(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0029194
(43) 공개일자 2024년03월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 1/40 (2006.01) *G01N 1/22* (2006.01)
G01N 15/02 (2024.01) *G01N 33/53* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 1/4022 (2013.01)
G01N 1/2273 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0107358
(22) 출원일자 2022년08월26일
심사청구일자 2022년08월26일

(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

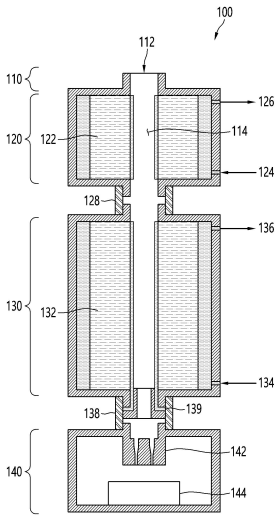
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 **수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치**

(57) 요 약

본 발명은, 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치에 관한 것으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치는, 외부에서 입자가 포함된 공기가 유입되는 유입부; 상기 유입부로부터 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 15/02 (2024.01)
G01N 33/53 (2018.05)
G01N 2001/4033 (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 1/3
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 1/3
과제수행기관명 울산과학기술원
연구기간 2022.03.01 ~ 2023.02.28
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711159771
과제번호 2017-0-01635-006
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원
연구사업명 정보통신방송혁신인재양성
연구과제명 자가충전형 초소형 전국단위 위치추적 시스템 원천기술 개발
기 여 율 1/3
과제수행기관명 울산과학기술원
연구기간 2022.01.01 ~ 2022.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

외부에서 입자가 포함된 공기가 유입되는 유입부;

상기 유입부로부터 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,

수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 유입부는,

유입구; 및

입자가 포함된 공기가 유입부, 포화부, 성장부 및 채집부를 관통하여 흐르는 유입관;

을 포함하는 것인,

수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 유입관은, 복수 개를 포함하고,

상기 복수 개의 유입관은 병렬로 연결된 것인,

수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

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

수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

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

저온수 주입구; 및

저온수 배출구;

를 포함하는 것인,

수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 포화부는, 내부의 온도가 1 ℃ 내지 10 ℃로 유지되는 것인,

수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 성장부는,

외벽에 30 ℃ 내지 60 ℃의 고온 항온수가 흐르는 고온수 유로;

고온수 주입구; 및

고온수 배출구;

를 포함하는 것인,

수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 성장부는, 내부의 온도가 30 ℃ 내지 60 ℃로 유지되는 것인,

수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 성장부 하단에는 수분 배수구;

를 더 포함하는,

수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 채집부는,

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

수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 채집 노즐은, 3 개의 노즐을 포함하고,

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

수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 12

제10항에 있어서,

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

수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 13

제10항에 있어서,

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

를 더 포함하는,

수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 포화부와 상기 성장부 사이; 및

상기 성장부와 상기 채집부 사이;

는 단열부;

를 더 포함하는,

수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 15

제1항에 있어서,

수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치는 원통형인 것인,

수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 16

제1항에 있어서,

상기 입자는, 바이러스, 박테리아, 진균, 포자 및 기타 유래의 병원균으로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것인,

수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

청구항 17

제1항에 있어서,

상기 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,

수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 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 채집기로는 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.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 목적은, 높은 채집 유량에서 높은 채집효율로 공기 중 입자를 농축시키고, 채집과정에서 입자에 가해지는 충격을 최소화하여 공기 중 바이러스, 박테리아, 포자 등을 신속, 정확하게 측정 가능한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치를 제공하는 것이다.

[0009] 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

[0011] 본 발명의 일 실시예에 따른 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치는, 외부에서 입자가 포함된 공기가 유입되는 유입부; 상기 유입부로부터 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.

[0012] 일 실시형태에 있어서, 상기 유입부는, 유입구; 및 입자가 포함된 공기가 유입부, 포화부, 성장부 및 채집부를 관통하여 흐르는 유입관;을 포함하는 것일 수 있다.

[0013] 일 실시형태에 있어서, 상기 유입관은, 복수 개를 포함하고, 상기 복수 개의 유입관은 병렬로 연결된 것일 수 있다.

[0014] 일 실시형태에 있어서, 상기 포화부 및 상기 성장부는, 각각, 다공성 세라믹 튜브로 둘러싸인 것일 수 있다.

