(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0087340
(43) 공개일자 2025년06월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B81C 1/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B81C 1/00206 (2013.01)
B81C 1/00214 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0177025
(22) 출원일자 2023년12월07일
심사청구일자 2023년12월07일

(71) 출원인
동서대학교 산학협력단
부산광역시 사상구 주례로 47(주례동, 동서대학교)
(72) 발명자
김호진
경상북도 포항시 북구 두호로 65, SK뷰푸르지오 201동 2502호
유광현
부산광역시 사상구 낙동대로 780-17
(74) 대리인
김연권

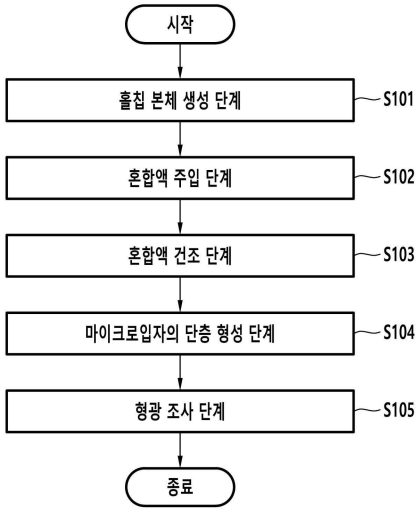
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 **마이크로입자 기반 단층 구조물 제작 방법**

(57) 요 약

본 발명은 마이크로입자 기반 단층 구조물 제작 방법에 관한 것으로, 입자 홀이 형성된 홀칩 본체를 생성하는 단계와, 복수 개의 마이크로입자와 현탁액을 혼합한 혼합액을 상기 입자 홀에 주입하는 단계와, 상기 혼합액이 건조되는 단계와, 상기 혼합액에서 현탁액이 건조되어 복수 개의 마이크로입자가 단층을 형성하는 단계를 포함함으로써, 마이크로입자로 형성된 단층의 구조물을 용이하게 제작할 수 있다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345356165
과제번호	LINC3.0-2022-60
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	3단계 산학연협력 선도대학 육성사업(LINC 3.0)
연구과제명	3단계 산학연협력 선도대학 육성사업(LINC 3.0)(수요맞춤성장형)
기 여 율	1/2
과제수행기관명	동서대학교산학협력단
연구기간	2022.03.01 ~ 2028.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711194829
과제번호	00213140
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	우수연구-신진연구/우수신진
연구과제명	초고밀도 입자 어셈블리 기술 기반 신속, 다중 진단의 한계돌파 연구
기 여 율	1/2
과제수행기관명	동서대학교 산학협력단
연구기간	2023.03.01 ~ 2026.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

입자 홀이 형성된 홀칩 본체를 생성하는 단계와,

복수 개의 마이크로입자와 현탁액을 혼합한 혼합액을 상기 입자 홀에 주입하는 단계와,

상기 혼합액이 건조되는 단계와,

상기 혼합액에서 현탁액이 건조되어 복수 개의 마이크로입자가 단층을 형성하는 단계

를 포함하는 마이크로입자 기반 단층 구조물 제작 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 입자 홀은,

상부면의 직경이 하부면의 직경보다 길도록 역원뿔대 형상으로 구비되는

마이크로입자 기반 단층 구조물 제작 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 단층을 형성하는 단계는,

형성된 마이크로입자 단층에 형광을 조사하여 마이크로입자의 성분을 측정하는 단계

를 더 포함하는 마이크로입자 기반 단층 구조물 제작 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 입자 홀은,

상부면의 직경이 1㎜이고 하부면의 직경이 0.6㎜이며, 상부면과 하부면 사이의 두께가 2㎜로 형성되는,

마이크로입자 기반 단층 구조물 제작 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 입자 홀은,

상기 입자 홀의 하부 말단의 수선과 상기 입자 홀의 측면과의 각도가 5.7도 내지 5.8도로 형성되는,

마이크로입자 기반 단층 구조물 제작 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 3D 프린팅을 이용하여 홀칩을 제조하고 홀칩의 입자 홀에 마이크로입자와 분산액을 혼합한 현탁액을 주입, 건조함으로써 단층의 마이크로입자 구조물을 제조할 수 있는 마이크로입자 기반 단층 구조물 제작 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 일반적으로 마이크로입자는 마이크론 크기를 갖는 3차원 망상구조의 구형 미립자로서, 크로마토그래피, 유동 세포분석을 위한 지지체, DNA와 단백질의 검출 및 분리와 같은 고속 대량 스크리닝과 면역분석법의 도구로써 이용되고 있다.

