



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년01월15일

(11) 등록번호 10-1585645

(24) 등록일자 2016년01월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B01J 13/04 (2006.01) *B01J 19/18* (2006.01)

G02B 1/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0134125

(22) 출원일자 2014년10월06일

심사청구일자 2014년10월06일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020140098538 A

KR1020130135502 A

SEUNG-KON LEE 외 2명_ THE ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY 2006

KR1020140059579 A

(73) 특허권자

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

이승엽

서울특별시 서초구 방배중앙로7길 56 청구빌라 103호

허남희

서울특별시 서초구 방배로32길 71 방배렉슬 302호 (방배동)

서한복

서울 강북구 덕릉로51가길 14

(74) 대리인

지현조

전체 청구항 수 : 총 27 항

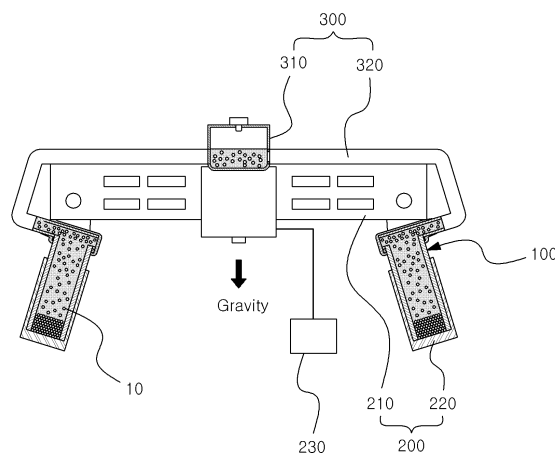
심사관 : 김준일

(54) 발명의 명칭 대면적 광결정 구조의 제조방법 및 제조장치

(57) 요약

제조 공정을 간소화할 수 있으며, 효율성을 향상시킬 수 있는 대면적 광결정 구조의 제조방법 및 제조장치가 개시된다. 대면적 광결정 구조를 제조하는 방법은, 길이 방향을 따라 채널이 형성된 대상체를 제공하고, 광반응 미립자를 포함하는 콜로이드 용액을 채널 상에 제공하는 단계; 채널 상에서 광반응 미립자를 결정 구조화하는 단계; 및 광반응 미립자를 결정 구조화하는 동안 대상체를 회전시키는 단계;를 포함하고, 채널은 폭 방향이 대상체의 회전축 방향을 따라 배치되도록 형성되고, 대상체가 회전하는 동안, 광반응 미립자는 대상체의 길이 방향으로 작용하는 원심력에 의해 채널을 따라 이동 가능하되, 광반응 미립자에 작용하는 원심력은 채널의 폭을 따라 전체적으로 동일한 방향성을 갖는다.

대표도 - 도2



명세서

청구범위

청구항 1

대면적 광결정 구조를 제조하는 방법에 있어서,

길이 방향을 따라 채널이 형성된 대상체를 제공하고, 광반응 미립자를 포함하는 콜로이드 용액을 상기 채널 상에 제공하는 단계;

상기 채널 상에서 상기 광반응 미립자를 결정 구조화하는 단계; 및

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

상기 채널은 폭 방향이 상기 대상체의 회전축 방향을 따라 배치되도록 형성되고, 상기 대상체가 회전하는 동안, 상기 광반응 미립자는 상기 대상체의 길이 방향으로 작용하는 원심력에 의해 상기 채널을 따라 이동 가능하되, 상기 광반응 미립자에 작용하는 원심력은 상기 채널의 폭을 따라 전체적으로 동일한 방향성을 갖는 것을 특징으로 하는 대면적 광결정 구조의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 채널의 적어도 일측에는 개구부가 형성되고,

상기 채널에 충전되는 상기 콜로이드 용액이 상기 개구부를 통해 대기에 노출됨에 따라 건조되면서 상기 광반응 미립자가 자기 조립(self assembly)되어 결정 구조화되는 것을 특징으로 하는 대면적 광결정 구조의 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 대상체는,

제1기판;

상기 제1기판에 이격되게 적층되는 제2기판; 및

상기 제1기판과 상기 제2기판 사이의 측면을 밀봉하는 스페이서;를 포함하여 제공되고,

상기 채널은 상기 제1기판과 상기 제2기판 사이에 제공되는 것을 특징으로 하는 대면적 광결정 구조의 제조방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제1기판의 내면에 형성되는 제1코팅층; 및

상기 제2기판의 내면에 형성되는 제2코팅층;

을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 대면적 광결정 구조의 제조방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제1코팅층 및 상기 제2코팅층은 소수성 또는 친수성 특성, 및 가스투과성을 갖는 재질로 형성된 것을 특징으로 하는 대면적 광결정 구조의 제조방법.

청구항 6

제3항에 있어서,

상기 스페이서는 파라필름(parafilm)으로 형성된 것을 특징으로 하는 대면적 광결정 구조의 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 광반응 미립자가 결정 구조화되는 동안 상기 채널에 상기 콜로이드 용액을 추가로 공급하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 대면적 광결정 구조의 제조방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 광반응 미립자가 자기 조립되는 동안 상기 채널에 상기 콜로이드 용액을 추가로 공급하기 전에, 추가로 공급되는 상기 콜로이드 용액에서 상기 광반응 미립자의 농도를 조절하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 대면적 광결정 구조의 제조방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 광반응 미립자가 자기 조립되는 동안 상기 채널에 상기 콜로이드 용액을 추가로 공급하기 전에, 상기 광반응 미립자를 일시적으로 정제시켜 추가로 공급되는 상기 콜로이드 용액에서 상기 광반응 미립자의 농도를 증가시키는 것을 특징으로 하는 대면적 광결정 구조의 제조방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

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

청구항 11

제1항에 있어서,

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

청구항 12

제1항에 있어서,

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

청구항 13

대면적 광결정 구조를 제조하는 장치에 있어서,

길이 방향을 따라 채널이 형성되며, 상기 채널에 광반응 미립자를 포함하는 콜로이드 용액이 수용되는 대상체; 및

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

상기 채널은 폭 방향이 상기 대상체의 회전축 방향을 따라 배치되도록 형성되고, 상기 대상체가 회전하는 동안, 상기 광반응 미립자는 상기 대상체의 길이 방향으로 작용하는 원심력에 의해 상기 채널을 따라 이동 가능하되, 상기 광반응 미립자에 작용하는 원심력은 상기 채널의 폭을 따라 전체적으로 동일한 방향성을 갖는 것을 특징으로 하는 대면적 광결정 구조의 제조장치.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 채널의 적어도 일측에는 개구부가 형성되고,

상기 채널에 충전되는 상기 콜로이드 용액이 상기 개구부를 통해 대기에 노출됨에 따라 건조되면서 상기 광반응 미립자가 자기 조립(self assembly)되어 결정 구조화되는 것을 특징으로 하는 대면적 광결정 구조의 제조장치.

청구항 15

제13항에 있어서,

상기 대상체는,

제1기판;

상기 제1기판에 이격되게 적층되는 제2기판; 및

상기 제1기판과 상기 제2기판 사이의 측면을 밀봉하는 스페이서;를 포함하여 제공되고,

상기 채널은 상기 제1기판과 상기 제2기판 사이에 제공되는 것을 특징으로 하는 대면적 광결정 구조의 제조장치.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 제1기판의 내면에 형성되는 제1코팅층; 및

상기 제2기판의 내면에 형성되는 제2코팅층;

을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 대면적 광결정 구조의 제조장치.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 제1코팅층 및 상기 제2코팅층은 소수성 또는 친수성 특성, 및 가스투과성을 갖는 재질로 형성된 것을 특징으로 하는 대면적 광결정 구조의 제조장치.

청구항 18

제15항에 있어서,

상기 스페이서는 파라필름(parafilm)으로 형성된 것을 특징으로 하는 대면적 광결정 구조의 제조장치.

청구항 19

제13항에 있어서,

상기 회전기구는,

구동원에 의해 회전하는 회전부재; 및

상기 회전부재의 단부에 연결되며, 상기 대상체가 거치되는 거치부재;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 대면적 광결정 구조의 제조장치.

청구항 20

제19항에 있어서,

상기 거치부재는 상기 회전부재에 회전 가능하게 연결되며, 상기 회전부재의 회전 여부에 따라 정지위치에서 회전위치로 상기 회전부재에 대해 회전하되,

상기 거치부재가 상기 정지위치에 배치된 상태에서, 상기 채널의 일단에 형성된 개구부는 중력 방향을 따라 배치되고,

상기 거치부재가 상기 회전위치에 배치된 상태에서, 상기 개구부는 지면에 수평한 방향을 따라 배치되는 것을 특징으로 하는 대면적 광결정 구조의 제조장치.

청구항 21

제13항에 있어서,

상기 광반응 미립자가 결정 구조화되는 동안 상기 채널에 상기 콜로이드 용액을 추가로 공급하는 콜로이드 공급부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 대면적 광결정 구조의 제조장치.

청구항 22

제21항에 있어서,

상기 콜로이드 공급부로부터 추가로 공급되는 상기 콜로이드 용액이 상기 채널로 공급되기 전에, 추가로 공급되는 상기 콜로이드 용액에서 상기 광반응 미립자의 농도를 조절하기 위한 농도조절부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 대면적 광결정 구조의 제조장치.

