(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0135211
(43) 공개일자 2024년09월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 1/40 (2006.01) *G01N 15/02* (2024.01)
(52) CPC특허분류
G01N 1/40 (2013.01)
G01N 15/0266 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0028467
(22) 출원일자 2023년03월03일
심사청구일자 2023년03월03일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
장재성
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
이재길
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
특허법인 무한

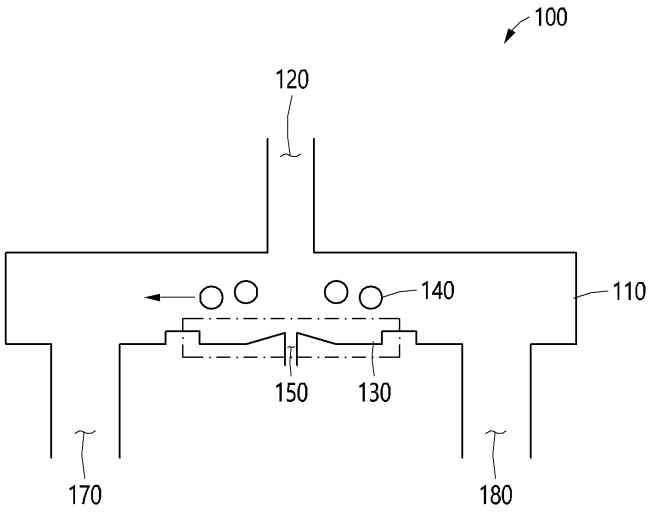
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 **전기식 공기 중 입자 농축기 및 공기 중 입자의 농축 및 검출 방법**

(57) 요 약

본 발명은, 전기식 공기 중 입자 농축기 및 공기 중 입자의 농축 및 검출 방법에 관한 것으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 전기식 공기 중 입자 농축기는, 내부 공간을 형성하는 본체; 상기 본체 상부에 설치되어 공기 중 입자들이 상기 본체 내로 유입되는 유동 입구; 상기 본체 내 하부에 설치된 채집 전극; 상기 본체 내에서 상기 채집 전극 상부에 설치된 적어도 하나의 전도사 전극; 상기 본체 하부에 설치되어 채집 용액이 상기 본체 내로 유입되는 채집 용액 입구; 및 상기 채집 용액 입구 반대편에 설치되어 상기 본체 내를 흐른 후 배출되는 채집 용액 출구;를 포함하고, 상기 채집 전극의 표면은 소수성 물질을 포함하는 것이다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
G01N 2001/4038 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711165681
과제번호 2020R1A2C1011583
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(과기정통부)
연구과제명 대용량 바이러스 에어로졸의 실시간 정량화를 위한 미세 액막 기반의 면역 센서 시스템에 관한 연구
기 여 율 1/2
과제수행기관명 울산과학기술원
연구기간 2022.03.01 ~ 2023.02.28
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1345348792
과제번호 2020R1A6A1A03040570
부처명 교육부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 이공학학술연구기반구축
연구과제명 환경감시 자율무인시스템 연구센터
기 여 율 1/2
과제수행기관명 울산과학기술원
연구기간 2022.03.01 ~ 2023.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

내부 공간을 형성하는 본체;

상기 본체 상부에 설치되어 공기 중 입자들이 상기 본체 내로 유입되는 유동 입구;

상기 본체 내 하부에 설치된 채집 전극;

상기 본체 내에서 상기 채집 전극 상부에 설치된 적어도 하나의 전도사 전극;

상기 본체 하부에 설치되어 채집 용액이 상기 본체 내로 유입되는 채집 용액 입구; 및

상기 채집 용액 입구 반대편에 설치되어 상기 본체 내를 흐른 후 배출되는 채집 용액 출구;

를 포함하고,

상기 채집 전극의 표면은 소수성 물질을 포함하는 것인,

전기식 공기 중 입자 농축기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 채집 전극은, 금속 또는 소수성 물질로 구성된 것이거나, 금속 또는 소수성 물질이 코팅된 재료를 포함하는 것이고,

상기 소수성 물질은, 파릴렌(parylene), 폴리카프로락톤(PCL), 폴리락트산(PLA) 및 폴리락트산-co-글리코릭산 공중합체(PLGA), 폴리디메틸실록산(PDMS), 폴리테트라플루오르에틸렌(PTFE), 불화 에틸렌프로필 코폴리머(FEP), 퍼플루오르알콕시(PFA), 퍼플루오르술폰산(PFSA) 및 헵타데카플루오로-1,1,2,2-테트라하이드로데실)-트리클로로실린(HDFS)으로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것이고,

상기 금속은, 구리(Cu), 아연(Zn), 니켈(Ni), 티타늄(Ti), 마그네슘(Mg), 알루미늄(Al), 철(Fe) 및 코발트(Co)로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것인,

전기식 공기 중 입자 농축기.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 채집 전극은, 고리 형태이고,

상기 고리 형태는 직사각형, 정사각형, 원형 및 타원형으로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것인,

전기식 공기 중 입자 농축기.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 채집 전극의 단면은 상기 본체 바닥면 기준 수평인 것이거나,

상기 채집 전극의 단면은 단차있게 형성된 계단식 구조를 포함하는 것이고,

상기 계단식 구조는 수평면 기준 0 ° 초과 30 ° 이하의 각도로 이루어진 것인,

전기식 공기 중 입자 농축기.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 계단식 구조는, 상기 채집 용액 입구 및 상기 채집 용액 출구 각각을 중심으로 대칭으로 이루어진 것인,

전기식 공기 중 입자 농축기.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 채집 전극은, 상기 유동 입구로부터 5 ㎜ 내지 100 ㎜ 이격되어 설치된 것인,

전기식 공기 중 입자 농축기.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 유동 입구의 단면은 가로가 120 ㎜ 내지 170 ㎜이고, 세로가 2 ㎜ 내지 10 ㎜ 인 것인,

전기식 공기 중 입자 농축기.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 전도사 전극은, 관형의 긴 전극으로,

상기 본체를 가로질러 상기 유동 입구와 평행하게 설치되는 것이고,

상기 전도사 전극은,

철사, 스테인레스스틸사, 은사, 구리사, 니켈사, 티타늄사, 아연사 및 탄소섬유사 및 금속성 물질이 코팅된 전극으로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것인,

전기식 공기 중 입자 농축기.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 채집 전극 및 상기 전도사 전극의 거리는 2 ㎜ 내지 6 ㎜ 이격되어 설치된 것인,

전기식 공기 중 입자 농축기.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 채집 전극 및 상기 전도사 전극은 병렬로 연결된 것인,

전기식 공기 중 입자 농축기.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 본체는 상기 채집 용액 입구가 상기 채집 용액 출구보다 위에 있고 상기 채집 용액 출구가 아래에 있는 방향으로 0 ° 내지 10 ° 경사진 것인,

전기식 공기 중 입자 농축기.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 채집 용액은, 인산 완충 식염수(Phosphate Buffered Saline; PBS), 아스코르브산(Ascorbic acid; AA), 비타민 E 유사체 및 칼슘 클로라이드로 이루어진 식염수 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것인,

전기식 공기 중 입자 농축기.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 전기식 공기 중 입자 농축기는,

상기 채집 공기의 유량 20 L/min 내지 500 L/min에서, 상기 공기 중 입자를 10^4 이상의 농축비율로 포집 및 농축하는 것인,

전기식 공기 중 입자 농축기.

청구항 14

제1항에 있어서,

적어도 하나의 유동 출구;

를 더 포함하고,

상기 유동 출구는 상기 본체 하부, 상부 또는 둘 모두에 설치되는 것인,

전기식 공기 중 입자 농축기.

청구항 15

제1항 내지 제14항 중 어느 한 항의 전기식 공기 중 입자 농축기를 이용하고,

상기 채집 용액을 상기 채집 용액 입구로 주입하는 단계;

단극 하전기(unipolar charger)를 이용하여 전도사 전극 및 채집 전극 사이의 전기장에 의해 상기 공기 중 입자를 포집 및 농축하는 단계;

를 포함하는,

공기 중 입자의 농축 및 검출 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 채집 용액을 상기 채집 용액 입구로 주입하는 단계는,

상기 채집 용액을 10 μl/min 내지 1 L/min의 유량으로 주입하는 것인,

공기 중 입자의 농축 및 검출 방법.

청구항 17

제15항에 있어서,

상기 공기 중 입자를 포집 및 농축하는 단계 이후에,

종이-기반 센서를 통해 상기 포집 및 농축된 입자가 포함된 채집 용액으로부터 상기 포집 및 농축된 입자를 검출하는 단계;

를 더 포함하는,

공기 중 입자의 농축 및 검출 방법.

청구항 18

제15항에 있어서,

상기 공기 중 입자를 포집 및 농축하는 단계 이후에,

상기 포집 및 농축된 입자가 포함된 채집 용액을 채집병으로 수집하는 단계;

를 더 포함하는,

공기 중 입자의 농축 및 검출 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 전기식 공기 중 입자 농축기 및 공기 중 입자의 농축 및 검출 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 바이오-에어로졸 (공기 중의 바이러스 또는 박테리아)은 인간 또는 가축의 다양한 노출 경로를 통해 감염성을 유발하거나 축산 운영에 경제적 손실을 초래할 수 있다.

[0004] 특히, 인플루엔자 바이러스 및 코로나바이러스와 같은 공기 중 병원성 바이러스는 오랫동안 인간에게 심각한 건강 위협이었으며, COVID-19 대유행의 발생은 이러한 바이러스에 의해 세계적인 건강 위기가 발생할 수 있음을 보여주었다. 공기 중 바이러스 농도는 보통 매우 적지만, 이러한 바이러스에 직접 노출 및 흡입될 경우 소량으로도 심각한 호흡기 질환을 유발할 수 있으므로 공기 중 바이러스에 대한 신속한 현장 측정 시스템의 중요성을 알 수 있다. 공기 중 바이러스를 정량화하기 위해서는 일반적으로 바이러스 에어로졸 입자를 액체 매질에 포집하거나 또는 고체 표면에 포집한 후 액체에 넣어, 중합효소 연쇄 반응(polymerase chain reaction; PCR) 및 배양 기반 분석을 거친다.

[0005] 바이오-에어로졸은 일반적으로 낮은 농도로 분포하여, 빠른 채집 및 감지를 위해서 채집 장치는 채집효율,

유량, 그리고 농축비가 높은 것과 입자의 손상이 적은 것이 중요하다.

[0006] 종래의 채집기로는 입자의 관성을 이용한 채집 장치, 필터 기반 채집기, 그리고 전기식 채집 장치들이 있다.

[0007] 관성 기반 채집 장치는 높은 유량을 이용한 채집이 가능하지만, 채집 시 입자에 가해지는 충격 때문에 입자들에 손상을 준다. 또한, 필터를 이용한 채집은 채집된 입자들의 건조화 과정과 추출과정 때문에 오랜 시간 채집이 어렵다. 그리고, 전기식 채집기는 높은 채집효율 및 낮은 입자 손상이 장점이나 사용 유량이 작은 단점과 함께 채집 면적이 좁을 경우 채집효율이 떨어지는 단점이 있다.