[0004] 마이크로입자 자체 또는 그 표면의 특성을 분석할 때 광학적 측정 기술이 널리 활용되고 있다. 예를 들어, 마이크로입자 표면에 부착된 형광 물질(형광표지 바이러스와 항체 등)의 강도를 측정하여 바이러스와 항체를 정성 또는 정량 계측할 수 있다. 일반적으로 입자를 광학적으로 측정하기 위해서는 유리나 플라스틱 등 기질(substrate) 표면 또는 내부(채널 등)에 반드시 고정하여야 한다. 만약, 입자가 고정된 물질(기질)에서 입자 형광과 비슷한 파장대의 자가 형광을 방출하게 되면 측정하고자 하는 입자의 신호 감도는 떨어지게 된다. 다시 말해, 신호 대비 배경신호 값이 높아지게 된다. 심지어, 투명한 유리나 플라스틱에서도 배경신호는 존재한다. 제안하는 공중 부유형 입자 단층 구조는 공기 외에 배경신호가 간섭하지 않으므로 입자 자체로부터 고감도 신호를 획득할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 단층의 마이크로입자 구조물을 용이하게 제작할 수 있도록, 3D 프린팅을 이용하여 구비되는 홀칩과, 홀칩에 생성된 역원뿔대 형상의 입자 홀이 구비되는 마이크로입자 기반 단층 구조물 제작 방법을 제공하고자 한다.

[0007] 또한, 본 발명은 마이크로입자와 현탁액을 혼합한 혼합물의 건조를 통해 용이하게 단층의 마이크로입자 구조물을 제작할 수 있도록, 입자 홀의 상부면과 하부면의 비율, 입자 홀의 두께를 제공하는 마이크로입자 기반 단층 구조물 제작 방법을 제공하고자 한다.

[0009] 본 발명의 실시예들의 목적은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 입자 홀이 형성된 홀칩 본체를 생성하는 단계와, 복수 개의 마이크로입자와 현탁액을 혼합한 혼합액을 상기 입자 홀에 주입하는 단계와, 상기 혼합액이 건조되는 단계와, 상기 혼합액에서 현탁액이 건조되어 복수 개의 마이크로입자가 단층을 형성하는 단계를 포함하는 마이크로입자 기반 단층 구조물 제작 방법이 제공될 수 있다.

[0012] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 입자 홀은, 상부면의 직경이 하부면의 직경보다 길도록 역원뿔대 형상으로 구비되는 마이크로입자 기반 단층 구조물 제작 방법이 제공될 수 있다.

[0014] 또한, 본 발명의 일 실시예 따르면, 상기 단층을 형성하는 단계는, 형성된 마이크로입자 단층에 형광을 조사하여 마이크로입자의 성분을 측정하는 단계를 더 포함하는 마이크로입자 기반 단층 구조물 제작 방법이 제공될 수 있다.

[0016] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 입자 홀은, 상부면의 직경이 1㎜이고 하부면의 직경이 0.6㎜이며, 상부면과 하부면 사이의 두께가 2㎜로 형성되는, 마이크로입자 기반 단층 구조물 제작 방법이 제공될 수 있다.

[0018] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 입자 홀은, 상기 입자 홀의 하부 말단의 수선과 상기 입자 홀의 측면과의 각도가 5.7도 내지 5.8도로 형성되는, 마이크로입자 기반 단층 구조물 제작 방법이 제공될 수 있다.

발명의 효과

[0019] 본 발명에서는, 3D 프린팅을 이용하여 구비되는 홀칩과, 홀칩에 생성된 역원뿔대 형상의 입자 홀이 구비함으로써, 단층의 마이크로입자 구조물을 용이하게 제작할 수 있다.

[0020] 또한, 본 발명에서는, 입자 홀의 상부면과 하부면의 비율, 입자 홀의 두께를 제공함으로써, 마이크로입자와 현탁액을 혼합한 혼합물의 건조를 통해 용이하게 단층의 마이크로입자 구조물을 제작할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로입자 기반 단층 구조물 제작 방법을 설명하는 플로우 차트이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로입자 기반 단층 구조물 제작 방법에 있어, 마이크로입자 단층 구조물을 생성하기 위한 홀칩을 예시하는 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로입자 기반 단층 구조물 제작 방법에 있어, 마이크로입자 단층 구조물을 생성하기 위한 홀칩의 규격을 예시하는 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로입자 기반 단층 구조물 제작 방법에서 마이크로입자 단층 구조물을 생성하는 과정을 설명하는 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로입자 기반 단층 구조물 제작 방법에서 마이크로입자의 농도에 따라 생성되는 구조물의 형태를 예시하는 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로입자 기반 단층 구조물 제작 방법에서 마이크로입자의 농도와 혼합액의 부피에 따라 생성되는 구조물의 형태를 예시하는 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로입자 기반 단층 구조물 제작 방법에서 다양한 재료로부터 획득되는 입자 이미지들을 예시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 본 발명의 실시예들에 대한 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 발명되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 발명이 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성요소를 지칭한다.

[0023] 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어서 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명의 실시예에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0024] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로입자 기반 단층 구조물 제작 방법을 설명하는 플로우 차트이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로입자 기반 단층 구조물 제작 방법에 있어, 마이크로입자 단층 구조물을 생성하기 위한 홀칩을 예시하는 도면이고, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로입자 기반 단층 구조물 제작 방법에 있어, 마이크로입자 단층 구조물을 생성하기 위한 홀칩의 규격을 예시하는 도면이고, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로입자 기반 단층 구조물 제작 방법에서 마이크로입자 단층 구조물을 생성하는 과정을 설명하는 도면이고, 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로입자 기반 단층 구조물 제작 방법에서 마이크로입자의 농도에 따라 생성되는 구조물의 형태를 예시하는 도면이고, 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로입자 기반 단층 구조물 제작 방법에서 마이크로입자의 농도와 혼합액의 부피에 따라 생성되는 구조물의

형태를 예시하는 도면이고, 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로입자 기반 단층 구조물 제작 방법에서 다양한 재료로부터 획득되는 입자 이미지들을 예시하는 도면이다.