청구항 23

제22항에 있어서,

상기 농도조절부는 상기 콜로이드 공급부와 상기 대상체를 연결하는 조절튜브를 포함하되,

상기 콜로이드 공급부로부터 상기 콜로이드 용액은 상기 조절튜브의 길이 방향을 따라 공급되고,

상기 조절튜브의 외벽면에는 길이 방향을 따라 내부와 연통되는 삽입부가 형성되며, 상기 대상체의 일단은 상기 삽입부에 삽입된 것을 특징으로 하는 대면적 광결정 구조의 제조장치.

청구항 24

제23항에 있어서,

상기 삽입부와 상기 대상체의 외면 사이에 제공되는 실링부재를 포함하는 것을 특징으로 하는 대면적 광결정 구조의 제조장치.

청구항 25

제24항에 있어서,

상기 실링부재는 파라필름(parafilm)으로 형성된 것을 특징으로 하는 대면적 광결정 구조의 제조장치.

청구항 26

제23항에 있어서,

상기 대상체와 상기 조절튜브 간의 결합 상태를 보강하기 위한 보강부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 대면적 광결정 구조의 제조장치.

청구항 27

제23항에 있어서,

파라필름(parafilm) 재질로 형성되며, 상기 대상체와 상기 조절튜브 간의 결합 부위를 덮도록 형성되는 제1보강층;

상기 제1보강층을 덮도록 형성되는 접착층; 및

상기 접착층보다 상대적으로 높은 기계적 강도를 가지며, 상기 접착층을 덮도록 형성되는 제2보강층;을 포함하며,

상기 접착층은 가열된 상태로 도포되고, 상기 제1보강층은 상기 접착층에 의한 열에 의해 강화되는 것을 특징으로 하는 대면적 광결정 구조의 제조장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 대면적 광자 결정 또는 광결정 구조의 제조에 관한 것으로서, 보다 자세하게는, 원심력을 이용하여 대면적 광결정 구조를 제조할 수 있는 대면적 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 패턴을 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 제거하면 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.
- [0012] 이에 따라 최근에는 제조 공정이 간단하면서도 실용성이 높은 광결정을 자유롭게 형성하기 위한 다양한 연구가 이루어지고 있다.
- [0013] 이와 관련하여, 공개특허공보 제10-2014-0098538호(2014.08.08)에는 원심력을 이용하여 광결정을 제조할 수 있도록 한 "광결정 구조의 제조방법 및 제조장치"가 개시되어 있다.
- [0014] 도 1은 기존 광결정 구조의 제조방법을 설명하기 위한 도면이다. 도 1을 참조하면, 기존에는 광반응 미립자가 결정 구조화되는 동안 광반응 미립자에 원심력이 작용하며 결정 구조화될 수 있도록 구성된다.
- [0015] 그러나, 기존에는 대상체(10)의 상면(또는 저면)이 회전축에 대해 수직하게 배치된 상태로 회전함에 따라, 대상체(10)가 회전할 시 대상체(10)의 폭 방향을 따라 원심력이 작용하는 방향의 차이가 발생하고, 원심력이 작용하는 방향의 차이로 인해 선 또는 면 형태의 결함이 발생하는 문제점이 있다. 특히, 이와 같은 문제점은 채널폭의 크기가 커질수록 원심력이 작용하는 방향의 변화폭(θ)이 증가하여, 광결정의 구조가 균일하지 못하고 서로 다른 결정 구조 및 방향을 가질 수 있기 때문에, 기존의 광결정 제조방법으로 수~수십mm의 매크로 스케일(macro scale)의 채널폭을 갖는 대면적 광결정을 제조하기에는 부적합한 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0016] 본 발명은 광결정을 대면적(large scale)으로 제조가 가능하며, 제공 공정을 간소화할 수 있으며, 실용성이 높은 대면적 광결정 구조의 제조방법 및 제조장치를 제공한다.
- [0017] 특히, 본 발명은 수~수십mm의 매크로 스케일(macro scale)의 채널폭을 갖는 대면적 광결정을 결함없이 제조할 수 있는 대면적 광결정 구조의 제조방법 및 제조장치를 제공한다.
- [0018] 또한, 본 발명은 광결정 표면에서의 결함을 해결할 수 있는 대면적 광결정 구조의 제조방법 및 제조장치를 제공한다.
- [0019] 또한, 본 발명은 공정 시간을 단축할 수 있으며, 안정성 및 신뢰성을 향상시킬 수 있는 대면적 광결정 구조의 제조방법 및 제조장치를 제공한다.
- [0020] 또한, 본 발명은 다양한 파장의 빛을 반사시킬 수 있는 광결정 구조를 다양하게 형성할 수 있는 대면적 광결정 구조의 제조방법 및 제조장치를 제공한다.
- [0021] 또한, 본 발명은 구간에 따라 구조색이 변하는 광결정을 제조할 수 있는 대면적 광결정 구조의 제조방법 및 제조장치를 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0022] 상술한 본 발명의 목적들을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, 대면적 광결정 구조를 제조하는 방법은, 길이 방향을 따라 채널이 형성된 대상체를 제공하고, 광반응 미립자를 포함하는 콜로이드 용액을 채널 상에 제공하는 단계; 채널 상에서 광반응 미립자를 결정 구조화하는 단계; 및 광반응 미립자를 결정 구조화하는 동안 대상체를 회전시키는 단계;를 포함하고, 채널은 폭 방향이 대상체의 회전축 방향을 따라 배치되도록 형성되고, 대상체가 회전하는 동안, 광반응 미립자는 대상체의 길이 방향으로 작용하는 원심력에 의해 채널을 따라 이동 가능하되, 광반응 미립자에 작용하는 원심력은 채널의 폭을 따라 전체적으로 동일한 방향성을 갖는다.
- [0023] 참고로, 본 발명에서 광반응 미립자에 작용하는 원심력이 채널의 폭을 따라 전체적으로 동일한 방향성을 갖는다는, 채널의 폭 방향을 따른 위치에 관계없이 대상체가 회전함에 따른 원심력이 항상 일정한 방향(대상체의 길이 방향)으로 작용하는 것으로 이해될 수 있다.
- [0024] 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.
- [0025] 대상체는 제1기판, 제1기판에 이격되게 적층되는 제2기판, 및 제1기판과 제2기판 사이의 측면을 밀봉하는 스페이서를 포함하여 구성될 수 있으며, 제1기판과 제2기판 사이에는 채널이 제공될 수 있다. 아울러, 제1기판의 내면에는 제1코팅층이 형성될 수 있고, 제2기판의 내면에는 제2코팅층이 형성될 수 있으며, 제1코팅층 및 제2코팅층은 소수성 또는 친수성 특성, 및 가스투과성을 갖는 재질로 형성될 수 있다. 스페이서로서는 폴리머 계열의 재료, PDMS 또는 테이프(tape) 등이 사용될 수 있으나, 경우에 따라서는 스페이서가 열처리 조건에 따라 손쉽게 분리 가능한 파라필름(parafilm)으로 형성될 수 있다.
- [0026] 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 있다.
- [0027] 회전기구는 대상체를 회전시킬 수 있는 가능한 다양한 구조로 제공될 수 있다. 일 예로, 회전기구는 구동원에 의해 회전하는 회전체, 및 회전체의 단부에 연결되며 대상체가 거치되는 거치부를 포함할 수 있다.
- [0028] 아울러, 거치부는 회전체에 회전 가능하게 연결될 수 있으며, 회전체의 회전 여부에 따라 정지위치에서 회전위치로 회전체에 대해 회전할 수 있다. 거치부가 정지위치에 배치된 상태에서는 채널의 일단에 형성된 개구부가 중력 방향을 따라 배치될 수 있고, 거치부가 상기 회전위치에 배치된 상태에서는 개구부가 지면에 수평한 방향을 따라 배치될 수 있다.
- [0029] 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, 정지, 회전 속도가 점진적으로 감소 또는 증가하거나 급격한 속도 변화를 모두 포함하는 것으로 이해될 수 있다.
- [0030] 또한, 광반응 미립자가 결정 구조화되는 동안 채널에 추가적으로 콜로이드 용액을 공급하기 위한 콜로이드 공급부가 제공될 수 있다. 일 예로, 콜로이드 공급부는 대상체에 연결되어 광반응 미립자가 결정 구조화하는 동안 대상체의 채널에 지속적으로 광반응 미립자를 주입할 수 있다.
- [0031] 또한, 광반응 미립자가 자기 조립되는 동안 채널에 콜로이드 용액을 추가로 공급하기 전에, 광반응 미립자를 일시적으로 정체시켜 추가로 공급되는 콜로이드 용액에서 광반응 미립자의 농도를 증가시킬 수 있다. 일 예로, 추가로 공급되는 콜로이드 용액에서 상기 광반응 미립자의 농도를 조절하기 위한 농도조절부는, 콜로이드 공급부와 대상체를 연결하는 조절튜브를 포함하되, 콜로이드 공급부로부터 콜로이드 용액은 조절튜브의 길이 방향을 따라 공급되고, 조절튜브의 외벽면에는 길이 방향을 따라 내부와 연통되는 삽입부가 형성되며, 대상체의 일단은 삽입부에 삽입될 수 있다. 아울러, 삽입부와 대상체의 외면 사이에는 실링부재가 제공될 수 있으며, 실링부재는 파라필름으로 형성될 수 있다.
- [0032] 또한, 대상체와 조절튜브 간의 결합 상태를 보강하기 위한 보강부를 포함할 수 있다. 일 예로, 보강부는, 파라

필름(parafilm) 재질로 형성되며 대상체와 상기 조절튜브 간의 결합 부위를 덮도록 형성되는 제1보강층, 제1보강층을 덮도록 형성되는 접착층, 및 접착층보다 상대적으로 높은 기계적 강도를 가지며 접착층을 덮도록 형성되는 제2보강층을 포함할 수 있다. 접착층은 가열된 상태로 도포될 수 있고, 제1보강층은 접착층에 의한 열에 의해 강화될 수 있다.