[0008] 이에, 높은 유량 및 좁은 채집 면적에서 높은 채집 효율로 공기 중 입자를 빠르게 농축시킬 수 있는 전기식 공기 중 입자 농축기의 개발이 절실히 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 목적은, 높은 유량 및 좁은 채집 면적에서 높은 채집 효율로 공기 중 입자를 빠르게 농축시킬 수 있고, 채집 용액이 채집 전극 위에서 잘 흐를 수 있는 전기식 공기 중 입자 농축기 및 공기 중 입자의 농축 및 검출 방법을 제공하는 것이다.

[0011] 그러나, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 것들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 해당 분야 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명의 일 실시예에 따른 전기식 공기 중 입자 농축기는, 내부 공간을 형성하는 본체; 상기 본체 상부에 설치되어 공기 중 입자들이 상기 본체 내로 유입되는 유동 입구; 상기 본체 내 하부에 설치된 채집 전극; 상기 본체 내에서 상기 채집 전극 상부에 설치된 적어도 하나의 전도사 전극; 상기 본체 하부에 설치되어 채집 용액이 상기 본체 내로 유입되는 채집 용액 입구; 및 상기 채집 용액 입구 반대편에 설치되어 상기 본체 내를 흐른 후 배출되는 채집 용액 출구;를 포함하고, 상기 채집 전극의 표면은 소수성 물질을 포함하는 것이다.

[0014] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 전극은, 금속 또는 소수성 물질로 구성된 것이거나, 금속 또는 소수성 물질이 코팅된 재료를 포함하는 것일 수 있다.

[0015] 일 실시형태에 있어서, 상기 소수성 물질은, 파릴렌(parylene), 폴리카프로락톤(PCL), 폴리락트산(PLA) 및 폴리락트산-co-글리코릭산 공중합체(PLGA), 폴리디메틸실록산(PDMS), 폴리테트라플루오르에틸렌(PTFE), 불화 에틸렌 프로필 코폴리머(FEP), 퍼플루오르알콕시(PFA), 퍼플루오르술폰산(PFSA) 및 헵타데카플루오로-1,1,2,2-테트라하이드로데실)-트리클로로실린(HDFS)으로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0016] 일 실시형태에 있어서, 상기 금속은, 구리(Cu), 아연(Zn), 니켈(Ni), 티타늄(Ti), 마그네슘(Mg), 알루미늄(Al), 철(Fe) 및 코발트(Co)로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0017] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 전극은, 고리 형태이고, 상기 고리 형태는 직사각형, 정사각형, 원형 및 타원형으로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0018] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 전극의 단면은 상기 본체 바닥면 기준 수평인 것일 수 있다.

[0019] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 전극의 단면은 단차있게 형성된 계단식 구조를 포함하고, 상기 계단식 구조는 수평면 기준 0 ° 초과 30 ° 이하의 각도로 이루어진 것일 수 있다.

[0020] 일 실시형태에 있어서, 상기 계단식 구조는, 상기 채집 용액 입구 및 상기 채집 용액 출구 각각을 중심으로 대칭으로 이루어진 것일 수 있다.

[0021] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 전극은, 상기 유동 입구로부터 5 ㎜ 내지 100 ㎜ 이격되어 설치된 것일 수 있다.

[0022] 일 실시형태에 있어서, 상기 유동 입구의 단면은 가로가 120 ㎜ 내지 170 ㎜이고, 세로가 2 ㎜ 내지 10 ㎜ 인 것일 수 있다.

[0023] 일 실시형태에 있어서, 상기 전도사 전극은, 관형의 긴 전극으로, 상기 본체를 가로질러 상기 유동 입구와 평행하게 설치되는 것일 수 있다.

[0024] 일 실시형태에 있어서, 상기 전도사 전극은, 철사, 스테인레스스틸사, 은사, 구리사, 니켈사, 티타늄사, 아연사 및 탄소섬유사 및 금속성 물질이 코팅된 전극으로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0025] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 전극 및 상기 전도사 전극의 거리는 2 ㎜ 내지 6 ㎜ 이격되어 설치된 것일 수 있다.

[0026] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 전극 및 상기 전도사 전극은 병렬로 연결된 것일 수 있다.

[0027] 일 실시형태에 있어서, 상기 본체는 상기 채집 용액 입구가 상기 채집 용액 출구보다 위에 있고 상기 채집 용액 출구가 아래에 있는 방향으로 0 ° 내지 10 ° 경사진 것일 수 있다.

[0028] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 용액은, 인산 완충 식염수(Phosphate Buffered Saline; PBS), 아스코르브산(Ascorbic acid; AA), 비타민 E 유사체 및 칼슘 클로라이드로 이루어진 식염수 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0029] 일 실시형태에 있어서, 상기 입자는, 바이러스, 박테리아, 진균 또는 기타 유래의 병원균으로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0030] 일 실시형태에 있어서, 상기 바이러스는, 아데노 바이러스(adenovirus), 레비바이러스 엔테로박테리아 페이즈 MS2(levivirus, enterobacteria phase), 백시니아 바이러스(vaccinia virus), 헤르페스 단순 바이러스(herpes simplex virus), 파라인플루엔자 바이러스(parainfluenza virus), 라이노 바이러스(rhinovirus), 수두 바이러스(varicella Zoster Virus), 홍역 바이러스(measle virus), 호흡기 세포융합 바이러스(respiratory syncytial virus), 뎅기바이러스(Dengue virus), HIV(human immunodeficiency virus), 인플루엔자 바이러스, 코로나 바이러스(Covid-19 virus; SARS-CoV-2), 일반적인 감기 코로나 바이러스(HKU1, OC43, NL63, 229E), 중증급성 호흡기 증후군 코로나 바이러스(severe acute respiratory syndrome-related coronavirus; SARS-CoV), 중동 호흡기 증후군 코로나바이러스(middle east respiratory syndrome coronavirus; MERS-CoV) 및 이들 바이러스의 변종 바이러스로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0031] 일 실시형태에 있어서, 상기 전기식 공기 중 입자 농축기는, 상기 채집 공기의 유량 20 L/min 내지 500 L/min에서, 상기 공기 중 입자를 10^4 이상의 농축비율로 포집 및 농축하는 것일 수 있다.

[0032] 일 실시형태에 있어서, 적어도 하나의 유동 출구;를 더 포함하고, 상기 유동 출구는 상기 본체 하부, 상부 또는 둘 모두에 설치되는 것일 수 있다.

[0033] 본 발명의 다른 실시예에 따른 공기 중 입자의 농축 및 검출 방법은, 본 발명의 일 실시예에 따른 전기식 공기 중 입자 농축기를 이용하고, 상기 채집 용액을 상기 채집 용액 입구로 주입하는 단계; 및 단극 하전기(unipolar charger)를 이용하여 전도사 전극 및 채집 전극 사이의 전기장에 의해 상기 공기 중 입자를 포집 및 농축하는 단계; 를 포함한다.

[0034] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 용액을 상기 채집 용액 입구로 주입하는 단계는, 상기 채집 용액을 10 μl/min 내지 1 L/min의 유량으로 주입하는 것일 수 있다.

[0035] 일 실시형태에 있어서, 상기 공기 중 입자를 포집 및 농축하는 단계 이후에, 종이-기반 센서를 통해 상기 포집 및 농축된 입자가 포함된 채집 용액으로부터 상기 포집 및 농축된 입자를 검출하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0036] 일 실시형태에 있어서, 상기 공기 중 입자를 포집 및 농축하는 단계 이후에, 상기 포집 및 농축된 입자가 포함된 채집 용액을 채집병으로 수집하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0038] 본 발명의 일 실시예에 따른 전기식 공기 중 입자 농축기는 좁은 면적의 채집 전극과 높은 유량에서의 채집효율

을 높이기 위해 채집 전극 상단에 전도사 전극을 설치하여, 이를 통해 채집 전극과 상기 전도사 전극 사이 상대적으로 강화된 전기장이 발생하며, 이를 이용하여 종래의 전기식 채집 장치보다 높은 유량, 높은 농축비 그리고 높은 채집효율을 전산 모사를 통해 확인할 수 있다. 또한, 채집 전극이 소수성 표면을 가져 채집 용액이 채집 전극 위에서 잘 흐를 수 있다.

[0039] 본 발명의 일 실시예에 따른 공기 중 입자의 농축 및 검출 방법은, 채집 전극 상단에 철사 전극을 설치한 전기식 공기 중 입자 농축기를 이용함으로써, 높은 유량 및 좁은 채집 면적에서의 높은 채집효율로 공기 중 입자를 빠르게 농축시킬 수 있다. 이를 통해 공기 중 바이러스, 박테리아, 포자 등을 신속히 측정 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0041] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전기식 공기 중 입자 농축기의 단면도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전기식 공기 중 입자 농축기의 상면도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 전기식 공기 중 입자 농축기의 측면도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 전기식 공기 중 입자 농축기의 정면도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 전기식 공기 중 입자 농축기의 내부를 나타낸 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 상이한 채집 전극을 단면 구조를 확대한 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 채집 전극의 상이한 단면 구조에 따른 작동 시 입자의 유입 및 배출을 나타내는 도면이다.

도 8은 본 발명의 실시예에 따른 고 유량의 전기식 공기 중 입자 농축기(HEPC)의 철사 전극에 따른 전기장 강도를 체크하기 위한 선을 나타낸 도면이다.

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 고 유량의 전기식 공기 중 입자 농축기(HEPC)의 전산모사를 통한 채집 전극(각도가 수평면 기준 15° 인 경우) 상단에서의 철사 전극 유무 및 전극 중심에서의 거리에 따른 전기장 세기 비교 결과 그래프이다.

도 10은 본 발명의 실시예에 따른 고 유량의 전기식 공기 중 입자 농축기(HEPC)의 철사 전극 유무에 따른 전기장 세기 변화 결과를 나타낸 도면이다.

도 11은 본 발명의 실시예에 따른 고 유량의 전기식 공기 중 입자 농축기(HEPC)의 철사 전극 유무 및 채집 전극 형상에 따른 0.3 μm 입자의 움직임 변화를 나타낸 도면이다.

도 12는 본 발명의 실시예에 따른 고 유량의 전기식 공기 중 입자 농축기(HEPC)의 철사 전극 유무 및 채집 전극 형상에 따른 0.3 μm 입자의 채집효율 결과 그래프이다.

도 13은 본 발명의 실시예에 따른 고 유량의 전기식 공기 중 입자 농축기(HEPC)의 입구와 채집 전극 사이 거리에 따른 유동장 변화 결과를 나타낸 도면이다.

도 14는 본 발명의 실시예에 따른 고 유량의 전기식 공기 중 입자 농축기(HEPC)의 입구와 채집 전극 사이 거리에 따른 0.3 μm 입자의 움직임 변화를 나타낸 도면이다.

