

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2014-0098538 (43) 공개일자 2014년08월08일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) B01J 13/04 (2006.01) B01J 19/18 (2006.01) G02B 1/02 (2006.01)	(71) 출원인 서강대학교산학협력단 서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)	
(21) 출원번호 10-2013-0011328	(72) 발명자 이승엽 서울 서초구 방배중앙로7길 56, 103호 (방배동, 청구빌라)	
(22) 출원일자 2013년01월31일 심사청구일자 2013년01월31일	서한복 서울 강북구 덕릉로51가길 14, (번동) 허남희 서울 서초구 방배로32길 71, 302호 (방배동, 방배렉슬)	
	(74) 대리인 지현조	

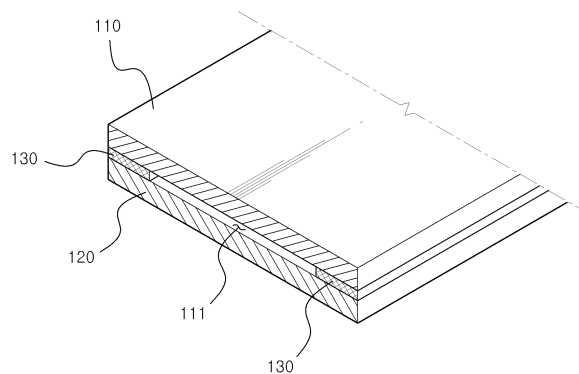
전체 청구항 수 : 총 21 항

(54) 발명의 명칭 광결정 구조의 제조방법 및 제조장치

(57) 요약

제조 공정을 간소화할 수 있으며, 효율성을 향상시킬수 있는 광결정 구조의 제조방법 및 제조장치가 개시된다. 광결정 구조를 제조하는 방법은, 광반응 미립자를 포함하는 콜로이드 용액을 대상체 상에 제공하는 단계, 광반응 미립자를 결정 구조화하는 단계, 및 광반응 미립자를 결정 구조화하는 동안 대상체를 회전시키는 단계를 포함하고, 대상체가 회전하는 동안 광반응 미립자에는 원심력이 작용한다.

대표도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

광결정 구조를 제조하는 방법에 있어서,

광반응 미립자를 포함하는 콜로이드 용액을 대상체 상에 제공하는 단계;

상기 광반응 미립자를 결정 구조화하는 단계; 및

상기 광반응 미립자를 결정 구조화하는 동안 상기 대상체를 회전시키는 단계;를 포함하고,

상기 대상체가 회전하는 동안 상기 광반응 미립자에는 원심력이 작용하는 것을 특징으로 하는 광결정 구조의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 대상체에는 적어도 일측에 개구부를 갖는 채널이 제공되고,

상기 채널에 충전되는 상기 콜로이드 용액이 상기 개구부를 통해 대기에 노출됨에 따라 건조되면서 상기 광반응 미립자가 자기 조립(self assembly)되어 결정 구조화되되,

상기 광반응 미립자는 상기 원심력에 의해 상기 개구부 측으로 이동 가능한 것을 특징으로 하는 광결정 구조의 제조방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 대상체는,

상부 기판;

상기 상부 기판에 이격되게 적층되는 하부 기판; 및

상기 상부 기판과 상기 하부 기판 사이의 측면을 밀봉하는 스페이서;를 포함하여 제공되고,

상기 채널은 상기 상부 기판과 상기 하부 기판 사이에 제공되는 것을 특징으로 하는 광결정 구조의 제조방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 스페이서에는 미세패턴이 형성되고,

상기 콜로이드 용액은 상기 미세패턴을 통해 대기에 노출되며 건조 가능한 것을 특징으로 하는 광결정 구조의 제조방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 미세패턴은 상기 광반응 미립자의 직경보다 작은 크기를 갖도록 제공되는 것을 특징으로 하는 광결정 구조의 제조방법.

청구항 6

제2항에 있어서,

상기 개구부를 덮도록 제공되는 소수성 멤브레인(hydrophobic membrane)을 더 포함하고,

상기 소수성 멤브레인에 의해 상기 콜로이드 용액의 건조가 지연되는 것을 특징으로 하는 광결정 구조의 제조방

법.

청구항 7

제2항에 있어서,

상기 광반응 미립자가 자기 조립되는 동안 상기 채널에 상기 콜로이드 용액을 추가로 공급하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 광결정 구조의 제조방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 광반응 미립자를 결정 구조화하는 동안 상기 대상체의 회전 속도는 일정하게 유지되거나 선택적으로 가변되는 것을 특징으로 하는 광결정 구조의 제조방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 대상체의 회전속도는 200~400RPM인 것을 특징으로 하는 광결정 구조의 제조방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 광반응 미립자는 폴리스티렌(PS), 폴리메틸메타크릴레이트 및 실리카 미립자 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 광결정 구조의 제조방법.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 광반응 미립자의 크기는 200~300nm인 것을 특징으로 하는 광결정 구조의 제조방법.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 콜로이드 용액의 상기 광반응 미립자의 농도는 10~55%인 것을 특징으로 하는 광결정 구조의 제조방법.

청구항 13

광결정 구조를 제조하는 장치에 있어서,

광반응 미립자를 포함하는 콜로이드 용액이 수용되는 대상체; 및

상기 대상체에서 상기 광반응 미립자가 결정 구조화되는 동안 상기 대상체를 회전시키는 회전기구;를 포함하고,

상기 대상체가 회전하는 동안 상기 광반응 미립자에는 원심력이 작용하는 것을 특징으로 하는 광결정 구조의 제조장치.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 대상체에는 적어도 일측에 개구부를 갖는 채널이 제공되고,

상기 채널에 충전되는 상기 콜로이드 용액이 상기 개구부를 통해 대기에 노출됨에 따라 건조되면서 상기 광반응 미립자가 자기 조립(self assembly)되어 결정 구조화되되,

상기 광반응 미립자는 상기 원심력에 의해 상기 개구부 측으로 이동 가능한 것을 특징으로 하는 광결정 구조의 제조장치.

청구항 15

제14항에 있어서,
상기 대상체는,
상부 기관;
상기 상부 기관에 이격되게 적층되는 하부 기관; 및
상기 상부 기관과 상기 하부 기관 사이의 측면을 밀봉하는 스페이서;를 포함하여 제공되고,
상기 채널은 상기 상부 기관과 상기 하부 기관 사이에 제공되는 것을 특징으로 하는 광결정 구조의 제조장치.

청구항 16

제15항에 있어서,
상기 스페이서에는 미세패턴이 형성되고,
상기 콜로이드 용액은 상기 미세패턴을 통해 대기에 노출되며 건조 가능한 것을 특징으로 하는 광결정 구조의 제조장치.

청구항 17

제16항에 있어서,
상기 미세패턴은 상기 광반응 미립자의 직경보다 작은 크기를 갖도록 제공되는 것을 특징으로 하는 광결정 구조의 제조장치.

청구항 18

제14항에 있어서,
상기 광반응 미립자가 자기 조립되는 동안 상기 채널에 상기 콜로이드 용액을 추가로 공급하는 콜로이드 공급부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 광결정 구조의 제조장치.

청구항 19

제18항에 있어서,
상기 콜로이드 공급부는 상기 회전기구가 회전함에 따른 원심력에 의해 상기 채널로 상기 콜로이드 용액을 공급하는 것을 특징으로 하는 광결정 구조의 제조장치.