[0033] 본 발명의 다른 바람직한 실시예에 따르면, 대면적 광결정 구조의 제조장치는, 길이 방향을 따라 채널이 형성되며 채널에 광반응 미립자를 포함하는 콜로이드 용액이 수용되는 대상체, 및 채널에서 광반응 미립자가 결정 구조화되는 동안 대상체를 회전시키는 회전기구를 포함하고, 채널은 폭 방향이 대상체의 회전축 방향을 따라 배치되도록 형성되고, 대상체가 회전하는 동안, 광반응 미립자는 대상체의 길이 방향으로 작용하는 원심력에 의해 채널을 따라 이동 가능하되, 광반응 미립자에 작용하는 원심력은 상기 채널의 폭을 따라 전체적으로 동일한 방향성을 갖는다.

발명의 효과

[0034] 본 발명에 따른 대면적 광결정 구조의 제조방법 및 제조장치에 의하면, 제조 공정이 간단하면서도 실용성이 높은 광결정을 대면적(large scale)으로 자유롭게 형성할 수 있다.

[0035] 특히, 본 발명에 따르면 대기와 접촉하여 용매가 증발되는 방향으로 광반응 미립자를 농축시킴과 동시에, 광반응 미립자가 농축되는 방향으로 광반응 미립자에 원심력이 작용될 수 있게 하되, 광반응 미립자가 이동하는 채널의 폭을 따라 전체적으로 동일한 방향성을 갖는 원심력이 작용할 수 있게 함으로써, 수~수십mm의 매크로 스케일(macro scale)의 채널폭을 갖는 대면적 광결정을 결함없이 제조할 수 있다.

[0036] 또한, 본 발명에 따르면 제1 및 제2기판의 내면에 제1 및 제2코팅층을 형성함으로써, 광결정 표면에서의 결함을 최소화할 수 있다.

[0037] 또한, 본 발명에 따르면 콜로이드 용액의 광반응 미립자 농도가 희박한 경우(광반응 미립자의 농도가 10 중량% 미만)에도 대면적 광결정의 제조가 가능하며, 결함 발생률을 최소화할 수 있다.

[0038] 또한, 본 발명에 따르면 농도조절부를 이용하여 광반응 미립자의 정체를 통해 추가로 공급되는 콜로이드 용액에서 광반응 미립자의 농도를 증가시켜 광반응 미립자의 이송 효과를 극대화할 수 있으며, 제조 시간을 단축할 수 있다.

[0039] 또한, 본 발명에 따르면 높은 신축성과 열에 따른 독특한 특성을 갖는 파라필름을 이용하여 각 구성물이 연결 및 고정될 수 있게 함으로써, 구조적 안정성 및 밀봉성을 향상시킬 수 있다.

[0040] 또한, 본 발명에 따르면 다양한 파장의 빛을 반사시킬 수 있는 광결정 구조를 다양하게 형성할 수 있다.

[0041] 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.

도면의 간단한 설명

[0042] 도 1은 종래 광결정 제조방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 2 및 도 3은 본 발명에 따른 대면적 광결정 구조의 제조장치를 설명하기 위한 도면이다.

도 4 및 도 5는 본 발명에 따른 대면적 광결정 구조의 제조장치로서, 대상체의 구조 및 연결구조를 설명하기 위한 도면이다.

도 6 및 내지 도 12는 본 발명에 따른 대면적 광결정 구조의 제조방법을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0043] 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.

[0044] 도 2 및 도 3은 본 발명에 따른 대면적 광결정 구조의 제조장치를 설명하기 위한 도면이고, 도 4 및 도 5는 본 발명에 따른 대면적 광결정 구조의 제조장치로서, 대상체의 구조 및 연결구조를 설명하기 위한 도면이다. 또한,

도 6 및 내지 도 12는 본 발명에 따른 대면적 광결정 구조의 제조방법을 설명하기 위한 도면이다.

- [0045] 이들 도면에서 도시한 바와 같이, 본 발명에 따른 광결정 제조장치는 대상체(100) 및 회전기구(200)를 포함한다.
- [0046] 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.
- [0047] 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 제1기판(110), 상기 제1기판(110)에 이격되게 적층되는 제2기판(120), 및 상기 제1기판(110)과 제2기판(120) 사이의 측면을 밀봉하는 스페이서(130)를 포함하여 구성될 수 있으며, 상기 제1기판(110)과 제2기판(120)의 사이에는 채널(111)이 제공될 수 있다.
- [0048] 아울러, 상기 채널(111)은 폭(W) 방향이 후술할 대상체(100)의 회전축 방향을 따라 배치되도록 형성되고, 대상체(100)가 회전하는 동안 대상체(100)의 길이 방향으로 원심력이 작용할 수 있는 바, 대상체(100)가 회전함에 따른 원심력은 채널(111)의 폭을 따라 전체적으로 동일한 방향성을 갖는다. 여기서, 상기 원심력이 채널(111)의 폭을 따라 전체적으로 동일한 방향성을 갖는다 함은, 채널(111)의 폭 방향을 따른 위치에 관계없이 대상체(100)가 회전함에 따른 원심력이 항상 일정한 방향(대상체의 길이 방향)으로 작용하는 것으로 이해될 수 있다.
- [0049] 상기 제1기판(110) 및 제2기판(120)은 요구되는 조건 및 설계 사양에 따라 다양한 재질로 형성될 수 있다. 일 예로, 상기 제1기판(110) 및 제2기판(120)은 통상의 유리 재질로 형성될 수 있으며, 이외에도 사파이어, 실리콘, 질화갈륨, 비소화갈륨, 탄화실리콘 또는 산화아연 등을 사용할 수 있다.
- [0050] 또한, 상기 제1기판(110)의 내면에는 제1코팅층(122)이 형성될 수 있고, 상기 제2기판(120)의 내면에는 제2코팅층(124)이 형성될 수 있다.
- [0051] 상기 제1코팅층(122) 및 제2코팅층(124)은 광결정을 제조하는 과정에서 용매의 극성 및 각 기판의 표면 특성에 의한 기판의 미세한 휘어짐, 용매의 표면 점착 및 이동으로 인해 발생할 수 있는 광결정의 표면 결함을 제거하고, 광결정을 제조한 후 용매의 건조 과정에서 발생할 수 있는 결함을 제거하기 위해 제공될 수 있다. 특히, 매크로 스케일 단위의 대면적 광결정을 형성하기 위해서는, 기판과 광결정의 표면에서 발생할 수 있는 결함을 해결할 수 있어야 한다.
- [0052] 이를 위해, 상기 제1코팅층(122) 및 제2코팅층(124)은 소수성 또는 친수성 특성, 및 가스투과성을 갖는 재질로 형성될 수 있다. 일 예로, 상기 제1코팅층(122) 및 제2코팅층(124)은 P 또는 PMMA 등의 소수성 표면을 갖는(낮은 표면 에너지를 갖는) 폴리머 계열 및 실리콘 계열의 재료, OTS, FOTS, SPFPPE 등의 화학적 코팅 재료, 코팅 표면을 구성하고 있는 나노 구조물에 의한 소수성을 갖는 재료 등으로 형성될 수 있다.
- [0053] 상기 제1코팅층(122) 및 제2코팅층(124)은 침지법, 도포법, 스핀 코팅법, 화학 기상 증착법, 플라즈마 처리법 등에 의해 형성될 수 있으며, 그 형성 방법에 의해 본 발명이 제한되거나 한정되는 것은 아니다.
- [0054] 상기 스페이서(130)는 제1기판(110)과 제2기판(120)의 사이에 형성되는 광결정의 두께를 제한적으로 제공하고, 제1기판(110)과 제2기판(120) 간의 접착성을 유지하기 위해 제공된다.
- [0055] 상기 스페이서(130)로서는 P 또는 PMMA 등의 폴리머 계열의 재료, PDMS(Polydimethylsiloxane) 또는 테이프(tape) 등이 사용될 수 있으며, 상기 스페이서(130)의 두께에 의해 제1기판(110)과 제2기판(120) 사이 채널(111)의 두께(후술할 광결정의 구조의 두께)가 정의될 수 있다.
- [0056] 한편, 채널 상에 광결정이 형성되고 공극에 용매가 채워져 있는 상태에서 추가적인 건조과정이 필요한 경우에는, 원활하게 제1기판을 슬라이딩시키며 건조시키거나, 떼어내어 제거하는 경우를 용이하도록 하기 위해, 스페이서는 열에 따른 독특한 특성을 갖는 재질로 형성될 수 있다. 즉, 대상체가 회전 또는 정지한 상태에서 내부의 용매를 제거하여도 무방하지만, 각 코팅층의 코팅 표면의 상태와 내구성에 따라 광결정의 국소부위에 용매의 이동이나 점착으로 인한 결함이 발생할 수 있다. 따라서, 채널 내부에서 광결정이 형성되는 동안에는 제1기판과 제2기판의 사이에서 접착성을 유지하고 있다가, 형성된 광결정에 용매가 남아 있는 경우에는, 열에 따른 독특한 성질을 갖는 스페이서를 이용하여 상대적으로 빠른 용매의 건조와 흡사라도 발생할 수 있는 결함의 가능성을 낮추기 위해, 제1기판을 일정한 속도로 슬라이딩시키며 용매를 강제로 건조시키거나, 한번에 제거할 수 있다. 이와 같이, 제1기판의 슬라이딩 과정 및 제거 과정이 필요한 경우에는, 높은 신축성과 열에 따른 독특한 특성을 갖는 재질로 스페이서를 형성할 수 있다. 일 예로, 상기 스페이서는 파라필름(Parafilm)으로 형성될 수 있다.

