(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0135213
(43) 공개일자 2024년09월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 1/40 (2006.01) *G01N 1/22* (2006.01)
G01N 33/53 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 1/40 (2013.01)
G01N 1/22 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0028469
(22) 출원일자 2023년03월03일
심사청구일자 2023년03월03일

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

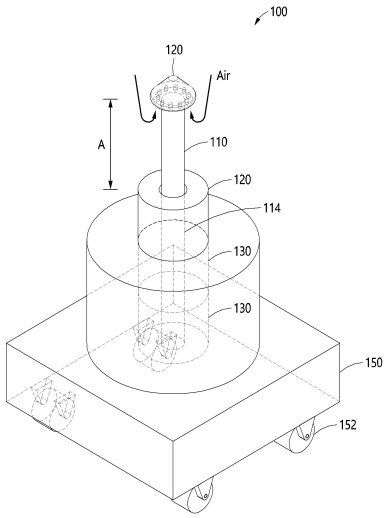
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 **3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치 및 전기식 공기 중 입자 농축 장치**

(57) 요 약

본 발명은, 3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치 및 전기식 공기 중 입자 농축 장치에 관한 것으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치는, 외부에서 입자가 포함된 공기가 유입되는 샘플링 프로브; 상기 샘플링 프로브로부터 유입된 입자의 성장에 필요한 온도 및 습도 조건을 유지하는 포화부; 상기 포화부로부터 유입된 공기에 포함된 입자를 성장시키는 성장부; 및 상기 성장부로부터 성장한 입자를 채집하는 채집부;를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
G01N 33/53 (2018.05)
G01N 2001/2217 (2013.01)
G01N 2001/4033 (2013.01)
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

외부에서 입자가 포함된 공기가 유입되는 샘플링 프로브;

상기 샘플링 프로브로부터 유입된 입자의 성장에 필요한 온도 및 습도 조건을 유지하는 포화부;

상기 포화부로부터 유입된 공기에 포함된 입자를 성장시키는 성장부; 및

상기 성장부로부터 성장한 입자를 채집하는 채집부;

를 포함하는,

3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 샘플링 프로브는, 수직, 수평 또는 이 둘을 포함하는 방향으로 연장 가능한 것인,

3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 샘플링 프로브는,

공기의 유동 방향으로 일정 각도 절곡된 제1 절곡부;

상기 제1 절곡부로부터 수평 방향으로 연장되고 공기의 유동 방향으로 일정각도 절곡된 제2 절곡부;

를 더 포함하는 것인,

3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제1 절곡부 및 상기 제2 절곡부는, 각각, 0 ° 내지 180 ° 절곡된 것이고,

상기 샘플링 프로브의 유입구로부터 상기 제1 절곡부까지의 길이는 5 cm 내지 5 m이고,

상기 제1 절곡부로부터 상기 제2 절곡부까지의 길이는 5 cm 내지 5 m인 것인,

3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 샘플링 프로브로부터 유입된 상기 입자가 포함된 공기는 유입관을 통해서 포화부, 성장부 및 채집부를 관

통하여 흐르는 것인,

3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 유입관은, 복수 개를 포함하고,

상기 복수 개의 유입관은 병렬로 연결된 것인,

3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 포화부 및 상기 성장부는, 각각, 다공성 세라믹 튜브로 둘러싸인 것인,

3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 포화부는, 외벽에 1 ℃ 내지 10 ℃의 저온 항온수가 흐르는 저온수 유로;

저온수 주입구; 및

저온수 배출구;

를 포함하고,

내부의 온도가 1 ℃ 내지 10 ℃로 유지되는 것인,

3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 성장부는,

외벽에 30 ℃ 내지 60 ℃의 고온 항온수가 흐르는 고온수 유로;

고온수 주입구; 및

고온수 배출구;

를 포함하고,

내부의 온도가 30 ℃ 내지 60 ℃로 유지되는 것인,

3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 성장부 하단에는 수분 배수구;

를 더 포함하는,

3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 채집부는,

상기 성장한 입자들이 채집 노즐에 의해 가속되어 액체 위, 액체 속 또는 고체 위에서 채집되는 것인,

3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 채집 노즐은, 3 개의 노즐을 포함하고,

각각의 노즐은, 중심으로부터 같은 거리에 원의 둘레를 따라 120 ° 간격으로 이격된 것인,

3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 3 개의 노즐을 원주로 하는 동심원의 반지름(R)은, 1.5 ㎜ 내지 10 ㎜인 것인,

3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 채집 노즐 하단에 면역분석법(immunoassay) 기반의 바이오-에어로졸 감지 센서;

를 더 포함하는,

3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 포화부와 상기 성장부 사이; 및

상기 성장부와 상기 채집부 사이;

는 단열부;

를 더 포함하는,

3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 16

제1항에 있어서,

상기 3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치는,

채집 공기 유속이 평균 0.2 m/sec 내지 10 m/sec이고,

채집 공기 유량 1 LPM 내지 10 LPM에서, 공기 중 바이오 입자를 5×10^3 내지 2×10^6의 농축비율로 포집 및 농축하는 것인,

3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 17

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 유동 입구는, 외부에서 입자가 포함된 공기가 유입되는 샘플링 프로브;를 더 포함하는,

3차원 샘플링이 가능한 전기식 공기 중 입자 농축 장치.

청구항 18

제17항에 있어서,

적어도 하나의 유동 출구;

를 더 포함하고,

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

3차원 샘플링이 가능한 전기식 공기 중 입자 농축 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치 및 전기식 공기 중 입자 농축 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

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

[0004] 바이오-에어로졸은 공기 중에 다양한 크기(나노미터-마이크로미터)로 분포하며 그 농도 또한 낮아, 빠른 채집 및 감지를 위해서 채집 장치는 높은 채집 유량에서 다양한 크기의 입자에 대해 높은 채집효율을 가져 입자를 고농축 시키는 것이 중요하다. 또한, 채집과정에서 입자의 손상을 최소화하는 것이 중요하다. 기존의 채집기로

는 입자의 관성을 이용한 채집 장치, 필터 기반 채집기 등이 있다. 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.

[0005] 종래의 바이오-에어로졸 감지 시스템의 경우, 대개 채집 장치를 통해 액상에 채집된 바이러스 또는 박테리아 용액을 이용해 중합효소 연쇄 반응(polymerase chain reaction; PCR) 등의 방법을 사용해 분석한다. 하지만, PCR 방식은 이들의 전염성 여부를 구분하지 못해, 공기 중 이들이 병을 옮길 수 있는 상태인지 파악할 수 없을 뿐더러 분석시간이 오랜 걸린다.

[0006] 이때, 면역분석법을 이용할 경우 신속하게 측정이 가능하며, 바이러스의 경우 이들의 전염성 여부를 일부 파악할 수 있으나, 종래의 채집 장치들은 채집과정에서 입자가 손상되어 항원-항체 반응을 일으키기 어렵고, 이로 인해 신속 측정이 어렵다는 단점이 있다.

[0007] 또한, 종래의 채집 장치는 다양한 장소의 시료를 매번 채집하고 수거하기가 번거로와, 시료를 다양한 공간적 위치에서 용이하고 정밀하게 채집할 수 있는 시료 채집장치의 개발이 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 목적은, 다양한 공간적 위치에서, 공기 중 입자들을 채집 및 농축시킬 수 있는 3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치 및 전기식 공기 중 입자 농축 장치를 제공하는 것이다.

[0010] 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

[0012] 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치는, 외부에서 입자가 포함된 공기가 유입되는 샘플링 프로브; 상기 샘플링 프로브로부터 유입된 입자의 성장에 필요한 온도 및 습도 조건을 유지하는 포화부; 상기 포화부로부터 유입된 공기에 포함된 입자를 성장시키는 성장부; 및 상기 성장부로부터 성장한 입자를 채집하는 채집부;를 포함한다.