도 15는 본 발명의 실시예에 따른 고 유량의 전기식 공기 중 입자 농축기(HEPC)의 입구와 채집 전극 사이 거리에 따른 입자 채집효율 결과를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0042] 이하에서, 첨부된 도면을 참조하여 실시예들을 상세하게 설명한다. 그러나, 실시예들에는 다양한 변경이 가해질 수 있어서 특허출원의 권리 범위가 이러한 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 실시예들에 대한 모든 변경, 균등물 내지 대체물이 권리 범위에 포함되는 것으로 이해되어야 한다.

[0043] 실시예에서 사용한 용어는 단지 설명을 목적으로 사용된 것으로, 한정하려는 의도로 해석되어서는 안된다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것

이 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 이해되어야 한다.

[0044] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 실시예가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0046] 또한, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일한 참조부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 실시예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 실시예의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[0047] 또한, 실시 예의 구성 요소를 설명하는 데 있어서, 제 1, 제 2, A, B, (a), (b) 등의 용어를 사용할 수 있다. 이러한 용어는 그 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하기 위한 것일 뿐, 그 용어에 의해 해당 구성 요소의 본질이나 차례 또는 순서 등이 한정되지 않는다.

[0048] 어느 하나의 실시 예에 포함된 구성요소와, 공통적인 기능을 포함하는 구성요소는, 다른 실시 예에서 동일한 명칭을 사용하여 설명하기로 한다. 반대되는 기재가 없는 이상, 어느 하나의 실시 예에 기재한 설명은 다른 실시 예에도 적용될 수 있으며, 중복되는 범위에서 구체적인 설명은 생략하기로 한다.

[0050] 이하, 본 발명의 전기식 공기 중 입자 농축기 및 공기 중 입자의 농축 및 검출 방법에 대하여 실시예 및 도면을 참조하여 구체적으로 설명하도록 한다. 그러나, 본 발명이 이러한 실시예 및 도면에 제한되는 것은 아니다.

[0052] 본 발명의 일 실시예에 따른 전기식 공기 중 입자 농축기는, 내부 공간을 형성하는 본체; 상기 본체 상부에 설치되어 공기 중 입자들이 상기 본체 내로 유입되는 유동 입구; 상기 본체 내 하부에 설치된 채집 전극; 상기 본체 내에서 상기 채집 전극 상부에 설치된 적어도 하나의 전도사 전극; 상기 본체 하부에 설치되어 채집 용액이 상기 본체 내로 유입되는 채집 용액 입구; 및 상기 채집 용액 입구 반대편에 설치되어 상기 본체 내를 흐른 후 배출되는 채집 용액 출구;를 포함하고, 상기 채집 전극의 표면은 소수성 물질을 포함하는 것이다.

[0053] 본 발명의 일 실시예에 따른 공기 중 입자 농축기는, 단극 하전기(unipolar charger)를 이용하여 공기 중 입자들이 농축기 안으로 들어올 때, 높은 전하량을 가질 수 있게 하여, 좁은 면적의 채집 전극에, 채집 전극 위 철사 전극과 유동 입구와 채집 전극 간 거리를 짧게 만들어, 결과적으로 고 전기장과 좁은 유동을 각각 형성해서 높은 유량에서도 공기 중의 입자들을 농축시킬 수 있다. 단극 하전기는 공기 중의 입자에 전하를 입히는 장치이다.

[0054] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전기식 공기 중 입자 농축기의 단면도이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전기식 공기 중 입자 농축기의 상면도이고, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 전기식 공기 중 입자 농축기의 측면도이고, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 전기식 공기 중 입자 농축기의 정면도이고, 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 전기식 공기 중 입자 농축기의 내부를 나타낸 도면이다.

[0055] 도 1 내지 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 전기식 공기 중 입자 농축기(100)는, 본체(110), 유동 입구(120), 채집 전극(130), 전도사 전극(140), 채집 용액 입구(150), 채집 용액 출구(160) 및 유동 출구(170, 180)를 포함한다.

[0056] 일 실시형태에 있어서, 상기 본체(110)는, 내부 공간을 형성하고, 사면체 형상으로 이루어져 있다. 도면에는 상기 본체(110)가 직육면체 형상으로 이루어진 것으로 도시되어 있으나, 상면, 하면 및 측면으로 구성된 원통형일 수도 있다.

[0057] 일 실시형태에 있어서, 상기 본체(110)는, 가로가 긴 사면체 형상인 것일 수 있다. 예를 들어, 상기 본체(110)는 가로가 150 ㎜ 내지 200 ㎜; 150 ㎜ 내지 180 ㎜; 150 ㎜ 내지 160 ㎜; 170 ㎜ 내지 200 ㎜; 또는 170 ㎜ 내지 180 ㎜;이고, 세로가 30 ㎜ 내지 100 ㎜; 30 ㎜ 내지 80 ㎜; 30 ㎜ 내지 60 ㎜; 30 ㎜ 내지 40 ㎜; 50 ㎜ 내지 100 ㎜; 50 ㎜ 내지 80 ㎜; 50 ㎜ 내지 60 ㎜; 70 ㎜ 내지 100 ㎜; 70 ㎜ 내지 80 ㎜; 또는 80 ㎜ 내지

100 ㎜;인 것일 수 있다. 바람직하게는, 상기 본체(110)는 가로가 170 ㎜이고, 세로가 50 ㎜인 것일 수 있다.

[0058] 일 실시형태에 있어서, 상기 유동 입구(120)는 상기 본체(110) 상부에 설치되어 공기 중 입자들이 상기 본체(110) 내로 유입되는 것일 수 있다.

[0059] 일 실시형태에 있어서, 상기 유동 입구(120)는 상기 본체(110)의 상부가 상기 본체(110)의 형상대로 가로가 긴 직사각형으로 개방되어 있고, 상기 직사각형 입구로부터 상기 본체 외부까지 상면 및 하면이 개방된 사면체 형상으로 연장되어 있다.

[0060] 일 실시형태에 있어서, 상기 유동 입구(120)의 단면은 가로가 120 ㎜ 내지 170 ㎜; 120 ㎜ 내지 150 ㎜; 120 ㎜ 내지 130 ㎜; 140 ㎜ 내지 170 ㎜; 140 ㎜ 내지 150 ㎜; 또는 150 ㎜ 내지 170 ㎜;이고, 세로가 2 ㎜ 내지 10 ㎜; 2 ㎜ 내지 8 ㎜; 2 ㎜ 내지 6 ㎜; 2 ㎜ 내지 4 ㎜; 4 ㎜ 내지 10 ㎜; 4 ㎜ 내지 8 ㎜; 4 ㎜ 내지 6 ㎜; 6 ㎜ 내지 10 ㎜; 6 ㎜ 내지 8 ㎜; 또는 8 ㎜ 내지 10 ㎜;인 것일 수 있다.

[0061] 본 발명의 일 실시예에 따른 공기 중 입자 농축기는, 높은 유량 및 좁은 채집 면적에서의 높은 채집효율로 공기 중 입자를 빠르게 농축시킬 수 있다.

[0062] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 전극(130)은, 상기 본체(110) 내 하부에 설치된다.

[0063] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 전극(130)의 표면은 소수성 물질(미도시)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 채집 전극(130)은 금속 또는 소수성 물질로 구성될 수 있고, 금속 또는 소수성 물질이 코팅된 재료인 것일 수 있다.

[0064] 바람직하게는, 금속인 것일 수 있다.

[0065] 상기 금속 또는 소수성 물질이 코팅된 재료는 플라스틱을 포함하는 것일 수 있다. 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 전극(130)의 표면이 소수성을 나타내게 되면, 채집 용액이 채집 전극(130) 위에서 잘 흐를 수 있다.

[0066] 일 실시형태에 있어서, 상기 금속은, 구리(Cu), 아연(Zn), 니켈(Ni), 티타늄(Ti), 마그네슘(Mg), 알루미늄(Al), 철(Fe) 및 코발트(Co)로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0067] 상기 금속은, 기재된 물질들 이외에도 다양한 금속이 사용될 수 있다.

[0068] 일 실시형태에 있어서, 상기 소수성 물질은, 파릴렌(parylene), 폴리카프로락톤(PCL), 폴리락트산(PLA) 및 폴리락트산-co-글리코릭산 공중합체(PLGA), 폴리디메틸실록산(PDMS), 폴리테트라플루오르에틸렌(PTFE), 불화 에틸렌 프로필 코폴리머(FEP), 퍼플루오르알콕시(PFA), 퍼플루오르술폰산(PFSA) 및 헵타데카플루오로-1,1,2,2-테트라하이드로데실)-트리클로로실린(HDFS)으로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0069] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 전극(130)은, 고리 형태인 것일 수 있다.

[0070] 일 실시형태에 있어서, 상기 고리 형태는 직사각형, 정사각형, 원형 및 타원형으로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다. 바람직하게는, 본체가 직육면체 형태이므로, 상기 채집 전극(130)은 직사각형 형태인 것일 수 있다. 예를 들어, 직사각형의 채집 전극의 경우 긴 변의 길이가 120 ㎜ 내지 170 ㎜, 너비가 5 ㎜ 내지 20 ㎜인 것일 수 있다.

[0071] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 전극(130)은 상기 본체(110) 내 하부에서 고리 형태로 설치되어 있어 중간 부분은 비어 있는 상태이다. 상기 채집 용액 입구(150)로부터 공기가 유입된 후 포집 및 농축된 입자가 포함된 채집 용액이 흘러 채집 용액 출구(160)로 배출되는 것일 수 있다.

[0072] 상기 채집 전극(130)이 고리 형태여도 출구와 입구가 정해지면 채집 용액이 흐를 수 있다.

[0073] 상기 채집 전극(130)은 탈착 가능한 것일 수 있다.

[0074] 상기 채집 전극(130)이 소수성 전극이 아니면 채집액 측정을 위해 이동하기가 쉽지 않다.

[0076] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 전극(130)의 단면은 상기 본체 바닥면 기준 수평인 것일 수 있다.

[0077] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 전극(130)의 단면은 상기 본체 바닥면 기준 수평인 것일 수 있다.

[0078] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 상이한 채집 전극을 단면 구조를 확대한 도면이다.

[0079] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 전극의 단면(130)은 단차있게 형성된 계단식 구조를 포함하는 것일 수 있다.

[0080] 일 실시형태에 있어서, 상기 계단식 구조는 상기 본체 바닥면 기준 0 ° 초과 30 ° 이하; 0 ° 초과 25 ° 이하; 0 ° 초과 20 ° 이하; 0 ° 초과 15 ° 이하; 0 ° 초과 10 ° 이하; 0 ° 초과 5 ° 이하; 5 ° 내지 30 ° ; 5 ° 내지 25 ° ; 5 ° 내지 20 ° ; 5 ° 내지 15 ° ; 5 ° 내지 10 ° ; 10 ° 내지 30 ° ; 10 ° 내지 25 ° ; 10 ° 내지 20 ° ; 10 ° 내지 15 ° ; 15 ° 내지 30 ° ; 15 ° 내지 25 ° ; 15 ° 내지 20 ° ; 20 ° 내지 30 ° ; 또는 20 ° 내지 25 ° ;의 각도로 이루어진 것일 수 있다.

[0081] 도 6의 (a)에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 채집 전극은 상기 계단식 구조는 본체 바닥면 기준 30 ° 의 각도로 이루어진 것일 수 있다.