다.

- [0057] 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.
- [0058] 아울러, 광반응 미립자(10)의 직경은 각 입자의 재질에 따른 굴절률(refractive Index) 및 형상에 따라 광결정 제작시 가시광선 영역, 적외선 영역, 및 자외선 영역의 광결정 특성을 낼 수 있는 크기를 선택하여 사용할 수 있다.
- [0059] 상기 회전기구(200)는 대상체(100)를 회전시킬 수 있는 가능한 다양한 구조로 제공될 수 있다. 일 예로, 상기 회전기구(200)는 구동원에 의해 회전하는 회전부재(210), 및 상기 회전부재(210)의 단부에 연결되며 대상체(100)가 거치되는 거치부재(220)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0060] 상기 회전부재(210)는 통상의 구동모터에 의해 회전할 수 있으며, 대상체(100)는 거치부재(220) 상에 선택적으로 분리 가능하게 거치될 수 있다. 아울러, 상기 거치부재(220)의 거치 구조는 요구되는 조건 및 설계 사양에 따라 다양하게 변경될 수 있다.
- [0061] 상기 거치부재는 회전부재에 일체로 고정될 수 있으나, 다르게는 거치부재(220)가 회전부재(210) 상에 회전 가능하게 연결될 수 있다. 일 예로, 상기 거치부재(220)는 회전부재(210)에 회전 가능하게 연결되어, 회전부재(210)의 회전 여부에 따라 정지위치에서 회전위치로 상기 회전부재(210)에 대해 회전할 수 있다. 아울러, 상기 거치부재(220)가 정지위치에 배치된 상태에서는, 상기 채널(111)의 일단에 형성된 개구부가 중력 방향을 따라 배치될 수 있고, 상기 거치부재(220)가 상기 회전위치에 배치된 상태에서는, 개구부가 지면에 수평한 방향을 따라 배치될 수 있다.
- [0062] 상기 회전기구(200)는 통상의 모터가 사용될 수 있으며, 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 가변(증가 또는 감소)되도록 구성될 수 있다.
- [0063] 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)에 연결되어, 광반응 미립자(10)가 결정 구조화하는 동안 대상체(100)의 채널(111)에 지속적으로 광반응 미립자(10)를 주입할 수 있다.
- [0064] 상기 콜로이드 공급부(300)는 요구되는 조건 및 설계 사양에 따라 다양한 구조로 제공될 수 있다. 일 예로, 상기 콜로이드 공급부(300)는 회전부재(210)가 회전함에 따른 원심력에 의해 채널(111)로 콜로이드 용액을 공급하도록 구성될 수 있다. 경우에 따라서는 콜로이드 공급부가 별도 구동원 또는 수동 조작에 의해 콜로이드 용액을 공급하도록 구성되는 것도 가능하다.
- [0065] 또한, 상기 콜로이드 공급부(300)로부터 추가로 공급되는 콜로이드 용액이 채널(111)로 공급되기 전에, 추가로 공급되는 콜로이드 용액에서 광반응 미립자(10)의 농도를 조절하기 위한 농도조절부를 포함할 수 있다.
- [0066] 상기 농도조절부는 요구되는 조건 및 설계 사양에 따라 다양한 방식으로 제공될 수 있다. 일 예로, 상기 농도조절부는 콜로이드 공급부(300)와 대상체(100)를 연결하는 조절튜브(400)를 포함할 수 있다. 상기 콜로이드 공급부(300)로부터 콜로이드 용액은 조절튜브(400)의 길이 방향을 따라 공급될 수 있고, 상기 조절튜브(400)의 외벽면에는 길이 방향을 따라 내부와 연통되는 삽입부(410)가 형성될 수 있으며, 상기 대상체(100)의 일단은 상기 삽입부(410)에 삽입된다. 상기 조절튜브(400)는 추가로 공급되는 콜로이드 용액에서 광반응 미립자(10)가 채널(111)로 공급되기 전에 조절튜브(400) 상에서 일시적으로 정체될 수 있게 함으로써, 추가로 공급되는 콜로이드 용액에서 광반응 미립자(10)의 농도가 증가될 수 있게 한다.
- [0067] 한편, 상기와 같이 마이크로 스케일의 두께(T)를 갖는 채널(111)의 유입부와 매크로 스케일의 두께를 갖는 조절튜브(400)를 다이렉트로 체결함으로써, 채널(111)과 조절튜브(400)의 경계면 전에서 광반응 미립자(10)의 정체를 통해 콜로이드 용액에서 광반응 미립자(10)의 농도를 평균 농도 보다 증가시켜 농도차이에 의한 광반응 미립자(10)의 이송 효과를 극대화할 수 있다. 아울러, 콜로이드 용액에서 광반응 미립자(10)의 농도 증가는 광반응 미립자(10)들이 복합체로 성장할 수 있도록 유도하여 추후 공정에서 가해지는 원심력의 영향성을 증가시킬 수 있다.

- [0068] 참고로, 각 광반응 미립자에 작용하는 원심력의 절대적 크기는 독립적인 하나의 광반응 미립자와 그 복합체에서 동일하더라도, 어떠한 사물의 부피 및 질량에 작용하는 3차원적 힘 중 하나인 원심력의 경우, 사물의 스케일에 따라 상대적 영향성에서 큰 차이를 보인다. 즉, 스케일이 마이크로로 낮아질수록 영향성이 낮아지므로, 광반응 미립자를 복합체로 성장시켜(덩어리로 부피와 질량을 증가시켜) 원심력에 따른 영향성을 더 크게 받게 할 수 있다.
- [0069] 참고로, 광반응 미립자가 덩어리 복합체로 성장하여 채널 내부에서 개구부측으로 복합체가 이동하는 경우, 복합체는 광결정이 형성되고 있는 경계면에서 충돌한 후 재조립되며 각 광반응 미립자로 분해되어 에너지 준위가 낮아지는 쪽으로 재배치됨으로써 결합으로 작용하지 않는다. 아울러, 이러한 복합체의 형성과 충돌 후 재조립되는 적합한 조건은 광반응 미립자의 농도, 원심력을 위한 회전 속도의 크기, 주변 온도, 습도 등에 따라 적절히 조절될 수 있다.
- [0070] 또한, 상기 삽입부(410)와 대상체(100)의 외면 사이에는 실링부재(500)가 제공될 수 있다. 상기 실링부재(500)는 조절튜브(400)와 대상체(100) 간의 접착력, 밀봉성 및 내구성을 유지하기 위해 제공될 수 있다. 일 예로, 상기 실링부재(500)는 파라필름(parafilm)으로 형성될 수 있으며, 파라필름 재질의 실링부재(500)는 후술할 접착층(620)의 열에 의해 가열과 냉각을 거쳐 강화될 수 있다.
- [0071] 또한, 상기 대상체(100)와 조절튜브(400) 간의 결합 상태를 보강하기 위한 보강부(600)를 포함할 수 있다. 상기 보강부(600)는 요구되는 조건 및 설계 사양에 따라 다양한 구조 및 재질로 형성될 수 있다.
- [0072] 일 예로, 상기 보강부(600)는, 파라필름(parafilm) 재질로 형성되며 대상체(100)와 조절튜브(400) 간의 결합 부위를 덮도록 형성되는 제1보강층(610), 상기 제1보강층(610)을 덮도록 형성되는 접착층(620), 및 상기 접착층(620)보다 상대적으로 높은 기계적 강도를 가지며 접착층(620)을 덮도록 형성되는 제2보강층(630)을 포함하여 구성될 수 있다.
- [0073] 상기 접착층(620)으로서는 통상의 접착제가 사용될 수 있으며, 접착층(620)은 가열된 상태로 도포될 수 있다. 상기 제2보강층(630)으로서는 접착층(620)보다 상대적으로 높은 기계적 강도를 에폭시(epoxy)와 같은 재질이 사용될 수 있다.
- [0074] 참고로, 가열된 접착층(620)이 도포됨에 따라, 파라필름 재질로 이루어진 실링부재(500) 및 제1보강층(610)은 접착층(620)의 열에 의해 간접적으로 가열되면서 각 구성물의 접촉면에 공극 없이 기밀하게 배치되며 밀봉성을 향상시킬 수 있고, 점차 냉각되면서 각 구성물과 실링부재(500) 및 제1보강층(610) 사이의 접착력이 강화될 수 있다.
- [0075] 한편, 상기 대상체(100)에는 콜로이드 용액의 증발 속도를 조절하기 위한 소수성 멤브레인(membrane)(도 6의 130 참조)이 제공될 수 있다. 일 예로, 도 6을 참조하면, 콜로이드 용액이 건조되는 대상체(100)의 개구부에는 개구부를 덮도록 소수성 멤브레인(130)이 제공될 수 있다. 상기 소수성 멤브레인(130)은 특정 크기의 공극과 용매에 젖지 않는 특성을 갖도록 제공되며, 용매의 증발속도를 조절할 수 있다. 또한, 상기 소수성 멤브레인(130)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.
- [0076] 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.
- [0077] 본 발명에 따른 광결정 구조의 제조방법은, 길이 방향을 따라 채널(111)이 형성된 대상체(100)를 제공하고, 광반응 미립자(10)를 포함하는 콜로이드 용액을 상기 채널(111) 상에 제공하는 단계; 상기 채널(111) 상에서 광반응 미립자(10)를 결정 구조화하는 단계; 및 상기 광반응 미립자(10)를 결정 구조화하는 동안 대상체(100)를 회전시키는 단계;를 포함하고, 상기 채널(111)은 폭(W) 방향이 대상체(100)의 회전축 방향을 따라 배치되도록 형성되고, 대상체(100)가 회전하는 동안, 광반응 미립자(10)는 대상체(100)의 길이 방향으로 작용하는 원심력에 의해 채널(111)을 따라 이동 가능하되, 광반응 미립자(10)에 작용하는 원심력은 채널(111)의 폭(W)을 따라 전체적으로 동일한 방향성을 갖는다.
- [0078] 전술한 바와 같이, 특정 두께(T), 폭(W) 및 길이(L)를 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

