



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년08월25일  
(11) 등록번호 10-2294469  
(24) 등록일자 2021년08월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01N 1/22 (2006.01) G01N 1/28 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
G01N 1/2202 (2013.01)  
G01N 2001/2217 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2021-0009476  
(22) 출원일자 2021년01월22일  
심사청구일자 2021년01월22일  
(56) 선행기술조사문헌  
An integrated system of air sampling and simultaneous enrichment for rapid biosensing of airborne coronavirus..., Hyeong Rae Kim 등, Biosensors and Bioelectronics 170(2020) 112656(2020.09.26.)\*  
'Prevention of damage caused by corona discharge-generated reactive oxygen species under electrostatic...', A. Piri 등, Journal of Hazardous Materials 384 (2020) 121477(2019.10.18.)\*  
US20100255560 A1  
KR1020190111626 A  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
연세대학교 산학협력단  
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)  
(72) 발명자  
황정호  
서울특별시 강남구 도곡로13길 19, 102동 901호 (역삼동, 역삼동 롯데캐슬 노블)  
피리 아민  
서울특별시 성북구 오패산로 46, 125동 803호 (하월곡동, 월곡두산위브아파트)  
박대훈  
서울특별시 영등포구 63로 45, 2동 26호 (여의도동, 여의도시범아파트)  
(74) 대리인  
특허법인(유한)아이시스

전체 청구항 수 : 총 19 항

심사관 : 박미옥

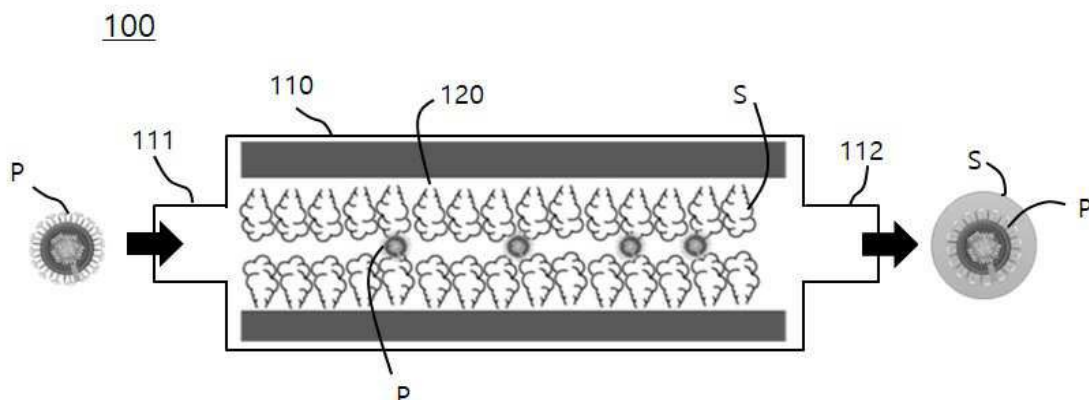
(54) 발명의 명칭 공기 중 바이오입자의 온전한 포집을 위한 장치

(57) 요약

본 발명은 바이오입자 전처리부 및 상기 바이오입자 전처리부에 연결된 바이오입자 포집부를 포함하고, 여기서 상기 바이오입자 전처리부는 공기 유입구 및 공기 배출구를 포함하는 제1 공기 이동 통로; 및 상기 제1 공기 이동통로 내에서 공기가 이동하는 공간부를 향하도록 바이오입자 보호 용액을 분무하는 용액 분무부를 포함하고,

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



상기 바이오입자 포집부는 상기 바이오입자 전처리부로부터의 공기가 유입되는 공기 유입구 및 공기 배출구를 포함하는 제2 공기 이동 통로; 상기 제2 공기 이동 통로의 일측에 제1 전극과 상기 제2 공기 이동 통로의 타측에 제2 전극을 포함하고 공기 중의 바이오입자를 하전시키는 코로나 방전 부재; 및 상기 제2 전극에 인접하여 형성되고 상기 바이오입자를 포집 및 담지하기 위한 포집액을 포함하는 포집액부를 포함하는, 공기 중 바이오입자의 포집 장치에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 상기 포집 장치를 이용한 공기 중 바이오입자의 검출 장치에 관한 것이다. 본 발명에 따르면 공기 중의 바이러스와 같은 바이오입자를 코로나 방전이나 포집액과의 충돌 등에 의한 손상 없이 온전하게 포집할 수 있다.

(52) CPC특허분류

G01N 2001/2826 (2013.01)

G01N 2333/005 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415169820
과제번호	20012215
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원
연구사업명	산업기술알키미스트프로젝트(R&D)
연구과제명	InSitu(현장형) 바이러스 검출 및 분석 지능형 플랫폼
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2020.09.01 ~ 2021.04.30

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

바이오입자 전처리부 및 상기 바이오입자 전처리부에 연결된 바이오입자 포집부를 포함하고,

여기서 상기 바이오입자 전처리부는 공기 유입구 및 공기 배출구를 포함하는 제1 공기 이동 통로; 및 상기 제1 공기 이동통로 내에서 공기가 이동하는 공간부를 향하도록 바이오입자 보호 용액을 분무하는 용액 분무부를 포함하고,

상기 바이오입자 포집부는 상기 바이오입자 전처리부로부터의 공기가 유입되는 공기 유입구 및 공기 배출구를 포함하는 제2 공기 이동 통로; 상기 제2 공기 이동 통로의 일측에 제1 전극과 상기 제2 공기 이동 통로의 타측에 제2 전극을 포함하고 공기 중의 바이오입자를 하전시키는 코로나 방전 부재; 및 상기 제2 전극에 인접하여 형성되고 상기 바이오입자를 포집 및 담지하기 위한 포집액을 포함하는 포집액부를 포함하고,

상기 바이오입자 전처리부의 상기 바이오입자 보호 용액은 아스코르브산 및 비타민 E 유사체(analogues)를 함유하는,

공기 중 바이오입자의 포집 장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 용액 분무부는 분무 노즐을 포함하는 것을 특징으로 하는 공기 중 바이오입자의 포집 장치.

#### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 바이오입자 보호 용액은 공기 중의 바이오입자와 접촉하여 바이오입자를 코팅하는 물질을 더 함유하는 것을 특징으로 하는 공기 중 바이오입자의 포집 장치.

#### 청구항 4

제3항에 있어서, 상기 바이오입자 보호 용액은 상기 코팅하는 물질로서 D- $\alpha$ -토코페롤 폴리에틸렌 글리콜 1000 숙시네이트를 함유하는 것을 특징으로 하는 공기 중 바이오입자의 포집 장치.

#### 청구항 5

제3항에 있어서, 상기 바이오입자 보호 용액은 알긴산, 소듐 알기네이트, 포타슘 알기네이트, 및 프로필렌 글리콜 알기네이트에서 선택되는 바이오접착성 물질을 더 함유하는 것을 특징으로 하는 공기 중 바이오입자의 포집 장치.

#### 청구항 6

삭제

#### 청구항 7

제1항에 있어서, 상기 비타민 E 유사체는 Trolox 인 것을 특징으로 하는 공기 중 바이오입자의 포집 장치.

#### 청구항 8

제1항에 있어서, 상기 바이오입자는 비말 또는 공기 감염성 바이러스인 것을 특징으로 하는 공기 중 바이오입자의 포집 장치.

#### 청구항 9

제1항에 있어서, 상기 포집액부의 상기 포집액은 아스코르브산 및 비타민 E 유사체를 함유하는 것을 특징으로

하는 공기 중 바이오입자의 포집 장치.

#### 청구항 10

제9항에 있어서, 상기 비타민 E 유사체는 Trolox 인 것을 특징으로 하는 공기 중 바이오입자의 포집 장치.

#### 청구항 11

제9항에 있어서, 상기 포집액은 PBS (Phosphate Buffered Saline) 및 칼슘 클로라이드를 함유하는 완충액을 더 함유하는 것을 특징으로 하는 공기 중 바이오입자의 포집 장치.

#### 청구항 12

제1항에 있어서, 상기 코로나 방전 부재에서 상기 제1 전극은 상기 제2 공기 이동 통로의 내부를 향하는 전극 첨단부를 포함하고, 상기 제2 전극은 상기 전극 첨단부에 대향하는 전극 플레이트부를 포함하는 것을 특징으로 하는 공기 중 바이오입자의 포집 장치.

#### 청구항 13

제12항에 있어서, 상기 코로나 방전 부재에서 상기 제1 전극은 방전핀 형상 또는 와이어 형상인 것을 특징으로 하는 공기 중 바이오입자의 포집 장치.

#### 청구항 14

제1항에 있어서, 상기 코로나 방전 부재에서 상기 제1 전극과 상기 제2 전극이 서로 대향하는 방향이 상기 제2 공기 이동 통로 내에서 공기가 흐르는 방향과 교차하거나 또는 마주하도록 상기 제1 전극과 상기 제2 전극이 배치되는 것을 특징으로 하는 공기 중 바이오입자의 포집 장치.

#### 청구항 15

제1항에 있어서, 상기 코로나 방전 부재는 상기 제1 전극과 상기 제2 전극을 전기적으로 연결하고 전압을 인가하기 위한 전원 공급부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 공기 중 바이오입자의 포집 장치.

#### 청구항 16

제1항에 있어서, 상기 포집액부는 상기 포집액을 수용하는 포집액 수용부, 상기 포집액 수용부로 상기 포집액을 공급하는 포집액 유입부, 및 상기 포집액 수용부로부터 상기 포집액을 배출하기 위한 포집액 배출부를 포함하는 것을 특징으로 하는 공기 중 바이오입자의 포집 장치.

#### 청구항 17

제1항에 있어서, 상기 바이오입자 포집부로부터 배출된 포집액 중의 바이오입자를 농축하는 바이오입자 농축부를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 공기 중 바이오입자의 포집 장치.

#### 청구항 18

제1항 내지 제5항 및 제7항 내지 제17항 중 어느 한 항에 따른 공기 중 바이오입자의 포집 장치 및 상기 포집 장치에서 포집된 바이오입자를 검출하는 바이오입자 검출부를 포함하는, 공기 중 바이오입자의 검출 장치.

#### 청구항 19

제18항에 있어서, 상기 검출 장치에서 검출하는 상기 바이오입자는 비말 또는 공기 감염성 바이러스인 것을 특징으로 하는 공기 중 바이오입자의 검출 장치.

#### 청구항 20

제19항에 있어서, 상기 바이오입자 검출부는 목적하는 바이러스만을 특이적으로 검출할 수 있는 시약을 포함하는 것을 특징으로 하는 공기 중 바이오입자의 검출 장치.

### 발명의 설명

## 기술분야

[0001] 본 발명은 공기 중에 부유하는 바이러스와 같은 바이오입자를 손상 없이 온전하게 포집하기 위한 장치에 관한 것이다.

## 배경기술

[0002] 근래 전세계적으로 발생한 중증 급성 호흡기 증후군(SARS), 신종 인플루엔자, COVID-19 바이러스와 같은 유해한 감염성 바이러스는 공기 중에 비산되어 비말 또는 입자 형태로 감염을 일으키며, 인간의 생명을 위협할 뿐만 아니라 경제적 손실로도 이어진다. 이에 따라, 공기 감염성 바이러스를 조기에 검출하여 대응할 수 있는 검출 모니터링 기술이 필요하게 되었다.