[0015] 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.

[0016] 일 실시형태에 있어서, 상기 포화부는, 내부의 온도가 1 ℃ 내지 10 ℃로 유지되는 것일 수 있다.

[0017] 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.

[0018] 일 실시형태에 있어서, 상기 성장부는, 내부의 온도가 30 ℃ 내지 60 ℃로 유지되는 것일 수 있다.

[0019] 일 실시형태에 있어서, 상기 성장부 하단에는 수분 배수구;를 더 포함할 수 있다.

[0020] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집부에서는, 상기 성장한 입자들이 채집 노즐에 의해 가속되어 액체 위, 액체 속 또는 고체 위에서 채집되는 것일 수 있다.

[0021] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 노즐은, 3 개의 노즐을 포함하고, 각각의 노즐은, 중심으로부터 같은 거리에 원의 둘레를 따라 120 ° 간격으로 이격된 것일 수 있다.

[0022] 일 실시형태에 있어서, 상기 3 개의 노즐을 원주로 하는 동심원의 반지름(R)은, 1.5 mm 내지 10 mm인 것일 수 있다.

[0023] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 노즐 하단에 면역분석법(immunoassay) 기반의 바이오-에어로졸 감지 센서;를 더 포함할 수 있다.

[0024] 일 실시형태에 있어서, 상기 성장한 입자들이 상기 바이오-에어로졸 감지 센서 위에서 채집되는 것일 수 있다.

[0025] 일 실시형태에 있어서, 상기 포화부와 상기 성장부 사이; 및 상기 성장부와 상기 채집부 사이;는 각각, 단열재로 둘러싸인 것일 수 있다.

[0026] 일 실시형태에 있어서, 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치는 원통형인 것일 수 있다.

[0027] 일 실시형태에 있어서, 상기 입자는, 바이러스, 박테리아, 진균, 포자 및 기타 유래의 병원균으로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0028] 일 실시형태에 있어서, 상기 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.

발명의 효과

[0030] 본 발명의 일 실시예에 따른 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치는, 높은 채집 유량에서 높은 채집효율로 공기 중 입자를 고농축시킬 수 있다. 또한, 채집과정에서 입자에 가해지는 충격을 최소화하여 면역분석법을 통해 공기 중 바이러스, 박테리아, 포자 등을 신속 (현장), 정확하게 측정 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치의 단면도를 나타낸다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 채집 노즐을 나타낸 개략적인 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치의 채집 방식을 나타낸 도면이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 (a) 성장부의 온도에 따른 최종 입자의 크기 분포 그래프이고, (b) 채집 유량을 3 LPM부터 6 LPM까지 변화시키며 측정한 최종 입자의 크기 분포 그래프이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치의 입구와 출구에서 측정한 공기 중 MS2 바이러스의 수 농도를 이용해서 계산한 채집 유량 6 LPM에서의 물리적 채집효율을 나타낸 그래프이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치를 이용하여 바이러스를 에어로졸화 시키기 전의 초기 PFU 농도 대비 장치를 통해 채집된 바이러스의 상대적인 농도 비율(RIVC)을 나타낸 그래프이다.

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 1 LPM부터 6 LPM까지 측정된 노즐의 간격에 따른 입자의 채집 효율을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033] 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.

[0034] 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.

[0035] 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.

[0037] 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.

[0038] 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.

[0039] 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.

[0041] 이하, 본 발명의 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치에 대하여 실시예 및 도면을 참조하여 구체적으로 설명하도록 한다. 그러나, 본 발명이 이러한 실시예 및 도면에 제한되는 것은 아니다.

[0043] 본 발명의 일 실시예에 따른 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치는, 외부에서 입자가 포함된 공기가 유입되는 유입부; 상기 유입부로부터 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.

[0044] 본 발명의 일 실시예에 따른 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치는, 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. 또한, 이 농축된 생물입자들을 항원-항체 반응을 통해 현장 측정도 가능하다.

[0046] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치의 단면도를 나타낸다.

[0047] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치(100)는, 유입부(110), 포화부(120), 성장부(130) 및 채집부(140)를 포함한다.

[0048] 일 실시형태에 있어서, 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치(100)는 전체적으로 원통형인 것일 수 있다.