[0013] 일 실시형태에 있어서, 상기 샘플링 프로브는, 수직, 수평 또는 이 둘을 포함하는 방향으로 연장 가능한 것일 수 있다.

[0014] 일 실시형태에 있어서, 상기 샘플링 프로브는 일자형인 것일 수 있다.

[0015] 일 실시형태에 있어서, 상기 샘플링 프로브는, 공기의 유동 방향으로 일정 각도 절곡된 제1 절곡부; 상기 제1 절곡부로부터 수평 방향으로 연장되고 공기의 유동 방향으로 일정각도 절곡된 제2 절곡부;를 더 포함할 수 있다.

[0016] 일 실시형태에 있어서, 상기 제1 절곡부 및 상기 제2 절곡부는, 각각, 0 ° 내지 180 ° 절곡된 것일 수 있다.

[0017] 일 실시형태에 있어서, 상기 샘플링 프로브의 유입구로부터 상기 제1 절곡부까지의 길이는 5 cm 내지 5 m이고, 상기 제1 절곡부로부터 상기 제2 절곡부까지의 길이는 5 cm 내지 5 m인 것일 수 있다.

[0018] 일 실시형태에 있어서, 상기 제2 절곡부를 축으로 하여 360° 회전 가능한 것일 수 있다.

[0019] 일 실시형태에 있어서, 상기 샘플링 프로브로부터 유입된 상기 입자가 포함된 공기는 유입관을 통해서 포화부, 성장부 및 채집부를 관통하여 흐르는 것일 수 있다.

[0020] 일 실시형태에 있어서, 상기 유입관은, 복수 개를 포함하고, 상기 복수 개의 유입관은 병렬로 연결된 것일 수 있다.

[0021] 일 실시형태에 있어서, 상기 포화부 및 상기 성장부는, 각각, 다공성 세라믹 튜브로 둘러싸인 것일 수 있다.

[0022] 일 실시형태에 있어서, 상기 포화부는, 외벽에 1 ℃ 내지 10 ℃의 저온 항온수가 흐르는 저온수 유로; 저온수 주입구; 및 저온수 배출구;를 포함하는 것일 수 있다.

[0023] 일 실시형태에 있어서, 상기 포화부는, 내부의 온도가 1 ℃ 내지 10 ℃로 유지되는 것일 수 있다.

[0024] 일 실시형태에 있어서, 상기 성장부는, 외벽에 30 ℃ 내지 60 ℃의 고온 항온수가 흐르는 고온수 유로; 고온수 주입구; 및 고온수 배출구;를 포함하는 것일 수 있다.

[0025] 일 실시형태에 있어서, 상기 성장부는, 내부의 온도가 30 ℃ 내지 60 ℃로 유지되는 것일 수 있다.

[0026] 일 실시형태에 있어서, 상기 성장부 하단에는 수분 배수구;를 더 포함할 수 있다.

[0027] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집부는, 상기 성장한 입자들이 채집 노즐에 의해 가속되어 액체 위, 액체 속 또는 고체 위에서 채집되는 것일 수 있다.

[0028] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 노즐은, 3 개의 노즐을 포함하고, 각각의 노즐은, 중심으로부터 같은 거리에 원의 둘레를 따라 120 ° 간격으로 이격된 것일 수 있다.

[0029] 일 실시형태에 있어서, 상기 3 개의 노즐을 원주로 하는 동심원의 반지름(R)은, 1.5 mm 내지 10 mm인 것일 수 있다.

[0030] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 노즐 하단에 면역분석법(immunoassay) 기반의 바이오-에어로졸 감지 센서;를 더 포함할 수 있다.

[0031] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집부 하단에 케이스;를 더 포함하고, 상기 케이스 내부에는 제어부를 포함하고, 상기 케이스 외부 하단에 바퀴를 포함하는 것일 수 있다.

[0032] 일 실시형태에 있어서, 상기 포화부와 상기 성장부 사이; 및 상기 성장부와 상기 채집부 사이;는 단열부;를 더 포함할 수 있다.

[0033] 일 실시형태에 있어서, 상기 3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치는, 채집 공기 유속이 평균 0.2 m/sec 내지 10 m/sec이고, 채집 공기 유량 1 LPM 내지 10 LPM에서, 공기 중 바이오 입자를 5×10^3 내지 2×10^6의 농축비율로 포집 및 농축하는 것일 수 있다.

[0034] 본 발명의 다른 실시예에 따른 3차원 샘플링이 가능한 전기식 공기 중 입자 농축 장치는, 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 유동 입구는, 외부에서 입자가 포함된 공기가 유입되는 샘플링 프로브;를 더 포함한다.

[0035] 일 실시형태에 있어서, 적어도 하나의 유동 출구;를 더 포함하고, 상기 유동 출구는 상기 본체 하부, 상부 또는 둘 모두에 설치되는 것일 수 있다.

발명의 효과

[0037] 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치는, 다양한 공간적 위치에서 공기 중 입자의 샘플링이 가능하다. 또한, 높은 채집 유량에서 높은 채집효율로 공기 중 입자를 고농축시킬 수 있다. 그리고, 채집과정에서 입자에 가해지는 충격을 최소화하여 면역분석법을 통해 공기 중 바이러스, 박테리아, 포자 등을 신속 (현장), 정확하게 측정 가능하다.

[0038] 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 샘플링이 가능한 전기식 공기 중 입자 농축 장치는 샘플링 프로브에 의해 다양한 공간적 위치에서 샘플링이 가능하다. 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 채집효율을 전산 모사를 통해 확인할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0040] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치를 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 도 1의 샘플링 프로브의 다른 실시예를 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치의 단면도를 나타낸다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 채집 노즐을 나타낸 개략적인 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치의 채집부에서의 채집 방식을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0041] 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.

[0042] 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 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0043] 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.

[0045] 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.

[0046] 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.

[0047] 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.

[0049] 이하, 본 발명의 3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치 및 전기식 공기 중 입자 농축 장치에 대하여 실시예 및 도면을 참조하여 구체적으로 설명하도록 한다. 그러나, 본 발명이 이러한 실시예 및 도면에 제한되는 것은 아니다.

[0051] 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치는, 외부에서 입자가 포함된 공기가 유입되는 샘플링 프로브; 상기 샘플링 프로브로부터 유입된 입자의 성장에 필요한 온도 및 습도 조건을 유지하는 포화부; 상기 포화부로부터 유입된 공기에 포함된 입자를 성장시키는 성장부; 및 상기 성장부로부터 성장한 입자를 채집하는 채집부;를 포함한다.

[0052] 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치는, 다양한 공간적 위치에서 공기 중 입자의 샘플링이 가능하다. 또한, 열 및 질량 전달을 이용하여, 들어오는 공기 중 생물 입자들의 표면에 수분을 응축시켜 그 크기를 키우고, 이 커진 입자들은 관성력(속도)으로 높은 채집효율로 온전하게 채집/농축시키는 것이다.

[0054] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치를 설명하기 위한 도면이다.

[0055] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치(100)는, 샘플링 프로브(110), 포화부(120), 성장부(130), 채집부(140) 및 케이스(150)를 포함한다.

[0056] 도면에는, 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치(100)는 전체적으로 원통형으로 도시되어 있으나, 사면체 형상일 수도 있다.

[0057] 도 1의 성장부(130), 채집부(140) 주변부의 원통형은 튜브를 포함하는 외부 장치인 것으로서, 예를 들어, 항온수조, 펌프, 온도 모듈 등이 포함된 것일 수 있다. 도면에는 원통형으로 도시되어 있으나, 사면체 형상일 수도 있다.