[0003] 현재, 바이러스를 검출하는 기술은 모두 액상 상태의 바이러스 시료를 사용한다. 따라서, 바이러스를 검출하기 위해서는 공기 중에 있는 바이러스를 액상으로 포집하는 기술이 필수적이다.

[0004] 종래 기술에서는 공기 중 바이러스를 액상 포집하기 위한 방안으로서 관성력을 이용한 임팩터, 사이클론 등을 이용하였다. 그러나, 이들 방식은 매우 큰 에너지가 필요하고 바이러스에 물리적 손상이 발생할 가능성도 크다는 단점이 있었다. 이에 따라, 최근에는, 플라스마를 이용하는 전기 집진 방식이 에너지 사용량이 적고 포집 효율성도 상대적으로 높아서 주목을 받고 있다.

[0005] 그러나, 이러한 전기 집진 방식도 포집 과정에서 플라스마에 의한 이온으로 인하여 바이러스가 손상되는 단점이 여전히 존재한다. 따라서, 전기 집진 방식에서 공기 중 바이러스를 온전하게 포집하기 위한 기술의 개발이 필요하다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 일 목적은, 코로나 방전에 의해 공기 중 바이오입자를 포집하는 방식에 있어서, 바이오입자를 손상없이 온전하게 포집할 수 있는 장치를 제공하는 것이다.

[0007] 본 발명의 다른 일 목적은 진술한 포집 장치를 이용하여 포집한 바이오입자를 검출할 수 있는 공기 중 바이오입자의 검출 장치를 제공하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일 양태에 따르면, 바이오입자 전처리부(100) 및 상기 바이오입자 전처리부(100)에 연결된 바이오입자 포집부(200)를 포함하고,

[0009] 여기서 상기 바이오입자 전처리부(100)는 공기 유입구(111) 및 공기 배출구(112)를 포함하는 제1 공기 이동 통로(110); 및 상기 제1 공기 이동통로(110) 내에서 공기가 이동하는 공간부를 향하도록 바이오입자 보호 용액(S)을 분무하는 용액 분무부(120)를 포함하고,

[0010] 상기 바이오입자 포집부(200)는 상기 바이오입자 전처리부(100)로부터의 공기가 유입되는 공기 유입구(211) 및 공기 배출구(212)를 포함하는 제2 공기 이동 통로(210); 상기 제2 공기 이동 통로의 일측에 제1 전극(221)과 상기 제2 공기 이동 통로의 타측에 제2 전극(222)을 포함하고 공기 중의 바이오입자를 하전시키는 코로나 방전 부재(220); 및 상기 제2 전극(222)에 인접하여 형성되고 상기 바이오입자를 포집 및 담지하기 위한 포집액(W)을 포함하는 포집액부(230)를 포함하는,

[0011] 공기 중 바이오입자의 포집 장치 (10)가 제공된다.

[0012] 본 발명의 일 구현예에 따르면, 상기 용액 분무부(120)는 분무 노즐을 포함할 수 있다.

[0013] 본 발명의 일 구현예에 따르면, 상기 바이오입자 보호 용액(S)은 공기 중의 바이오입자(P)와 접촉하여 바이오입자(P)를 코팅하는 물질을 함유할 수 있다.

[0014] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 바이오입자 보호 용액(S)은 D- $\alpha$ -토코페롤 폴리에틸렌 글리콜 1000 숙시네이트를 함유할 수 있다.

[0015] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 바이오입자 보호 용액(S)은 알긴산, 소듐 알기네이트, 포타슘 알기네

이트, 및 프로필렌 글리콜 알기네이트에서 선택되는 바이오접착성 물질을 추가로 더 함유할 수 있다.

- [0016] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 바이오입자 보호 용액(S)은 아스코르브산과 비타민 E 유사체(analogues)를 함유할 수 있다.
- [0017] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 비타민 E 유사체는 Trolox 일 수 있다.
- [0018] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 바이오입자(P)는 비말 또는 공기 감염성 바이러스일 수 있다.
- [0019] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 포집액부(230)의 상기 포집액(W)은 아스코르브산, 비타민 E 유사체, 및 완충액을 함유할 수 있다.
- [0020] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 포집액부(23)의 상기 포집액(W)에서 상기 완충액은 PBS (Phosphate Buffered Saline) 및 칼슘 클로라이드를 함유할 수 있다.
- [0021] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 코로나 방전 부재(220)에서 상기 제1 전극(221)은 상기 제2 공기 이동 통로(210)의 내부를 향하는 전극 첨단부를 포함하고, 상기 제2 전극(222)은 상기 전극 첨단부에 대향하는 전극 플레이트부를 포함할 수 있다.
- [0022] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 코로나 방전 부재(220)에서 상기 제1 전극(221)은 방전핀 형상 또는 와이어 형상일 수 있다.
- [0023] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 코로나 방전 부재(220)에서 상기 제1 전극(221)과 상기 제2 전극(222)이 서로 대향하는 방향이 상기 제2 공기 이동 통로 (210) 내에서 공기가 흐르는 방향과 교차하거나 또는 마주하도록 상기 제1 전극(221)과 상기 제2 전극(222)이 배치될 수 있다.
- [0024] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 코로나 방전 부재(220)는 상기 제1 전극(221)과 상기 제2 전극(222)을 전기적으로 연결하고 전압을 인가하기 위한 전원 공급부(223)을 더 포함할 수 있다.
- [0025] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 포집액부(230)는 상기 포집액(W)을 수용하는 포집액 수용부(233), 상기 포집액 수용부(233)로 상기 포집액(W)을 공급하는 포집액 유입부(231), 및 상기 포집액 수용부(233)로부터 상기 포집액(W)을 배출하기 위한 포집액 배출부(232)를 포함할 수 있다.
- [0026] 본 발명의 다른 일 구현예에 따르면, 상기 공기 중 바이오입자의 포집 장치(10)는 상기 바이오입자 포집부(200)로부터 배출된 포집액(W) 중의 바이오입자(P)를 농축하는 바이오입자 농축부(300)를 추가로 포함할 수 있다.
- [0027] 본 발명의 다른 일 양태에 따르면, 본 발명은 전술한 바와 같은 공기 중 바이오입자의 포집 장치(10) 및 상기 포집 장치(10)에서 포집된 바이오입자(P)를 검출하는 바이오입자 검출부(400)를 포함하는, 공기 중 바이오입자의 검출 장치를 제공한다.
- [0028] 본 발명의 일 구현예에 따르면, 상기 공기 중 바이오입자의 검출 장치에서 검출하는 상기 바이오입자는 비말 또는 공기 감염성 바이러스일 수 있다.
- [0029] 본 발명의 일 구현예에 따르면, 상기 바이오입자 검출부는 목적하는 바이러스만을 특이적으로 검출할 수 있는 시약을 포함할 수 있다.