[0082] 도 6의 (b)에 도시된 바와 같이, 본 발명의 다른 실시예에 따른 채집 전극 구조는 수평으로 이루어진 것일 수 있다.

[0084] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 채집 전극의 상이한 단면 구조에 따른 작동 시 입자의 유입 및 배출을 나타내는 도면이다.

[0085] 도 7의 (a)를 참조하면, 채집 전극의 계단식 구조 각도가 30 ° 인 경우 단극 하전기(unipolar charger)에 의해 하전된 공기 중의 입자들이 입구를 통과하여 채집 전극(130)과 전도사 전극(140) 사이의 강한 전기장에 의해 채집되는 것을 알 수 있다.

[0086] 도 7의 (b)를 참조하면, 채집 전극이 수평인 경우 역시 채집 전극(130)과 전도사 전극(140) 사이의 강한 전기장에 의해 채집되는 것을 알 수 있다.

[0087] 예를 들어, 채집 전극(130)은, 가운데가 올라와 있는 구조와 평평한 구조 두 개이다.

[0088] 일 실시형태에 있어서, 상기 계단식 구조는, 상기 채집 용액 입구 및 상기 채집 용액 출구 각각을 중심으로 대칭으로 이루어진 것일 수 있다.

[0089] 도 6에 도시된 바와 같이, 상기 채집 전극(130)의 계단식 구조는 상기 채집 용액 입구를 중심으로 하여 대칭으로 같은 모양으로 이루어진 것일 수 있다.

[0090] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 전극(130)은, 상기 유동 입구로부터 5 mm 내지 100 mm; 5 mm 내지 80 mm; 5 mm 내지 60 mm; 5 mm 내지 40 mm; 5 mm 내지 20 mm; 5 mm 내지 10 mm; 20 mm 내지 100 mm; 20 mm 내지 80 mm; 20 mm 내지 60 mm; 20 mm 내지 40 mm; 40 mm 내지 100 mm; 40 mm 내지 80 mm; 40 mm 내지 60 mm; 60 mm 내지 100 mm; 60 mm 내지 80 mm; 또는 80 mm 내지 100 mm; 이격되어 설치된 것일 수 있다.

[0091] 일 실시형태에 있어서, 상기 유동 입구의 단면은 가로가 120 mm 내지 170 mm; 130 mm 내지 170 mm; 140 mm 내지 170 mm; 150 mm 내지 170 mm; 160 mm 내지 170 mm; 120 mm 내지 160 mm; 130 mm 내지 160 mm; 140 mm 내지 160 mm; 150 mm 내지 160 mm; 120 mm 내지 150 mm; 130 mm 내지 150 mm; 140 mm 내지 150 mm; 120 mm 내지 140 mm; 130 mm 내지 140 mm; 또는 150 mm 내지 160 mm;이고, 세로가 2 mm 내지 10 mm; 4 mm 내지 10 mm; 6 mm 내지 10 mm; 8 mm 내지 10 mm; 2 mm 내지 8 mm; 4 mm 내지 8 mm; 6 mm 내지 8 mm; 2 mm 내지 6 mm; 4 mm 내지 6 mm; 또는 2 mm 내지 4 mm;인 것일 수 있다.

[0093] 일 실시형태에 있어서, 상기 전도사 전극(140)은, 상기 본체(110) 내에서 상기 채집 전극(130) 상부에 설치된 적어도 하나를 포함한다. 도 1, 도 4 및 도 5에 도시된 바와 같이, 상기 전도사 전극(140)은 상기 본체(110) 내를 관통하여 형성된 것일 수 있다.

[0094] 일 실시형태에 있어서, 상기 전도사 전극(140)은, 관형의 긴 전극으로, 상기 본체(110)를 가로질러 상기 유동 입구(120)와 평행하게 설치되는 것일 수 있다.

[0095] 일 실시형태에 있어서, 상기 전도사 전극(140)은, 2 개 내지 10 개; 2 개 내지 8 개; 2 개 내지 6 개; 2 개 내지 4 개; 4 개 내지 10 개; 4 개 내지 8 개; 4 개 내지 6 개; 6 개 내지 10 개; 6 개 내지 8 개; 또는 8 개 내지 10 개를 포함하는 것일 수 있다.

[0096] 바람직하게는, 상기 전도사 전극(140)은 4 개를 포함하는 것일 수 있다.

[0097] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 용액 입구(150)는, 상기 본체(110) 하부에 설치되어 채집 용액이 상기 본체 내로 유입된다.

[0098] 본 발명에서 사용하는 용어 '전도사'는 전도성이 있는 가늘고 길게 만든 금속의 줄의 의미인 것일 수 있다.

[0099] 일 실시형태에 있어서, 상기 전도사 전극(140)은, 철사, 스테인레스스틸사, 은사, 구리사, 니켈사, 티타늄사, 아연사 및 탄소섬유사 및 금속성 물질이 코팅된 전극으로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0100] 바람직하게는, 상기 전도사 전극(140)은 철사인 것일 수 있다.

[0101] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 전극 및 상기 전도사 전극의 거리는 2 ㎜ 내지 6 ㎜; 2 ㎜ 내지 5 ㎜; 2 ㎜ 내지 4 ㎜; 또는 2 ㎜ 내지 3 ㎜; 이격되어 설치된 것일 수 있다. 상기 채집 전극(130) 과 상기 전도사 전극(140)의 거리가 2 ㎜ 미만인 경우 입자가 채집전극에 다가오기 전에 퍼져서 채집 효율이 떨어지고, 철사에서의 전기장 세기가 너무 높아지면서 절연 파괴(dielectric breakdown)가 쉽게 발생할 수 있고, 6 ㎜ 초과인 경우 전기장의 세기가 약해져서 채집효율이 떨어지는 문제가 발생할 수 있다.

[0103] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 전극(130) 및 상기 전도사 전극(140)은 병렬로 연결된 것일 수 있다.

[0104] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 전극(130) 및 상기 전도사 전극(140)은 여러 개가 나란히 배치되고, 서로 연결된 것일 수 있다. 즉 채집 용액이 나란히 배치된 채집 전극 전체를 다 흘러가면서 채집된 공기 중 입자들을 모두 수거할 수 있게 흐르도록 연결될 것일 수 있다. 단극 하전기에 의해 하전된 공기 중의 입자들이 입구를 통과하여 채집 전극(130)과 전도사 전극(140) 사이의 강한 전기장에 의해 채집될 수 있다. 채집 전극과 전도사 전극(140) 사이의 거리 및 채집 전극의 너비의 최적화를 전산모사를 이용해서 확인할 수도 있다. 이를 병렬로 만들어 공기 유량을 100 L/min로 확대 가능하다. 예를 들어, 상기 전도사 전극(140)이 5 개인 경우, 총 100 L/min이다.

[0105] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 용액 출구(160)는 상기 채집 용액 입구(150) 반대편에 설치되어, 공기 중 입자를 채집하는 도중에, 채집용액이 상기 입구에서 나와 상기 채집 전극(130) 내를 흐른 후 상기 출구로 채집된 입자를 포함하며 배출된다.

[0106] 또는, 상기 채집 용액 입구(150) 에서 채집 용액이 나와, 상기 채집 전극 위 에 머문 후, 채집이 다 끝난 뒤 상기 채집 용액 출구로 채집된 입자를 포함하며 배출될 수도 있다.

[0107] 일 실시형태에 있어서, 상기 본체(110)는 상기 채집 용액 입구가 상기 채집 용액 출구보다 위에 있고 상기 채집 용액 출구가 아래에 있는 방향으로 0 ° 내지 10 ° ; 3 ° 내지 10 ° ; 5 ° 내지 10 ° ; 8 ° 내지 10 ° ; 0 ° 내지 8 ° ; 3 ° 내지 8 ° ; 5 ° 내지 8 ° ; 0 ° 내지 5 ° ;또는 3 ° 내지 5 ° ; 경사진 것일 수 있다.

[0108] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 용액은, 인산 완충 식염수(Phosphate Buffered Saline; PBS), 아스코르브산(Ascorbic acid; AA), 비타민 E 유사체 및 칼슘 클로라이드로 이루어진 식염수 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0109] 바람직하게는, 상기 채집 용액은, 인산 완충 식염수(PBS)인 것일 수 있다.

[0110] 일 실시형태에 있어서, 상기 입자는, 바이러스, 박테리아, 진균 또는 기타 유래의 병원균으로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0111] 일 실시형태에 있어서, 상기 바이러스는, 아데노 바이러스(adenovirus), 레비바이러스 엔테로박테리아 페이즈 MS2(levivirus, enterobacteria phase), 백시니아 바이러스(vaccinia virus), 헤르페스 단순 바이러스(herpes simplex virus), 파라인플루엔자 바이러스(parainfluenza virus), 라이노 바이러스(rhinovirus), 수두 바이러스(varicella Zoster Virus), 홍역 바이러스(measle virus), 호흡기 세포융합 바이러스(respiratory syncytial virus), 뎅기바이러스(Dengue virus), HIV(human immunodeficiency virus), 인플루엔자 바이러스, 코로나 바이러스(Covid-19 virus; SARS-CoV-2), 일반적인 감기 코로나 바이러스(HKU1, OC43, NL63, 229E), 중증급성 호흡기 증후군 코로나 바이러스(severe acute respiratory syndrome-related coronavirus; SARS-CoV), 중동 호흡기 증후군 코로나바이러스(middle east respiratory syndrome coronavirus; MERS-CoV) 및 이들 바이러스의 변종 바이러스로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0112] 일 실시형태에 있어서, 상기 입자의 직경은 0.02 ㎛ 내지 10 ㎛; 0.02 ㎛ 내지 8 ㎛; 0.02 ㎛ 내지 5 ㎛; 0.02 ㎛ 내지 3 ㎛; 0.02 ㎛ 내지 1 ㎛; 0.02 ㎛ 내지 0.05 ㎛; 0.1 ㎛ 내지 10 ㎛; 0.1 ㎛ 내지 8 ㎛; 0.1 ㎛ 내지 5 ㎛; 0.1 ㎛ 내지 3 ㎛; 0.1 ㎛ 내지 1 ㎛; 0.1 ㎛ 내지 0.05 ㎛; 1 ㎛ 내지 10 ㎛; 1 ㎛ 내지 8 ㎛; 1 ㎛ 내지 5 ㎛; 1 ㎛ 내지 3 ㎛; 3 ㎛ 내지 10 ㎛; 3 ㎛ 내지 8 ㎛; 3 ㎛ 내지 5 ㎛; 5 ㎛ 내지 10 ㎛; 5 ㎛ 내지 8 ㎛; 또는 8 ㎛ 내지 10 ㎛;인 것일 수 있다.

[0113] 본 발명의 일 실시예에 따른 전기식 공기 중 입자 농축기(100)는, 적어도 하나의 유동 출구(170, 180);를 더 포함하고, 상기 유동 출구(170, 180)는 상기 본체(110) 하부, 상부 또는 둘 모두에 설치되는 것일 수 있다. 도면에는 본체(110)의 하부에 총 4 개의 유동 출구(170, 180)가 도시되어 있으나, 상부 및 측면에 형성될 수도 있고, 상부 및 하부 모두에 2개 이상의 유동 출구가 설치될 수도 있다.