[0058] 일 실시형태에 있어서, 상기 케이스(150) 내부에는 제어부를 포함하는 것일 수 있다.

[0059] 일 실시형태에 있어서, 상기 케이스(150) 외부 하단에 바퀴(152)를 포함하는 것일 수 있다. 따라서, 상기 다3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치(100)는 이동이 용이할 수 있다. 예를 들어, 바퀴(152)의 위치와 개수는 도시된 도면과 상이할 수 있다.

[0060] 상기 샘플링 프로브(110)는, 외부에서 입자가 포함된 공기가 유입되는 것이다. 상기 샘플링 프로브(110)는, 적어도 하나의 구멍을 포함하는 유입홀을 포함하는 것일 수 있다.

[0061] 상기 입자는, 바이오 입자를 포함하는 것일 수 있고, 구체적으로, 바이러스, 박테리아, 진균, 포자 및 기타 유래의 병원균으로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0062] 예를 들어, 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.

[0063] 일 실시형태에 있어서, 상기 샘플링 프로브(110)는, 수직, 수평 또는 이 둘을 포함하는 방향으로 연장 가능한 것일 수 있다.

[0064] 일 실시형태에 있어서, 상기 샘플링 프로브(110)는 일자형인 것일 수 있다.

[0065] 도 1에 도시된 샘플링 프로브(110)는 상기 케이스(150)에 대하여 수직 방향으로 연장 가능한 것일 수 있다.

[0066] 상기 수직 방향 연장 가능한 샘플링 프로브(110)의 길이(A)는 5 cm 내지 5 m; 5 cm 내지 4 m; 5 cm 내지 3 m; 5 cm 내지 2 m; 5 cm 내지 1 m; 5 cm 내지 50 cm; 50 cm 내지 5 m; 50 cm 내지 4 m; 50 cm 내지 3 m; 50 cm 내지 2 m; 50 cm 내지 1 m; 1 m 내지 5 m; 1 m 내지 4 m; 1 m 내지 3 m; 1 m 내지 2 m; 2 m 내지 5 m; 2 m 내지 4 m; 2 m 내지 3 m; 3 m 내지 5 m; 3 m 내지 4 m; 또는 4 m 내지 5 m;인 것일 수 있다.

[0067] 따라서, 상기 샘플링 프로브(110)는 상기 유입관(114)의 연장 선상인 것일 수 있다.

[0069] 일 실시형태에 있어서, 상기 샘플링 프로브는, 공기의 유동 방향으로 일정 각도 절곡된 제1 절곡부; 상기 제1 절곡부로부터 수평 방향으로 연장되고 공기의 유동 방향으로 일정각도 절곡된 제2 절곡부;를 더 포함할 수

있다.

[0070] 도 2는 도 1의 샘플링 프로브의 다른 실시예를 설명하기 위한 도면이다.

[0071] 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 샘플링 프로브는, 제1 절곡부(116) 및 제2 절곡부(118)를 포함한다.

[0072] 일 실시형태에 있어서, 상기 제1 절곡부 및 상기 제2 절곡부는, 각각, 0 ° 내지 180 ° ; 0 ° 내지 150 ° ; 0 ° 내지 130 ° ; 0 ° 내지 100 ° ; 0 ° 내지 70 ° ; 0 ° 내지 50 ° ; 0 ° 내지 30 ° ; 30 ° 내지 180 ° ; 30 ° 내지 150 ° ; 30 ° 내지 130 ° ; 30 ° 내지 100 ° ; 30 ° 내지 70 ° ; 30 ° 내지 50 ° ;

[0073] 50 ° 내지 180 ° ; 50 ° 내지 150 ° ; 50 ° 내지 130 ° ; 50 ° 내지 100 ° ; 50 ° 내지 70 ° ; 70 ° 내지 180 ° ; 70 ° 내지 150 ° ; 70 ° 내지 130 ° ; 70 ° 내지 100 ° ; 100 ° 내지 180 ° ; 100 ° 내지 150 ° ; 100 ° 내지 130 ° ; 130 ° 내지 180 ° ; 130 ° 내지 150 ° ; 또는 150 ° 내지 180 ° 절곡된 것일 수 있다.

[0074] 상기 제1 절곡부(116)는 상기 유입구(112)로부터 유입된 공기의 유동 방향으로 'ㄴ' 형상으로 절곡된 것일 수 있다.

[0075] 상기 제2 절곡부(118)는 상기 유입구(112)로부터 수평 방향으로 연장되고 상기 공기의 유동 방향으로 'ㄱ' 형상으로 굴곡된 것일 수 있다.

[0076] 일 실시형태에 있어서, 상기 샘플링 프로브의 유입구로부터 상기 제1 절곡부까지의 길이(B)는 5 cm 내지 5 m; 5 cm 내지 4 m; 5 cm 내지 3 m; 5 cm 내지 2 m; 5 cm 내지 1 m; 5 cm 내지 50 cm; 50 cm 내지 5 m; 50 cm 내지 4 m; 50 cm 내지 3 m; 50 cm 내지 2 m; 50 cm 내지 1 m; 1 m 내지 5 m; 1 m 내지 4 m; 1 m 내지 3 m; 1 m 내지 2 m; 2 m 내지 5 m; 2 m 내지 4 m; 2 m 내지 3 m; 3 m 내지 5 m; 3 m 내지 4 m; 또는 4 m 내지 5 m;인 것일 수 있다.

[0077] 일 실시형태에 있어서, 상기 제1 절곡부(116)로부터 상기 제2 절곡부(118)까지의 길이(C)는 5 cm 내지 5 m; 5 cm 내지 4 m; 5 cm 내지 3 m; 5 cm 내지 2 m; 5 cm 내지 1 m; 5 cm 내지 50 cm; 50 cm 내지 5 m; 50 cm 내지 4 m; 50 cm 내지 3 m; 50 cm 내지 2 m; 50 cm 내지 1 m; 1 m 내지 5 m; 1 m 내지 4 m; 1 m 내지 3 m; 1 m 내지 2 m; 2 m 내지 5 m; 2 m 내지 4 m; 2 m 내지 3 m; 3 m 내지 5 m; 3 m 내지 4 m; 또는 4 m 내지 5 m;인 것일 수 있다.

[0078] 일 실시형태에 있어서, 상기 제2 절곡부(118)를 축으로 하여 360° 회전 가능한 것일 수 있다.

[0079] 따라서, 상기 제1 절곡부(116)로부터 상기 제2 절곡부(118)까지의 길이(C)를 반지름으로 하는 원 모양으로 회전하는 것일 수 있다.

[0081] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치의 단면도를 나타낸다.

[0082] 일 실시형태에 있어서, 상기 샘플링 프로브(110)로부터 유입된 상기 입자가 포함된 공기는 유입관(114)을 통해서 포화부(120), 성장부(130) 및 채집부(140)를 관통하여 흐르는 것일 수 있다.

[0083] 일 실시형태에 있어서, 상기 유입부(112)는, 외부에서 입자, 예를 들어, 바이오 입자가 포함된 공기가 유입된다.

[0084] 상기 유입관(114)은 원통형 형상이고, 3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치 내 상기 포화부(120), 성장부(130) 및 채집부(140) 가운데를 관통하는 형태로 공기 중 입자가 흐르는 유로를 형성하는 것일 수 있다.

[0085] 상기 샘플링 프로브(110)는 상기 유입관(114)의 연장 선상인 것일 수 있다.

[0086] 일 실시형태에 있어서, 상기 유입관(114)은, 복수 개를 포함할 수 있다.

[0087] 도면에는 하나의 유입관만 도시되어 있지만, 복수 개의 유입관이 병렬로 연결되어 전체 유량을 증가시킬 수 있다.