청구항 20

제14항에 있어서,
상기 개구부를 덮도록 제공되는 소수성 멤브레인(hydrophobic membrane)을 더 포함하고,
상기 소수성 멤브레인에 의해 상기 콜로이드 용액의 건조가 지연되는 것을 특징으로 하는 광결정 구조의 제조장치.

청구항 21

제13항에 있어서,
상기 회전기구의 회전 속도를 조절하는 속도조절부를 포함하고,
상기 광반응 미립자를 결정 구조화하는 동안 상기 대상체의 회전 속도는 상기 속도조절부에 의해 일정하게 유지되거나 선택적으로 가변되는 것을 특징으로 하는 광결정 구조의 제조방법.

명세서

기술분야

본 발명은 광자 결정 또는 광결정 구조의 제조에 관한 것으로서, 보다 자세하게는, 원심력을 이용하여 광결정

[0001]

구조를 제조할 수 있는 광결정 구조의 제조방법 및 제조장치에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 광결정(Photonic Crystal, PC)은 특정 파장의 빛을 반사할 수 있으며, 광결정 연구의 핵심 물성은 완전히 반사시킬 수 있는 빛의 파장 영역인 광 밴드갭이라 할 수 있다. 이 광 밴드갭은 광결정 내부에 배열된 두 물질 사이의 굴절률 차이 또는 물질이 배열된 구조와 격자의 주기에 따라 변화할 수 있다.
- [0003] 광결정이 1차원 배열인 경우, 주기적 구조만을 가지면 특정 광 밴드갭을 얻을 수 있다. 하지만 광결정이 2차원 또는 3차원의 구조인 경우, 각 차원에 맞는 결정 구조를 갖더라도 완전한 광 밴드갭을 구현하기가 매우 까다롭다. 예를 들어 전형적인 오팔(Opal) 구조의 경우, 3차원 광결정 구조임에도 광 밴드갭을 측정해 보면 완전한 광 밴드갭을 보이지 못한다. 즉, 3차원 광결정 구조에서는 모든 방향에 대해 반사율이 100%인 빛의 파장대가 존재하지 않으며, 다만 면심입방체(FCC) 결정에서 실리카가 가장 밀집되게 배열하고 있는 [111]평면에 수직인 [111]방향으로 투과하는 빛에 대해서만 유사 밴드갭을 보일 수 있다. 여기서 유사 밴드갭이란 특정한 방향으로 입사하는 빛에 대해서만 반사성을 보이는 경우 완전히 반사되는 빛의 파장영역대를 의미한다.
- [0004] 위와 같은 오팔 구조에서 불완전한 광 밴드갭 특성을 보완하기 위한 방안 중 하나로, 미립자가 면심입방체의 결정격자로 공기의 공동이 매질 속에 배열된 인버스 오팔(Inverse Opal) 구조를 활용하는 것이 있다. 매질이 빛을 흡수하지 않는 전자기 모드가 독립적인 맥스웰(Maxwell) 방정식을 이용하여 전산모사를 하면 모든 방향에 대해 광 밴드갭을 가지는 것을 확인 가능하다.
- [0005] 이와 같은 역전된 오팔 구조가 완전한 3차원 밴드갭을 갖기 위해서는 매질과 공기의 굴절률 비가 최소한 2.8이상 되어야 하며, 이런 물질은 실제로 가시광 영역에서 빛을 흡수하지 않는 이산화티타늄(TiO_2) 등을 이용하여 제조될 수 있다. 예를 들어, 실리콘을 매질로 사용하는 경우, 광결정의 반사특성을 측정한 결과 모든 방향으로 특정파장대의 빛을 거의 99%반사시킬 수 있다.
- [0006] 하지만, 역전된 오팔 구조는 가시광 영역에서 3차원 광 밴드갭을 구현할 수 있는 가능성을 갖고 있음에도 불구하고, 오팔의 광 밴드갭은 실제 광학소자로 응용되기에 밴드갭이 충분히 넓지 못하다는 단점이 있다.
- [0007] 보다 넓은 광 밴드갭을 얻기 위한 연구의 결과로 구가 면심입방체의 결정격자구조로 배열된 것보다는 다이아몬드의 탄소원자가 배열된 것과 같이 사면체 구조로 배열되는 경우, 보다 넓은 밴드갭을 갖는 것으로 알려져 있다.
- [0008] 광결정의 격자구조를 다이아몬드 구조로 형성하기 위한 방안 중 하나로 다양한 LiGA(Lithographie, Galvanoformung, Abformung) 기술이 이용될 수 있다. LiGA 기술은 미세가공기술인 식각법에 바탕을 두고 광결정을 제조하는 방법으로, 굴절률을 갖는 유전체의 표면 위에 점원(point circle)들을 삼각형 정렬로 배열하도록 패터닝을 만든 후, 각 점원 위에서 3개의 서로 다른 방향으로 X선 리소그래피(deep x-ray lithography)로 구멍을 내어 만든다. 세 개의 X선 빔이 마주치는 부분은 공기의 공동이 크게 형성되고, 이들은 서로 연결되어 있으며, 큰 공동은 다이아몬드에서 탄소원자와 같은 격자위치에 놓이게 된다. 이때, 공동은 정확한 구가 아닌 변형된 다이아몬드 구조로 면심입방체의 실리콘 역전 오팔에 비하여 약 4배 이상 넓은 광 밴드갭을 보일 수 있다.
- [0009] 또 다른 방법으로 LiGA 기술 중 적층법을 이용한 다이아몬드 구조의 광결정 제조 방법이 있다. 빔에 의한 식각이 아닌 층별로 쌓아 가면서 능동적으로 광전자기능을 발현할 수 있는 점 또는 선형공간을 한꺼번에 제조하는 방식으로, 실리콘과 같이 굴절률이 큰 유전체를 식각법을 써서 여러 개의 막대기 모양으로 만들고 일정한 간격으로 막대기를 평면 위에 나란히 배열하여 층층이 4층 구조로 쌓아 다이아몬드 구조를 만들 수 있다. 참고로, 유전체 막대기로 각 층을 쌓을 때마다 열을 가하여 막대기들이 용융상태에서 서로 접합이 되도록 한다. 또한, 일 예로 4층마다 같은 구조가 반복되도록 유전체 막대기를 반복적으로 쌓으면 다이아몬드 구조와 같은 넓은 광 밴드갭을 보일 수 있다. 여기서 밴드갭의 위치와 너비는 막대기의 굵기, 배열주기 및 굴절률에 따라 변화할 수 있다. 따라서 층별로 다른 밴드갭을 갖는 광결정의 제조가 가능하다. 또한 이 제조법은 쉽게 빛이 전파해 갈 수 있는 점 및 선형공간을 설계·제작할 수 있어서 광파 가이드와 같은 광소자의 제조가 상대적으로 용이한 장점이 있다. 그러나 공정이 복잡하고 비싸기 때문에 실용화에 어려움이 있다.
- [0010] 이 외의 LiGA 기술 중 광원으로부터 조사된 빛이 만나서 만드는 간섭무늬를 감광성 고분자 감광물질(Photo Resistor, PR)에 만든 후, 중합되거나 중합되지 않는 부분을 선택적으로 녹여 내어 광결정 구조를 만들 수 있는 식각법이 있다. 4개의 광원으로부터 오는 빛은 면심입방체 구조의 간섭명암무늬를 만들고, 이를 음성 포토레지스트에 투사하면 밝은 무늬부분에서만 감광에 의한 광중합이 일어난다. 현상액으로 감광되지 않은 부분을 제거

하면 고분자로 이루어진 오팔 구조의 패턴을 얻을 수 있다. 참고로, 이 고분자 오팔 사이 공간을 굴절률이 큰 실리콘이나 이산화티타늄(TiO_2)으로 채운 후 열을 가하여 고분자를 분해·제거하면 실리콘 역전오팔을 얻을 수 있다. 이 방법은 결함이 없는 단결정을 얻을 수 있고, 공정이 간단하여 실용성이 크다.