[0114] 일 실시형태에 있어서, 상기 전기식 공기 중 입자 농축기는, 상기 채집할 공기의 유량이 20 L/min 내지 500 L/min에서, 상기 공기 중 입자를 10^4 이상의 농축비율로 포집 및 농축하는 것일 수 있다.

[0115] 본 발명의 일 실시예에 따른 전기식 공기 중 입자 농축기(100)는 전기화학적 신호를 검출하기 위한 본 발명의 기술분야에서 적용되는 다양한 장치, 예를 들어, 전기화학적 분석기가 결합 또는 연결될 수 있고, 이외에도 열적, 광학적, 전기적, 화학적 또는 물리적 검출신호를 감지 및 분석을 위한 장치 및 전극 등이 더 연결 또는 배치될 수 있으나, 본 명세서는 구체적으로 언급하지 않는다.

[0116] 본 발명의 일 실시예에 따른 전기식 공기 중 입자 농축기는 좁은 면적의 채집 전극과 높은 유량에서의 채집효율을 높이기 채집 전극 상단에 전도사 전극을 설치하여, 이를 통해 채집 전극과 철사 전극 사이 상대적으로 강화된 전기장이 발생하며, 이를 이용하여 종래의 전기식 채집 장치보다 높은 유량, 높은 농축비 그리고 높은 채집 효율을 전산 모사를 통해 확인할 수 있다.

[0118] 본 발명의 다른 실시예에 따른 공기 중 입자의 농축 및 검출 방법은, 본 발명의 일 실시예에 따른 전기식 공기 중 입자 농축기를 이용하고, 상기 채집 용액을 상기 채집 용액 입구로 주입하는 단계; 및 단극 하전기(unipolar charger)를 이용하여 전도사 전극 및 채집 전극 사이의 전기장에 의해 상기 공기 중 입자를 포집 및 농축하는 단계; 를 포함한다.

[0119] 본 발명의 일 실시예에 따른 공기 중 입자의 농축 및 검출 방법은 상기 전기식 공기 중 입자 농축기를 이용하는 것이다.

[0120] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 용액을 상기 채집 용액 입구로 주입하는 단계는, 상기 채집 용액을 10 μl/min 내지 1 L/min; 50 μl/min 내지 1 L/min; 100 μl/min 내지 1 L/min; 300 μl/min 내지 1 L/min; 500 μl/min 내지 1 L/min; 800 μl/min 내지 1 L/min; 10 μl/min 내지 800 μl/min; 50 μl/min 내지 800 μl/min; 100 μl/min 내지 800 μl/min; 300 μl/min 내지 800 μl/min; 500 μl/min 내지 800 μl/min; 10 μl/min 내지 500 μl/min; 50 μl/min 내지 500 μl/min; 100 μl/min 내지 500 μl/min; 300 μl/min 내지 500 μl/min; 10 μl/min 내지 300 μl/min; 50 μl/min 내지 300 μl/min; 100 μl/min 내지 300 μl/min; 10 μl/min 내지 100 μl/min; 50 μl/min 내지 100 μl/min; 또는 80 μl/min 내지 100 μl/min;의 유량으로 주입하는 것일 수 있다. 또는 채집 용액이 흐르는 것이 아닌 채집 전극 위에 정지한 후 채집이 끝난 뒤에 채집 용액 출구로 배출될 수도 있다.

[0121] 본 발명의 일 실시예에 따른 공기 중 입자의 농축 및 검출 방법은, 전기화학 기반의 측정법을 사용하기 때문에 기체상의 입자의 선택적 검출 및 정량적 측정이 가능하다.

[0122] 일 실시형태에 있어서, 채집 공기의 유량 20 L/min 내지 500 L/min; 50 L/min 내지 500 L/min; 100 L/min 내지 500 L/min; 300 L/min 내지 500 L/min; 20 L/min 내지 300 L/min; 50 L/min 내지 300 L/min; 100 L/min 내지 300 L/min; 20 L/min 내지 100 L/min; 또는 50 L/min 내지 100 L/min;에서, 상기 공기 중 입자를 10^4 이상의 농축비율로 포집 및 농축하는 것일 수 있다.

[0124] 일 실시형태에 있어서, 상기 공기 중 입자를 포집 및 농축하는 단계 이후에, 종이-기반 센서를 통해 상기 포집 및 농축된 입자가 포함된 채집 용액으로부터 상기 포집 및 농축된 입자를 검출하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0125] 일 실시형태에 있어서, 상기 종이-기반 센서는, 전기화학 센서로서 일반적으로 사용하는 전기화학적 3전극 시스템 (상대전극, 작업전극, 기준전극)에 종이 기반의 미세유체 채널을 포함하는 것일 수 있다.

[0126] 일 실시형태에 있어서, 상기 포집 및 농축된 입자가 포함된 채집 용액이 직접 종이-기반 센서의 항체, 압타머(aptamer) 또는 펩타이드(petide) 등에 침착해서 포집 및 농축된 입자를 측정하는 것일 수 있다. 더 구체적으로는, 포집 및 농축된 입자가 포함된 채집 용액이 종이-기반 센서에 스며들면서 또는 흐르면서 포집 및 농축된 입자를 측정하는 것일 수 있다.

[0128] 일 실시형태에 있어서, 상기 공기 중 입자를 포집 및 농축하는 단계 이후에, 상기 포집 및 농축된 입자가 포함된 채집 용액을 채집병으로 수집하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0129] 일 실시형태에 있어서, 상기 포집 및 농축된 입자가 포함된 채집 용액을 채집병에 담아서 PCR 또는 다른 측정 방법으로 측정하는 것일 수 있다.

[0130] 본 발명의 일 실시예에 따른 공기 중 입자의 농축 및 검출 방법은, 채집 전극 상단에 철사 전극을 설치한 전기식 공기 중 입자 농축기를 이용함으로써, 높은 유량 및 좁은 채집 면적에서의 높은 채집효율로 공기 중 입자를 빠르게 농축시킬 수 있다. 이를 통해 공기 중 바이러스, 박테리아, 포자 등을 신속하게 측정 가능하다.

[0132] 이하, 실시예 및 비교예에 의하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다.

[0133] 단, 하기 실시예는 본 발명을 예시하기 위한 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[0135] **[실시예]**

[0136] 가로 145 ㎜, 세로 4 ㎜의 유동 입구를 가진 가로 170 ㎜, 세로 50 ㎜, 높이 8 ㎜인 본체, 본체 내에 길이 150 ㎜, 너비 가로로 긴 사각고리 형태의 소수성 물질이 코팅된 채집 전극 및 철사 전극을 가진 고 유량의 전기식 공기 중 입자 농축기(High flow rate electrostatic airborne particle concentrator; HEPC)를 준비하였다.

[0138] 본 발명의 실시예에 따른 고 유량의 전기식 공기 중 입자 농축기를 이용하여 종래의 전기식 채집 장치보다 높은 유량, 높은 농축비 그리고 높은 채집효율을 전산 모사를 통해 확인했다.

[0140] 종래의 전기식 채집 장치는 공기 중 입자를 채집하기 위해 채집 면적을 높이긴 하지만, 채집 후 측정을 하기 위해서는 입자의 농축이 필요하고 이를 위해 채집 전극의 면적이 작아야 하기에, 고 유량에서 높은 채집효율을 가지기는 매우 어렵다. 그렇기에 대부분 유량이 ~ 1 L/min이 넘지 않으며, 입자의 크기가 0.3 ㎛에서의 채집효율이 80 %를 넘지 못한다. 이런 경우, 센서를 이용한 감지에 필요한 농도를 채집하는 시간이 오래 걸린다.

[0142] 본 발명의 실시예에 따른 고 유량의 전기식 공기 중 입자 농축기(HEPC)의 입구로 들어가는 유량은 20 L/min이며, 채집 전극의 전압은 -5.8 kV이었다.

[0143] 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 고 유량의 전기식 공기 중 입자 농축기(HEPC)의 철사 전극에 따른 전기장 강도를 체크하기 위한 선을 나타낸 도면이다.

[0144] 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 고 유량의 전기식 공기 중 입자 농축기(HEPC)의 전산모사를 통한 채집 전극(각도가 수평면 기준 15° 인 경우) 상단에서의 철사 전극 유무 및 전극 중심에서의 거리에 따른 전기장 세기 비교 결과 그래프이다.

[0145] 도 8 및 도 9를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 고 유량의 전기식 공기 중 입자 농축기는 좁은 면적의 채집 전극과 높은 유량에서의 채집효율을 높이기 위해 채집 전극 상단에 철사 전극을 설치함으로써 채집 전극과 철사 전극 사이 상대적으로 강화된 전기장이 발생하는 것을 확인하였다.

[0147] 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 고 유량의 전기식 공기 중 입자 농축기(HEPC)의 철사 전극 유무에 따른 전기장 세기 변화 결과를 나타낸 도면이다.

[0148] 도 10의 (a)는 철사 전극이 있으며 채집 전극의 각도가 15° 인 경우, 도 10의 (b)는 철사 전극이 없으며 채집 전극이 15° 인 경우, 도 10의 (c)는 철사 전극이 있으며 채집 전극이 수평인 경우이고, 도 10의 (d)는 철사가 없으며 채집 전극이 수평인 경우이다. 입구로 들어가는 유량은 20 L/min이며, 채집 전극의 전압은 -5.8 kV이다. 도 10의 (a), (c)와 같이 철사 전극이 있는 경우, 채집 전극과 철사 전극 사이 상대적으로 강화된 전기장이 발생하는 것을 확인할 수 있다.

[0150] 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 고 유량의 전기식 공기 중 입자 농축기(HEPC)의 철사 전극 유무 및 채집 전극 형상에 따른 0.3 μm 입자의 움직임 변화를 나타낸 도면이다.

[0151] 도 11의 (a)는 철사 전극이 있으며 채집 전극의 각도가 15° 인 경우, 도 11의 (b)는 철사 전극이 없으며 채집 전극의 각도가 15° 인 경우, 도 11의 (c)는 철사 전극이 있으며 채집 전극이 수평인 경우이고, 도 11의 (d)는 철사가 없으며 채집 전극이 수평인 경우이다.

[0152] 도 12는 본 발명의 실시예에 따른 고 유량의 전기식 공기 중 입자 농축기(HEPC)의 철사 전극 유무 및 채집 전극 형상에 따른 0.3 μm 입자의 채집효율 결과 그래프이다.

[0153] 전산모사는 일반적으로 전기식 채집 장치와 필터에서 채집효율이 가장 낮은 입자의 크기인 0.3 μm로 하였으며, 채집 결과는 철사 전극이 있을 시 90 %, 없을 시 50 %이다.

[0154] 도 11 및 도 12를 참조하면, 채집 전극의 형상에 변화를 줌으로써, 채집 용액의 양을 더 줄일 수 있으며, 형상의 변화에 따른 채집효율은 최적의 결과에 비해 줄어들지만 80 %가 넘는 것을 확인하였다.