[0028] 도 1 내지 도 7을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로입자 기반 단층 구조물 제작 방법은 입자홀이 형성된 홀칩 본체를 생성하는 단계(단계 101)와, 복수 개의 마이크로입자와 현탁액을 혼합한 혼합액을 상기 입자 홀에 주입하는 단계(단계 102)와, 혼합액이 건조되는 단계(단계 103)와, 혼합액에서 현탁액이 건조되어 복수 개의 마이크로입자가 단층을 형성하는 단계(단계 104) 등을 포함할 수 있다.

[0030] 먼저, 입자 홀(202)이 형성된 홀칩 본체(201)를 생성하는 단계(단계 101)가 수행될 수 있다. 홀칩 본체(201)는 3D 프린터를 이용하여 제작할 수 있으며, 홀칩 본체(201)의 일 부분에 입자 홀(202)이 형성될 수 있다. 여기에서, 홀칩 본체(201)는 플라스틱 등의 소재로 형성될 수 있다.

[0031] 본 발명의 일 실시예에 따른 입자 홀(202)은 역원뿔대 형상으로 형성될 수 있다. 즉, 입자 홀(202)의 단면은 역사다리꼴 형상으로 형성될 수 있고, 입자 홀(202)의 상부면과 하부면은 원형으로 형성될 수 있다. 또한, 입자 홀(202)의 상부 원의 직경(D1)은 입자 홀(202)의 하부 원의 직경(D2)보다 크게 형성될 수 있다.

[0032] 예를 들면, 입자 홀(202)의 높이(또는, 두께)가 2㎜로 형성될 경우, 상부면의 직경은 약 1㎜로 형성될 수 있고, 하부면의 직경은 약 0.6㎜로 형성될 수 있다. 이와 같은 비율로 입자 홀(202)이 형성될 경우, 입자 홀(202)로 주입된 마이크로입자와 현탁액의 혼합액이 건조되면서 단층의 마이크로입자가 형성될 수 있다. 또한, 입자 홀(202)의 하부 말단(즉, 하부면 가장자리 단부)와 입자 홀(202)의 상부면 가장자리 단부를 연결한 선(즉, 입자 홀(202)의 측면의 길이선)과, 입자 홀(202)의 하부면 가장자리 단부에서 수직한 선과의 각도(Θ)가 약 5.71도로 형성될 경우, 입자 홀(202)로 주입된 마이크로입자와 현탁액의 혼합액이 건조되면서 단층의 마이크로입자가 형성될 수 있다. 입자 홀(202)의 형상에 따라 형성되는 마이크로입자의 구조물 형태에 관련한 상세한 설명은 후술하도록 한다.

[0034] 다음으로, 복수 개의 마이크로입자와 현탁액을 혼합한 혼합액을 입자 홀(202)에 주입하는 단계(단계 102)가 수행될 수 있다. 여기에서, 현탁액은 서스펜션(suspension)을 의미하며, 이는 진흙물처럼 작은 알갱이들이 용해되지 않은 채 액체 속에 퍼져 있는 혼합물을 의미한다. 마이크로입자와 현탁액을 혼합할 경우, 마이크로입자는 용해되지 않고 마이크로입자와 현탁액이 혼합물의 상태의 혼합액이 될 수 있다.

[0035] 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로입자와 현탁액의 혼합액을 입자 홀(202)에 주입할 수 있다. 여기에서, 혼합액을 입자 홀(202)에 주입하더라도, 혼합액이 소정의 점성을 포함하고 있고, 입자 홀(202)의 하부로 갈수록 입자 홀(202)의 직경이 작아지게 됨으로, 혼합액 전체가 개방된 입자 홀(202) 하부를 통해 쏟아져 나가지 않고, 입자 홀(202)의 소정의 위치에 정체될 수 있다.

[0037] 다음으로, 혼합액이 건조되는 단계(단계 103)가 수행될 수 있다. 소정의 시간 동안 혼합액이 건조되는 경우, 혼합액에서 현탁액이 지속적으로 증발하여, 혼합액의 전체 부피가 감소함에 따라, 복수 개의 마이크로입자들 간의 거리가 가까워지게 된다.

[0038] 도 4를 참조하면, a 내지 d에서, 홀칩 본체(201)에 주입된 혼합액이 홀칩 본체(201) 내부에 위치되고, 현탁액이 점점 건조됨에 따라, 전체 혼합액의 부피가 감소하여, 복수 개의 마이크로입자 간의 거리가 가까워짐을 확인할 수 있다. 특히, 건조 과정 중에서, 혼합액의 중앙 부분은 가장자리 부분의 장력에 의해 가장자리 부분보다 두께가 상대적으로 얇게 형성되는 것을 알 수 있다. 이에 따라, 혼합액의 중앙 부분에 포함되어 있는 마이크로입자의 수는 혼합액의 가장자리 부분에 포함되어 있는 마이크로입자의 수보다 적게 될 수 있다.