[0049] 예를 들어, 상기 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치(100)는, 포화부(120), 성장부(130) 및 채집부(140) 각각이 상면과 측면으로 구성된 원통형 몸체를 가지는 것일 수도 있고, 도면에는 도시되어 있지 않지만, 유입부(110), 포화부(120), 성장부(130) 및 채집부(140)를 포함하는 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치 전체 몸체가 일체형으로 형성된 상면과, 측면으로 구성된 원통형 몸체를 가지는 것일 수 있다.

[0050] 일 실시형태에 있어서, 상기 원통형 몸체의 상면에는 원통형 몸체를 관통하도록 형성되어 공기를 내부로 유입하는 유입부(110)가 형성된다.

[0051] 일 실시형태에 있어서, 상기 유입부(110)는, 유입구(112); 및 상기 입자가 포함된 공기가 유입부(110), 포화부(120), 성장부(130) 및 채집부(140)를 관통하여 흐르는 유입관(114);을 포함할 수 있다.

[0052] 일 실시형태에 있어서, 상기 유입부(110)는, 외부에서 입자, 예를 들어, 바이오 입자가 포함된 공기가 유입된다.일 실시형태에 있어서, 상기 입자는, 바이러스, 박테리아, 진균, 포자 및 기타 유래의 병원균으로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0053] 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.

[0054] 일 실시형태에 있어서, 상기 유입관(114)은 원통형 형상이고, 상기 포화부(120), 성장부(130) 및 채집부(140) 가운데를 관통하는 형태로 공기 중 입자가 흐르는 유로를 형성하는 것일 수 있다.

[0055] 일 실시형태에 있어서, 상기 유입관(114)은, 복수 개를 포함할 수 있다.

[0056] 도면에는 하나의 유입관만 도시되어 있지만, 복수 개의 유입관이 병렬로 연결되어 전체 유량을 증가시킬 수 있다.

[0057] 일 실시형태에 있어서, 상기 포화부(120), 성장부(130) 및 채집부(140) 각각은 원통형인 것일 수 있다.

[0058] 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.

[0059] 일 실시형태에 있어서, 상기 포화부(120) 및 상기 성장부(130)는, 각각, 다공성 세라믹 튜브(122, 132)으로 둘러싸인 것일 수 있다.

[0060] 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.

[0061] 일 실시형태에 있어서, 상기 포화부(120)는, 상기 유입부로부터 유입된 입자의 성장에 필요한 온도 및 습도 조건을 유지하는 것일 수 있다.

[0062] 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.

[0063] 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.

[0064] 일 실시형태에 있어서, 상기 포화부(120)는, 내부의 온도가 1 ℃ 내지 10 ℃로 유지되는 것일 수 있다.

[0065] 일 실시형태에 있어서, 상기 포화부(120)의 내부는 상기 포화부(120) 외벽으로 흐르는 저온 항온수에 의해 1 ℃ 내지 10 ℃로 유지되는 것일 수 있다.

[0066] 일 실시형태에 있어서, 상기 성장부(130)는, 상기 포화부(120)로부터 유입된 공기에 포함된 입자를 성장시키는 것일 수 있다.

[0067] 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.

[0068] 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.

[0069] 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.

[0070] 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.

[0071] 일 실시형태에 있어서, 상기 성장부(130)의 내부는 상기 성장부(130) 외벽으로 흐르는 고온 항온수에 의해 30 ℃ 내지 60 ℃로 유지되는 것일 수 있다.

[0072] 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.

[0073] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집부(140)는, 상기 성장부로부터 성장한 입자를 채집하는 것일 수 있다.

[0074] 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.

[0075] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 채집 노즐을 나타낸 도면이다.

[0076] 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.

[0077] 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 ㎜ 내지 8 ㎜; 8 ㎜ 내지 10 ㎜; 인 것일 수 있다.

[0078] 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.

[0079] 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.

[0080] 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.

[0081] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치의 채집 방식을 나타낸 도면이다.

[0082] 도 3의 (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.

[0083] 종래의 바이오-에어로졸을 채집하는 장치들은, 고체 위에 채집할 경우 채집과정에서 바이러스 또는 박테리아의 표면이 충돌/건조화되어, 주로 액체 위/액체 속에 채집한다.

[0084] 그러나, 본 발명의 일 실시예에 따른 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치는, 농축-측정기 내부의 공기가 다량의 수증기를 머금고 있어 도 3의 (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.