[0156] 도 13은 본 발명의 실시예에 따른 고 유량의 전기식 공기 중 입자 농축기(HEPC)의 입구와 채집 전극 사이 거리에 따른 유동장 변화 결과를 나타낸 도면이다.

[0157] 도 13의 (a)는 높이 8 mm, 도 13의 (b)는 높이 38 mm, 도 13의 (c)는 높이 68 mm이다. 입구로 들어가는 유량은 20 L/min이며, 채집 전극의 전압은 -5.8 kV이다.

[0159] 도 14는 본 발명의 실시예에 따른 고 유량의 전기식 공기 중 입자 농축기(HEPC)의 입구와 채집 전극 사이 거리에 따른 0.3 μm 입자의 움직임 변화를 나타낸 도면이다.

[0160] 도 14의 (a)는 높이 8 mm, 도 14의 (b)는 높이 38 mm, 도 14의 (c)는 높이 68 mm이다. 입구로 들어가는 유량은 20 L/min이며, 채집 전극의 전압은 -5.8 kV이다.

[0162] 도 15는 본 발명의 실시예에 따른 고 유량의 전기식 공기 중 입자 농축기(HEPC)의 입구와 채집 전극 사이 거리에 따른 입자 채집효율 결과를 나타낸 도면이다. 입구로 들어가는 유량은 20 L/min이며, 채집 전극의 전압은 -5.8 kV이다.

[0163] 도 13 내지 도 15를 참조하면, 장치의 입구와 채집 전극 사이 거리는 멀어질수록 입자가 채집 전극에 다가가기 전에 유동이 중심에서 주변으로 퍼지기 때문에, 거리를 가깝게 했다. 0.3 μm의 채집 결과는 높이 8 mm에서 85%, 68 mm에서 75% 정도인 것을 확인하였다.

[0165] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기를 기초로 다양한 기술적 수정 및 변형을 적용할 수 있다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[0166] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

[0168] 100: 입자 농축기 110: 본체

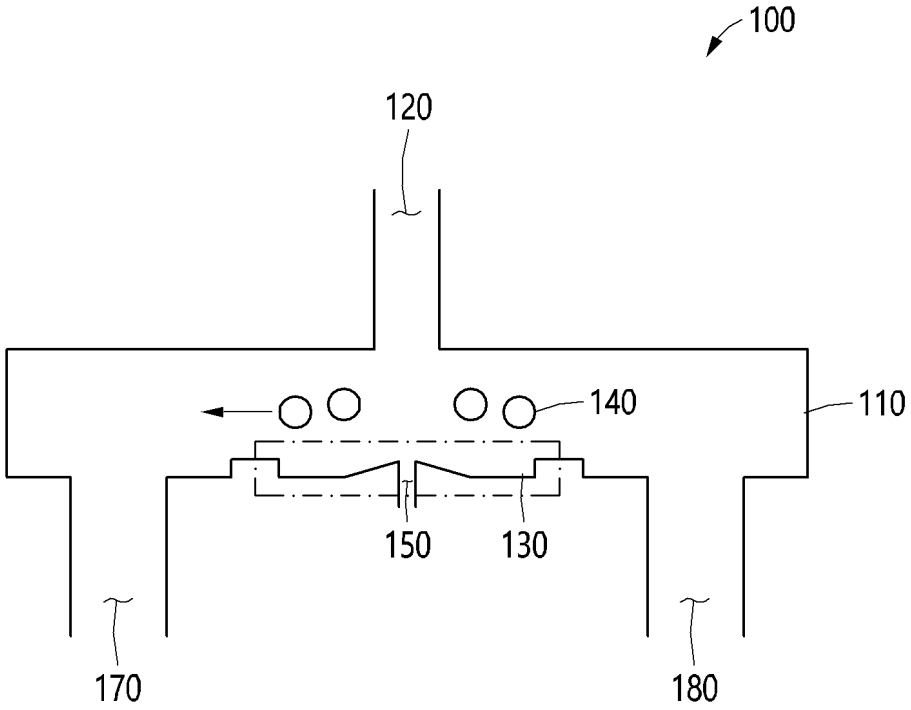
120: 유동 입구 130: 채집 전극

140: 전도사 전극 150: 채집 용액 입구

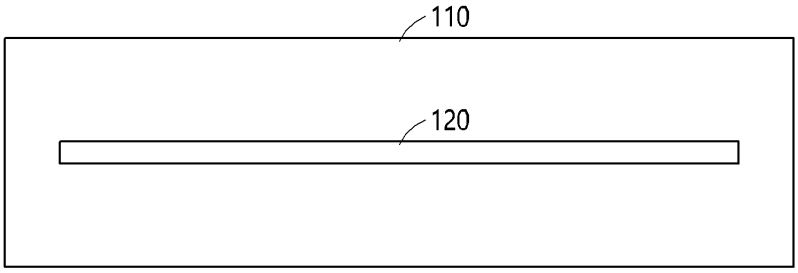
160: 채집 용액 출구 170, 180: 유동 출구

도면

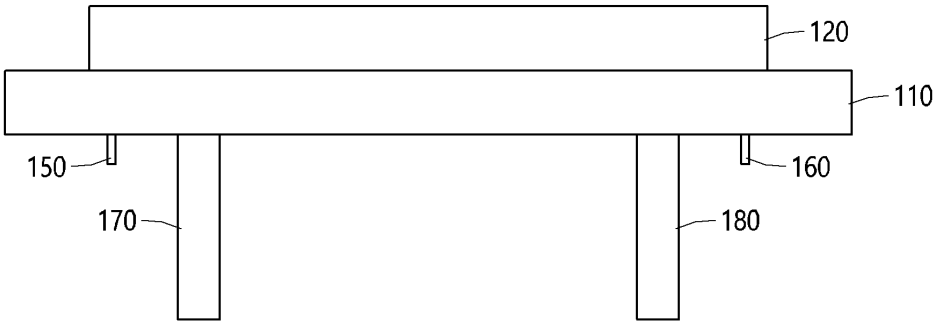
도면1



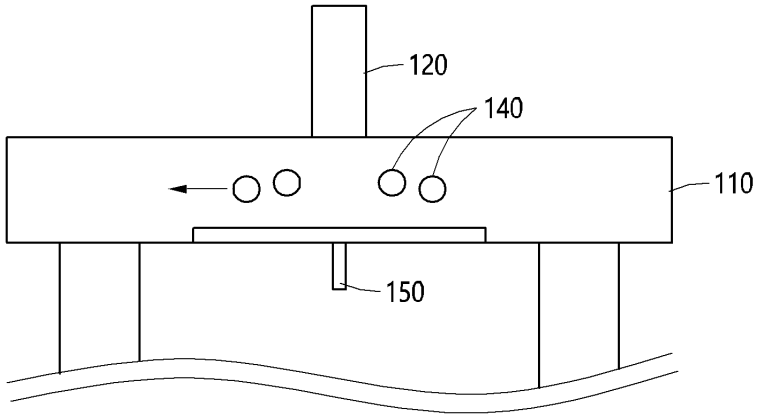
도면2



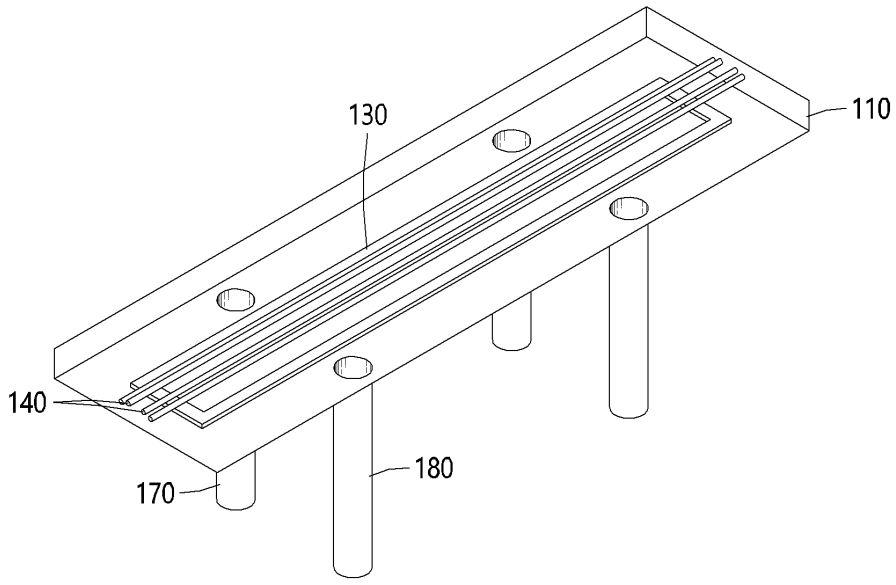
도면3



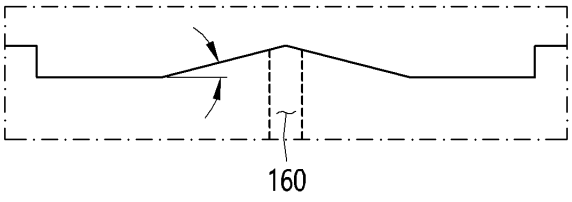
도면4



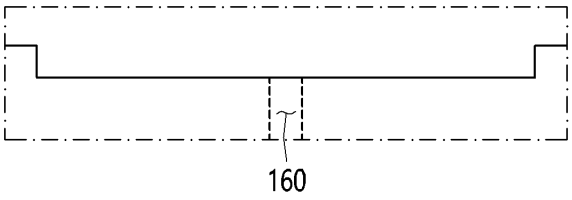
도면5



도면6

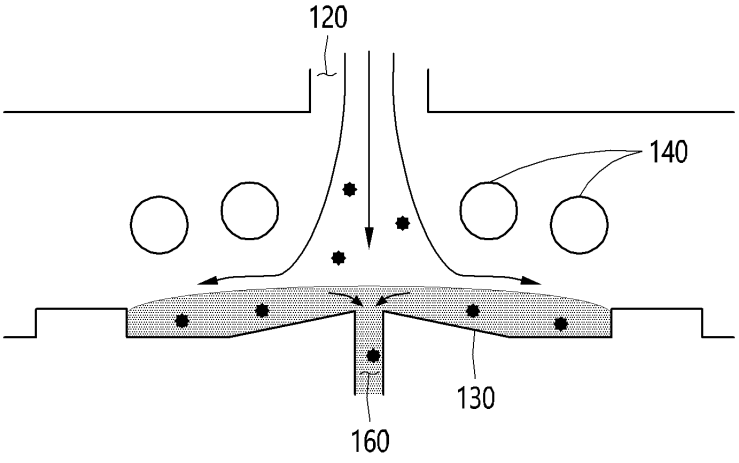


(a)