### 발명의 효과

- [0030] 코로나 방전을 이용하여 공기 중 바이오입자를 액상으로 포집하는 기술에 있어서, 바이오입자는 공기 중에서 플라즈마에 의해 생성되는 이온에 의해 손상을 받거나 포집 액상 중에서 활성 산소(ROS), 활성 질소(RNS)에 노출되어 손상받을 수 있다. 또한, 바이오입자는 플라즈마 이온에 의해 하전되어 정전기적 인력에 의해 포집액 중으로 포집되는 과정에서 포집액과의 충돌로 인해 손상을 받기도 한다. 포집 과정에서 이와 같이 손상을 받은 바이러스와 같은 바이오입자는 후속하는 검출과정에서 손상 DNA가 복제되지 않는 등의 문제가 발생하므로 검출 효율이 극히 저하될 수 있다.
- [0031] 본 발명에 따르면, 공기 중 바이오입자가 포집부 영역에 도달하기 전에 바이오입자를 미리 코팅해주는 전처리 과정을 거치도록 함으로써 플라즈마 이온에 의한 손상을 최소화시켜 공기 중에서 바이오입자가 손상없이 하전되도록 할 수 있다. 또한, 이러한 전처리 과정에서 바이오입자의 표면 상에 형성된 코팅 물질이 2차 보호막 역할을 할 수 있기 때문에 바이오입자가 포집액으로 액상화되는 과정에서 포집액과의 충돌에 의한 손상을 방지할 수 있다. 또한, 액상 포집된 후에는 포집액이 바이오입자의 생존률을 최대한 보존할 수 있는 물질을 포함하기 때

문에, 액상에서 활성 산소 등에 의해 바이오입자가 손상되는 과정을 방지할 수 있다.

[0032] 본 발명에 따르면 전술한 바와 같이 공기 중 손상 방지, 액상화시 손상 방지, 액상 중에서의 손상 방지가 모두 이루어질 수 있으므로, 바이오입자의 온전한 포집이 가능하고, 이에 따라 결과적으로는 바이오입자의 검출 효율을 높일 수 있는 이점이 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0033] 도 1은 바이오입자 전처리부(100), 바이오입자 포집부(200), 및 바이오입자 농축부(300)를 포함하는 바이오입자의 포집장치(10) 및 이에 연결된 바이오입자 검출부(400)를 포함하는 공기 중 바이오입자의 검출 시스템을 보여주는 모식도이다.

도 2는 바이오입자 전처리부(100)를 개략적으로 도시한 도면이다.

도 3은 바이오입자 포집부(100)를 개략적으로 도시한 도면이다.

도 4는 바이오입자 포집부(100)의 코로나 방전 부재(220) 및 포집액부(230)를 확대하여 개략적으로 도시한 도면이다.

도 5는 실시예 1, 실시예 2, 및 비교예에서 MS2 bacteriophage 라는 바이러스를 배지 중에 포집하여 촬영한 사진이다.

도 6은 실시예 1, 실시예 2, 및 비교예에서 배지 중에 포집된 MS2 bacteriophage의 생존률을 보여주는 그래프이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0034] 이하, 본 발명에 대해 상세히 설명한다.

[0035] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 구현예를 설명하기 위해 사용된 것으로서 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다.

[0036] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다, "함유"한다, "가지다"라고 할 때, 이는 특별히 달리 정의되지 않는 한, 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다.

[0037] 또한, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 동일한 구성 요소는 동일한 부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 도면들에 있어서, 예를 들면, 부재들의 크기와 형상은 설명의 편의와 명확성을 위하여 과장될 수 있으며, 실제 구현시, 도시된 형상의 변형들이 예상될 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시예는 본 명세서에 도시된 영역의 특정 형상에 제한된 것으로 해석되어서는 아니된다.

[0038] 제1, 제2 등의 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위해 사용되는 것으로, 구성요소가 전술한 용어들에 의해 제한되는 것은 아니다.

[0039] 층, 막 등의 어떤 부분이 다른 부분 "위에" 또는 "상에" 있다고 할 때, 이는 다른 부분 "바로 위에" 또는 "바로 상에" 있어서 어떤 부분과 다른 부분이 서로 접해 있는 경우 뿐만 아니라 그 중간에 또 다른 부분이 존재하는 경우도 포함한다. 반대로 어떤 부분이 다른 부분 "바로 위에" 또는 "바로 상에" 있다고 할 때는 중간에 다른 부분이 없는 것을 의미한다.