[0088] 일 실시형태에 있어서, 상기 포화부(120), 성장부(130) 및 채집부(140) 각각은 원통형인 것일 수 있다.

[0089] 일 실시형태에 있어서, 상기 포화부(120)와 상기 성장부(130) 사이; 및 상기 성장부(130)와 상기 채집부(140) 사이;는 각각, 단열재(128, 138)로 둘러싸인 것일 수 있다.

[0090] 일 실시형태에 있어서, 상기 포화부(120) 및 상기 성장부(130)는, 각각, 다공성 세라믹 튜브(122, 132)으로 둘러싸인 것일 수 있다.

[0091] 예를 들어, 상기 다공성 세라믹 튜브는, 타이타니아, 알루미나, 실리카 및 제올라이트로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다. 바람직하게는, 상기 다공성 세라믹 튜브는, 다공성 알루미나 세라믹 튜브인 것일 수 있다.

[0092] 일 실시형태에 있어서, 상기 포화부(120)는, 상기 샘플링 프로브로부터 유입된 입자의 성장에 필요한 온도 및 습도 조건을 유지하는 것일 수 있다.

[0093] 일 실시형태에 있어서, 상기 포화부(120)는, 외벽에 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 ℃;의 저온 항온수가 흐르는 저온수 유로(미도시); 저온수 주입구(124); 및 저온수 배출구(126);를 포함하는 것일 수 있다.

[0094] 예를 들어, 저온수 주입구(124)로 들어온 저온수는 저온수 유로를 통해 상기 포화부(120) 외벽을 돌고, 상기 저온수 배출구(126)를 통해 배출되어 항상 1 ℃ 내지 10 ℃의 저온 상태를 유지하는 것일 수 있다.

[0095] 일 실시형태에 있어서, 상기 포화부(120)는, 내부의 온도가 1 ℃ 내지 10 ℃로 유지되는 것일 수 있다.

[0096] 일 실시형태에 있어서, 상기 포화부(120)의 내부는 상기 포화부(120) 외벽으로 흐르는 저온 항온수에 의해 1 ℃ 내지 10 ℃로 유지되는 것일 수 있다.

[0097] 일 실시형태에 있어서, 상기 성장부(130)는, 상기 포화부(120)로부터 유입된 공기에 포함된 입자를 성장시키는 것일 수 있다.

[0098] 일 실시형태에 있어서, 상기 성장부(130)는, 외벽에 30 ℃ 내지 60 ℃의 고온 항온수가 흐르는 고온수 유로(미도시); 고온수 주입구(134); 및 고온수 배출구(136);를 포함하는 것일 수 있다.

[0099] 예를 들어, 고온수 주입구(134)로 들어온 고온수는 고온수 유로를 통해 상기 성장부(130) 외벽을 돌고, 상기 고온수 배출구(136)를 통해 배출되어 항상 30 ℃ 내지 60 ℃; 30 ℃ 내지 50 ℃; 30 ℃ 내지 40 ℃; 40 ℃ 내지 60 ℃; 40 ℃ 내지 50 ℃; 또는 50 ℃ 내지 60 ℃의 고온 상태를 유지하는 것일 수 있다.

[0100] 일 실시형태에 있어서, 상기 성장부(130)는, 내부의 온도가 30 ℃ 내지 60 ℃; 30 ℃ 내지 50 ℃; 30 ℃ 내지 40 ℃; 40 ℃ 내지 60 ℃; 40 ℃ 내지 50 ℃; 또는 50 ℃ 내지 60 ℃로 유지되는 것일 수 있다.

[0101] 상기 포화부(120)로부터 1 ℃ 내지 10 ℃ 내외의 차가운 물과 상기 성장부(130)에서의 30 ℃ 내지 60 ℃ 내외의 따뜻한 물을 사용함에 의해, 급격한 온도 차이에 따른 실제 입자의 성장이 일어난다.

[0102] 일 실시형태에 있어서, 상기 성장부(130)의 내부는 상기 성장부(130) 외벽으로 흐르는 고온 항온수에 의해 30 ℃ 내지 60 ℃로 유지되는 것일 수 있다.

[0103] 일 실시형태에 있어서, 상기 성장부(130) 하단에는 수분 배수구(139);를 더 포함할 수 있다. 상기 포화부(120)와 성장부(130)의 다공성 세라믹 튜브 내벽에 맺힌 수분은 중력에 의해 낙하하면서 유동을 방해하거나 입자 농축을 방해할 수 있다. 따라서 성장부(130) 하단에 이를 배수하는 배수구가 형성되는 것이다.

[0104] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집부(140)는, 상기 성장부로부터 성장한 입자를 채집하는 것일 수 있다.

[0105] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집부(140)에서는 표면에 수분이 응축되어 크기가 커진 입자들이 노즐에 의해 가속되어 액체 위/액체 속 또는 고체 위에 높은 효율로 채집되는 것일 수 있다. 이때, 입자를 둘러싼 물이 충돌 과정에서 입자에 가해지는 충격을 완화해 입자가 온전한 상태로 채집되는 것일 수 있다.

[0106] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 채집 노즐을 나타낸 도면이다.

[0107] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 노즐(142)은, 3 개의 노즐을 포함하고, 각각의 노즐은, 중심으로부터 같은 거리에 원의 둘레를 따라 120 ° 간격으로 이격된 것일 수 있다.

[0108] 예를 들어, 3개의 노즐을 원주로 하는 동심원의 반지름(R)은, 1.5 ㎜ 내지 10 ㎜; 1.5 ㎜ 내지 8 ㎜; 1.5 ㎜ 내지 5 ㎜; 1.5 ㎜ 내지 3 ㎜; 3 ㎜ 내지 10 ㎜; 3 ㎜ 내지 8 ㎜; 3 ㎜ 내지 5 ㎜; 5 ㎜ 내지 10 ㎜; 5 ㎜ 내

지 8 mm; 8 mm 내지 10 mm; 인 것일 수 있다.

[0109] 유량이 증가함에 따라 적절한 채집효율의 3개의 노즐을 원주로 하는 동심원의 반지름(R)이 커진다. 즉, 상기 반지름(R)이 너무 작으면 상호간의 충돌로 인해 채집이 잘 되지 않는 문제가 있다.

[0110] 예를 들어, 노즐의 직경(D_n)은, 0.1 mm 내지 1 mm; 0.1 mm 내지 0.8 mm; 0.1 mm 내지 0.5 mm; 0.1 mm 내지 0.3 mm; 0.3 mm 내지 1 mm; 0.3 mm 내지 0.8 mm; 0.3 mm 내지 0.5 mm; 0.5 mm 내지 1 mm; 0.5 mm 내지 0.8 mm; 또는 0.8 mm 내지 1 mm;인 것일 수 있다.

[0111] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집부(140)에서는, 상기 성장한 입자들이 채집 노즐(142)에 의해 가속되어 액체 위, 액체 속 또는 고체 위에서 채집되는 것일 수 있다.

[0113] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치의 채집부에서의 채집 방식을 나타낸 도면이다.

[0114] 도 5의 (a)는 액체 위 채집 (Non-immersion impingement), (b)는 액체 속 채집 (Immersion impingement), (c)는 고체 위 채집 (Impaction), (d)는 면역분석법(immunoassay) 기반의 바이오-에어로졸 감지 센서 위에서의 채집 (Impaction onto sensor)을 나타낸다.

[0115] 종래의 바이오-에어로졸을 채집하는 장치들은, 고체 위에 채집할 경우 채집과정에서 바이러스 또는 박테리아의 표면이 충돌/건조화되어, 주로 액체 위/액체 속에 채집한다.