[0085] 일 실시형태에 있어서, 상기 채집 노즐 하단에 면역분석법(immunoassay) 기반의 상기 입자에 대한 감지 센서;를 더 포함할 수 있다.

[0086] 일 실시형태에 있어서, 상기 감지 센서는, 어떤 형태의 면역 센서로 구비되어도 무방하다. 채집 부위는 상기 감지 센서에서 항체가 도포된 영역으로 이해할 수 있다.

[0087] 예를 들어, 상기 면역분석법 기반의 감지 센서 표면에 직접적으로 바이오-에어로졸을 채집/측정도 가능하다.

[0088] 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.

[0089] 일 실시형태에 있어서, 상기 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.

[0090] 유입관 내 채집 공기의 유속이 성능 평가에 매우 중요하다. 본 발명의 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.

[0091] 일 실시형태에 있어서, 상기 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.

[0092] 본 발명의 일 실시예에 따른 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.

[0093] 본 발명의 일 실시예에 따른 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치는, 높은 채집 유량에서 높은 채집효율로 공기 중 입자를 고농축시킬 수 있다. 또한, 채집과정에서 입자에 가해지는 충격을 최소화하여 면역분석법을 통해 공기 중 바이러스, 박테리아, 포자 등을 신속 (현장), 정확하게 측정 가능하다.

[0095] 이하, 실시예 및 비교예에 의하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다.

[0096] 단, 하기 실시예는 본 발명을 예시하기 위한 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[0098] **[실시예]**

[0099] 도 1과 동일한 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치를 준비하였다.

[0100] 포화부와 성장부는, 각각, 다공성 세라믹 튜브의 외벽에 일정한 온도의 물을 순환시켜 튜브 내벽의 온도 및 습도를 일정하게 유지시켜 주었다. 이때, 포화부는 1-10 ℃ 내외의 차가운 물, 성장부는 30-60 ℃ 내외의 따뜻한 물을 사용하여, 둘 사이의 온도 차에 따른 수분 응축이 일어난다. 포화부와 성장부의 온도 및 유입부로 들어오는 공기 유량에 따른 최종 입자의 크기를 실험을 통해 확인하였다.

[0101] 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치의 포화부의 온도는 5 ℃, 채집 유량은 3 LPM 내지 6 LPM으로 조절하였고, 성장부의 온도를 30 ℃부터 45 ℃까지 변화시키며 측정 입자를 측정하였다.

[0102] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 (a) 성장부의 온도에 따른 최종 입자의 크기 분포 그래프이고, (b) 채집 유량을 3 LPM부터 6 LPM까지 변화시키며 측정한 최종 입자의 크기 분포 그래프이다.

[0103] 도 4의 (a)를 참조하면, 포화부의 온도가 5 ℃, 채집 유량이 3 LPM으로 고정된 상태에서 성장부의 온도를 30 ℃부터 45 ℃까지 변화시키며 측정한 최종 입자의 크기 분포 그래프이다.

[0104] 도 4의 (b)를 참조하면, 포화부의 온도가 5 ℃, 성장부의 온도가 45 ℃로 고정된 상태에서 채집 유량을 3 LPM부터 6 LPM까지 변화시키며 측정한 최종 입자의 크기 분포 그래프이다.

[0105] 도 4의 (a) 및 (b)를 참조하면, 수십 나노미터 크기의 공기 중 입자가 본 발명의 실시예에 따른 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치를 통과한 최종 크기(Count median diameter; CMD)는 유량이 증가함에 따라 감소했으며, 3 L/min에서 1.86 ㎛, 6 L/min에서 1.44 ㎛로 측정되었다. 채집부의 노즐을 사용해 고상에 충돌시킨 입자의 채집효율은 3-6 L/min 범위에서 90% 이상을 보였다

[0107] 본 발명의 실시예에 따른 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치의 채집부에서는 표면에 수분이 응축되어 크기가 커진 입자들이 노즐에 의해 가속되어 액체 위/액체 속 또는 고체 위에 높은 효율로 채집하였다. 입자의 채집효율과 채집과정에서의 손상 여부는 실험을 통해 확인하였다.