[0041] 본 명세서에서 "바이오입자"는 공기 중에 부유하는 미생물, 구체적으로 바이러스와 세균을 모두 가리킨다. 여기서 바이러스는 비말 감염성 또는 공기 감염성 바이러스를 포함하며, 예를 들어, 중증 급성 호흡기 증후군(SARS) 바이러스, 신종 인플루엔자를 비롯한 인플루엔자 바이러스, COVID-19 바이러스와 같은 코로나 바이러스, 결핵 바이러스, 홍역 바이러스, 수두 바이러스 등을 들 수 있다. 또한, 상기 세균은 공기 중에 부유할 수 있는 S. aureus 등을 들 수 있다.

[0043] 먼저, 도 1을 참조하여 본 발명을 설명하면, 본 발명의 공기 중 바이오입자의 포집 장치(10)는 바이오입자 전처리부(100) 및 상기 바이오입자 전처리부(100)에 연결된 바이오입자 포집부(200)를 포함한다. 필요에 따라, 상기 포집 장치(10)는 상기 바이오입자 포집부(200)에서 액상 포집된 바이오입자를 더 높은 농도로 농축하기 위한 바이오입자 농축부(300)를 더 포함할 수 있다.



- [0044] 위와 같이 포집 장치(10)에서 공기 중의 바이오입자를 액상 포집액에 이를 별도로 회수하여 운반하거나 또는 이를 액체 유로 등을 통해 이송함으로써 바이오입자 검출부(400)에서 바이오입자를 검출하는데 사용될 수 있다. 이에, 본 발명에 따르면 상기 공기 중 바이오입자 포집 장치(10) 및 바이오입자 검출부(400)를 모두 포함하는 공기 중 바이오입자의 검출 장치가 제공될 수 있다. 여기서, 상기 바이오입자 검출부(400)는 검출을 원하는 바이러스만을 특이적으로 검출할 수 있는 시약을 포함할 수 있다. 이에, 상기 바이오입자 포집 장치(10)로부터 포집된 바이오입자(P)가 해당 시약에 의해 검출되는지 여부를 확인함으로써 목적하는 바이오입자가 공기 중에 존재하는지 여부를 알 수 있다.
- [0045] 한편, 상기 포집 장치(10)에서 포집된 바이오입자를 함유하는 포집액은 반드시 바이오입자의 검출을 위해서만 사용할 필요는 없으며, 장치(10)로부터 별도로 회수하여 바이오입자를 이용한 실험 등 다양한 용도로 사용할 수도 있다.
- [0047] 전술한 공기 중 바이오입자의 포집 장치(10)에 대해 도 2, 3, 및 4를 참조하여 보다 구체적으로 설명하면 다음과 같다.
- [0048] 포집 장치(10)에서 바이오입자 전처리부(100)는 도 2에 도시된 바와 같이, 공기 이동 통로(110)를 포함하며, 상기 공기 이동 통로(11)는 외부로부터의 공기가 유입되는 공기 유입구(111), 내부에서 공기가 이동하는 공간부, 및 전처리가 이루어진 공기를 배출하는 공기 배출구(112)를 포함할 수 있다.
- [0049] 공기 이동 통로(110)에는 공기가 이동하도록 제공되는 블로우어 (미도시)를 포함할 수 있다. 상기 블로우는 예를 들어 송풍팬이나 공기 펌프일 수 있다.
- [0050] 또한, 상기 공기 이동 통로(110)에는 용액 분무부(120)가 설치되어 있다. 상기 용액 분무부(120)는 공기가 이동하는 벽면을 따라서 상기 벽면의 적어도 일부에 설치된다. 상기 용액 분무부(120)는 공기가 이동하는 공간부를 향해 바이오입자 보호 용액(S)이 분무될 수 있도록 배치되며, 공기 이동 통로(110)의 내부 벽면 상에 설치되거나 내부 벽 내에 매립되어 상기 공간부를 향해 분무구만 드러나도록 설치될 수도 있다. 상기 용액 분무부(120)는 분무 노즐일 수 있다.
- [0052] 상기 바이오입자 보호 용액(S)은 공기 중의 바이오입자(P)와 접촉하여 바이오입자(P)를 코팅하는 것이다.
- [0053] 따라서, 상기 바이오입자 보호 용액(S)은 바이오입자(P)를 코팅하여 바이오입자(P) 상에 막 또는 미셀(micelle)을 형성할 수 있는 물질을 함유한다. 상기 막 또는 미셀 형성 물질의 종류는 특별히 제한되지 않으며, 용액화되어 분무 가능한 것이라면 공지의 것 중에서 적절히 선택하여 사용할 수 있다.
- [0054] 구체적으로, 상기 바이오입자 보호 용액(S)은 미셀을 형성할 수 있는 계면 활성제를 함유할 수 있으며, 이러한 계면활성제의 예로는 D- $\alpha$ -토코페롤 폴리에틸렌 글리콜 1000 숙시네이트를 들 수 있고, 그 외에는 폴리옥실 40 스테아레이트 등을 들 수 있다.
- [0055] 또한, 상기 바이오입자 보호 용액(S)은 바이오접착성(bio-adhesive) 물질을 더 함유할 수 있다. 상기 바이오접착성 물질로는 알긴산, 소듐 알기네이트, 포타슘 알기네이트, 프로필렌 글리콜 알기네이트 등을 들 수 있다.
- [0056] 또한, 상기 바이오입자 보호 용액(S)은 바이오입자를 활성산소(ROS) 등에 대해 보호할 수 있는 물질을 추가로 더 함유할 수 있다. 이의 예로는 아스코르브산, 비타민 E 유사체 등을 들 수 있으며, 본 발명의 일 구현예에 따르면 아스코르브산과 비타민 E 유사체를 조합하여 사용할 수 있다. 상기 비타민 E 유사체는 지용성인 비타민 E가 용액 중에 용해될 수 있도록 개질한 것일 수 있다. 비타민 E 유사체의 예로는 Trolox 를 들 수 있다.
- [0057] 또한, 상기 바이오입자 보호 용액(S)은 용매를 함유할 수 있으며, 상기 용매로는 바이오입자(P)와 상호작용하지 않고 전술한 첨가 물질을 용해할 수 있는 것이라면 특별히 제한되지 않고, 공지의 것 중에서 적절히 선택하여 사용할 수 있다.
- [0059] 상기 바이오입자 전처리부(100)로 유입된 공기 중 바이오입자(P)는 공기 이동 통로(110)를 따라서 이동하는 과정에서, 용액 분무부(120)를 통해 분무되는 바이오입자 보호 용액(S)과 접촉하여 보호막이 표면에 코팅되게 된다. 이와 같이 보호막으로 코팅된 바이오입자는 공기의 흐름을 따라서 공기 배출구(112)로 배출되고, 이렇게 배출된 공기 중 바이오입자는 연결관을 통해서 바이오입자 포집부(200)로 유입된다.
- [0061] 바이오입자 포집부(200)는 상기 바이오입자 전처리부(100)로부터의 공기가 유입되는 공기 유입구(211) 및 공기 배출구(212)를 포함하는 제2 공기 이동 통로(210)를 포함한다.
- [0063] 또한, 바이오입자 포집부(200)는 코로나 방전 부재(220)를 포함한다. 상기 코로나 방전 부재(220)는 공기 중의