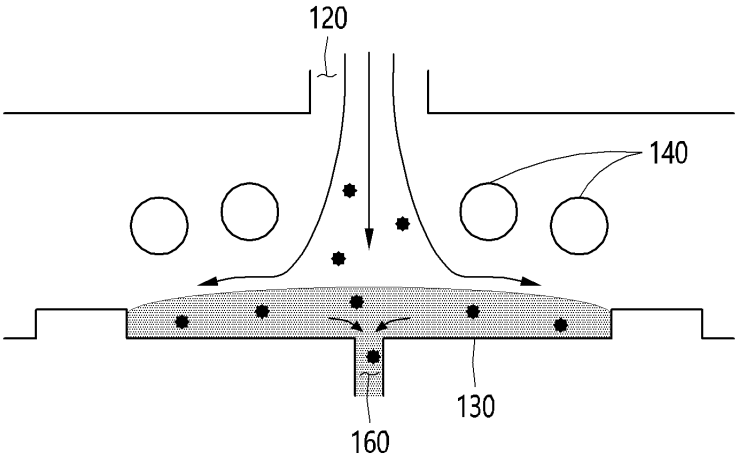


(b)

도면7

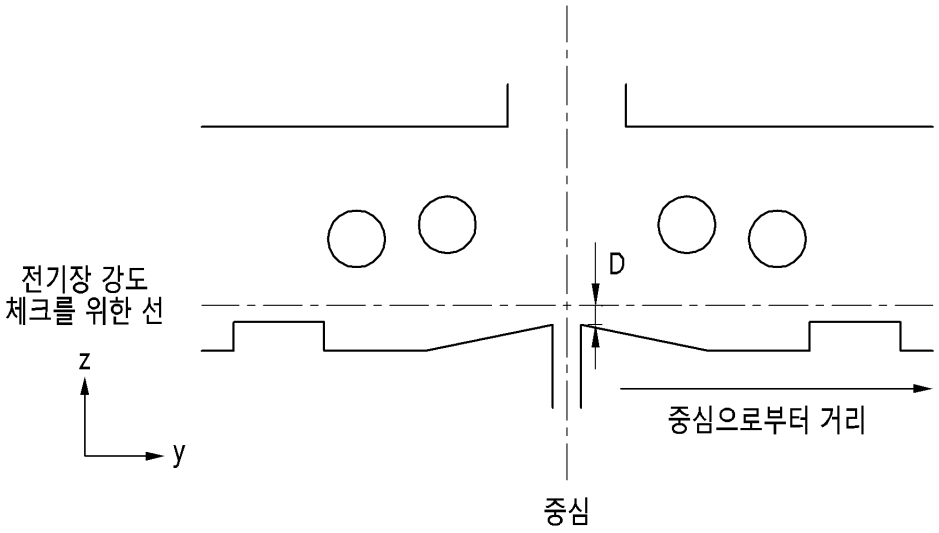


(a)

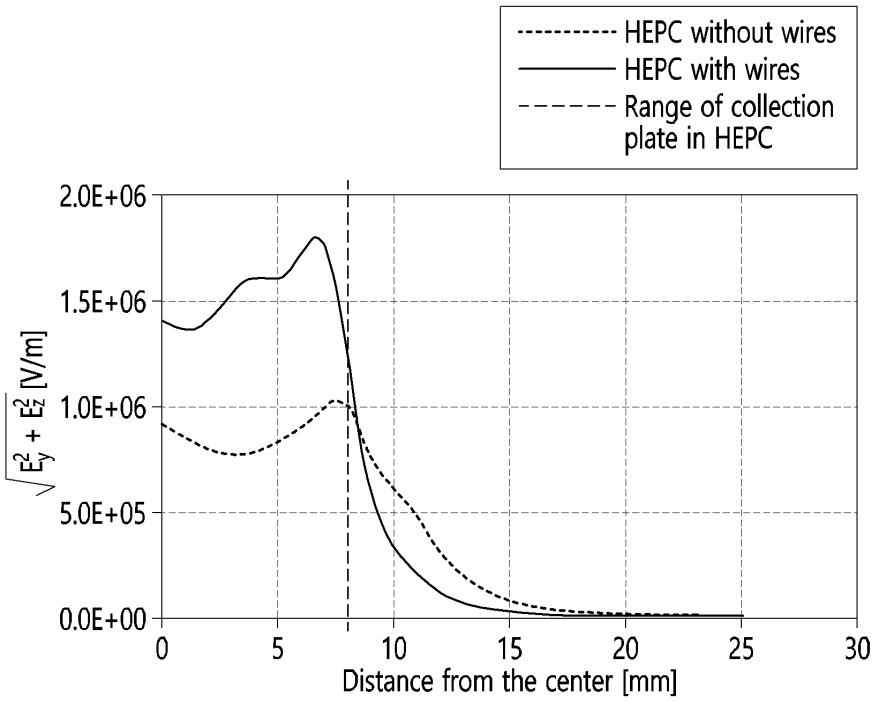


(b)

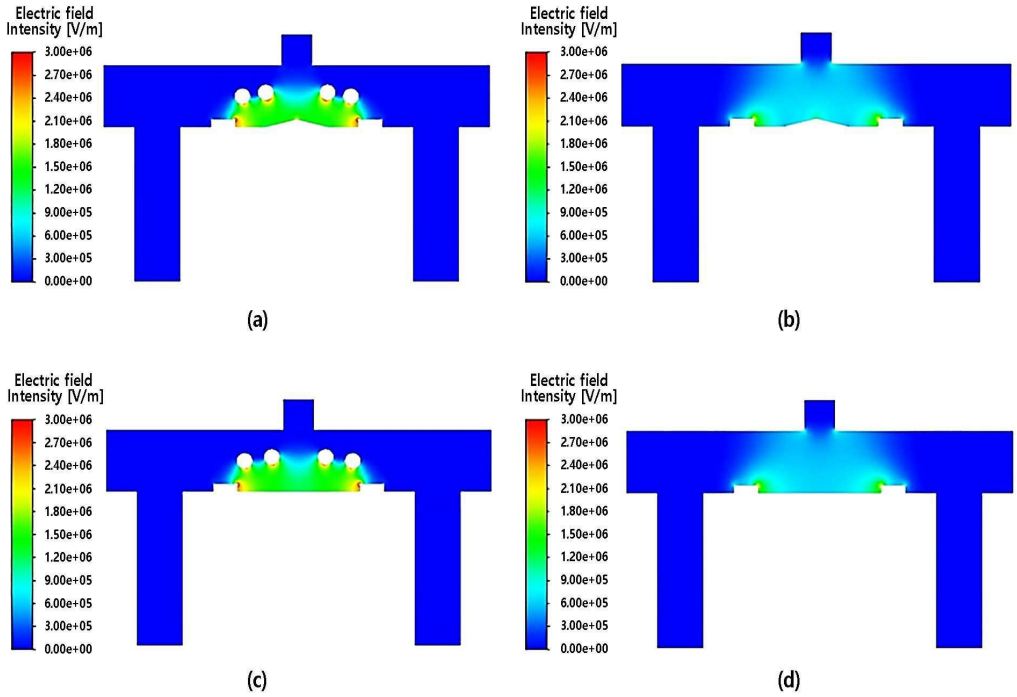
도면8


전기장 강도
체크를 위한 선
z
y
D
중심으로부터 거리
중심

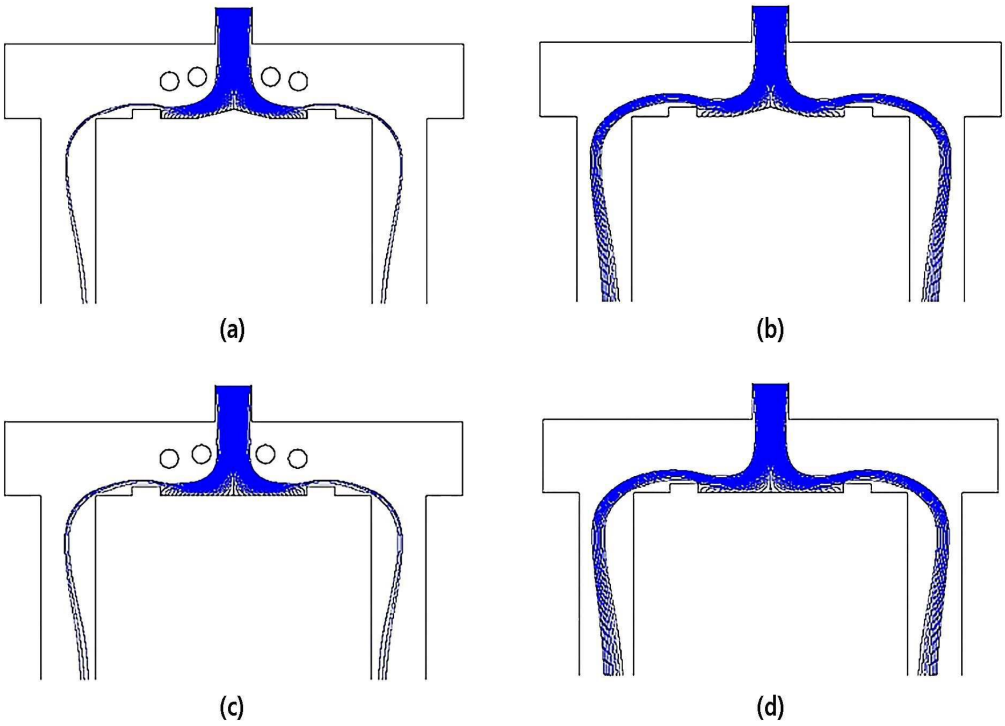
도면9


HEPC without wires
HEPC with wires
Range of collection plate in HEPC
2.0E+06
1.5E+06
1.0E+06
5.0E+05
0.0E+00
$\sqrt{E_y^2 + E_z^2}$ [V/m]
0
5
10
15
20
25
30
Distance from the center [mm]

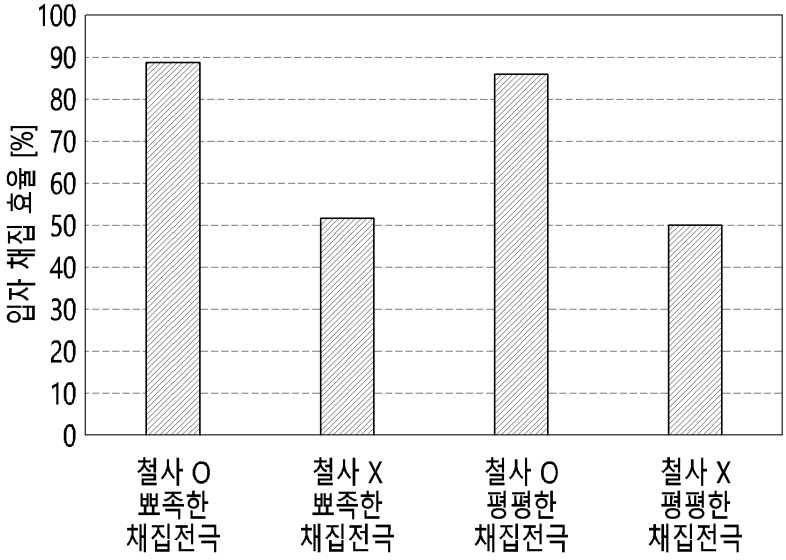
도면10


Electric field Intensity [V/m]
3.00e+06
2.70e+06
2.40e+06
2.10e+06
1.80e+06
1.50e+06
1.20e+06
9.00e+05
6.00e+05
3.00e+05
0.00e+00
(a)
(b)
(c)
(d)