드 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.

[0079] 아울러, 상기 대상체(100)에는 광반응 미립자(10)가 결정 구조화되는 동안 콜로이드 용액을 추가로 공급하기 위한 콜로이드 공급부(300)가 연결될 수 있으며, 용기의 콜로이드 용액은 대상체(100)를 거쳐 콜로이드 공급부(300)에 저장될 수 있다.

[0080] 상기 콜로이드 공급부(300)는 콜로이드 용액이 저장되는 저장부(310), 및 콜로이드 저장부(310)와 대상체(100)를 연결하는 연결부(320)를 포함할 수 있다. 상기 연결부(320)는 전술한 거치부재(220)의 회전을 허용할 수 있는 구조로 제공될 수 있으며, 상기 저장부(310)에는 진공 상태를 형성하기 위한 러버 스톱퍼 또는 체크밸브가 제공될 수 있다.

[0081] 그 후, 상기 대상체(100)의 개구부를 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.

[0082] 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.

[0083] 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.

[0084] 아울러, 상기 콜로이드 용액의 광반응 미립자(10)의 농도는 55 중량% 미만으로 제공되는 것이 바람직하다. 즉, 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.

[0085] 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.

[0086] 참고로, 기존 침지법 등을 이용한 광결정 제조방법에서는 콜로이드 용액의 광반응 미립자 농도가 희박한 경우 (예를 들어, 10%wt 미만)에는 광결정의 제조가 불가능하거나 결합 발생률이 높아지는 문제점이 있다. 하지만, 본 발명에서는 콜로이드 공급부(300)를 통해 추가적으로 광반응 미립자가 공급될 수 있기 때문에, 콜로이드 용액의 광반응 미립자가 10 중량% 미만의 농도로 제공된다 하더라도 광결정의 제조가 가능하며, 결합 발생률을 최소화할 수 있다.

[0087] 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 개구부로 용매가 유출되는 것을 막기 위한 벽(barrier-seed)을 형성할 수 있다. 이는 후술할 원심력에 의해 콜로이드 공급부(300) 및 채널(111)에 존재하는 콜로이드 용액이 외부로 유출되는 것을 방지할 수 있게 하고, 대기 접촉면(개구부)에서부터 광결정이 순차적으로 형성될 수 있게 한다. 참고로, 상기 벽(barrier-seed)의 폭, 길이 및 두께는 이후 회전 공정에서의 회전 속도에 따라 적절히 조절될 수 있다. 경우에 따라서는 별도의 배리어 시드층을 형성하지 않고 전술한 소수성 멤브레인을 대상체의 개구부에 부착하는 것도 가능하다.

[0088] 상기와 같이 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 두께, 폭 및 길이를 갖는 광결정을 제조할 수 있다.

[0089] 참고로, 대상체(100)의 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 결함으로 광결정이 형성될 수 있으며 콜로이드 용액이 유출되지 않을 수 있도록 회전속도에 제한을 두는 것이 필요하다.

[0090] 본 발명에서는 대상체(100)의 회전시 대상체(100)의 길이 방향을 따라 원심력이 작용하며, 원심력에 의해 광반응 미립자(10)가 대상체(100)의 길이(L) 방향을 따라 이동할 수 있게 하되, 광반응 미립자(10)에 작용하는 원심력은 채널(111)의 폭(W) 방향을 따른 위치에 관계없이 채널(111)의 폭을 따라 전체적으로 동일한 방향성을 갖기 때문에, 기존과 같이 원심력 방향의 차이로 인한 결함을 방지할 수 있다.

[0091] 특히, 매크로 스케일의 광결정을 제작할 경우에는 전술한 복합체 덩어리의 부피 및 질량이 상대적으로 크기 때문에 3차원적 힘의 영향성을 크게 받아 힘의 균형이 일정하지 않은 경우 결함으로 작용할 가능성이 증가하지만, 본 발명에서는 채널(111)의 폭 방향을 따라 일정한 방향성을 갖는 원심력이 작용할 수 있기 때문에 원심력 방향의 차이로 인한 결함을 방지할 수 있다. 참고로, 채널(111)은 폭에 비해 매우 얇은 두께(T)를 갖기 때문에 채널(111)의 두께 방향을 따라 원심력 방향의 차이는 무시될 수 있다.

[0092] 한편, 매크로 스케일의 길이를 갖는 광결정을 제조할 경우에는, 광결정이 원심력이 작용하는 반대 방향으로 진행할수록 점차 반사되는 밴드 갭이 증가되는 경향을 보이게 된다. 따라서, 전체 면적에서 동일한 밴드갭을 갖는 광결정을 제작하기 위해서는, 광결정이 형성되는 표면에 일정한 원심력이 작용할 수 있도록 대상체(100)의 회전속도를 점차 증가시킬 수 있어야 한다.

[0093] 도 8은 균일한 격자구조를 갖는 광결정의 제조를 위해 회전속도를 점차 증가시키는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0094] 도 8을 참조하면, 광결정이 원심력이 작용하는 반대 방향으로 진행할수록 광결정이 형성되는 표면에 작용하는 원심력이 점차적으로 감소하기 때문에, 균일한 격자구조를 갖는 광결정을 제조하기 위해서는 대상체(100)의 회전속도가 점차적으로 증가될 수 있어야 한다.

[0095] 참고로, 도 8에서는 240nm의 실리카 미립자, 약 20%wt 미립자 농도, ATM 상태, 초기 회전속도 380RPM에서 일정하게 증가하는 조건으로 20mm(폭)*75mm(길이)*0.1mm(두께)를 갖는 대면적 광결정을 제조한 예를 설명하기로 한다.

[0096] 240nm의 실리카 미립자로 광결정을 제작하는 경우 공극의 용매를 완전히 건조시키면 녹색의 구조색을 보이게 된다. 참고로, 대상체(100)의 회전 속도는 초기 속도로부터 광결정이 형성되는 길이에 따라 감소되는 원심력의 감소를 보상하며 초기 회전 속도에 의한 원심력을 일정하게 받을 수 있도록 점차 증가시켜야 한다.

[0097] 도 8에서 (a)~(c)까지의 과정은 광결정이 형성되고 있는 경계에 일정한 원심력이 작용하도록 하기 위해 감소된 길이만큼 회전속도를 증가시키는 과정을 나타낸다. 또한, 각 단계별로 제작된 광결정의 범위에서 용매를 건조시킨 경우 확인할 수 있는 구조색 정보도 함께 확인할 수 있다. 도 8의 (d)에서는 회전 공정을 마무리한 단계로 전체 영역에서 균일한 격자구조의 광결정이 제조된 결과 및 구조색을 확인할 수 있다.

[0098] 도 9는 채널 내부 공간의 길이 방향에 따라 서로 다른 격자구조를 갖는 광결정의 제조를 위해 회전속도를 일정하게 유지시키는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0099] 도 9에서는 240nm의 실리카 미립자, 약 20%wt 미립자 농도, ATM 상태, 회전속도 380RPM 조건으로 20mm(폭)*75mm(길이)*0.1mm(두께)를 갖는 대면적 광결정을 제조한 예를 설명하기로 한다.