[0040] 다음으로, 혼합액에서 현탁액이 건조되어 복수 개의 마이크로입자가 단층을 형성하는 단계(단계 104)가 수행될 수 있다. 혼합액에서 현탁액이 건조됨에 따라 현탁액이 미량으로 존재하면서, 복수 개의 마이크로입자에 다양한 힘이 작용될 수 있다.

[0041] 도 4의 e내지 도 4의 h를 참조하면, 복수 개의 마이크로입자에 다양한 힘이 작용되면서, 복수 개의 마이크로입자의 중앙 부분의 마이크로입자들이 단층(또는, 모노-레이어(mono-layer))을 형성하는 과정은 다음과 같다.

[0042] 도 4의 e를 참조하면, 복수 개의 마이크로입자의 중앙 부분에는 측면 방향의 장력과 수직 방향의 힘이 작용하여 평형을 이룬 것을 확인할 수 있다. 이 과정에서, 혼합액의 중앙 부분에는 복수 개의 마이크로입자들이 복수 개의 층(또는, 멀티-레이어(multi-layer))을 형성하는 것을 알 수 있다.

[0043] 도 4의 f를 참조하면, 혼합액이 건조됨에 따라, 복수 개의 마이크로입자의 중앙 부분에 측면 방향의 장력과 수직 방향의 힘에 측면 방향의 저항력도 작용할 수 있다. 이 과정에서, 수직 방향의 힘이 상대적으로 크게 작용하고, 혼합액도 더욱 건조됨에 따라, 혼합액의 중앙 부분에는 복수 개의 마이크로입자들이 단층을 형성하고 있는 것을 확인할 수 있다.

[0044] 도 4의 g 내지 도 4의 h를 참조하면, 혼합액의 중앙 부분의 현탁액이 완전 건조됨에 따라, 혼합액의 중앙 부분에 마이크로입자의 단층이 형성될 수 있다. 또한, 측면 방향의 장력보다 측면 방향의 저항력이 크게 작용함에 따라, 형성된 마이크로입자의 단층은 형태를 유지하여 고정될 수 있다.

[0045] 상술한 바와 같은 과정을 통해, 혼합액이 건조되면서, 혼합액 중앙 부분의 복수 개의 마이크로입자들이 단층을 형성할 수 있다. 이와 같은 마이크로입자의 단층 형태가 mono-layer&ring 구조라 할 수 있다.

[0047] 한편, 마이크로입자의 단층 구조를 형성하기 위해 마이크로입자의 양(또는, 농도)와 혼합액의 비율이 적정하게 형성되어야 한다.

[0048] 도 5를 참조하면 도 5의 a1 내지 a4는 다양한 비율의 혼합액을 주입, 건조한 후, 명시야 이미지를 획득한 도면이고, 도 5의 b1 내지 b4는 다양한 비율의 혼합액을 주입, 건조한 후, 형광 이미지를 획득한 도면이다.

[0049] 혼합액 내에서 마이크로입자의 농도가 작을 경우, 도 5의 a1 및 도 5의 b1과 같이 홀칩의 측면에만 마이크로입자가 점착되고 홀칩 중앙부는 개방된 'Burst'구조가 형성될 수 있다. 또한, 혼합액 내에서 마이크로입자의 농도가 상대적으로 작을 경우, 도 5의 a2 및 도 5의 b2와 같이 홀칩의 측면으로부터 중앙 부분으로 소량의 마이크로입자가 성장한 'Ring'구조가 형성될 수 있다. 또한, 혼합액 내에서 마이크로 입자의 농도가 적정한 경우, 혼합액의 중앙 부분에 마이크로입자의 단층이 형성된 'Monolayer & Ring'구조가 형성될 수 있다. 또한, 혼합액 내에서 마이크로 입자의 농도가 상대적으로 클 경우, 혼합액의 중앙 부분에 마이크로입자의 복층이 형성된 'Multilayer'구조가 형성될 수 있다.

[0050] 상술한 바와 같이, 마이크로입자 농도와 혼합액의 부피와의 관계에 따라 형성되는 마이크로입자의 구조를 분류하면 다음과 같다.

[0051] 도 6를 참조하면, 도 6의 그래프는 가로축은 마이크로입자의 농도, 세로축은 혼합액의 부피에 따른 마이크로입자의 구조 형태이다.

[0052] 도 6의 그래프를 참조하면, 마이크로입자의 농도가 약 600 (이하, 단위는 도~ 참조)이고 혼합액의 부피가 약 600 내지 800 일 경우, 'Monolayer & Ring'구조가 형성될 수 있다. 또한, 혼합액의 부피가 약 600이고, 마이크로입자의 농도가 약 600 내지 800 일 경우, 'Monolayer & Ring'구조가 형성됨을 알 수 있다. 다른 'Burst', 'Ring', 'Multilayer'구조 가 형성되는 조건은 도 5를 참조하여 확인할 수 있다.