[0116] 그러나, 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치는, 농축-측정기 내부의 공기가 다량의 수증기를 머금고 있어 도 5의 (c)에서와 같이 채집 시 건조화 및 충돌로 인한 파손을 막아 고체 위에서도 채집할 수 있다. 고체 위에 채집된 바이러스 또는 박테리아는 채집 후 적은 양의 액체를 투입해서 농축된 용액(hydrosolization)이 만들어진다. 일반적으로 이 농축된 용액을 센서로 옮겨 생물입자를 측정한다.

[0117] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 노즐 하단에 면역분석법(immunoassay) 기반의 상기 입자에 대한 감지 센서;를 더 포함할 수 있다.

[0118] 일 실시형태에 있어서, 상기 감지 센서는, 어떤 형태의 면역 센서로 구비되어도 무방하다. 채집 부위는 상기 감지 센서에서 항체가 도포된 영역으로 이해할 수 있다.

[0119] 예를 들어, 상기 면역분석법 기반의 감지 센서 표면에 직접적으로 바이오-에어로졸을 채집/측정도 가능하다.

[0120] 일 실시형태에 있어서, 상기 바이오-에어로졸 감지 센서에 입자와 결합하는 항체를 더 포함할 수 있다. 상기 항체는, 상기 입자와 결합하는 항체인 것일 수 있다. 따라서, 온전하게 채집된 농축된 입자들은 항원-항체 반응을 일으켜 센서를 이용한 감지가 가능하고, 신속하게 현장 측정이 가능하다.

[0121] 일 실시형태에 있어서, 상기 3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치는, 채집 공기 유속이 평균 0.2 m/sec 내지 10 m/sec; 0.2 m/sec 내지 8 m/sec; 0.2 m/sec 내지 6 m/sec; 0.4 m/sec 내지 10 m/sec; 0.4 m/sec 내지 8 m/sec; 또는 0.6 m/sec 내지 10 m/sec;인 것일 수 있다.

[0122] 유입관 내 채집 공기의 유속이 성능 평가에 매우 중요하다. 본 발명의 3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치는 평균 유속이 6 m/sec (종래 장치의 20 배 내지 30 배 높음)까지도 입자의 채집이 가능하다. 유속이 큰 경우 공기 중 입자가 응축되기 어렵다.

[0123] 일 실시형태에 있어서, 상기 3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치는, 채집 공기 유량 1 LPM 내지 10 LPM; 1 LPM 내지 8 LPM; 1 LPM 내지 5 LPM; 1 LPM 내지 3 LPM; 3 LPM 내지 10 LPM; 3 LPM 내지 8 LPM; 3 LPM 내지 5 LPM; 5 LPM 내지 10 LPM; 5 LPM 내지 8 LPM; 또는 8 LPM 내지 10 LPM;에서, 공기 중 바이오 입자를 5×10^3 내지 2×10^6의 농축비율로 포집 및 농축하는 것일 수 있다.

[0124] 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치는 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.

[0125] 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치는, 다양한 공간적 위치에서 공기 중 입자의 샘플링이 가능하고, 높은 채집 유량에서 높은 채집효율로 공기 중 입자를 고농축시킬 수 있다. 그리고, 채집과정에서 입자에 가해지는 충격을 최소화하여 면역분석법을 통해 공기 중 바이러스, 박테리아, 포자 등을 신속 (현장), 정확하게 측정 가능하다.

[0127] 본 발명의 다른 실시예에 따른 3차원 샘플링이 가능한 전기식 공기 중 입자 농축 장치는, 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 유동 입구는, 외부에서 입자가 포함된 공기가 유입되는 샘플링 프로브;를 더 포함한다.

[0128] 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 샘플링이 가능한 전기식 공기 중 입자 농축 장치는, 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.

[0129] 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 샘플링이 가능한 전기식 공기 중 입자 농축 장치는, 상기 채집 용액 출구로부터 배출된 채집 용액 내 입자를 채집하는 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 시료 채집기를 포함함으로써, 시간이나 장소 등을 변경하면서 여러 회에 걸쳐 시료를 반복 채집하는 것이 가능하므로, 신속하고 정확한 시료 채집을 통해 공기 중 입자 측정시 정확도 및 작업효율을 향상시키는 것이 가능하다.

[0130] 일 실시형태에 있어서, 상기 본체는, 내부 공간을 형성하고, 사면체 형상으로 이루어져 있다. 상기 본체가 직육면체 형상으로 이루어진 것으로 도시되어 있으나, 상면, 하면 및 측면으로 구성된 원통형일 수도 있다.

[0131] 일 실시형태에 있어서, 상기 본체는, 가로가 긴 사면체 형상인 것일 수 있다. 예를 들어, 상기 본체는 가로가 150 mm 내지 200 mm; 150 mm 내지 180 mm; 150 mm 내지 160 mm; 170 mm 내지 200 mm; 또는 170 mm 내지 180 mm;이고, 세로가 30 mm 내지 100 mm; 30 mm 내지 80 mm; 30 mm 내지 60 mm; 30 mm 내지 40 mm; 50 mm 내지 100 mm; 50 mm 내지 80 mm; 50 mm 내지 60 mm; 70 mm 내지 100 mm; 70 mm 내지 80 mm; 또는 80 mm 내지 100 mm;인 것일 수 있다. 바람직하게는, 상기 본체는 가로가 170 mm이고, 세로가 50 mm인 것일 수 있다.

[0132] 일 실시형태에 있어서, 상기 유동 입구는 상기 본체 상부에 설치되어 공기 중 입자들이 상기 본체 내로 유입되는 것일 수 있다.

[0133] 일 실시형태에 있어서, 상기 유동 입구는 상기 본체의 상부가 상기 본체의 형상대로 가로가 긴 직사각형으로 개방되어 있고, 상기 직사각형 입구로부터 상기 본체 외부까지 상면 및 하면이 개방된 사면체 형상으로 연장되어 있다.

[0134] 일 실시형태에 있어서, 상기 유동 입구의 단면은 가로가 120 mm 내지 170 mm; 120 mm 내지 150 mm; 120 mm 내지 130 mm; 140 mm 내지 170 mm; 140 mm 내지 150 mm; 또는 150 mm 내지 170 mm;이고, 세로가 2 mm 내지 10 mm; 2 mm 내지 8 mm; 2 mm 내지 6 mm; 2 mm 내지 4 mm; 4 mm 내지 10 mm; 4 mm 내지 8 mm; 4 mm 내지 6 mm; 6 mm 내지 10 mm; 6 mm 내지 8 mm; 또는 8 mm 내지 10 mm;인 것일 수 있다.

[0135] 일 실시형태에 있어서, 상기 샘플링 프로브는, 수직, 수평 또는 이 둘을 포함하는 방향으로 연장 가능한 것일 수 있다.

[0136] 일 실시형태에 있어서, 상기 샘플링 프로브는 일자형인 것일 수 있다.

[0137] 샘플링 프로브는 상기 유동입구로부터 수직 방향으로 연장 가능한 것일 수 있다.

[0138] 상기 수직 방향 연장 가능한 샘플링 프로브의 길이(A)는 5 cm 내지 5 m; 5 cm 내지 4 m; 5 cm 내지 3 m; 5 cm 내지 2 m; 5 cm 내지 1 m; 5 cm 내지 50 cm; 50 cm 내지 5 m; 50 cm 내지 4 m; 50 cm 내지 3 m; 50 cm 내지 2 m; 50 cm 내지 1 m; 1 m 내지 5 m; 1 m 내지 4 m; 1 m 내지 3 m; 1 m 내지 2 m; 2 m 내지 5 m; 2 m 내지 4 m; 2 m 내지 3 m; 3 m 내지 5 m; 3 m 내지 4 m; 또는 4 m 내지 5 m;인 것일 수 있다.