[0108] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치의 입구와 출구에서 측정한 공기 중 MS2 바이러스의 수 농도를 이용해서 계산한 채집 유량 6 LPM에서의 물리적 채집효율을 나타낸 그래프이다.

[0109] 도 5를 참조하면, 고체 위로 바이러스를 채집할 경우 채집 효율이 가장 높은 것을 확인할 수 있다. 도 5는 공기 중의 MS2 바이러스에 대한 채집효율을 나타낸다.

[0110] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치를 이용하여 바이러스를 에어로졸화 시키기 전의 초기 Plaque Forming Unit (PFU) 농도 대비 장치를 통해 채집된 바이러스의 상대적인 농도 비율(Relative Infectious Virus Concentration; RIVC)을 나타낸 그래프이다.

[0111] 도 6에서, 괄호 안의 숫자는 대표적인 바이오-에어로졸 채집기로 널리 사용되는 SKC BioSampler의 RIVC 값 대비 GVC의 RIVC 값을 나타낸다.

[0112] 도 6을 참조하면, 채집 유량이 1 - 6 LPM으로 증가할때, 6 LPM에서 채집된 MS2 바이러스의 상대적인 농도 비율이 가장 높은 것을 확인할 수 있다. 즉, 채집 유량이 6 LPM일 때 채집액의 농도가 가장 높다. 그리고 이 경우, SKC BioSampler로 채집한 용액의 농도 대비 60 배 정도이다.

[0113] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 1 LPM부터 6 LPM까지 측정된 노즐의 간격에 따른 입자의 채집 효율을 나타낸다.

[0114] 도 7을 참조하면, 노즐 동심원의 반지름 R에 관해서는, 중심-노즐 거리가 1-3 ㎜ 범위에서 조절되었고, 노즐 사이의 간격이 좁아짐에 따라 입자의 채집효율이 감소하는 경향을 보였다. 채집 유량 6 L/min에서 중심-노즐 거리가 3.5 ㎜ 일 때 채집효율은 90 % 정도, 1.5 ㎜ 일 때 80 % 정도이다.

[0115] 이를 통하여, 공기 중 입자가 흐르는 관을 여러 개 병렬로 사용할 때 즉, 여러 개의 노즐을 사용해야 할 경우,

채집 효율을 감소시키지 않고도 전체 유량 및 농축비를 증가시킬 수 있음을 확인하였다.

[0117] 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.