[0054] 다음으로, 형성된 마이크로입자 단층에 형광을 조사하여 마이크로입자의 성분을 측정하는 단계(단계 105)가 수행될 수 있다.

[0055] 도 7을 참조하면, 형광을 조사하여 다양한 재료로부터 입자 이미지를 획득할 수 있고, 다양한 재료에 따른 SN(signal to noise) 신호비(SN ratio)도 확인할 수 있다. 특히, 마이크로입자 표면에 부착된 형광 물질(형광표지 바이러스와 항체 등)의 강도를 측정하여 바이러스와 항체를 정성 또는 정량 계측할 수 있다. 일반적으로 입자를 광학적으로 측정하기 위해서는 유리나 플라스틱 등 기질(substrate) 표면 또는 내부(채널 등)에 반드시 고정하여야 한다. 만약, 입자가 고정된 물질(기질)에서 입자 형광과 비슷한 파장대의 자가 형광을 방출하게 되면 측정하고자 하는 입자의 신호 감도는 떨어지게 된다. 다시 말해, 신호 대비 배경신호 값이 높아지게 된다. 심지어, 투명한 유리나 플라스틱에서도 배경신호는 존재한다. 제안하는 공중 부유형 입자 단층 구조는 공기 외에 배

경신호가 간섭하지 않으므로 입자 자체로부터 고감도 신호를 획득할 수 있다.

[0057] 이상의 설명에서는 본 발명의 다양한 실시예들을 제시하여 설명하였으나 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능함을 쉽게 알 수 있을 것이다.