- [0011] LiGA 기술 외에는 대표적으로 콜로이드 미립자를 활용한 광결정 제조 방법들이 사용될 수 있다. 콜로이드 미립자의 침강과 증발을 통한 결정화가 있는데, 매질에 분산된 일정한 크기의 콜로이드 미립자를 침강이나 증발을 통해 서서히 결정화시킴으로써 얻을 수 있는 방법이다. 콜로이드 미립자는 일반적으로 정전기적 반발력 또는 미립자 표면에 흡착된 고분자에 의하여 서로 엉기지 않고 안정화되어 있으며 브라운 운동으로 무질서하게 운동하고 있다. 크기가 균일한 미립자들로 이루어진 콜로이드는 미립자의 농도가 증가할수록 무질서한 배열에서 증가하는 엔트로피에 의해 자발적으로 점차 규칙적 결정 구조로 바뀌게 된다. 이때, 미립자의 농도가 49%에 이르면 결정화가 일어나며, 55% 일 때 결정화가 완전히 일어난다. 밀집구조를 갖는 2차원 배열을 차곡차곡 쌓는다면, 광결정 구조는 육방밀집구조나 면심입방구조를 가질 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명은 제공 공정을 간소화할 수 있으며, 실용성이 높은 광결정 구조의 제조방법 및 제조장치를 제공한다.
- [0013] 또한, 본 발명은 다양한 파장의 빛을 반사시킬 수 있는 광결정 구조를 다양하게 형성할 수 있는 광결정 구조의 제조방법 및 제조장치를 제공한다.
- [0014] 또한, 본 발명은 광결정을 대면적(large scale)으로 제조가 가능하며, 구간에 따라 구조색이 변하는 광결정을 제조할 수 있는 광결정 구조의 제조방법 및 제조장치를 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0015] 상술한 본 발명의 목적들을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, 광결정 구조를 제조하는 방법은, 광반응 미립자를 포함하는 콜로이드 용액을 대상체 상에 제공하는 단계, 광반응 미립자를 결정 구조화하는 단계, 및 광반응 미립자를 결정 구조화하는 동안 대상체를 회전시키는 단계를 포함하고, 대상체가 회전하는 동안 광반응 미립자에는 원심력이 작용한다.
- [0016] 대상체로서는 광반응 미립자를 포함하는 콜로이드 용액이 수용될 수 있는 다양한 대상체가 사용될 수 있으며, 대상체의 종류 및 특성에 의해 본 발명이 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 보다 구체적으로, 대상체에는 적어도 일측에 개구부를 갖는 채널이 제공되며, 채널에 충전되는 콜로이드 용액이 개구부를 통해 대기에 노출됨에 따라 건조되면서 광반응 미립자가 자기 조립(self assembly)되어 결정 구조화될 수 있다. 아울러, 광반응 미립자를 결정 구조화하는 동안 광반응 미립자는 원심력에 의해 개구부 측으로 이동할 수 있다. 일 예로, 대상체는 상부 기관, 상부 기관에 이격되게 적층되는 하부 기관, 및 상부 기관과 하부 기관 사이의 측면을 밀봉하는 스페이서를 포함하여 구성될 수 있으며, 상부 기관과 하부 기관 사이에는 채널이 제공될 수 있다.
- [0017] 참고로, 본 발명에서 광반응 미립자라 함은 광결정 구조를 형성할 수 있는 미립자로 이해될 수 있으며, 그 종류 및 특성에 의해 본 발명이 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 일 예로, 광반응 미립자는 폴리스티렌(PS), 폴리메틸메타크릴레이트 및 실리카 미립자 중 적어도 어느 하나를 포함하여 구성될 수 있다. 바람직하게 광반응 미립자로서는 200~300nm의 크기를 갖는 광반응 미립자가 사용될 수 있으며, 콜로이드 용액의 광반응 미립자의 농도는 10~55%로 제공될 수 있다.
- [0018] 회전기구는 대상체를 회전시킬 수 있는 가능한 다양한 구조로 제공될 수 있다. 일 예로, 회전기구는 통상의 구동모터 및 구동모터에 의해 회전하는 회전부재를 포함하여 구성될 수 있으며, 대상체는 회전부재 상에 선택적으로 분리 가능하게 장착될 수 있다.
- [0019] 회전기구의 회전속도는 통상의 속도조절부에 의해 조절될 수 있다. 가령, 회전기구는 속도조절부에 의해 일정한 속도로 회전하도록 제어될 수 있으며, 다르게는 회전기구의 회전 속도가 속도조절부에 의해 선택적으로 가변되도록 구성될 수 있다. 여기서 회전기구의 회전 속도가 선택적으로 가변된다 함은, 회전 속도가 점진적으로 감소 또는 증가하거나 급격한 속도 변화를 모두 포함하는 것으로 이해될 수 있다. 바람직하게 회전기구에 의한 대상체의 회전속도는 200~400RPM로 설정되는 것이 바람직하다. 즉, 대상체의 회전속도가 200RPM보다 작을 경우에는 광반응 미립자에 충분한 원심력이 작용하지 못할 수 있고, 대상체의 회전속도가 400RPM보다 클 경우에는 콜로이드

드 용액이 유출될 가능성이 있기 때문에 회전기구에 의한 대상체의 회전속도는 200~400RPM로 설정되는 것이 바람직하다.

[0020] 또한, 대상체에는 채널에 추가적으로 콜로이드 용액을 공급하기 위한 콜로이드 공급부가 제공될 수 있다. 일 예로, 콜로이드 공급부는 대상체의 상부 개구부에 연결되어, 광반응 미립자가 결정 구조화하는 동안 대상체의 채널에 지속적으로 광반응 미립자를 주입할 수 있다.

[0021] 콜로이드 공급부는 요구되는 조건 및 설계 사양에 따라 다양한 구조로 제공될 수 있다. 아울러, 콜로이드 공급부는 회전기구가 회전함에 따른 원심력에 의해 대상체의 채널로 콜로이드 용액을 공급하도록 구성될 수 있다. 일 예로, 콜로이드 공급부로서는 통상의 스포이드(spuir) 또는 주사기(syringe) 등이 사용될 수 있다.

[0022] 또한, 대상체에는 콜로이드 용액의 증발 속도를 조절하기 위한 소수성 멤브레인(membrane)이 제공될 수 있다. 일 예로, 콜로이드 용액이 건조되는 대상체의 개구부에는 개구부를 덮도록 소수성 멤브레인이 제공될 수 있으며, 소수성 멤브레인은 특정 크기의 공극과 용매에 젖지 않는 특성을 갖도록 제공될 수 있다.

[0023] 본 발명의 다른 바람직한 실시예에 따르면, 광결정 구조를 제조하는 장치는, 광반응 미립자를 포함하는 콜로이드 용액이 수용되는 대상체, 및 대상체에서 광반응 미립자가 결정 구조화되는 동안 대상체를 회전시키는 회전기구를 포함하고, 대상체가 회전하는 동안 광반응 미립자에는 원심력이 작용한다.