[0139] 따라서, 상기 샘플링 프로브는 상기 유동 입구의 연장 선상인 것일 수 있다.

[0140] 일 실시형태에 있어서, 상기 샘플링 프로브는, 도 2에 설명한 바와 같이, 공기의 유동 방향으로 일정 각도 절곡된 제1 절곡부; 상기 제1 절곡부로부터 수평 방향으로 연장되고 공기의 유동 방향으로 일정각도 절곡된 제2 절곡부;를 더 포함할 수 있다.

[0141] 본 발명의 샘플링 프로브는, 제1 절곡부(116) 및 제2 절곡부(118)를 포함한다.

[0142] 일 실시형태에 있어서, 상기 제1 절곡부 및 상기 제2 절곡부는, 각각, 0 ° 내지 180 ° ; 0 ° 내지 150 ° ; 0 ° 내지 130 ° ; 0 ° 내지 100 ° ; 0 ° 내지 70 ° ; 0 ° 내지 50 ° ; 0 ° 내지 30 ° ; 30 ° 내지 180 ° ; 30 ° 내지 150 ° ; 30 ° 내지 130 ° ; 30 ° 내지 100 ° ; 30 ° 내지 70 ° ; 30 ° 내지 50 ° ;

[0143] 50 ° 내지 180 ° ; 50 ° 내지 150 ° ; 50 ° 내지 130 ° ; 50 ° 내지 100 ° ; 50 ° 내지 70 ° ; 70 ° 내지 180 ° ; 70 ° 내지 150 ° ; 70 ° 내지 130 ° ; 70 ° 내지 100 ° ; 100 ° 내지 180 ° ; 100 ° 내지 150 ° ; 100 ° 내지 130 ° ; 130 ° 내지 180 ° ; 130 ° 내지 150 ° ; 또는 150 ° 내지 180 ° 절곡된 것일 수 있다.

[0144] 상기 제1 절곡부(116)는 상기 유동 입구로부터 유입된 공기의 유동 방향으로 'ㄴ' 형상으로 절곡된 것일 수 있다.

[0145] 상기 제2 절곡부(118)는 상기 유동 입구로부터 수평 방향으로 연장되고 상기 공기의 유동 방향으로 'ㄱ' 형상으로 굴곡된 것일 수 있다.

[0146] 일 실시형태에 있어서, 상기 샘플링 프로브의 유입구로부터 상기 제1 절곡부까지의 길이(B)는 5 cm 내지 5 m; 5 cm 내지 4 m; 5 cm 내지 3 m; 5 cm 내지 2 m; 5 cm 내지 1 m; 5 cm 내지 50 cm; 50 cm 내지 5 m; 50 cm 내지 4 m; 50 cm 내지 3 m; 50 cm 내지 2 m; 50 cm 내지 1 m; 1 m 내지 5 m; 1 m 내지 4 m; 1 m 내지 3 m; 1 m 내지 2 m; 2 m 내지 5 m; 2 m 내지 4 m; 2 m 내지 3 m; 3 m 내지 5 m; 3 m 내지 4 m; 또는 4 m 내지 5 m;인 것일 수 있다.

[0147] 일 실시형태에 있어서, 상기 제1 절곡부(116)로부터 상기 제2 절곡부(118)까지의 길이(C)는 5 cm 내지 5 m; 5 cm 내지 4 m; 5 cm 내지 3 m; 5 cm 내지 2 m; 5 cm 내지 1 m; 5 cm 내지 50 cm; 50 cm 내지 5 m; 50 cm 내지 4 m; 50 cm 내지 3 m; 50 cm 내지 2 m; 50 cm 내지 1 m; 1 m 내지 5 m; 1 m 내지 4 m; 1 m 내지 3 m; 1 m 내지 2 m; 2 m 내지 5 m; 2 m 내지 4 m; 2 m 내지 3 m; 3 m 내지 5 m; 3 m 내지 4 m; 또는 4 m 내지 5 m;인 것일 수 있다.

[0148] 일 실시형태에 있어서, 상기 제2 절곡부(118)를 축으로 하여 360° 회전 가능한 것일 수 있다.

[0149] 따라서, 상기 제1 절곡부(116)로부터 상기 제2 절곡부(118)까지의 길이(C)를 반지름으로 하는 원 모양으로 회전하는 것일 수 있다.

[0151] 본 발명의 일 실시예에 따른 일 실시예에 따른 3차원 샘플링이 가능한 전기식 공기 중 입자 농축 장치는, 높은 유량 및 좁은 채집 면적에서의 높은 채집효율로 공기 중 입자를 빠르게 농축시킬 수 있다.

[0152] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 전극은, 상기 본체 내 하부에 설치된다.

[0153] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 전극은, 고리 형태인 것일 수 있다.

[0154] 일 실시형태에 있어서, 상기 고리 형태는 직사각형, 정사각형, 원형 및 타원형으로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다. 바람직하게는, 직사각형 형태인 것일 수 있다.

[0155] 상기 채집 전극은 상기 본체 내 하부에서 고리 형태로 설치되어 있어 중간 부분은 비어 있는 상태이다. 상기 채집 용액 입구로부터 유입된 채집 용액이 흘러 채집 용액 출구로 배출되는 것일 수 있다.

[0157] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 전극의 단면은 단차있게 형성된 계단식 구조를 포함하는 것일 수 있다.

[0158] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 전극의 단면은 상기 본체 바닥면 기준 수평인 것일 수 있다.

[0159] 일 실시형태에 있어서, 상기 계단식 구조는 상기 본체 바닥면 기준 0 ° 초과 30 ° 이하; 0 ° 초과 25 ° 이

하; 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.

[0160] 본 발명의 일 실시예에 따른 채집 전극은 상기 계단식 구조는 본체 바닥면 기준 30 ° 의 각도로 이루어진 것일 수 있다.

[0161] 본 발명의 다른 실시예에 따른 채집 전극 구조는 수평으로 이루어진 것일 수 있다.

[0162] 채집 전극의 계단식 구조 각도가 30 ° 인 경우 단극 하전기(unipolar charger)에 의해 하전된 공기 중의 입자들이 입구를 통과하여 채집 전극과 전도사 전극 사이의 강한 전기장에 의해 채집되는 것을 알 수 있다.

[0163] 채집 전극이 수평인 경우 역시 채집 전극과 전도사 전극 사이의 강한 전기장에 의해 채집되는 것을 알 수 있다.

[0164] 예를 들어, 채집 전극은, 가운데가 올라와 있는 구조와 평평한 구조 두 개이다.

[0165] 일 실시형태에 있어서, 상기 계단식 구조는, 상기 채집 용액 입구 및 상기 채집 용액 출구 각각을 중심으로 대칭으로 이루어진 것일 수 있다.

[0166] 상기 채집 전극의 계단식 구조는 상기 채집 용액 입구를 중심으로 하여 대칭으로 같은 모양으로 이루어진 것일 수 있다.

[0167] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 전극은, 상기 유동 입구로부터 5 ㎜ 내지 100 ㎜; 5 ㎜ 내지 80 ㎜; 5 ㎜ 내지 60 ㎜; 5 ㎜ 내지 40 ㎜; 5 ㎜ 내지 20 ㎜; 5 ㎜ 내지 10 ㎜; 20 ㎜ 내지 100 ㎜; 20 ㎜ 내지 80 ㎜; 20 ㎜ 내지 60 ㎜; 20 ㎜ 내지 40 ㎜; 40 ㎜ 내지 100 ㎜; 40 ㎜ 내지 80 ㎜; 40 ㎜ 내지 60 ㎜; 60 ㎜ 내지 100 ㎜; 60 ㎜ 내지 80 ㎜; 또는 80 ㎜ 내지 100 ㎜; 이격되어 설치된 것일 수 있다.