[0100] 도 9를 참조하면, 매크로 스케일의 길이를 갖는 경우 광결정이 원심력이 작용하는 반대 방향으로 진행할수록 광결정이 형성되는 표면에 작용하는 원심력이 점차적으로 감소하기 때문에 길이 방향으로 광결정이 일정하지 않고 광결정이 형성될수록 격자구조의 크기가 커지며, 구조색의 경우 광반응 미립자로 광결정을 제작했음에도 원심력이 작용하는 반대 방향으로 진행할수록 점차 반사되는 밴드갭이 증가되는 경향을 보인다.

- [0101] 도 9에서 (a)~(c)까지의 과정은 회전속도를 초기부터 일정하게 유지시켜 광결정이 형성되고 있는 경계에 작용하는 원심력의 크기가 점차 감소하는 과정을 나타내며, 각 단계별로 제작된 광결정의 범위에서 용매를 건조시킨 경우 확인할 수 있는 구조색 정보를 확인할 수 있다.
- [0102] 도 9의 (d)에서는 회전 공정을 마무리한 단계로 원심력이 작용하는 반대 방향으로 진행할수록 점차 반사되는 밴드갭이 증가되는 결과(구조색의 파장이 점차 증가함)를 확인할 수 있다.
- [0103] 도 10은 채널 내부 공간의 길이 방향에 따라 점차 증가하는 격자간격을 갖는 광결정의 제조를 위해 회전속도를 단계별로 점차 감소시키는 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- [0104] 도 10에서는 240nm의 실리카 미립자, 약 20%wt 미립자 농도, ATM 상태, 초기 회전속도 380RPM에서 일정하게 감소하는 조건으로 20mm(폭)*75mm(길이)*0.1mm(두께)를 갖는 대면적 광결정을 제조한 예를 설명하기로 한다.
- [0105] 도 10을 참조하면, 매크로 스케일의 길이를 갖는 경우 광결정이 원심력이 작용하는 반대 방향으로 진행할수록 광결정이 형성되는 표면에 작용하는 원심력이 점차적으로 감소하기 때문에 길이 방향으로 광결정이 일정하지 않고 광결정이 형성될수록 격자구조의 크기가 커지며, 구조색의 경우 광반응 미립자로 광결정을 제작했음에도 원심력이 작용하는 반대 방향으로 진행할수록 점차 반사되는 밴드갭이 증가되는 경향을 보인다.
- [0106] 도 10에서 (a)~(c)까지의 과정은 회전속도를 초기부터 일정하게 감소시켜 광결정이 형성되고 있는 경계에 작용하는 원심력의 크기가 점차 감소하는 과정을 나타내며, 각 단계별로 제작된 광결정의 범위에서 용매를 건조시킨 경우 확인할 수 있는 구조색 정보를 확인할 수 있다.
- [0107] 도 10의 (d)에서는 회전 공정을 마무리한 단계로 원심력이 작용하는 반대 방향으로 진행할수록 점차 반사되는 밴드갭이 증가되는 결과(구조색의 파장이 점차 증가함)를 확인할 수 있다.
- [0108] 도 11은 채널 내부 공간의 길이 방향에 따라 서로 다른 격자구조를 갖는 광결정의 제조를 위해 회전속도를 정지, 증가 또는 감소시키는 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- [0109] 도 11에서는 240nm의 실리카 미립자, 약 20%wt 미립자 농도, ATM 상태, 회전속도를 가변하는 조건으로 20mm(폭)*75mm(길이)*0.1mm(두께)를 갖는 대면적 광결정을 제조한 예를 설명하기로 한다.
- [0110] 도 11을 참조하면, 매크로 스케일의 길이를 갖는 경우 동일한 광반응 미립자로 광결정을 제작했음에도 정지 혹은 회전속도의 변화에 따라 광밴드갭의 차이가 발생하는 것을 이용하여 원하는 길이 방향 위치에 밴드갭의 차이를 발생 시킬 수 있다.
- [0111] 도 11에서 (a)~(d)까지의 과정을 진행하며 광결정이 형성되고 있는 길이 방향에 따라 회전 속도를 감소, 정지, 증가를 이용하여 (d)와 같은 구간에 따라 서로 다른 격자간격의 광결정을 제조할 수 있다. 참고로, 대상체(100)의 회전속도의 정지, 증가, 감소 크기와 시간 등은 제작하고자 하는 광결정 및 구조색의 특성, 대상체(100)의 크기, 회전 길이 등에 따라 적절히 변경될 수 있다.
- [0112] 한편, 도 12는 오팔(Opal) 형태의 광결정을 얻기 위해 광결정 공극에 남아있는 용매를 정지 및 회전력을 이용하여 제거하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- [0113] 도 12를 참조하면, 공극에 용매를 포함하고 있는 광결정이 내부 공간의 원하는 영역까지 형성된 이후 대상체(100)를 정지 또는 회전시키며 용매를 건조시킬 수 있다.
- [0114] 대상체(100)의 정지 또는 회전 건조를 위해서는 (a) 또는 (b)와 같이 회전 공정을 통해 광결정을 형성시킨 후, 대상체(100)에 대해 콜로이드 공급부(300) 및 조절튜브(400)를 분리하는 과정이 필요하다.
- [0115] 참고로, 용매의 건조는 도 12의 (c)와 같이 대상체(100)의 회전을 정지시킨 상태에서 이전의 자연 건조 과정과 마찬가지로 중력 방향에 대해 대상체(100)의 길이 방향을 평행하게 배치하여 자연 건조하거나, (d)와 같이 대상체(100)의 회전을 특정 속도로 유지시키며 용매를 건조할 수 있다.
- [0116] 아울러, 회전 건조 방식의 경우 광결정을 형성할 때 사용되었던 최대 회전 속도의 범위를 벗어날 수 없다. 즉, 매크로 스케일의 폭을 갖는 광결정의 경우 과도한 회전 속도로 용매의 건조를 진행하게 되면, 단위 회전 길이당 작용하는 원심력의 차이가 증가하면서 일정하게 형성되어 있던 격자구조간 결합력을 유지하지 못하고 내부로부터 대기와 접촉하고 있는 외부로 떨어져나감에 결합이 발생할 수 있기 때문에, 회전 건조를 시행하는 경우에는 광결정을 형성할 때 사용되었던 최대 회전 속도의 범위를 벗어나지 않는 범위 내에서 회전을 시키며 건조를 진행해야 한다.

[0117] 한편, 경우에 따라서는 공극에 용매를 포함하고 있는 광결정이 내부 공간의 원하는 영역까지 형성된 이후, 스페이서의 외측면은 가열하고 제2기판은 냉각하며 제1기판을 일정한 속도로 슬라이드 이동시킴으로써 용매를 건조시키는 것도 가능하다.

[0118] 또한, 전술한 대상체의 스페이서에는 미세패턴(미도시)이 형성될 수 있고, 상기 콜로이드 용액은 미세패턴을 통해 대기에 노출되며 건조될 수 있다. 일 예로, 스페이서에는 광반응 미립자의 직경보다 낮은 높이(크기)를 갖는 미세패턴이 소정 간격으로 형성될 수 있으며, 대상체의 개구부 및 미세패턴을 통해 채널의 측면과 단부에서 동시에 용매가 증발될 수 있다. 아울러, 특정한 미세패턴이 적용된 부분에서는 독특한 패턴이 형성될 수 있으며, 미세패턴을 조절함으로써, 독특한 패턴을 갖는 광결정 또는 단일 크기의 실리카 입자로 다양한 구조색을 갖는 광결정의 제조가 가능하다.

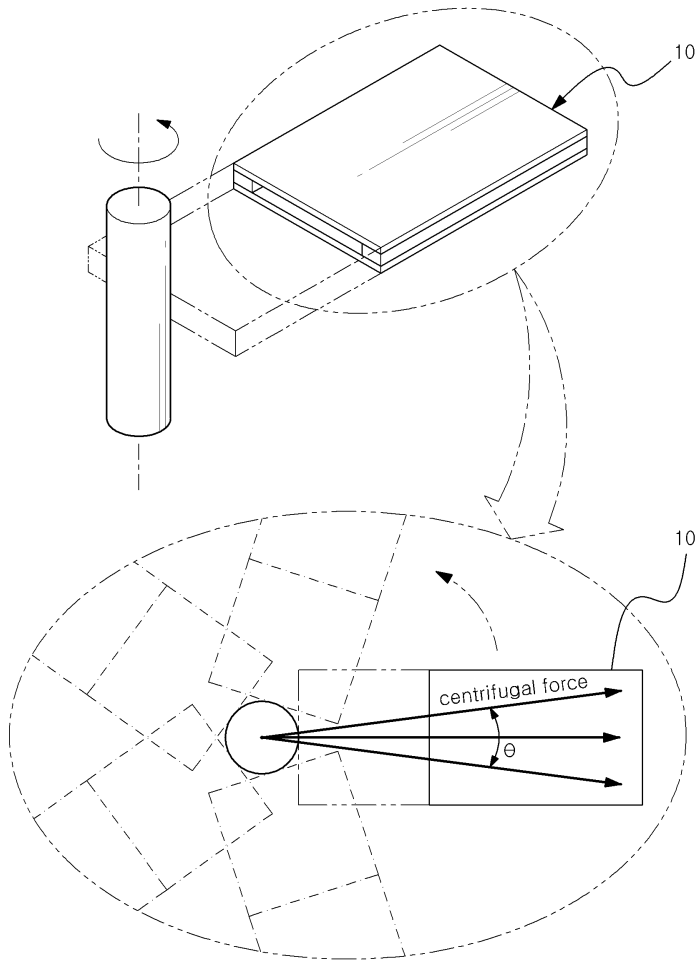
[0119] 상술한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만 해당 기술분야의 숙련된 당업자라면 하기의 청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