바이오입자가 특정한 전하를 띠도록 입자를 하전시키고 상기 하전된 입자를 정전기적 인력에 의해 제어하여 원하는 위치, 즉, 포집액부(230)로 포집하는 부재이다. 상기 코로나 방전 부재는 코로나 방전을 이용하는데, 코로나 방전은 두 전극 사이에 전기장에 형성되었을 때 기체 내의 공기 분자들이 이온화되는 현상을 말한다. 구체적으로, 코로나 방전은 전기장이 형성되면 공기 속의 자유전자들이 가속하게 되는데 이것이 중성입자와 충돌하여 입자를 파괴하고 이것이 다시 전자와 이온(I) 등으로 쪼개져서 이온(I)이 발생하는 현상이다. 음의 코로나 방전의 경우, 방전 전극의 표면에서 전자가 발생하여 접지 전극 방향으로 향하면서 공기 중의 입자를 음이온화한다.

[0065] 상기 코로나 방전 부재(220)는 상기 제2 공기 이동 통로(210)의 일 측에 배치되는 제1 전극(221)과 그의 타측에 배치되는 제2 전극(222)을 포함하고, 또한, 상기 제1 전극과 상기 제2 전극을 전기적으로 연결하고 전압을 인가하기 위한 전원 공급부(223)를 포함할 수 있다.

[0066] 코로나 방전은 크기가 다른 두 전극 사이에 형성되는 전기장을 이용하는 것이다. 전기장을 인가하였을 때 더 작은 전극 쪽에서는 전극의 형상 때문에 주위로부터 플라스마 영역이 형성되어 방전이 시작되며 이 전극을 통상적으로 방전 전극이라 한다. 또한, 상기 방전 전극에서 이온들이 발생하며 반대 극으로 전기장을 따라서 이동하는데 이 때 반대의 극을 통상적으로 접지 전극이라고 한다.

[0067] 이에, 상기 제1 전극(221)과 상기 제2 전극(222)은 크기가 달라야 한다. 구체적으로, 상기 제1 전극(221)은 상기 제2 공기 이동 통로(210)의 내부를 향하는 전극 첨단부를 포함하고, 상기 제2 전극(222)은 상기 전극 첨단부에 대향하는 전극 플레이트부를 포함할 수 있다. 더 구체적으로, 상기 제1 전극(221)은 방전핀 형상 또는 와이어 형상일 수 있다.

[0068] 상기 코로나 방전 부재(220)에서 상기 제1 전극(221)과 상기 제2 전극(222)은 서로 대향하는데 그 대향하는 방향이 상기 제2 공기 이동 통로(210) 내에서 공기가 흐르는 방향과 교차하거나 또는 마주할 수 있다.

[0069] 상기 제1 전극(221)과 상기 제2 전극(222)은 상호 작용하여 전기장을 형성하고, 이렇게 전기장이 형성되면 코로나 방전이 생겨서 공기 중에서 일부가 이온화하여 이온(I)이 발생한다. 상기 이온(I)은 전기장 하에서 일 방향으로 가속되고, 제2 공기 이동 통로(210)를 이동하는 공기 중의 바이오입자(P)와 접촉하여 바이오입자(P)를 하전시킨다. 이렇게 하전된 바이오입자(P)는 전기적으로 극성을 띠므로, 전기장에 의한 정전기적 인력에 의해 반대 전극 방향으로 가속하게 된다. 여기서 반대 전극은 제2 전극이고, 이에, 하전된 바이오입자는 상기 제2 전극에 인접한 포집액(W)에 액상 포집될 수 있다.

[0071] 바이오입자 포집부(200)는 상기 제2 전극(222)에 인접하여 형성되고 상기 바이오입자를 포집 및 담지하기 위한 포집액(W)을 포함하는 포집액부(230)를 포함한다.

[0072] 상기 포집액부(230)는 포집액(W)을 수용하는 포집액 수용부(233), 상기 포집액 수용부(233)로 상기 포집액(W)을 공급하는 포집액 유입부(231) 및 상기 포집액 수용부(233)로부터 상기 포집액(W)을 배출하기 위한 포집액 배출부(232)를 포함한다.

