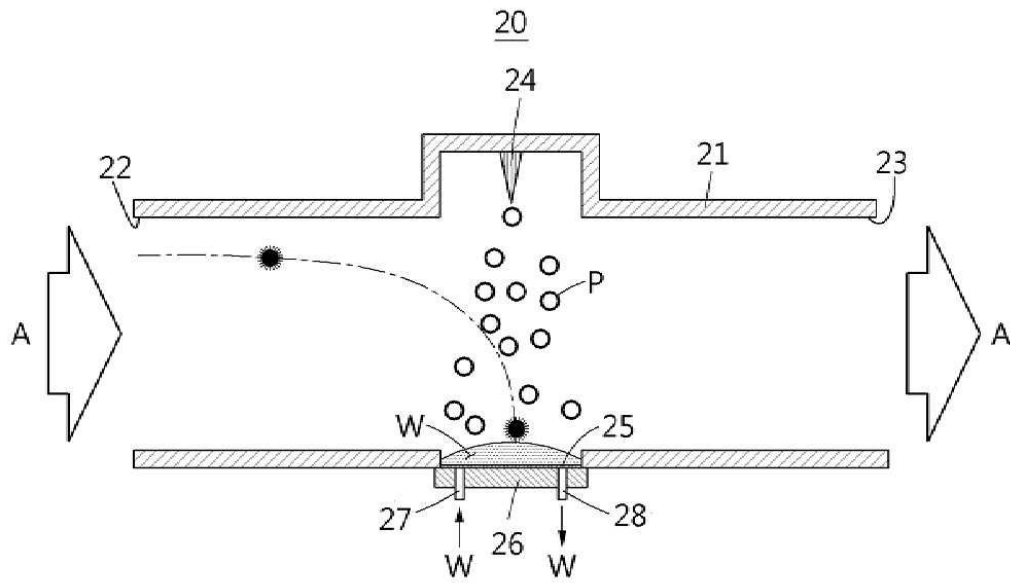
[0078]	1: 바이오에어로졸 모니터링 장치	10: 분류부
	20: 포집부	30: 제1액적 배출부
	31: 제1배출몸체	34: 제1배출콘
	35: 제1제어부	36: 제1오일 공급부
	40: 제2액적 배출부	41: 제2배출몸체
	44: 제2배출콘	45: 제2제어부
	46: 제2제어부	50: 반응부
	51: 반응경로	60: 측정부
	P: 입자	D1: 제1액적
	D2: 제2액적	ID: 반응액적

도면

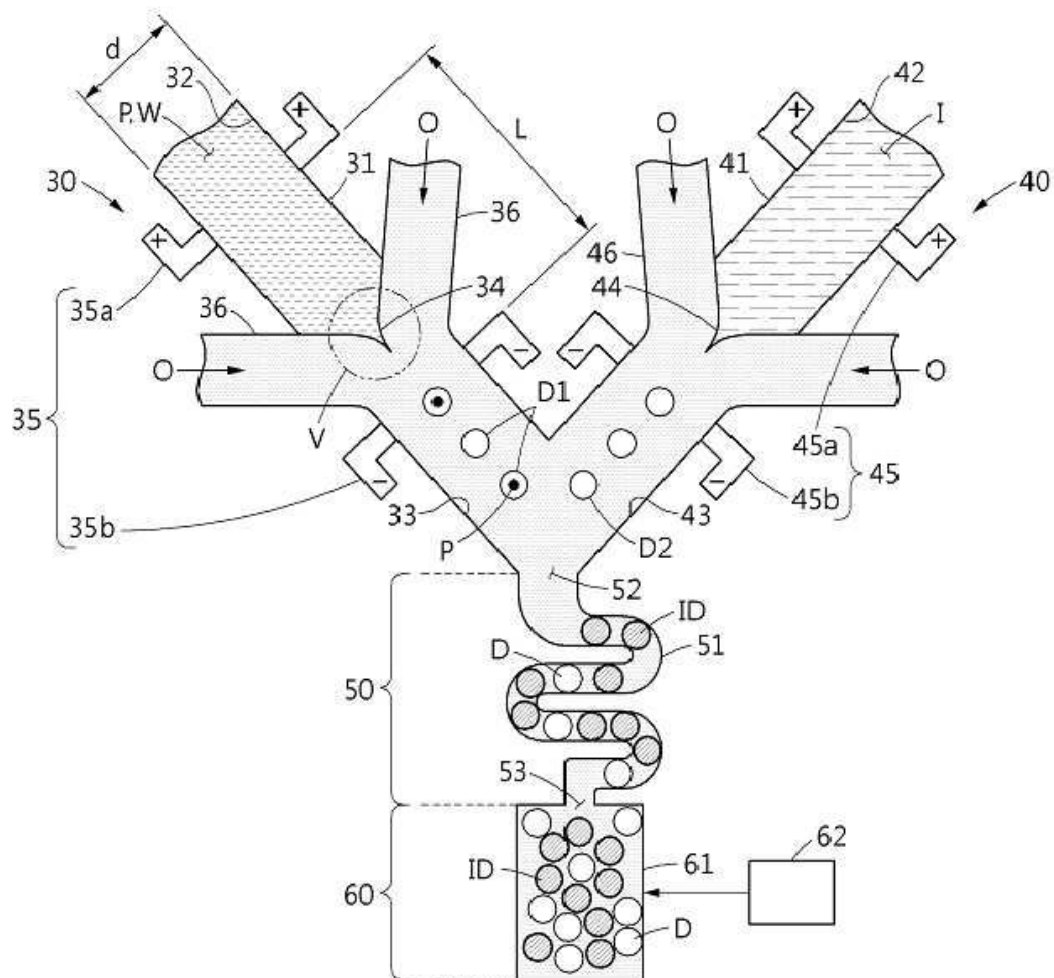
도면1



도면2



도면3





도면4