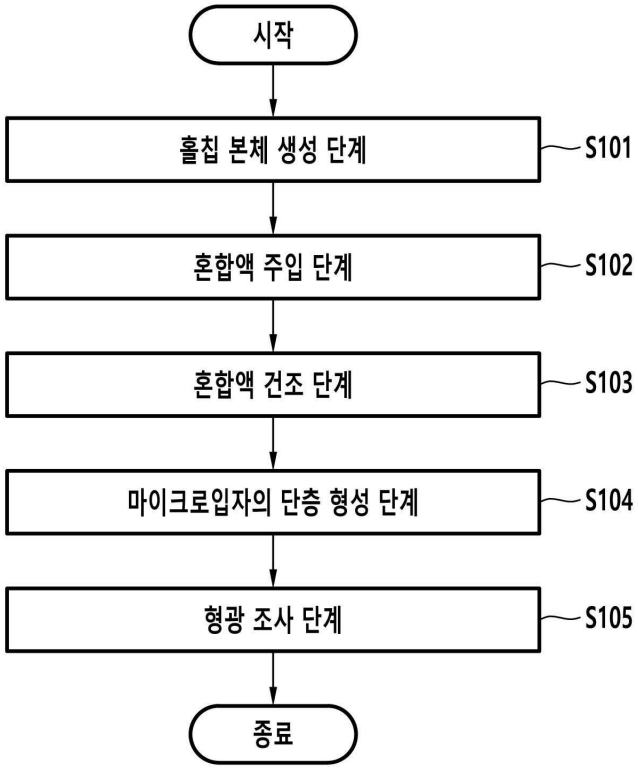
부호의 설명

[0058] 201 : 홀칩 본체 202 : 입자 홀

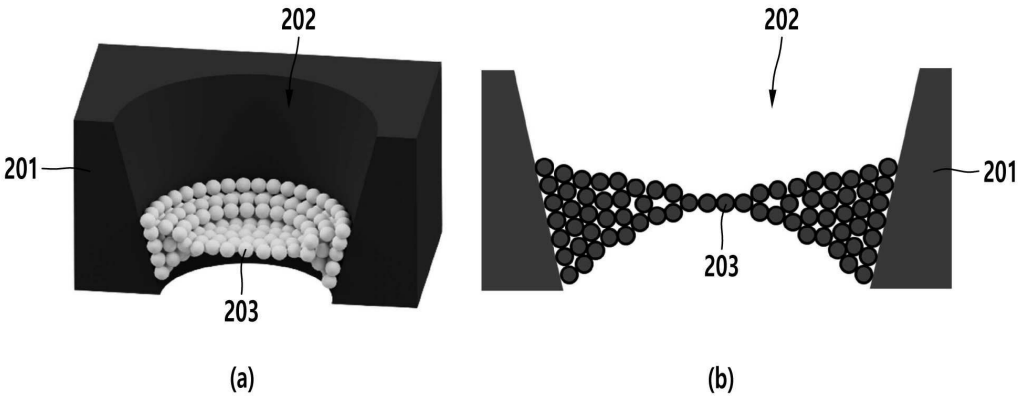
203 : 마이크로입자

도면

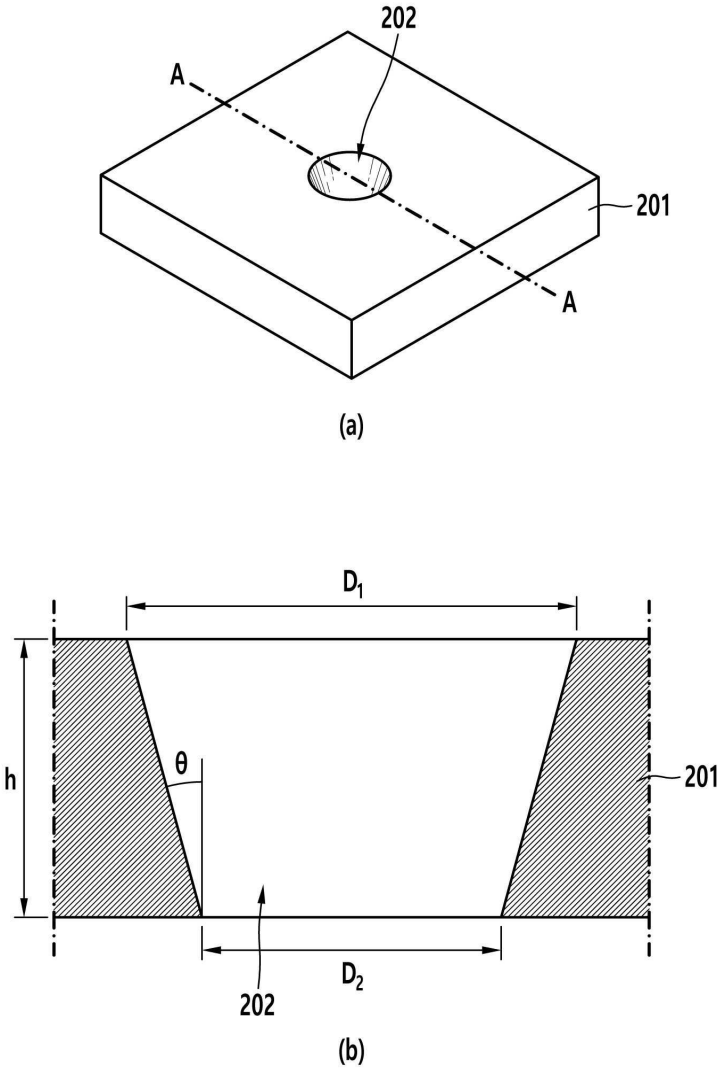
도면1



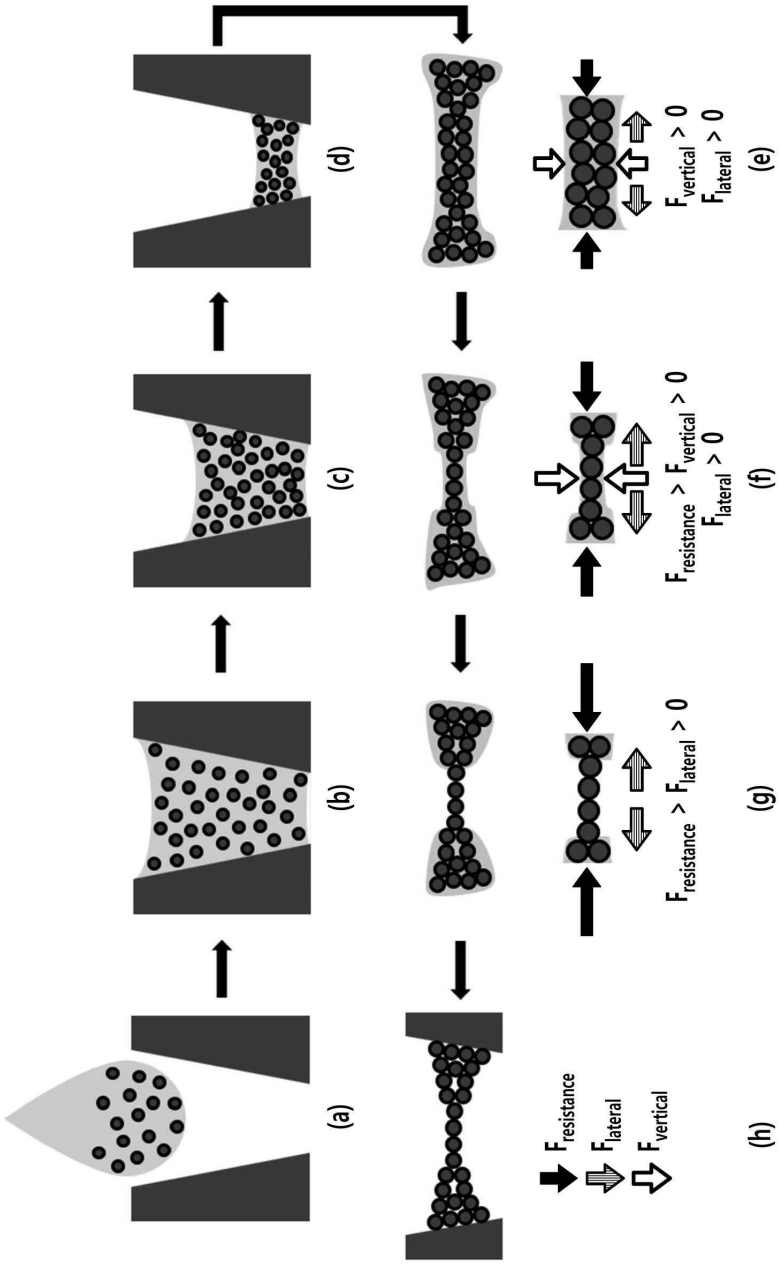
도면2



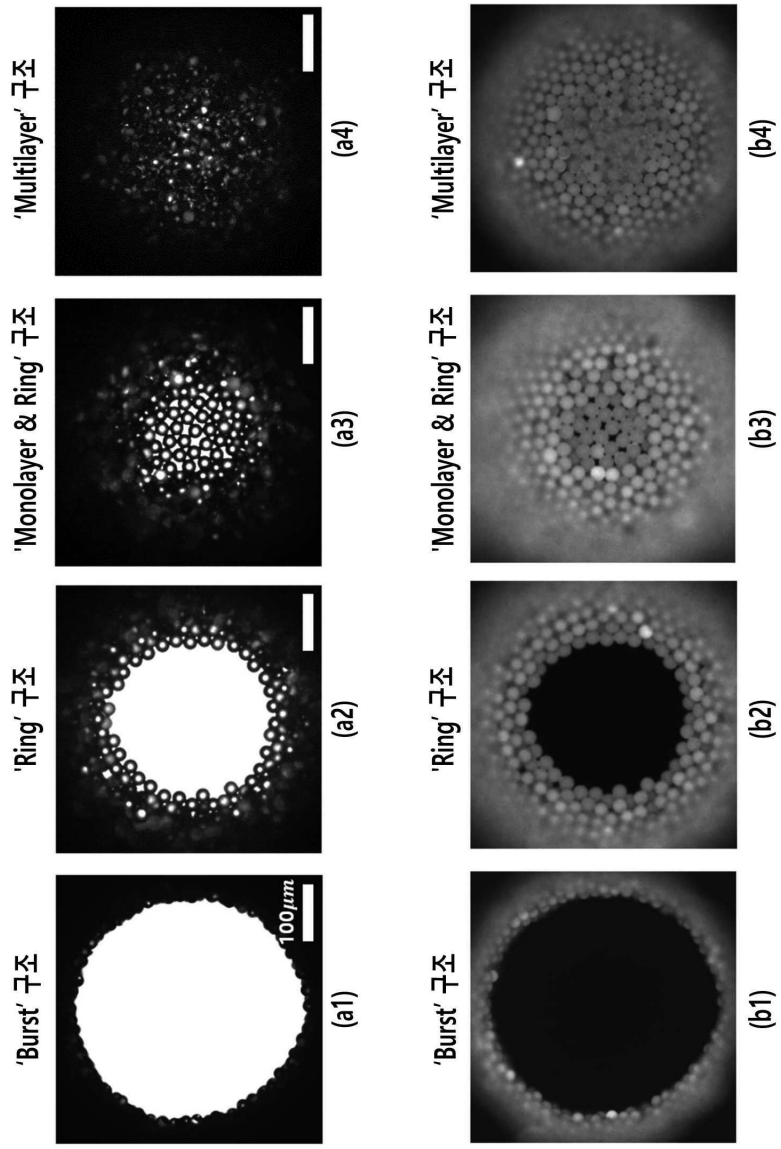