발명의 효과

[0024] 본 발명에 따른 광결정 구조의 제조방법 및 제조장치에 의하면, 제조 공정이 간단하면서도 실용성이 높은 광결정을 자유롭게 형성할 수 있다.

[0025] 특히, 본 발명에 따르면 대기와 접촉하여 용매가 증발되는 방향으로 광반응 미립자를 농축시킴과 동시에, 광반응 미립자가 농축되는 방향으로 광반응 미립자에 원심력이 작용될 수 있게 함으로써, 얼룩무늬 또는 기포와 같은 결함을 최소화할 수 있으며, 전체적으로 일정한 광결정을 용이하게 형성할 수 있다.

[0026] 또한, 본 발명에 따르면 제조 결함이 낮으며, 광결정을 대면적(large scale)으로 제조가 가능한 이점이 있다.

[0027] 또한, 본 발명에 따르면 광결정의 형상 조절 및 두께 조절이 용이한 이점이 있다.

[0028] 또한, 본 발명에 따르면 미세패턴 또는 회전속도를 조절함으로써, 독특한 패턴을 갖는 광결정 구조의 제조가 가능하며, 구간에 따라 구조색이 변하는 광결정을 단일 대상체에 제조할 수 있다. 더욱이, 채널의 형상 및 구조를 조절하여 단순 또는 복합형상의 표면에 광결정의 제조가 가능한 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 본 발명에 따른 광결정 구조의 제조장치를 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 본 발명에 따른 광결정 구조의 제조장치로서, 대상체를 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 본 발명에 따른 광결정 구조의 제조방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 4 및 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 광결정 구조의 제조장치 및 제조방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 6 내지 도 9는 본 발명에 따른 광결정 구조의 제조방법에 의해 제조된 광결정 구조의 특성을 설명하기 위한 도면이다.

도 10은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 광결정 구조의 제조장치 및 제조방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 11은 도 10의 광결정 구조의 제조장치 및 제조방법에 의해 제조된 광결정 구조의 특성을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 이하 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 참고로, 본 설명에서 동일한 번호는 실질적으로 동일한 요소를 지칭하며, 이러한 규칙 하에서 다른 도면에 기재된 내용을 인용하여 설명할 수 있고, 당업자에게 자명하다고 판단되거나 반복되는 내용은 생략될 수 있다.

[0031] 도 1은 본 발명에 따른 광결정 구조의 제조장치를 설명하기 위한 도면이고, 도 2는 본 발명에 따른 광결정 구조

의 제조장치로서, 대상체를 설명하기 위한 도면이다. 또한, 도 3은 본 발명에 따른 광결정 구조의 제조방법을 설명하기 위한 도면이고, 도 4 및 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 광결정 구조의 제조장치 및 제조방법을 설명하기 위한 도면이다. 또한, 도 6 내지 도 9는 본 발명에 따른 광결정 구조의 제조방법에 의해 제조된 광결정 구조의 특성을 설명하기 위한 도면이다. 한편, 도 10은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 광결정 구조의 제조장치 및 제조방법을 설명하기 위한 도면이고, 도 11은 도 10의 광결정 구조의 제조장치 및 제조방법에 의해 제조된 광결정 구조의 특성을 설명하기 위한 도면이다.

- [0032] 이들 도면에서 도시한 바와 같이, 본 발명에 따른 광결정 제조장치는 대상체(100) 및 회전기구(200)를 포함한다.
- [0033] 상기 대상체(100)로서는 광반응 미립자(10)를 포함하는 콜로이드 용액이 수용될 수 있는 다양한 대상체(100)가 사용될 수 있으며, 대상체(100)의 종류 및 특성에 의해 본 발명이 제한되거나 한정되는 것은 아니다.
- [0034] 상기 대상체(100)에는 적어도 일측에 개구부를 갖는 제한적인 내부공간(limited inner space)으로 이루어진 채널(111)이 제공된다. 일 예로, 상기 대상체(100)는 상부 기관(110), 상기 상부 기관(110)에 이격되게 적층되는 하부 기관(120), 및 상기 상부 기관(110)과 하부 기관(120) 사이의 측면을 밀봉하는 스페이서(130)를 포함하여 구성될 수 있으며, 상기 상부 기관(110)과 하부 기관(120) 사이에는 채널(111)이 제공될 수 있다. 아울러, 상기 대상체(100)의 상부 및 하부에는 채널(111)과 연통되는 개구부가 형성될 수 있으며, 상기 개구부는 통상의 커버 부재 또는 여타 다른 수단 등을 이용하여 선택적으로 개폐되도록 구성하는 것도 가능하다.
- [0035] 상기 상부 기관(110) 및 하부 기관(120)은 요구되는 조건 및 설계 사양에 따라 다양한 재질로 형성될 수 있다. 일 예로, 상기 상부 기관(110) 및 하부 기관(120)은 통상의 유리 재질로 형성될 수 있으며, 이외에도 사파이어, 실리콘, 질화갈륨, 비소화갈륨, 탄화실리콘 또는 산화아연 등을 사용할 수 있다.
- [0036] 상기 스페이서(130)로서는 PDMS(Polydimethylsiloxane) 또는 테이프(tape) 등이 사용될 수 있으며, 상기 스페이서(130)의 두께에 의해 상부 기관(110)과 하부 기관(120) 사이 채널(111)의 두께(후술할 광결정의 구조의 두께)가 정의될 수 있다.
- [0037] 참고로, 본 발명에서 광반응 미립자(10)라 함은 광결정 구조를 형성할 수 있는 미립자로 이해될 수 있으며, 그 종류 및 특성에 의해 본 발명이 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 일 예로, 광반응 미립자(10)는 폴리스티렌(PS), 폴리메틸메타크릴레이트 및 실리카 미립자 중 적어도 어느 하나를 포함하여 구성될 수 있다. 이하에서는 광반응 미립자(10)로서 실리카 미립자가 사용된 예를 들어 설명하기로 한다.
- [0038] 상기 회전기구(200)는 대상체(100)를 회전시킬 수 있는 가능한 다양한 구조로 제공될 수 있다. 일 예로, 상기 회전기구(200)는 통상의 구동모터(210) 및 상기 구동모터(210)에 의해 회전하는 회전부재(220)를 포함하여 구성될 수 있으며, 대상체(100)는 회전부재(220) 상에 선택적으로 분리 가능하게 장착될 수 있다. 아울러, 상기 대상체(100)와 회전부재(220) 간의 결합구조는 요구되는 조건 및 설계 사양에 따라 다양하게 변경될 수 있다.
- [0039] 상기 회전기구(200)의 회전속도는 통상의 속도조절부(230)에 의해 조절될 수 있다. 가령, 상기 회전기구(200)는 속도조절부(230)에 의해 일정한 속도로 회전하도록 제어될 수 있으며, 다르게는 회전기구(200)의 회전 속도가 속도조절부(230)에 의해 선택적으로 가변되도록 구성될 수 있다.
- [0040] 또한, 상기 대상체(100)에는 채널(111)에 추가적으로 콜로이드 용액을 공급하기 위한 콜로이드 공급부(300)가 제공될 수 있다. 일 예로, 상기 콜로이드 공급부(300)는 대상체(100)의 상부 개구부에 연결되어, 광반응 미립자(10)가 결정 구조화하는 동안 대상체(100)의 채널(111)에 지속적으로 광반응 미립자(10)를 주입할 수 있다.
- [0041] 상기 콜로이드 공급부(300)는 요구되는 조건 및 설계 사양에 따라 다양한 구조로 제공될 수 있다. 일 예로, 상기 콜로이드 공급부(300)는 회전기구(200)가 회전함에 따른 원심력에 의해 채널(111)로 콜로이드 용액을 공급하도록 구성될 수 있다. 이하에서는 상기 콜로이드 공급부(300)로서 통상의 스포이드(sput) (도 1 및 도 3 참조)가 사용된 예를 들어 설명하기로 한다.
- [0042] 다르게는 도 4와 같이, 콜로이드 공급부(300')로서 주사기(syringe)가 사용될 수 있다. 대상체(100)와 주사기 간의 연결구조는 요구되는 조건 및 설계 사양에 따라 다양하게 변경될 수 있다. 일 예로, 대상체(100)에는 주사기와 대상체(100)를 연결하기 위한 연결유로가 제공될 수 있다. 전술한 스포이드 형태의 콜로이드 공급부와 마찬가지로 주사기를 이용한 콜로이드 공급부(300') 역시 회전기구(200)가 회전함에 따른 원심력에 의해 채널(111)로 콜로이드 용액을 공급하도록 구성될 수 있다.
- [0043] 한편, 본 발명에 따른 광결정 구조의 제조장치의 다른 일 예로서, 대상체(100)에는 콜로이드 용액의 증발 속도