[0168] 일 실시형태에 있어서, 상기 전도사 전극은, 상기 본체 내에서 상기 채집 전극 상부에 설치된 적어도 하나를 포함한다. 도 1, 도 4 및 도 5에 도시된 바와 같이, 상기 전도사 전극은 상기 본체 내를 관통하여 형성된 것일 수 있다.

[0169] 일 실시형태에 있어서, 상기 전도사 전극은, 관형의 긴 전극으로, 상기 본체를 가로질러 상기 유동 입구와 평행하게 설치되는 것일 수 있다.

[0170] 일 실시형태에 있어서, 상기 전도사 전극은, 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.

[0171] 바람직하게는, 상기 전도사 전극은 4 개를 포함하는 것일 수 있다.

[0172] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 용액 입구는, 상기 본체 하부에 설치되어 채집 용액이 상기 본체 내로 유입된다.

[0173] 본 발명에서 사용하는 용어 '전도사'는 전도성이 있는 가늘고 길게 만든 금속의 줄의 의미인 것일 수 있다.

[0174] 일 실시형태에 있어서, 상기 전도사 전극은, 철사, 스테인레스스틸사, 은사, 구리사, 니켈사, 티타늄사, 아연사, 탄소섬유사 및 금속성 물질이 코팅된 전극으로 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0175] 바람직하게는, 상기 전도사 전극은 철사인 것일 수 있다.

[0176] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 전극 과 상기 전도사 전극의 거리는 2 ㎜ 내지 6 ㎜ 이격되어 설치된 것일 수 있다. 상기 채집 전극과 상기 전도사 전극의 거리가 2 ㎜ 미만인 경우 입자가 채집전극에 다가오기 전에 퍼져서 채집 효율이 떨어지고, 철사에서의 전기장 세기가 너무 높아지면서 dielectric breakdown이 쉽게 발생할 수 있고, 6 ㎜ 초과인 경우 전기장의 세기가 약해져서 채집효율이 떨어지는 문제가 발생할 수 있다.

[0177] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 전극 및 상기 전도사 전극은 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 전극과 전도사 전극 사이의 강한 전기장에 의해 채집될 수 있다. 채집 전극과 전도사 전극 사이의 거리 및 채집 전극의 너비의 최적화를 전산모사를 이용해서 확인할 수도 있다. 이를 병렬로 만들어 공기 유량을 100

L/min로 확대 가능하다. 예를 들어, 5 개인 경우, 총 100 L/min이다.

[0178] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 용액 출구는 상기 채집 용액 입구 반대편에 설치되어, 공기 중 입자를 채집하는 도중에, 채집용액이 상기 입구에서 나와 상기 채집 전극 내를 흐른 후 상기 출구로 채집된 입자를 포함하며 배출된다.

[0179] 또는, 상기 채집 용액 입구에서 채집 용액이 나와, 상기 채집 전극 위 에 머문 후, 채집이 다 끝난 뒤 상기 채집 용액 출구로 채집된 입자를 포함하며 배출될 수도 있다.

[0180] 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 ° ; 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.

[0181] 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.

[0182] 바람직하게는, 상기 채집 용액은, 인산 완충 식염수(PBS)인 것일 수 있다.

[0183] 일 실시형태에 있어서, 상기 입자는, 바이러스, 박테리아, 진균 또는 기타 유래의 병원균으로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0184] 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.

[0185] 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.

[0186] 본 발명의 일 실시예에 따른 전기식 공기 중 입자 농축 장치는, 적어도 하나의 유동 출구;를 더 포함하고, 상기 유동 출구는 상기 본체 하부, 상부 또는 둘 모두에 설치되는 것일 수 있다. 본체의 하부에 총 4 개의 유동 출구가 형성될 수 있으나, 상부 및 측면에 형성될 수도 있고, 상부 및 하부 모두에 2개 이상의 유동 출구가 설치될 수도 있다.

[0187] 일 실시형태에 있어서, 상기 전기식 공기 중 입자 농축 장치는, 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.

[0188] 본 발명의 일 실시예에 따른 전기식 공기 중 입자 농축 장치는 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.

[0189] 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 샘플링이 가능한 전기식 공기 중 입자 농축 장치는 샘플링 프로브에 의해 다양한 공간적 위치에서 샘플링이 가능하다. 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 채집효율을 전산 모사를 통해 확인할 수 있다.

[0190] 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.