[0118] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

[0120] 100: 수분 응축 기반 공기 중 입자 농축-측정 장치

110: 유입부

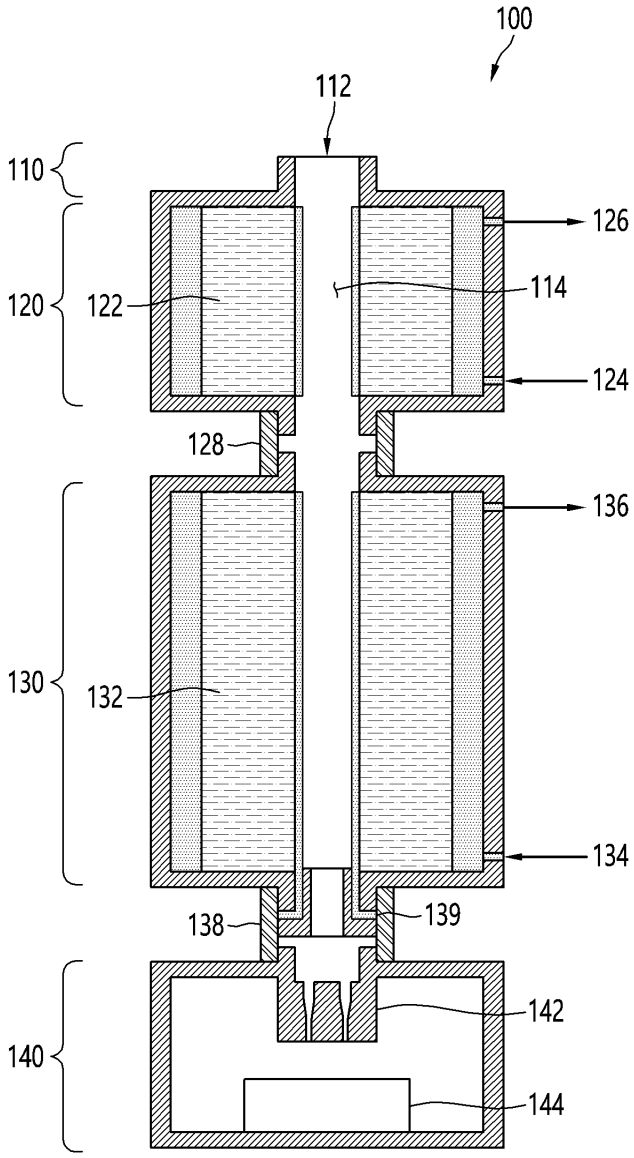
120: 포화부

130: 성장부

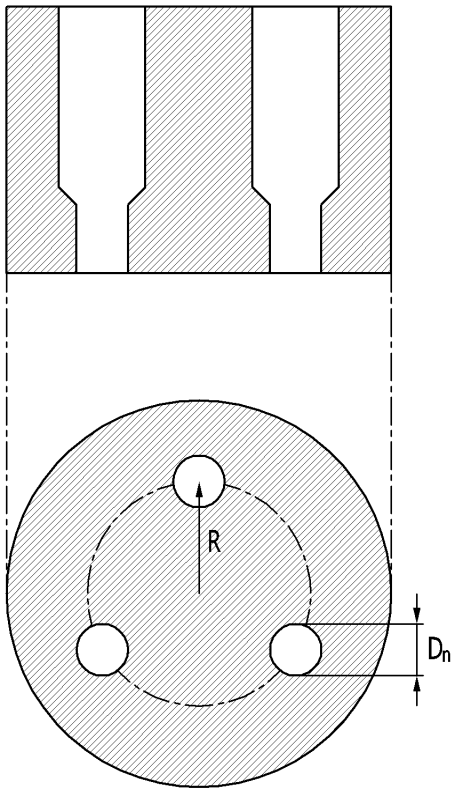
140: 채집부

도면

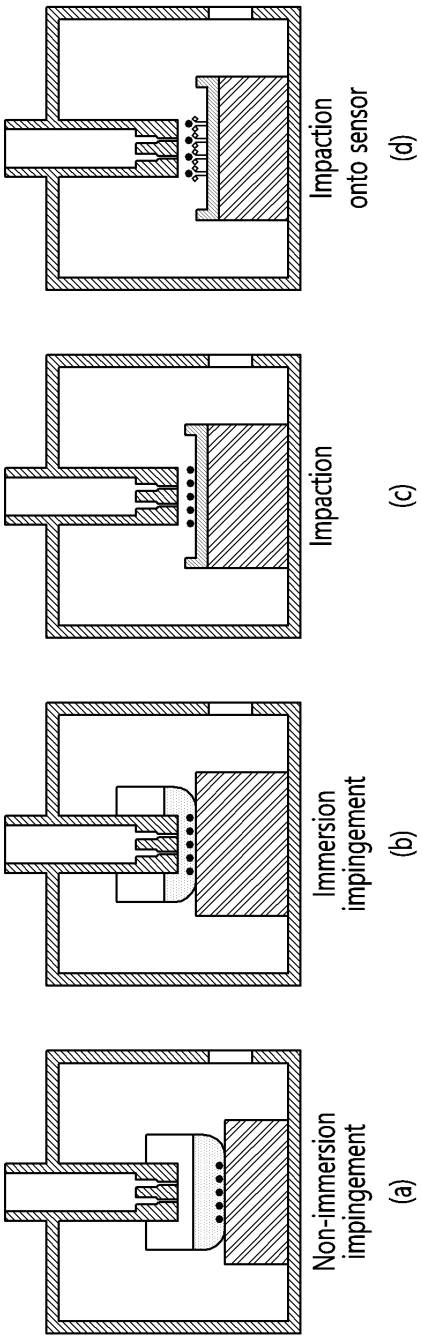
도면1


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