를 조절하기 위한 소수성 멤브레인(membrane)(400)이 제공될 수 있다. 일 예로, 도 5를 참조하면, 콜로이드 용액이 건조되는 대상체(100)의 개구부에는 개구부를 덮도록 소수성 멤브레인(400)이 제공될 수 있다. 상기 소수성 멤브레인(400)은 특정 크기의 공극과 용매에 젖지 않는 특성을 갖도록 제공되며, 용매의 증발속도를 감소시킬 수 있다. 또한, 상기 소수성 멤브레인(400)은 콜로이드 용액의 증발 속도를 조절함과 동시에, 대상체(100)에 원심력이 작용할 시 원심력에 의해 채널(111)에 존재하는 콜로이드 용액이 외부로 유출되는 것을 방지할 수 있게 한다.

[0044] 이하에서는 본 발명에 따른 광결정 구조의 제조방법을 설명하기로 한다. 아울러, 전술한 구성과 동일 및 동일 상당 부분에 대해서는 동일 또는 동일 상당한 참조 부호를 부여하고, 그에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다.

[0045] 본 발명에 따른 광결정 구조의 제조방법은, 광반응 미립자(10)를 포함하는 콜로이드 용액을 대상체(100) 상에 제공하는 단계, 상기 광반응 미립자(10)를 결정 구조화하는 단계, 및 상기 광반응 미립자(10)를 결정 구조화하는 동안 대상체(100)를 회전시키는 단계를 포함하며, 상기 대상체(100)가 회전하는 동안 광반응 미립자(10)에는 원심력이 작용할 수 있다.

[0046] 전술한 바와 같이, 특정 두께와 면적을 갖는 채널(111)과 대기와 접촉할 수 있는 개구부를 포함하는 대상체(100)의 단부(일단 또는 양단)를 광반응 미립자(10)가 분산되어 있는 콜로이드 용액에 접촉시키면, 채널(111) 단면의 수력직경(Hydraulic diameter)과 관련된 모세관력에 의해 대상체(100)의 채널(111)로 콜로이드 용액이 채워질 수 있다. 상기 채널(111)에 콜로이드 용액이 가득 채워지도록 한 후, 콜로이드 용액이 담겨진 용기로부터 대상체(100)의 접촉을 해제하면 대상체(100) 내부의 콜로이드 용액은 모세관력에 의해 외부로 유출되지 않고, 콜로이드 용액에 분산되어 있는 광반응 미립자(10)는 용매의 표면장력과 모세관력에 가로막혀 외부로 유출되지 않게 된다.

[0047] 그 후, 상기 대상체(100)의 상부 또는 하부를 대기와 접촉시켜 건조시키면 용매가 대기와 접촉하고 있는 면으로부터 서서히 증발되기 시작한다. 용매가 증발되기 시작하면 채널(111)에 존재하는 콜로이드 용액의 부피가 감소하면서 이를 보상하기 위해 모세관력이 대기와의 접촉면 쪽으로 작용하게 되고 대상체(100)의 내부에서 용매와의 표면장력으로 인해 형성된 곡면이 대기 접촉면으로 함께 이동하게 된다.

[0048] 따라서, 대기와 접촉하여 증발되고 있는 방향으로 모세관력이 작용하면서 콜로이드 용액과 광반응 미립자(10)가 이동하게 된다. 결과적으로 대기와 접촉하고 있는 면으로 광반응 미립자(10)가 이동하게 되고 광반응 미립자(10)의 농도 증가와 용매가 증발하며 자기 결합에 의해 규칙적으로 결정화되어 있는 광반응 미립자(10)들의 적합한 다음 위치로 이동하여 서서히 순서적으로 결정이 성장하게 된다. 결정이 지속적으로 성장하는 과정이 지속되며 콜로이드 용액의 용매가 완전히 증발하게 되면 채널(111) 내부에 특정 두께를 갖는 광결정이 제조될 수 있다.

[0049] 참고로, 상기 광반응 미립자(10)로서는 200~300nm의 크기를 갖는 광반응 미립자(10)가 사용될 수 있다. 예를 들어, 약 200nm 미만의 광반응 미립자(10)를 사용하여 형성된 광결정의 경우 보라색 이후의 영역인 자외선 영역의 파장을 반사하여 가시광선 영역의 파장 반사를 기대할 수 없고, 약 300nm 이상의 크기를 사용하여 형성된 광결정의 경우 적외선 영역의 파장을 반사하여 가시광선 영역의 파장 반사를 기대할 수 없기 때문에, 광반응 미립자(10)는 200~300nm의 크기로 제공되는 것이 바람직하다.

[0050] 아울러, 상기 콜로이드 용액의 광반응 미립자(10)의 농도는 10~55%로 제공되는 것이 바람직하다. 즉, 50 중량% 미만의 미립자의 농도에서는 충분히 많은 광반응 미립자(10)가 밀집되지 않아 광결정 제조 시간이 증가하는 문제점이 있고, 약 55% 중량% 이상의 농도에서는 광반응 미립자(10)가 콜로이드 용액의 내에서 자기 조립하며 결정화되는 특성이 있으며 높은 점성으로 인해 채널(111)에 채워지기 쉽지 않으므로 농도를 높여 채널(111)에 형성되는 광결정의 면적을 증가시키기에 한계가 있다.

[0051] 또한, 광반응 미립자(10)가 자기 조립되는 동안, 상기 대상체(100)에는 채널(111)에 추가적으로 콜로이드 용액을 공급하기 위한 콜로이드 공급부(300)가 연결될 수 있다. 상기 콜로이드 공급부(300)는 대상체(100)의 상부 개구부에 연결되어, 광반응 미립자(10)가 결정 구조화하는 동안 대상체(100)의 채널(111)에 지속적으로 광반응 미립자(10)를 주입할 수 있다.