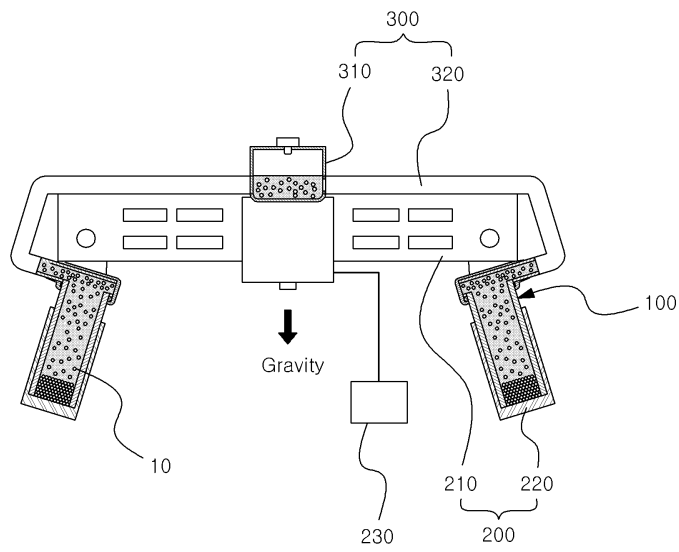
[0120]	100 : 대상체	110 : 제1기판
	111 : 채널	120 : 제2기판
	130 : 스페이서	200 : 회전기구
	210 : 회전부재	220 : 거치부재
	300 : 콜로이드 공급부	310 : 저장부
	320 : 연결부	400 : 조절튜브
	410 : 삽입부	500 : 실링부재
	600 : 보강부	610 : 제1보강층
	620 : 접착층	630 : 제2보강층