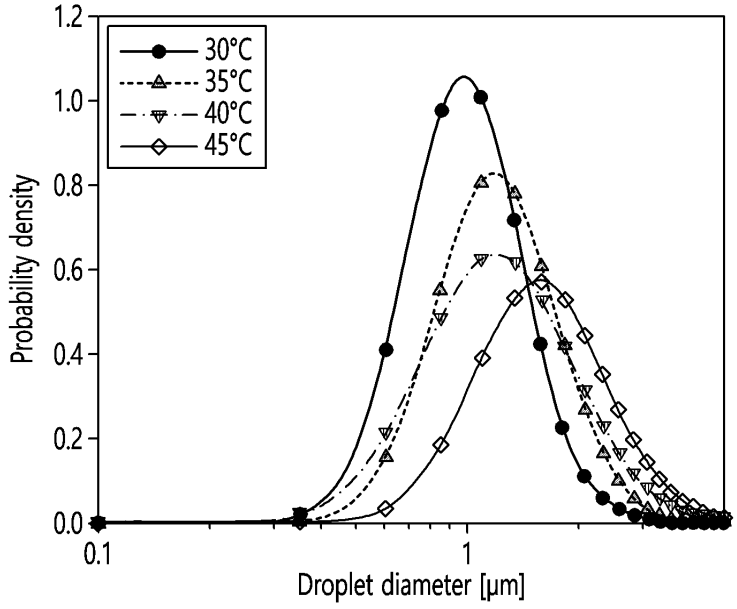
도면2



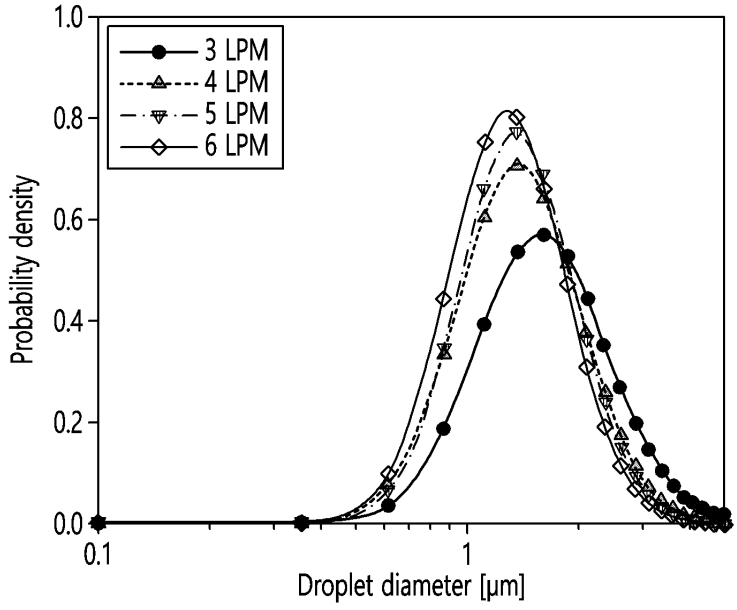
도면3


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

도면4

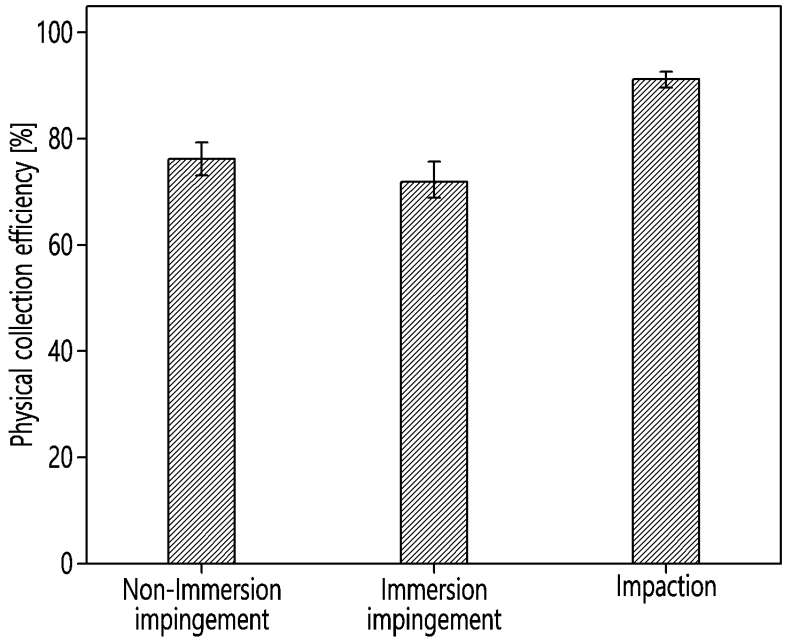

30°C
35°C
40°C
45°C
Probability density
Droplet diameter [μm]
0.1
1
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2