[0052] 상기 콜로이드 공급부(300)와 채널(111)에 콜로이드 용액을 채운 상태에서 대상체(100)가 대기와 접촉한 면으로부터 용매를 증발시키며 선단 일부를 먼저 결정화시켜 대상체(100)의 하단부에 용매가 유출되는 것을 막기 위한 벽(광결정 구조)을 형성할 수 있다. 이는 후술할 원심력에 의해 콜로이드 공급부(300) 및 채널(111)에 존재하는

콜로이드 용액이 외부로 유출되는 것을 방지할 수 있게 한다. 채널(111)에서 특정 영역까지 광결정이 형성되면 대상체(100)를 회전기구(200)에 부착한 상태에서 일정한 속도로 회전시켜 원심력을 가해 광반응 미립자(10)가 콜로이드 공급부(300)로부터 대기 접촉면으로 이동할 수 있도록 한다. 아울러, 콜로이드 공급부(300)를 통해 지속적으로 광반응 미립자(10)가 충전될 수 있도록 하면 대기와 접촉하고 있는 면으로부터 발생하는 용매의 증발과 지속적인 결정화를 통해 채널(111)에 특정 두께를 갖는 광결정을 제조할 수 있다.

[0053] 참고로, 본 발명의 실험예에서는 50mm(길이)×15mm(폭)×150 μ m(두께)의 상대적으로 큰 형상으로 대면적을 갖는 채널(111)에 광결정을 제조하였으며, 380RPM의 회전 속도로 120분간 회전시켜 채널(111)에 결정화가 이루어지도록 하였고, 용매의 건조를 위해 콜로이드 공급부(300)의 콜로이드 용액을 제거한 후 동일한 속도로 회전시키는 과정을 사용하였다. 물론 회전 속도가 빠르면 빠를수록 제조 시간이 단축되며 낮은 농도에서도 효율적으로 광결정을 제조할 수 있으나, 상대적으로 큰 수력직경을 갖는 채널(111)에 광결정을 제조하는 경우 고속회전 시 대상체(100)의 끝단에 형성되어있는 광결정이 원심력에 의해 가해지는 유체의 힘을 버티지 못하고 콜로이드 용액이 외부로 유출될 가능성이 급격히 상승하게 된다. 따라서 낮은 결합으로 광결정이 형성될 수 있으며 콜로이드 용액이 유출되지 않을 수 있도록 회전속도에 제한을 두는 것이 필요하다.

[0054] 바람직하게 상기 회전기구(200)에 의한 대상체(100)의 회전속도는 200~400RPM로 설정되는 것이 바람직하다. 즉, 대상체(100)의 회전속도가 200RPM보다 작을 경우에는 광반응 미립자(10)에 충분한 원심력이 작용하지 못할 수 있고, 대상체(100)의 회전속도가 400RPM보다 클 경우에는 콜로이드 용액이 유출될 가능성이 있기 때문에 회전기구(200)에 의한 대상체(100)의 회전속도는 200~400RPM로 설정되는 것이 바람직하다. 아울러, 상기 채널(111)의 수력직경과 관련이 있는 모세관력에 대응하는 적절한 원심력이 작용할 수 있도록 수력직경에 따라 회전속도가 조절될 수 있어야 한다. 바람직하게 대상체(100)의 회전속도는 수력직경과 반비례적으로 설정될 수 있다.

[0055] 또한, 본 발명의 실험예에서는, 상기 콜로이드 용액으로 200~280nm의 다양한 크기의 실리카 입자와 친수성을 갖는 DDW(Distilled deionized water) 용매를 섞어 사용하였다. 또한, 외부 온도, 습도, 농도 및 스페이서(130)의 두께를 25℃, 50%, 20%와 150 μ m로 고정한 상태에서, 대상체(100)의 회전 속도를 0~380RPM으로 조절하며 실험하였다. 결과분석을 위해 시각적 관찰, 스펙트럼 분석기, SEM 등의 방법을 이용하여 각 실험에 따라 제조되는 광결정의 특성을 확인하였고, 낮은 결합을 갖는 광결정을 대면적으로 제조하였다.

[0056] 아울러, 도 2는 대기와 접촉하여 용매가 증발되는 방향으로 광반응 미립자(10)를 농축시키고 채널(111)에 생성된 기포를 원활하게 제거하기 위해 대상체(100)에 원심력을 가하는 과정을 설명한 도면이다. 본 발명의 실험예에서는 원심력의 조절을 위해 0~380RPM의 성능을 갖는 DC모터를 이용하였고, 회전 속도의 조절을 위해 PWM(Pulse Width Modulation) 제어를 수행하기 위한 속도조절부(230)를 사용하였다.

[0057] 참고로, 원심력을 가한 경우 제조될 수 있는 광결정의 특성을 파악하기 위해 210nm 크기의 실리카 입자를 20% 농도의 콜로이드 용액으로 만들어 250RPM의 속도로 회전시키며 실험한 결과는 도 6의 (a)와 같다. 대상체(100)의 전체 영역에 광결정이 형성되어 공극이 공기로 채워진 경우인 482.21nm의 이론적 광밴드갭에 의해 반사될 수 있는 청색영역의 구조색이 관찰되는 것을 확인할 수 있다. 또한, 채널(111)의 하부로부터 상부로 광결정이 형성되면서 나타나는 얼룩무늬의 패턴이 시작되는 지점이 원심력을 가하지 않은 경우보다 상부로 이동하게 됨을 확인할 수 있다. 따라서 회전 속도의 증가에 따라 얼룩무늬와 같은 결합이 상당히 완화될 수 있는 가능성을 확인할 수 있다.

[0058] 동일한 콜로이드 용액을 이용하여 회전 속도를 380RPM으로 증가시켜 실험한 결과는 도 6의 (b)에서 확인할 수 있다. 기존에 존재하던 얼룩무늬와 같은 결합이 존재하지 않고 대상체(100)의 전체 영역에서 일정한 광결정이 형성되어 청색의 구조색이 선명하게 관찰된다. 또한, 도 7을 참조하면, 380RPM으로 실험한 결과의 반사파장을 측정된 결과를 통해 이론적 광밴드갭이 서로를 잘 추종하는 것을 확인할 수 있다.

[0059] 한편, 도 8은 도 6의 (a)~(b)의 일부영역을 SEM으로 확대하여 촬영한 결과이다. 250RPM의 회전 속도로 실험한 도 8의 (a)의 결과를 살펴보면 실리카 입자가 채워지지 않아 점과 같은 형태의 결합이 다수 발생하였고 선의 형태로 결합이 발생한 영역이 있는 것을 확인할 수 있다. 380RPM의 결과인 도 8의 (b)는 SEM을 촬영하기 위해 대상체(100)의 기관 한쪽을 제거하면서 발생한 결합으로 추정되는 점 결합 외에는 선/면의 결합이 없는 것을 확인할 수 있다. 결과적으로 두 결과를 비교했을 때 회전 속도를 증가시켜 제조한 광결정의 결합이 낮은 것을 알 수 있다.

[0060] 아울러, 도 9는 380RPM의 회전 속도로 각각 210, 240, 280nm 크기의 실리카 입자를 이용하여 제조된 광결정이다. 각각 적색, 녹색, 청색으로 이전에 확인하였던 각 입자에 따른 구조색이 대상체(100)의 전체 영역

에서 균일하게 관찰되는 것을 확인할 수 있다. 이와 같이, 원심력을 이용한 광결정 제조방법은 수준으로 결함이 낮고, 형상 조절의 용이성이 높으며, 제조시간과 재료낭비 등의 광결정을 제조하는 과정에서 발생하는 효율성의 차이가 높기 때문에, 특정 형상과 낮은 결함을 갖는 광결정을 효율적으로 제조할 수 있다.