도면3



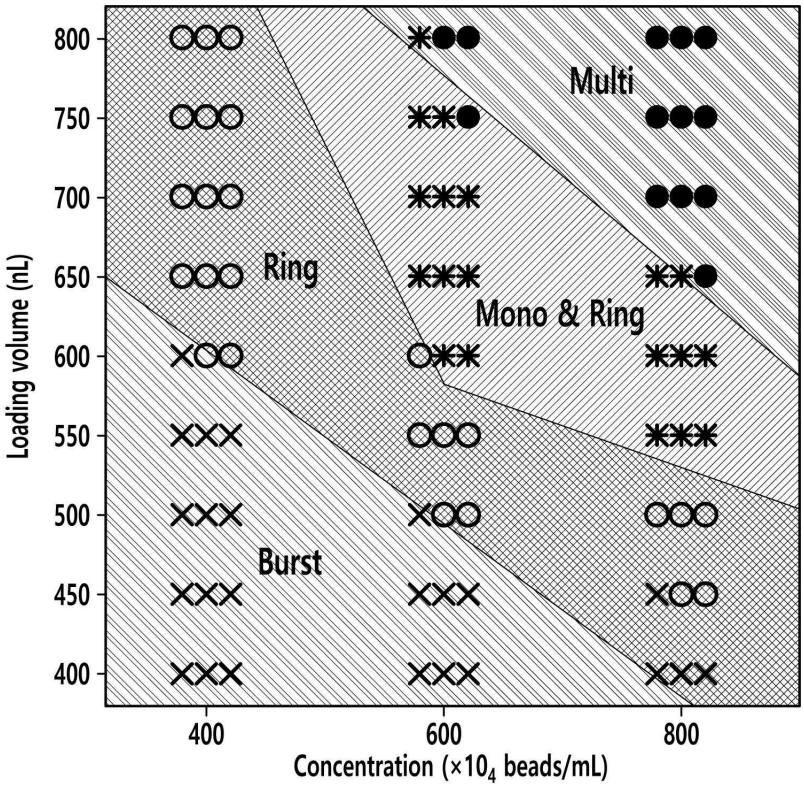
도면4


(a)
(b)
(c)
(d)
(e)
(f)
(g)
(h)
$F_{resistance}$
$F_{lateral}$
$F_{vertical}$
$F_{vertical} > 0$
$F_{lateral} > 0$
$F_{resistance} > F_{vertical} > 0$
$F_{lateral} > 0$
$F_{resistance} > F_{lateral} > 0$