(a)

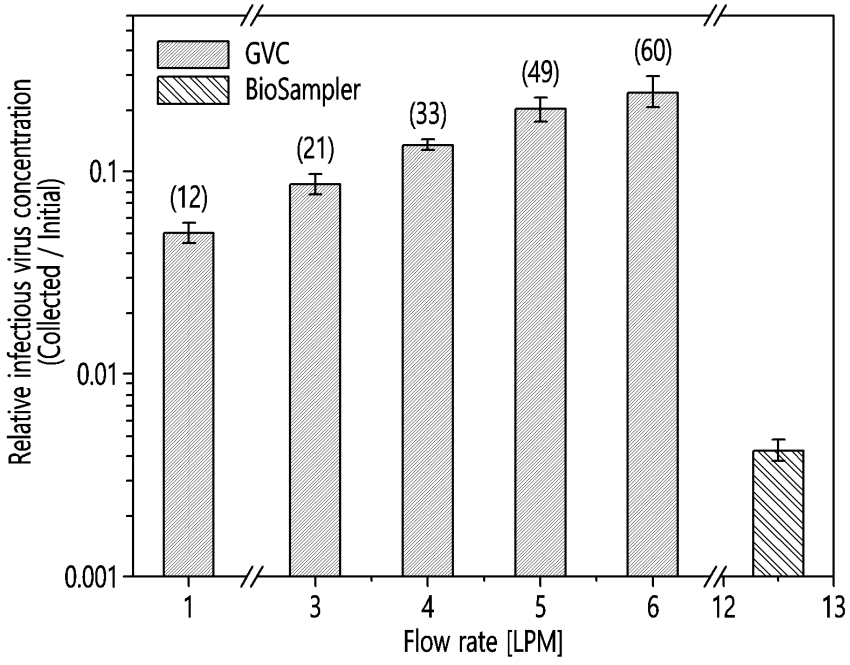

3 LPM
4 LPM
5 LPM
6 LPM
Probability density
Droplet diameter [μm]
0.1
1
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

(b)

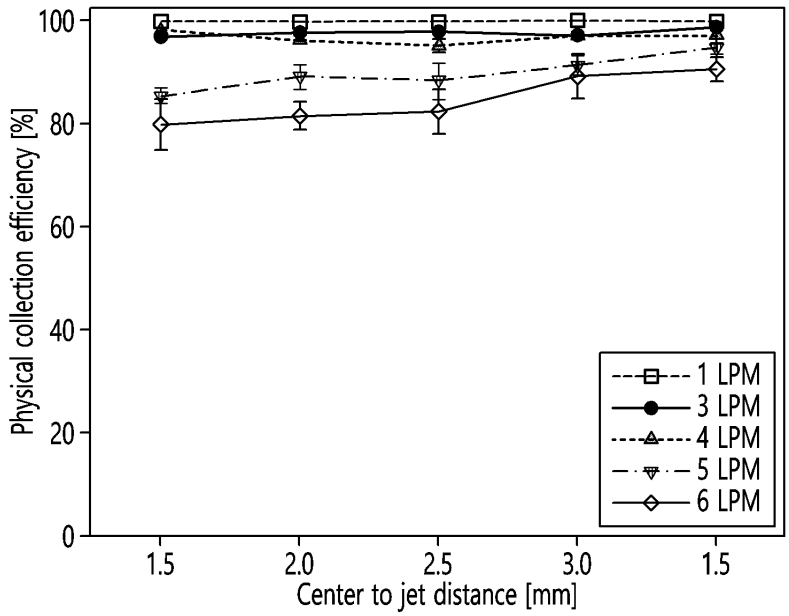
도면5


Physical collection efficiency [%]
100
80
60
40
20
0
Non-Immersion impingement
Immersion impingement
Impaction

도면6


GVC
BioSampler
Relative infectious virus concentration (Collected / Initial)
0.1
0.01
0.001
(12)
(21)
(33)
(49)
(60)
1
3
4
5
6
12
13
Flow rate [LPM]

도면7


100
80
60
40
20
0
Physical collection efficiency [%]
1.5
2.0
2.5
3.0
1.5
Center to jet distance [mm]
1 LPM
3 LPM
4 LPM
5 LPM
6 LPM