[0073] 상기 포집액 수용부(233)는 바이오입자(P)를 액상 포집하기 위한 포집액(W)을 수용하는 곳이다. 이는 바이오입자(P)가 정전기적 인력에 의해 포집될 수 있도록 제2 전극(222)을 인접하여 배치할 수 있다. 구체적으로, 상기 포집액 수용부(233) 내의 바닥에 상기 제2 전극(222)을 배치하거나, 또는 대안적으로 상기 제2 전극(222) 상에 상기 포집액 수용부(233)를 설치할 수 있다.

[0074] 상기 포집액 배출부(232)는 연결관을 통해 바이오입자 농축부(300)로 연결되거나 또는 포집액 회수부(미도시)로 연결되어 바이오입자를 포함하는 포집액이 곧바로 회수되게 할 수도 있다.

[0075] 상기 포집액(W)은 아스코르브산과 비타민 E 유사체를 함유할 수 있다. 상기 비타민 E 유사체는 Trolox 일 수 있다. 상기 아스코르브산과 비타민 E 유사체는 액상 중에서 바이오입자(P)가 활성산소 등에 의해 손상되는 것을 방지해줄 수 있다.

[0076] 또한, 상기 포집액(W)은 증류수 또는 완충액을 더 함유할 수 있다. 이 때 완충액은 세포 배양 등에 사용되는 완충액, 예를 들어 PBS 완충액일 수 있으며, 상기 PBS 완충액은 필요에 따라 칼슘 클로라이드 또는 마그네슘 클로라이드가 추가된 것일 수 있다.

[0078] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 실시예를 참고하여 본 발명을 보다 상세히 설명한다. 그러나 하기의 실시예는 본 발명을 보다 쉽게 이해하기 위하여 제공되는 것일 뿐, 하기 실시예에 의해 본 발명의 내용이 한정되는

것은 아니다.

[0080] **[실시예 1]**

[0081] 증류수(DI water), 100  $\mu$ M Trolox, 10 mM 아스코르브산, 40 mM 의 D- $\alpha$ -토코페롤 폴리에틸렌 글리콜 1000 숙시네이트, 및 1.5% 소듐 알기네이트를 혼합하여 바이오입자 보호 용액(S)을 제조하였다.

[0082] 또한, PBS, 100  $\mu$ M Trolox, 10 mM 아스코르브산, 및 100 mM 칼슘 클로라이드를 혼합하여 포집액(W)을 제조하였다.

[0083] MS2 bacteriophage 라는 바이러스를 이용하여 공기 중에서 상기 제조한 바이오입자 보호 용액(S)을 미스트로 분무하여 바이러스의 전처리 단계를 수행하였다.

[0084] 상기 제조한 포집액을 포집액 수용부에 넣은 후, 코로나 방전 부재에 전압을 인가하여 내부에 코로나 방전 및 전기장이 형성되도록 함으로써 포집 장치를 준비하였다. 이 때, 코로나 방전은 음의 코로나 방전이 일어나도록 하였다. 상기 전처리된 공기를 유입하고 포집액에 바이러스가 포집되는 것을 확인하였다. 소정 시간이 경과한 후에 포집액을 회수하였다. 상기 회수된 포집액의 사진을 도 5에 제시한다. 상기 포집액 중의 생존 바이러스 수를 계수하였고, 이를 도 6에 막대 그래프로 제시한다.

[0086] **[실시예 2]**

[0087] 실시예 1에서와 동일한 방식으로 실시하되, 단, 포집액에 아스코르브산과 Trolox 를 첨가하지 않았다. 바이러스가 포집된 포집액의 사진을 도 5에 나타내었고, 포집액 중의 생존 바이러스 수를 도 6에 나타내었다.

[0089] **[비교예]**

[0090] 본 발명에 따른 전처리를 실시하지 않고, 공기를 곧바로 포집부로 유입하였어 포집을 실시하였다. 또한, 포집액에 아스코르브산과 Trolox를 첨가하지 않고 증류수만 사용하였다. 바이러스가 포집된 포집액의 사진을 도 5에 나타내었고, 포집액 중의 생존 바이러스 수를 도 6에 나타내었다.

[0092] **[실험 결과]**

[0093] 먼저, 도 5에 사진에 보이는 배지 위의 작은 점들이 생존한 바이러스를 나타내는 것으로서 점 하나당 한 개의 바이러스가 생존하는 것으로 볼 수 있다. 도 5에서 보는 바와 같이 비교예에 비해 실시예 1과 실시예 2에서 더 많은 바이러스가 생존하고 있다는 것을 알 수 있다. 실시예 1과 2를 서로 비교하면 실시예 1에서 조금 더 많은 바이러스가 생존하였다.

[0094] 도 6을 살펴보면, 도 6은 생존 바이러스 수로 PFU(plaque forming unit)을 사용하여 나타낸 막대 그래프이고, 우측에는 실시예 1을 100%로 하였을 때의 바이러스 생존율을 기준으로 하여 각 실험에서의 바이러스 생존률을 나타낸 것이다. 실시예 1의 경우 약 660 PFU의 생존 바이러스가 포집되었고 실시예 2의 경우 약 340 PFU의 생존 바이러스가 포집되었다. 이에 비해 비교예에서는 약 91 PFU의 생존 바이러스가 포집되었다. 이는 실시예 1의 생존 바이러스 수를 기준으로 하여, 각각 100%, 51.52%, 13.78% 의 바이러스 생존률을 나타낸다. 본 결과로부터 본 발명에 따라 전처리를 하였을 때 바이러스의 생존률을 현저히 높일 수 있다는 것을 확인할 수 있다.