[0061] 한편, 도 10을 참조하면, 대상체(100)의 스페이서(130)에는 미세패턴(132)이 형성될 수 있고, 상기 콜로이드 용액은 미세패턴(132)을 통해 대기에 노출되며 건조될 수 있다. 일 예로, 스페이서(130)에는 광반응 미립자(10)의 직경보다 낮은 높이(크기)를 갖는 미세패턴(132)이 소정 간격으로 형성될 수 있으며, 대상체(100)의 하부 개구부 및 미세패턴(132)을 통해 채널(111)의 측면과 하부에서 동시에 용매가 증발될 수 있다. 도 11의 (a)는 스페이서(130)에 미세패턴(132)이 형성된 경우의 광결정의 결과를 도시한 도면이다. 도 11의 (a)를 참조하면, 일정한 구조색을 갖는 아래쪽 부위와 달리 특정한 미세패턴(132)이 적용된 부분에서는 독특한 패턴이 형성되어 있는 것을 확인할 수 있다. 이와 같이, 스페이서(130)의 미세패턴(132)을 조절함으로써, 독특한 패턴을 갖는 광결정 또는 단일 크기의 실리카 입자로 다양한 구조색을 갖는 광결정의 제조가 가능하다. 참고로, 미세패턴(132)의 형태 및 구조는 요구되는 조건 및 설계 사양에 따라 적절히 변경될 수 있다.

[0062] 또한, 광반응 미립자(10)를 결정 구조화하는 동안 대상체(100)의 회전 속도를 선택적으로 가변시킬 수 있다. 일 예로, 도 11의 (b)는 210nm 크기의 실리카 입자만을 이용하여 대상체(100)가 회전하는 속도를 점차 감소시키며 제조한 결과이다. 도 11의 (b)를 참조하면, 균일한 크기의 입자를 이용하였지만 대상체(100)의 하부에서 상부로 광결정이 형성되면서 청색과 녹색의 구조색이 관찰되는 것을 확인할 수 있다. 이와 같이, 결정이 형성되는 과정에서 회전속도를 조절함으로써, 독특한 패턴을 갖는 광결정 또는 단일 크기의 실리카 입자로 다양한 구조색을 갖는 광결정이 제조 가능하다. 경우에 따라서는 광반응 미립자를 결정 구조화하는 동안 대상체의 회전속도가 점진적으로 증가하거나 급격히 변경되도록 구성하는 것도 가능하다.

[0063] 상술한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만 해당 기술분야의 숙련된 당업자라면 하기의 청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

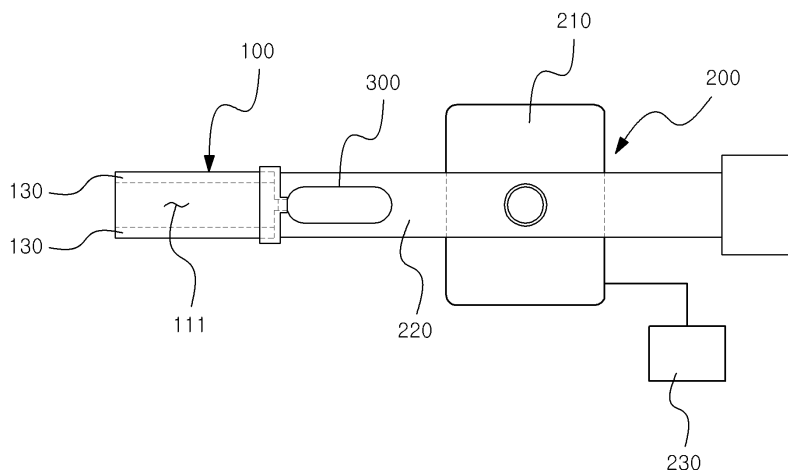
부호의 설명

[0064]

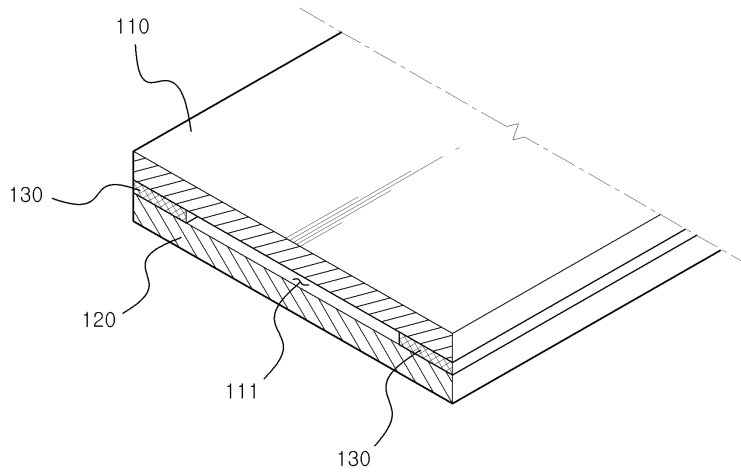
100 : 대상체	110 : 상부 기관
111 : 채널	120 : 하부 기관
130 : 스페이서	200 : 회전기구
300 : 콜로이드 공급부	400 : 소수성 멤브레인