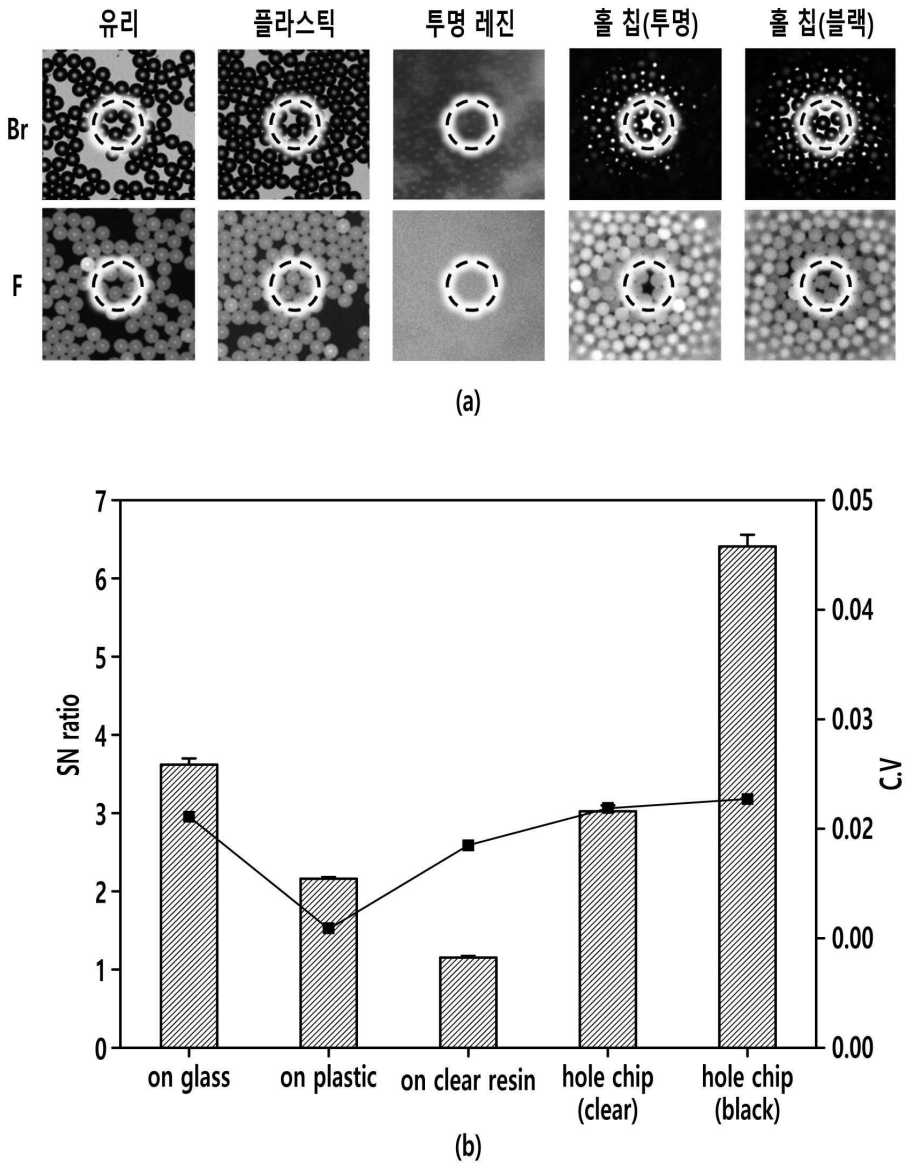
도면5


'Multilayer' 구조
'Monolayer & Ring' 구조
'Ring' 구조
'Burst' 구조
100μm
(a4)
(a3)
(a2)
(a1)
'Multilayer' 구조
'Monolayer & Ring' 구조
'Ring' 구조
'Burst' 구조
(b4)
(b3)
(b2)
(b1)

도면6


Multi
Ring
Mono & Ring
Burst
Loading volume (nL)
800
750
700
650
600
550
500
450
400
400
600
800
Concentration (×10₄ beads/mL)

도면7


유리
플라스틱
투명 레진
홀 칩(투명)
홀 칩(블랙)
Br
F
(a)
SN ratio
C.V
0
1
2
3
4
5
6
7
0.00
0.00
0.02
0.03
0.04
0.05
on glass
on plastic
on clear resin
hole chip (clear)
hole chip (black)
(b)