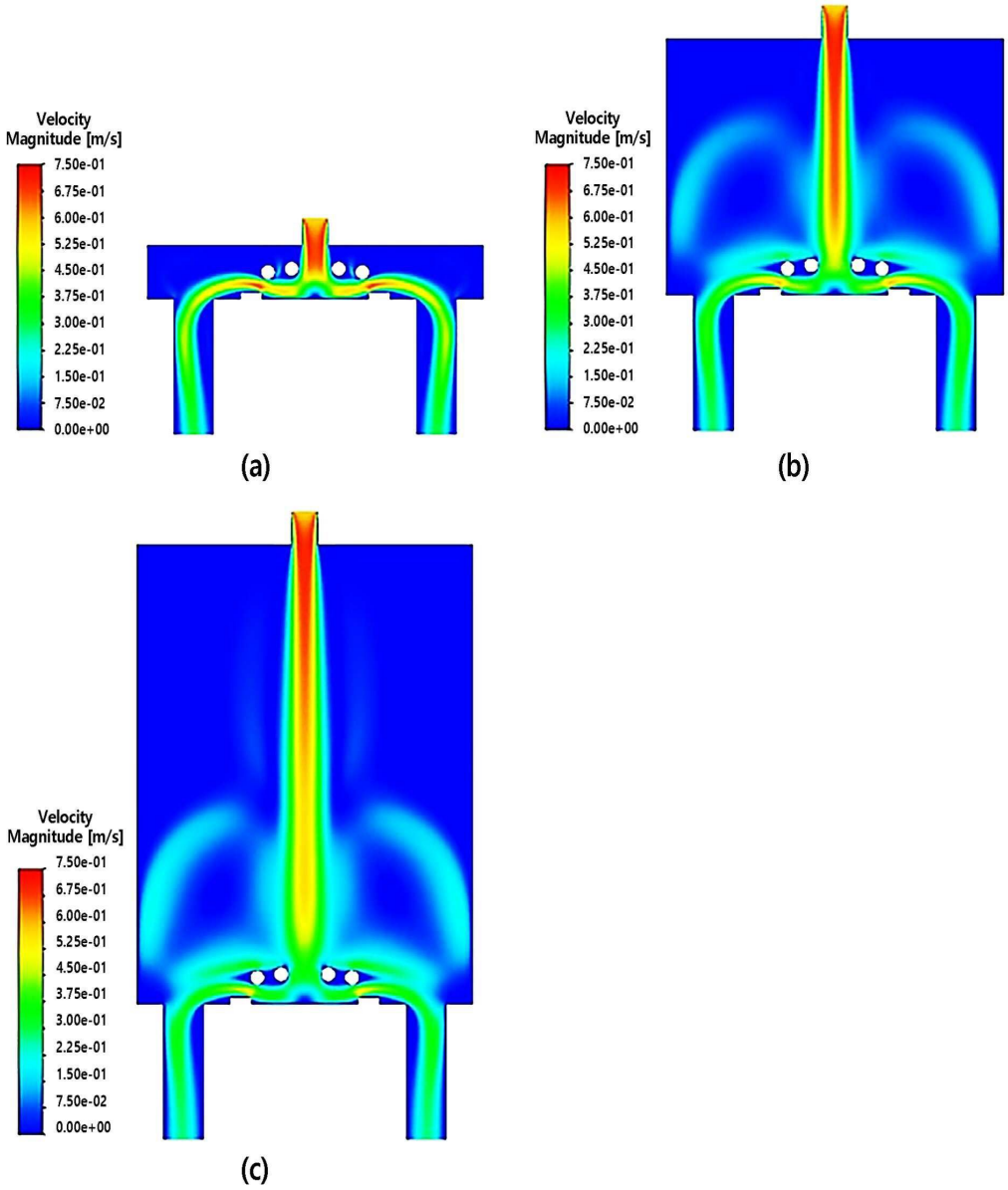
도면11


(a)
(b)
(c)
(d)

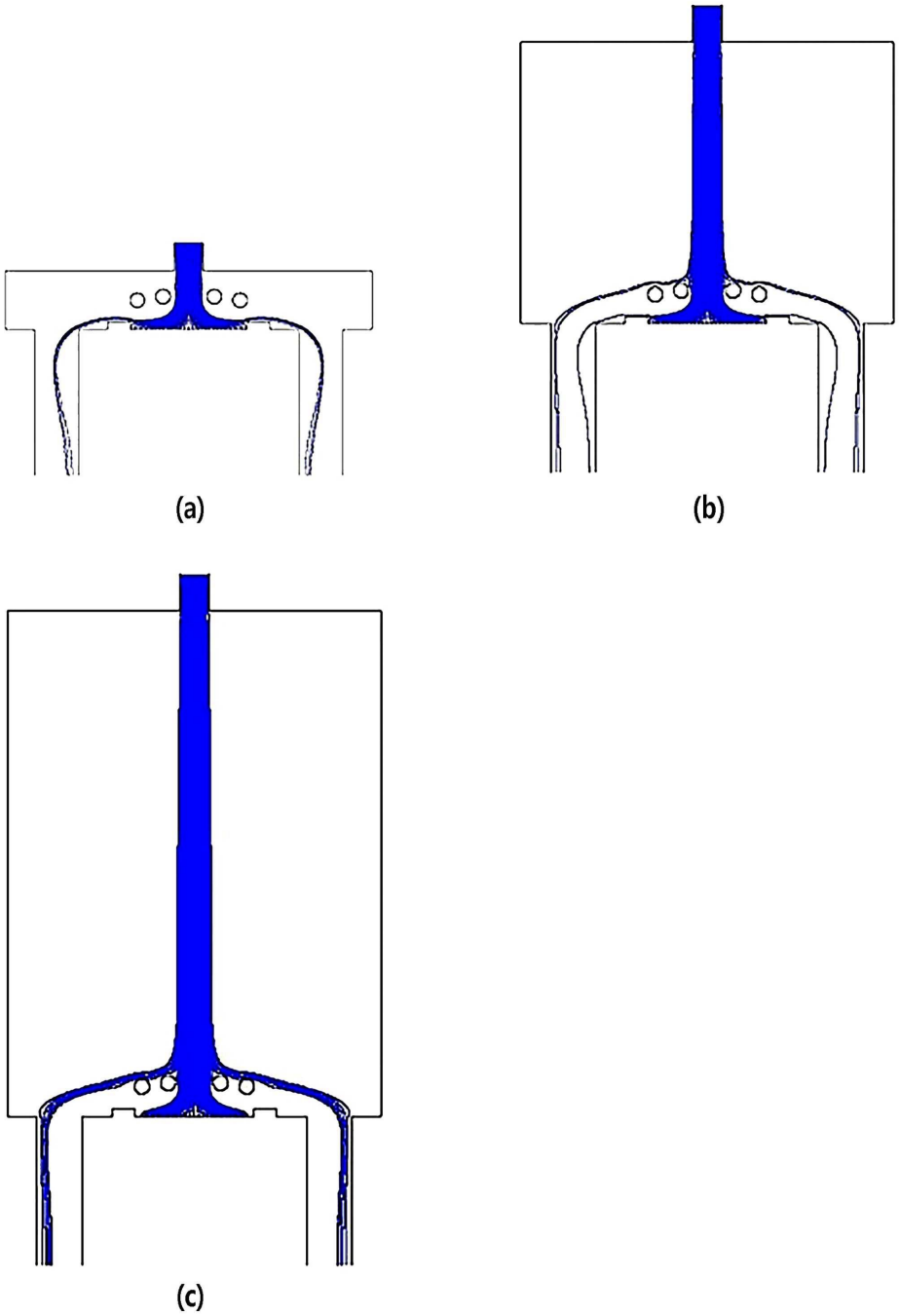
도면12


100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
입자 채집 효율 [%]
철사 O
뾰족한
채집전극
철사 X
뾰족한
채집전극
철사 O
평평한
채집전극
철사 X
평평한
채집전극

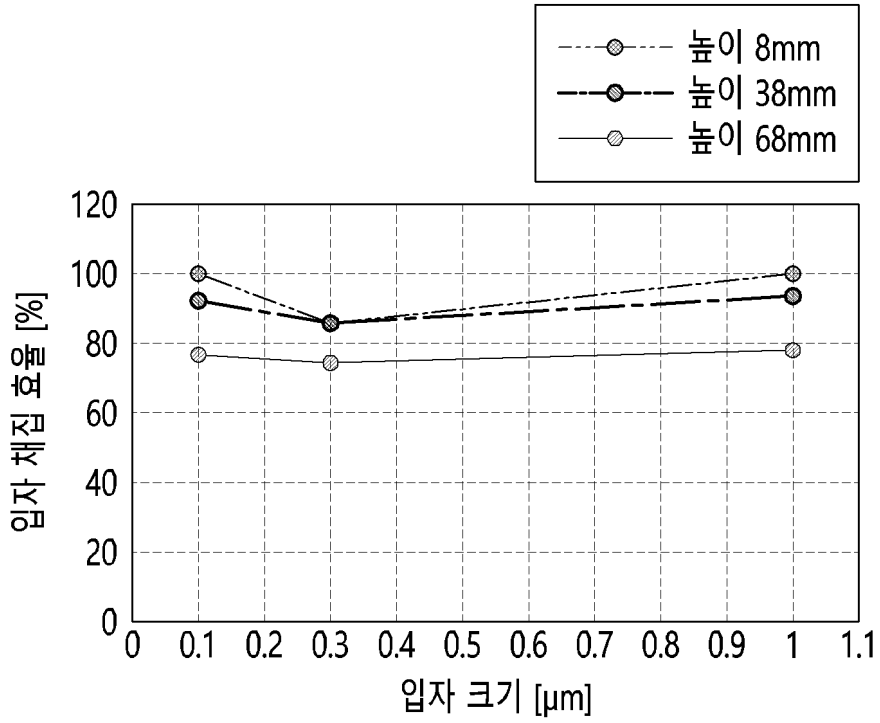
도면13


Velocity
Magnitude [m/s]
7.50e-01
6.75e-01
6.00e-01
5.25e-01
4.50e-01
3.75e-01
3.00e-01
2.25e-01
1.50e-01
7.50e-02
0.00e+00
(a)
Velocity
Magnitude [m/s]
7.50e-01
6.75e-01
6.00e-01
5.25e-01
4.50e-01
3.75e-01
3.00e-01
2.25e-01
1.50e-01
7.50e-02
0.00e+00
(b)
Velocity
Magnitude [m/s]
7.50e-01
6.75e-01
6.00e-01
5.25e-01
4.50e-01
3.75e-01
3.00e-01
2.25e-01
1.50e-01
7.50e-02
0.00e+00
(c)

도면14



도면15


높이 8mm
높이 38mm
높이 68mm
120
100
80
60
40
20
0
입자 채집 효율 [%]
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
1.1
입자 크기 [μm]