[0191] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

[0193] 100: 3차원 샘플링이 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치

110: 샘플링 프로브

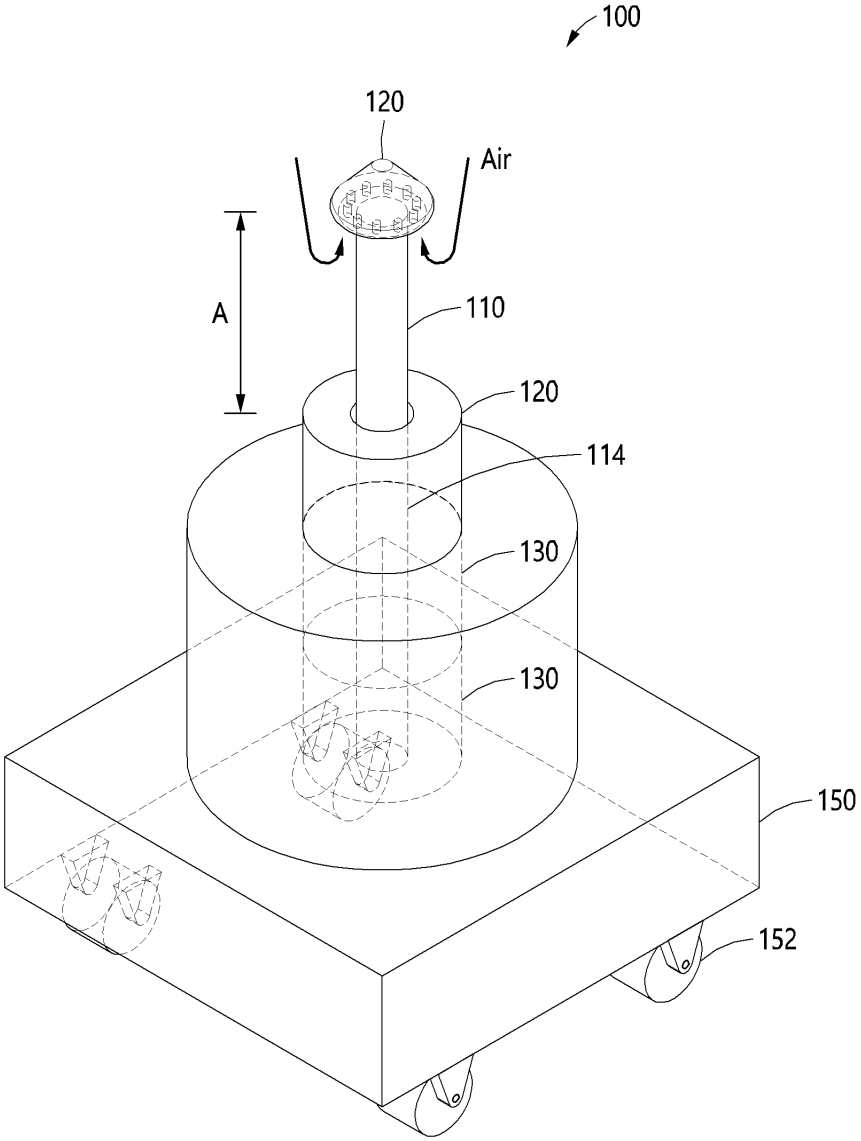
120: 포화부

130: 성장부

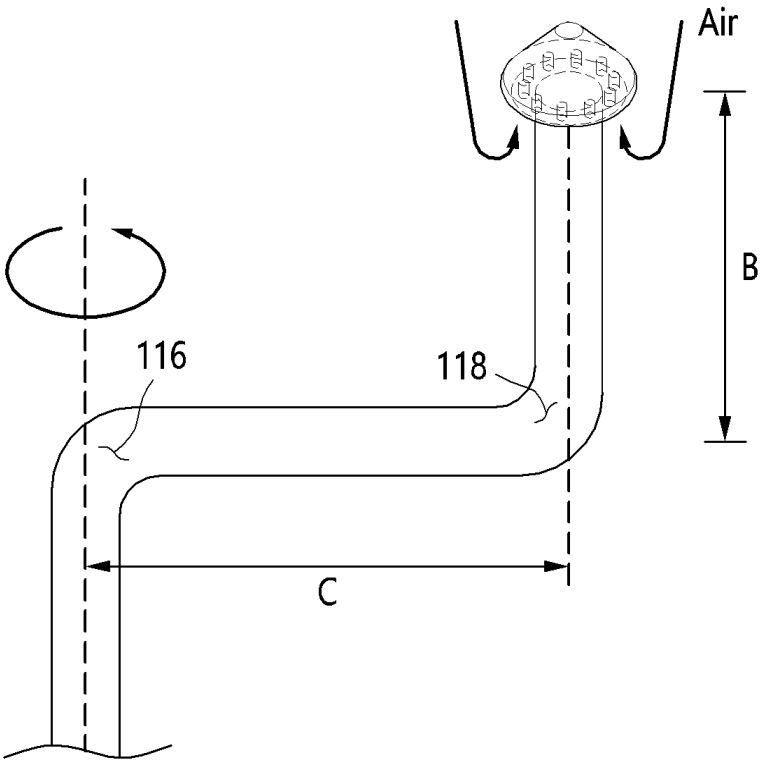
140: 채집부

도면

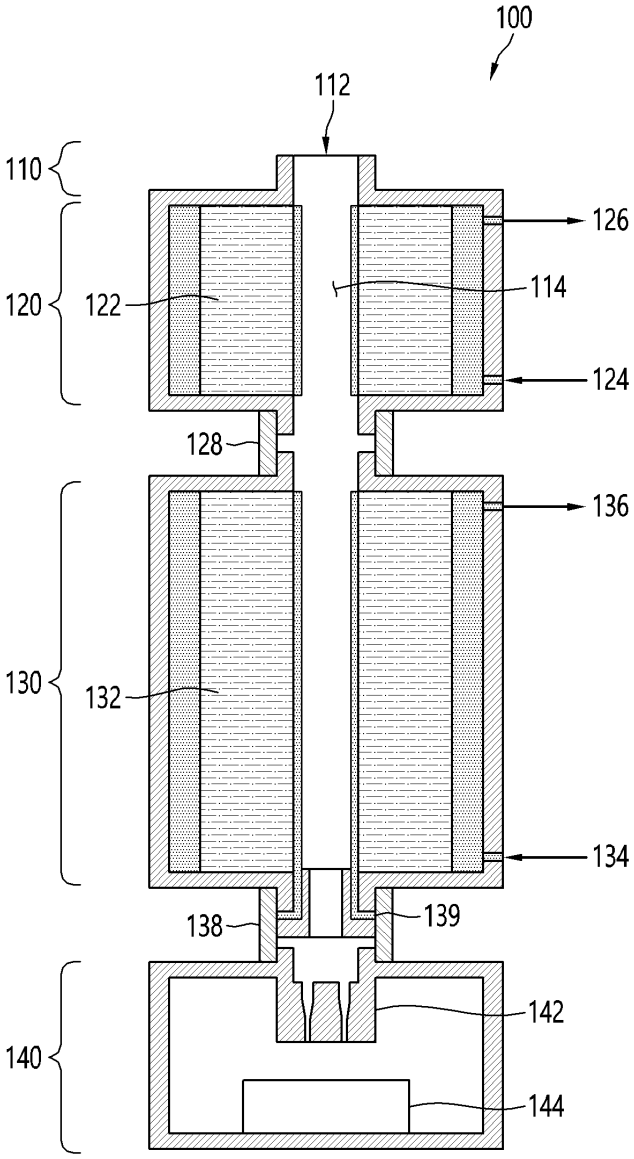
도면1



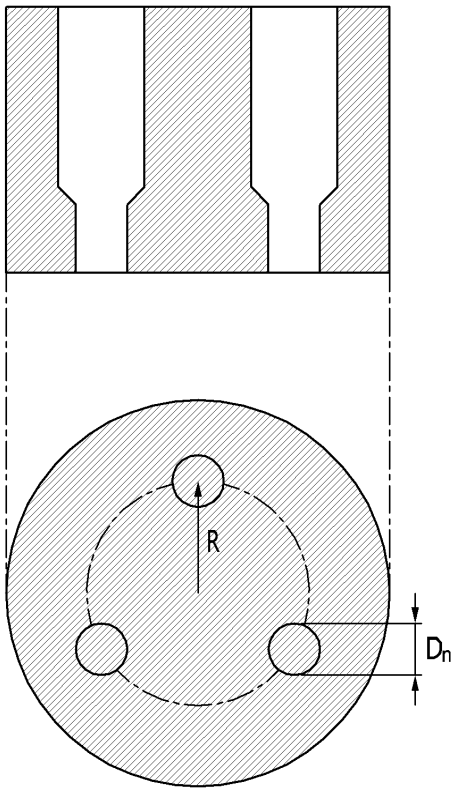
도면2



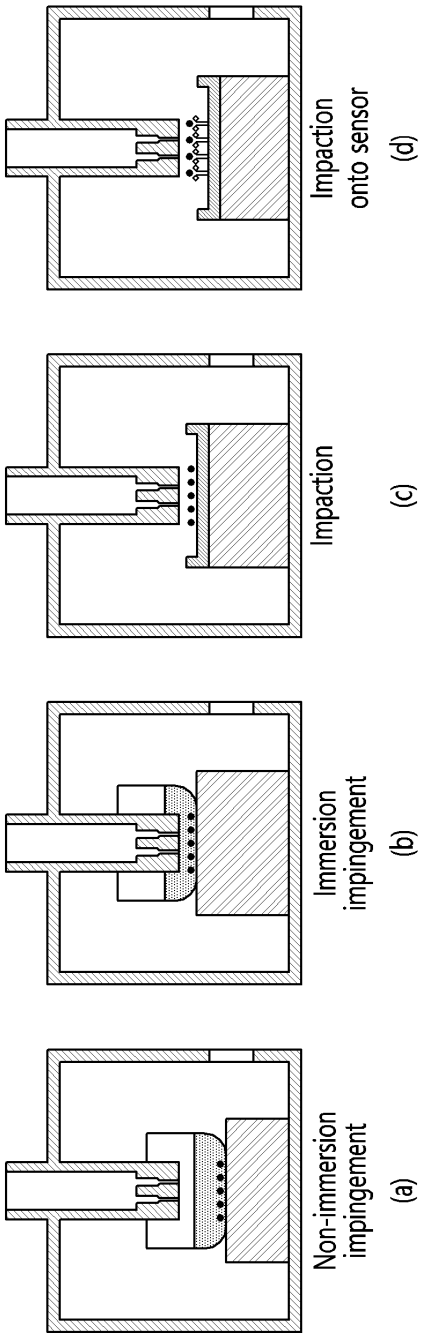
도면3


100
112
110
120
122
126
114
124
128
130
132
136
134
138
139
140
142
144

도면4



도면5


Non-immersion impingement
(a)
Immersion impingement
(b)
Impaction
(c)
Impaction onto sensor
(d)