도면

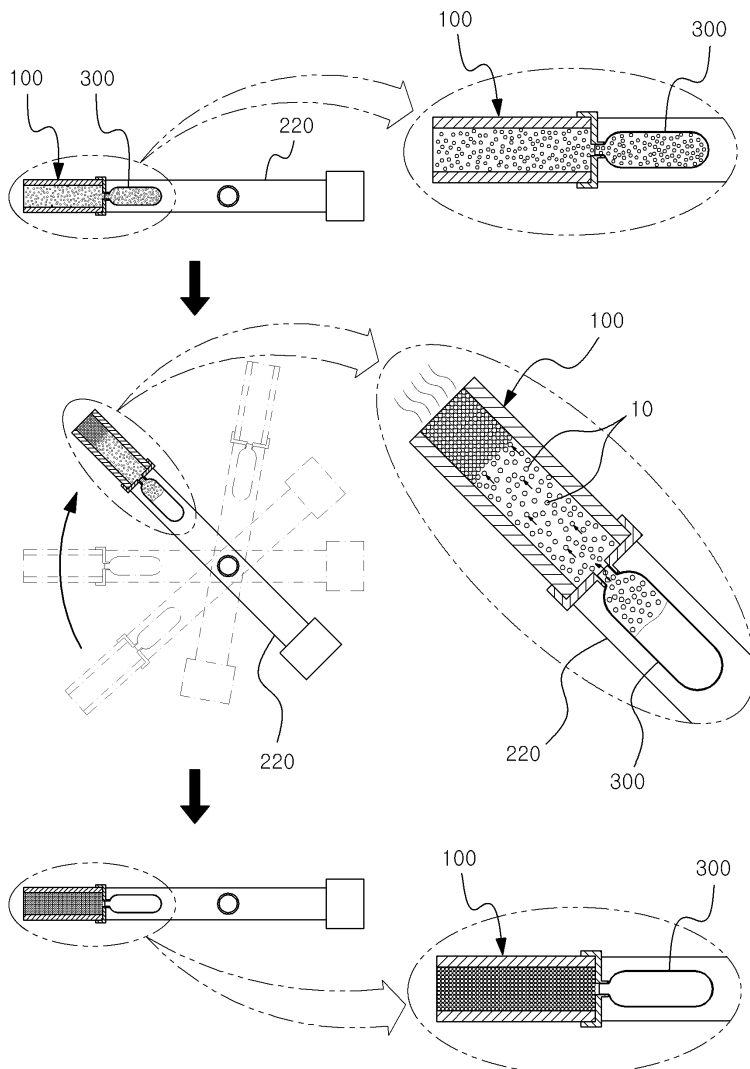
도면1



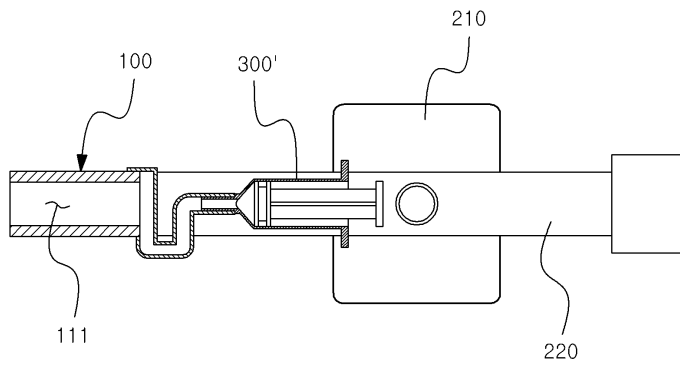
도면2



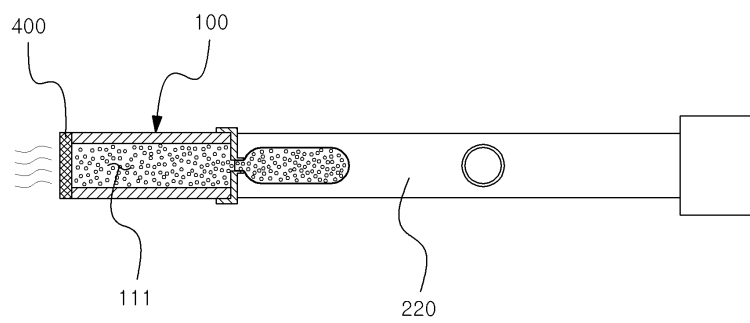
도면3



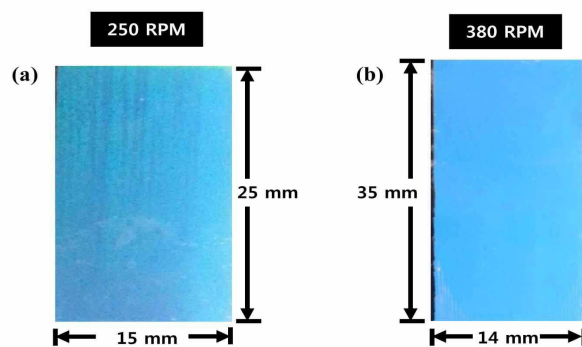
도면4



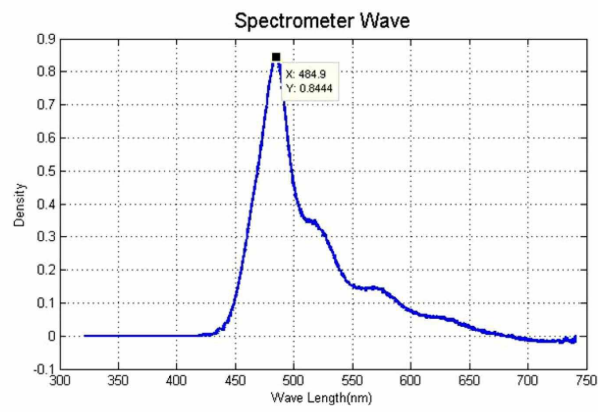
도면5



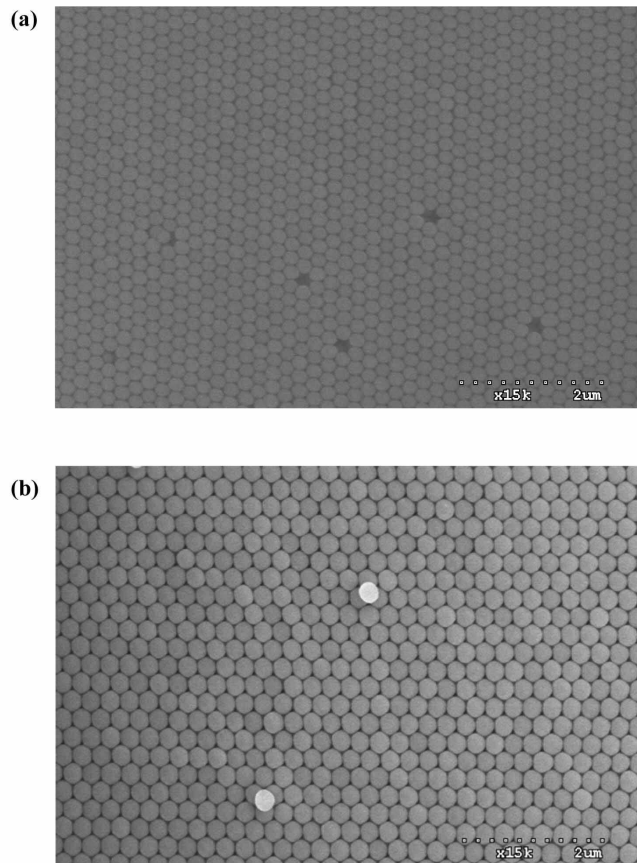
도면6



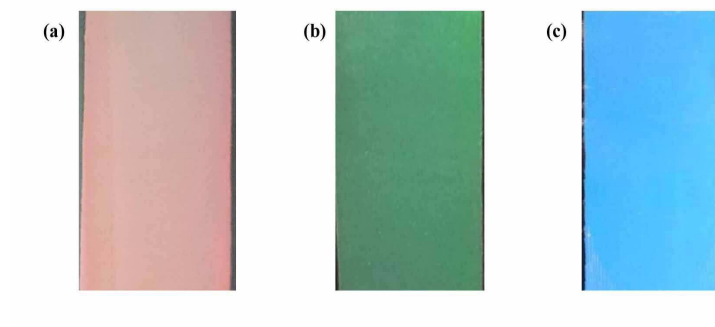
도면7



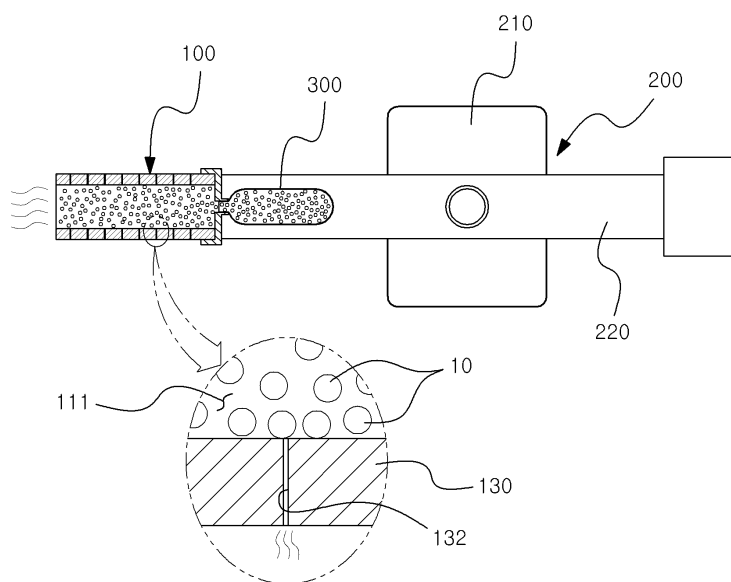
도면8



도면9



도면10



도면11