[0096] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

**부호의 설명**

[0097] 10: 공기 중 바이러스의 포집 장치

100: 바이오입자 전처리부

200 바이오입자 포집부

300 바이오입자 농축부

400: 바이오입자 검출부

110: 제1 공기 이동 통로

111: 공기 유입구

112: 공기 배출구

120: 용액 분무부

210: 제2 공기 이동 통로

211: 공기 유입구

212: 공기 배출구

220: 코로나 방전 부재

221: 제1 전극

222: 제2 전극

223: 전원 공급부

230: 포집액부

231: 포집액 유입부

232: 포집액 배출부

233: 포집액 수용부

A: 공기

P: 바이오입자

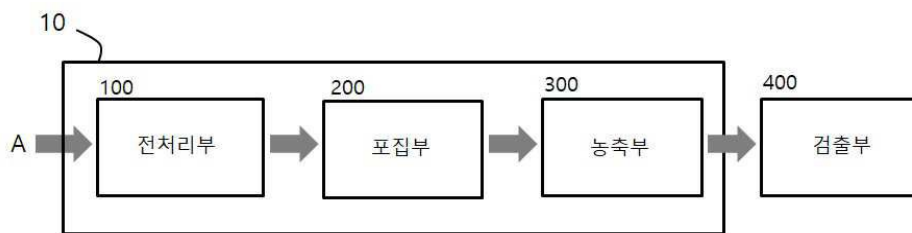
S: 바이오입자 보호용액

W: 포집액

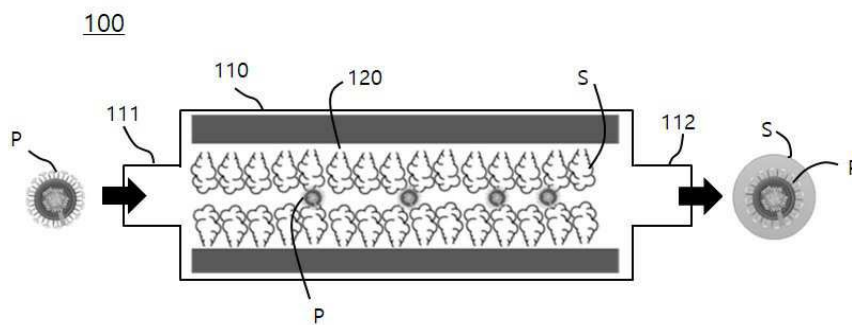
I: 이온

## 도면

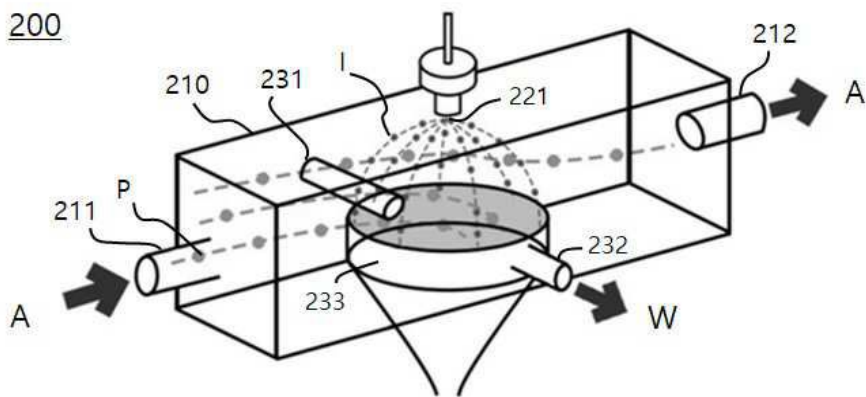
### 도면1



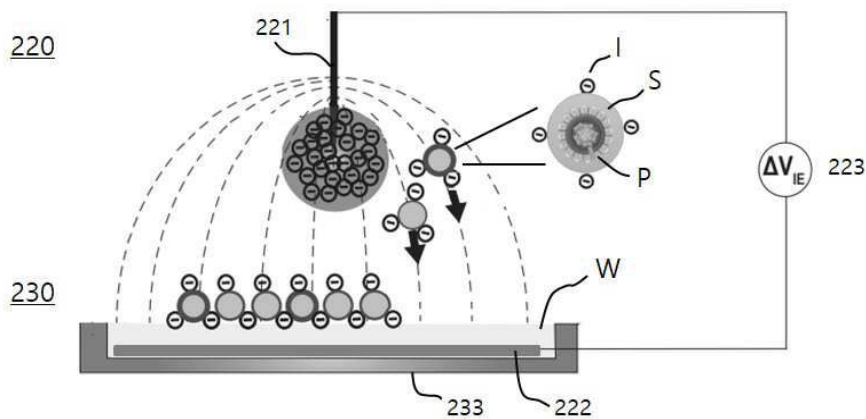
### 도면2



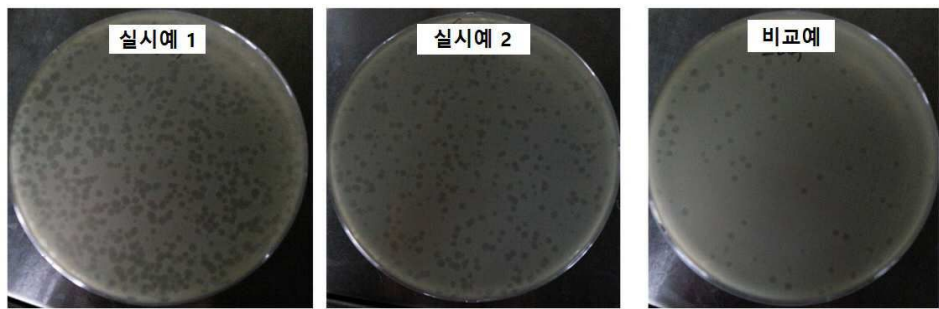
도면3



도면4



도면5



도면6