도면

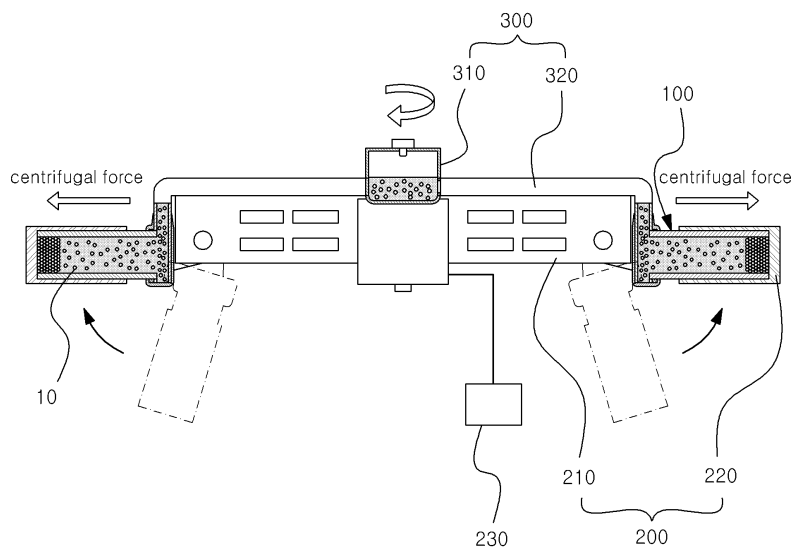
도면1



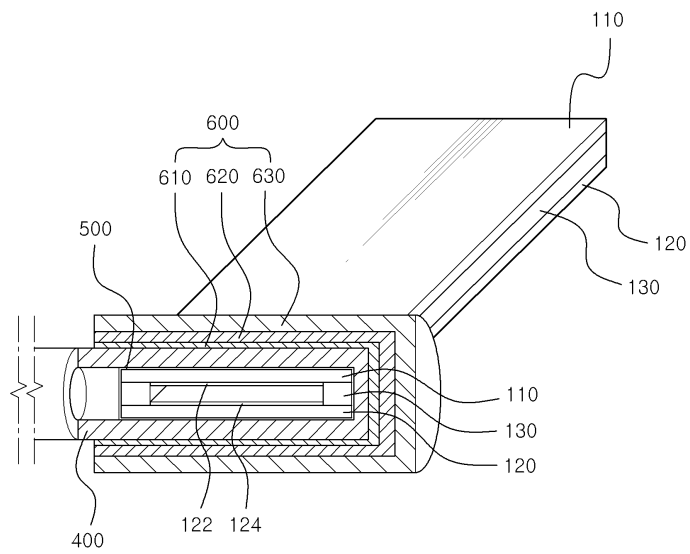
도면2



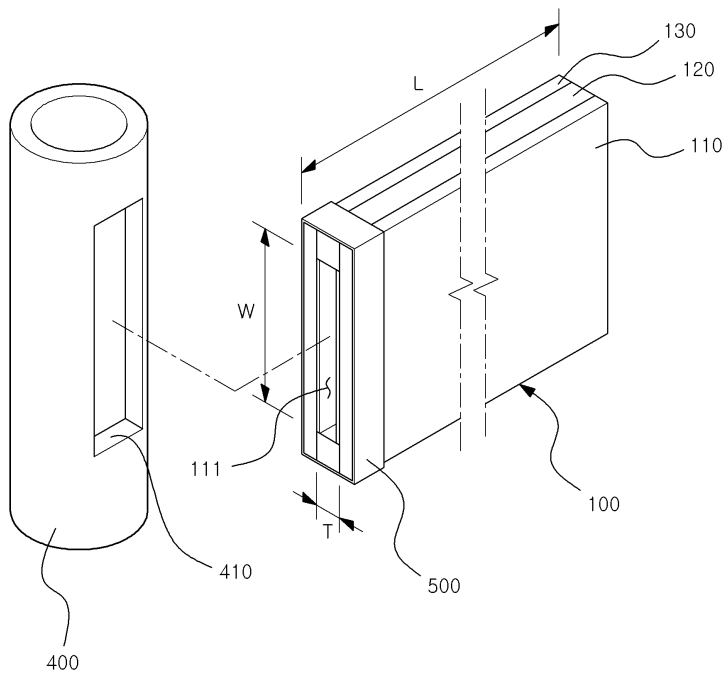
도면3



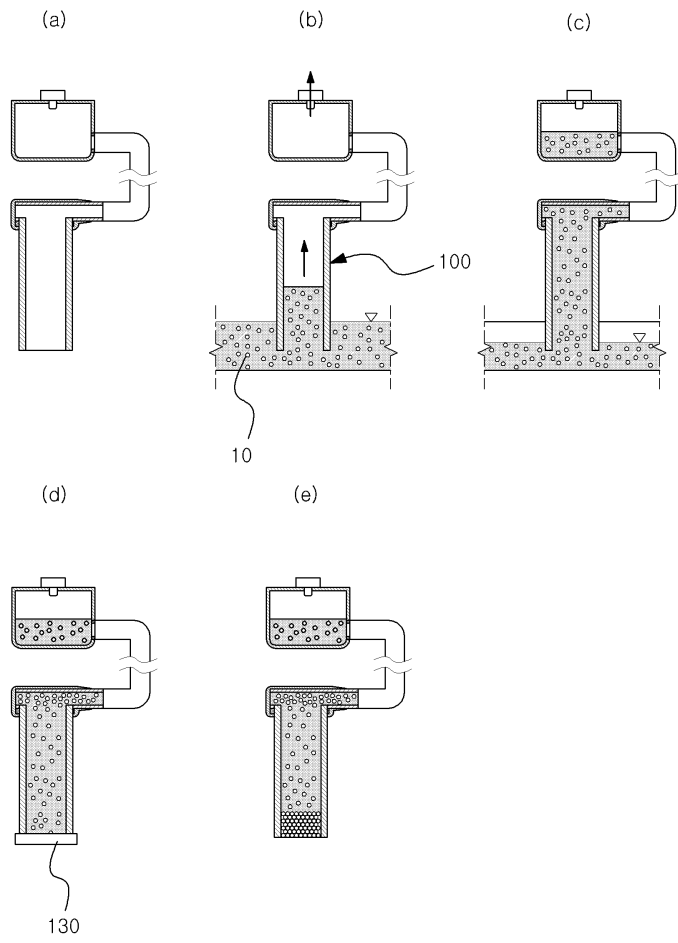
도면4



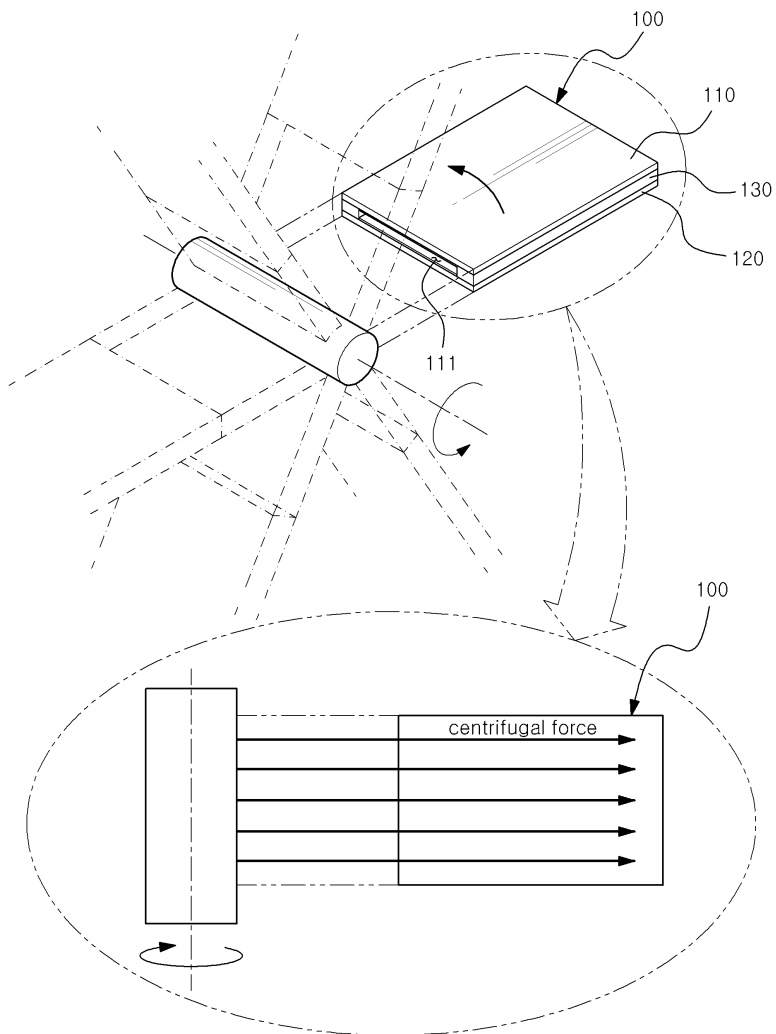
도면5



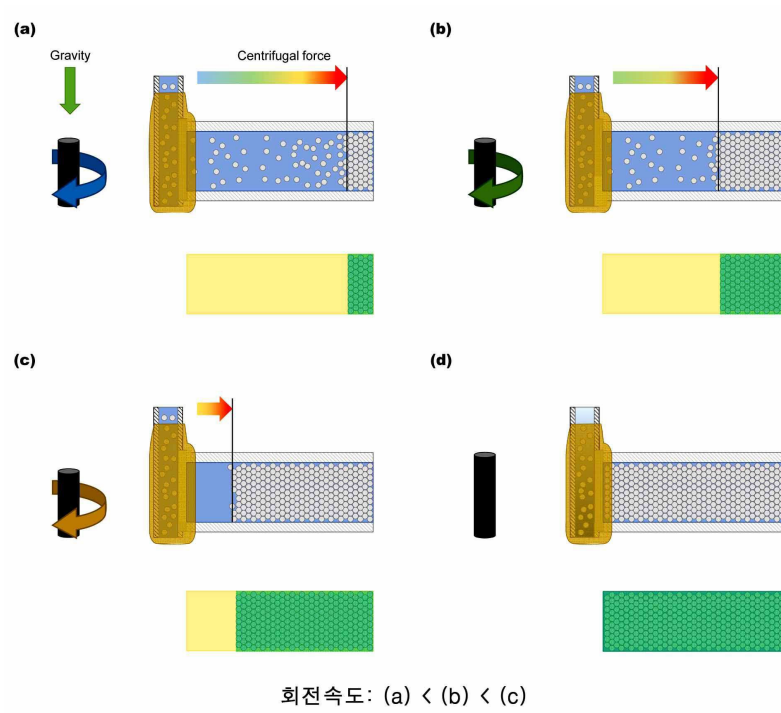
도면6



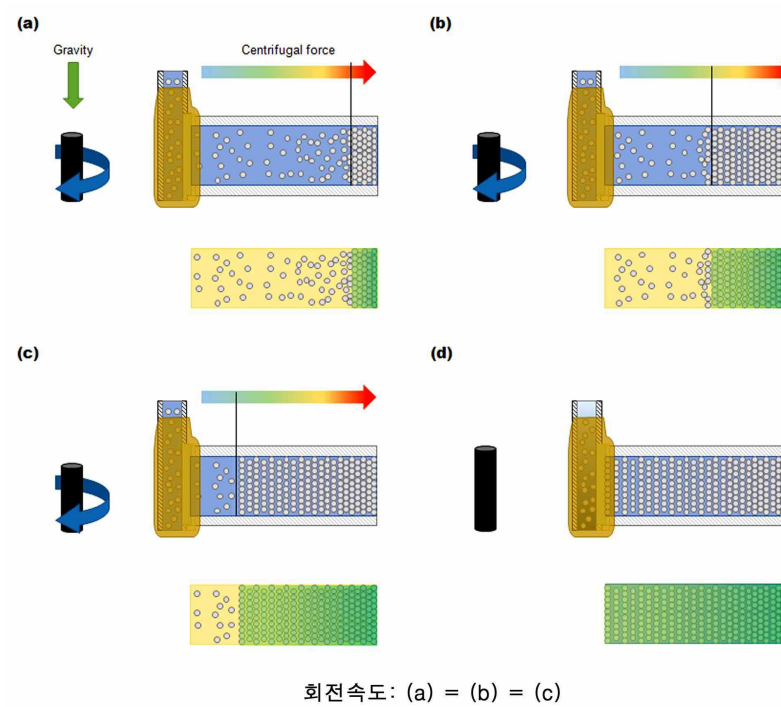
도면7



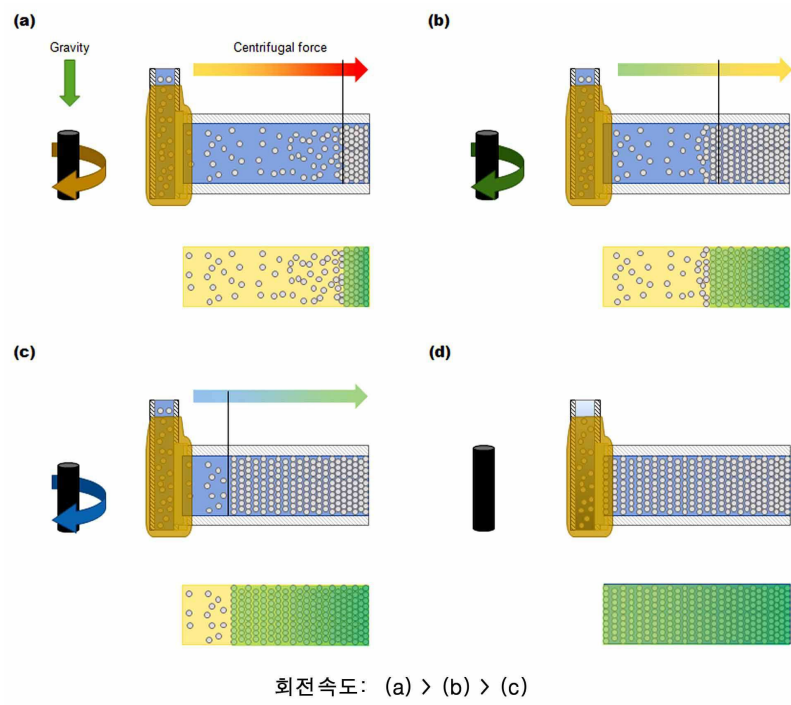
도면8



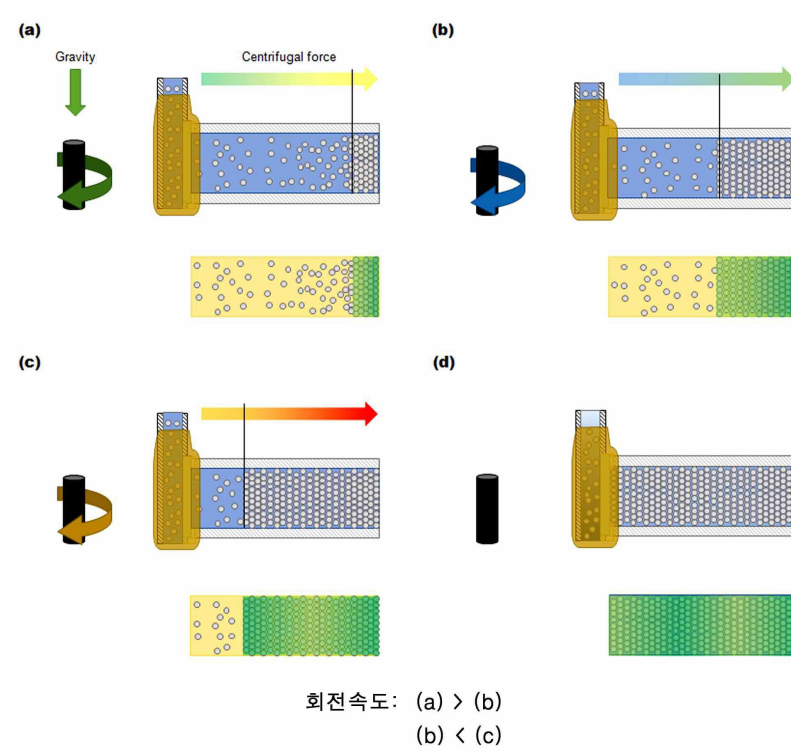
도면9



도면10



도면11



도면12

