

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2016 년 4 월 14 일 (14.04.2016)



(10) 국제공개번호
WO 2016/056826 A1

- (51) 국제특허분류:
H01L 21/027 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2015/010561
- (22) 국제출원일: 2015 년 10 월 6 일 (06.10.2015)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2014-0136669 2014 년 10 월 10 일 (10.10.2014) KR
- (71) 출원인: 서강대학교 산학협력단 (INDUSTRY-UNIVERSITY COOPERATION FOUNDATION SOGANG UNIVERSITY) [KR/KR]; 04107 서울시 마포구 백범로 35, 서강대학교 페이지아파트 306 호, Seoul (KR).
- (72) 발명자: 이승엽 (LEE, Seung Yop); 06679 서울시 서초구 방배중앙로 7 길 56, 청구빌라 103 호, Seoul (KR). 서한복 (SEO, Han Bok); 01061 서울시 강북구 덕릉로 51 가길, 14, Seoul (KR).
- (74) 대리인: 지현조 (JI, Hyon Jo); 08793 서울시 관악구 남부순환로 1922, 청동빌딩 301 호, Seoul (KR).

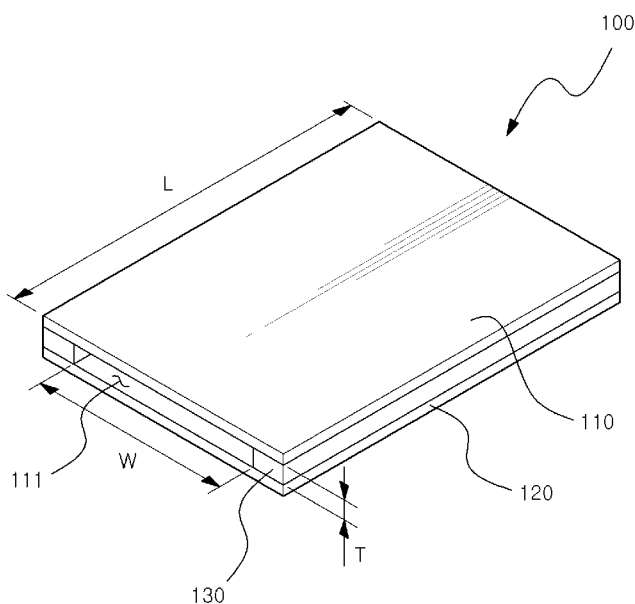
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

(54) Title: PHOTONIC CRYSTAL STRUCTURE AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(54) 발명의 명칭: 광결정 구조 및 그 제조방법



(57) Abstract: A photonic crystal structure capable of simplifying a manufacturing process and increasing efficiency, and a manufacturing method therefor are disclosed. The method for manufacturing a photonic crystal structure comprises the steps of: providing a subject body including a first substrate, a second substrate stacked on the first substrate so as to be spaced apart from the first substrate and mutually and cooperatively forming a channel with the first substrate, and a spacer for sealing a side surface between the first substrate and the second substrate; providing a colloidal solution containing photoreactive particles to a channel; crystallizing the photoreactive particles; separating the first substrate and/or the second substrate; and drying a solvent remaining in an air pore between the photoreactive particles through a region of the separated first substrate and/or second substrate.

(57) 요약서: 제조 공정을 간소화할 수 있으며, 효율성을 향상시킬 수 있는 광결정 구조 및 그 제조방법이 개시된다. 광결정 구조를 제조하는 방법은, 제 1 기판, 제 1 기판에 이격되게 적층되며 제 1 기판과 함께 상호 협조적으로 채널을 형성하는 제 2 기판, 및 제 1 기판과 제 2 기판 사이의 측면을 밀봉하는 스페이서를 포함하는 대상체를 제공하는 단계; 광반응 미립자를 포함하는 콜로이드 용액을 채널에 제공하는 단계; 광반응 미립자를 결정 구조화하는 단계; 제 1 기판 및 제 2 기판

중 적어도 어느 하나를 분리하는 단계; 및 제 1 기판 및 제 2 기판 중 분리된 적어도 어느 하나의 영역을 통해 광반응 미립자의 사이 공극에 잔류된 용매를 건조시키는 단계;를 포함한다.

WO 2016/056826 A1

명세서

발명의 명칭: 광결정 구조 및 그 제조방법

기술분야

- [1] 본 발명은 대면적 광자 결정 또는 광결정 구조의 제조에 관한 것으로서, 보다 자세하게는, 제조 공정을 간소화할 수 있으며, 효율성을 향상시킬 수 있는 광결정 구조 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 이와 같은 역전된 오팔 구조가 완전한 3차원 밴드갭을 갖기 위해서는 매질과 공기의 굴절률 비가 최소한 2.8 이상이 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.

- [12] 뿐만 아니라, 최근에는 제조 공정이 간단하면서도 실용성이 높은 광결정을 자유롭게 형성하기 위한 다양한 연구가 이루어지고 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [13] 본 발명은 제공 공정을 간소화할 수 있으며, 실용성이 높은 광결정 구조 및 그 제조방법을 제공한다.
- [14] 특히, 본 발명은 광결정을 형성하기 위한 채널을 형성하는 기판을 분리하여 광결정 공극에 잔류된 용매를 건조시킬 수 있게 함으로써, 광결정 표면에서의 결함을 해결할 수 있는 광결정 구조 및 그 제조방법을 제공한다.
- [15] 또한, 본 발명은 광결정 격자 구조간 결합력을 강화할 수 있으며, 기판 제거시 결합 발생을 방지할 수 있는 광결정 구조 및 그 제조방법을 제공한다.
- [16] 또한, 본 발명은 공정 시간을 단축할 수 있으며, 안정성 및 신뢰성을 향상시킬 수 있는 광결정 구조 및 그 제조방법을 제공한다.
- [17] 또한, 본 발명은 수~수십mm의 매크로 스케일(macro scale)의 채널폭을 갖는 대면적 광결정을 결함없이 제조할 수 있는 광결정 구조 및 그 제조방법을 제공한다.

과제 해결 수단

- [18] 상술한 본 발명의 목적들을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, 광결정 구조를 제조하는 방법은, 제1기판, 제1기판에 이격되게 적층되며 제1기판과 함께 상호 협조적으로 채널을 형성하는 제2기판, 및 제1기판과 제2기판 사이의 측면을 밀봉하는 스페이서를 포함하는 대상체를 제공하는 단계; 광반응 미립자를 포함하는 콜로이드 용액을 채널에 제공하는 단계; 광반응 미립자를 결정 구조화하는 단계; 제1기판 및 제2기판 중 적어도 어느 하나를 분리하는 단계; 및 제1기판 및 제2기판 중 분리된 적어도 어느 하나의 영역을 통해 광반응 미립자의 사이 공극에 잔류된 용매를 건조시키는 단계;를 포함한다.
- [19] 채널 상에 광결정이 형성되고 공극(광반응 미립자 사이 간극)에 용매가 채워져 있는 상태에서는 광결정의 국소부위에 용매의 이동이나 점착으로 인한 결함이 발생할 수 있다. 특히, 매크로 스케일을 갖는 광결정의 경우에는 용매의 이동이나 점착으로 인한 결함이 발생할 확률이 높기 때문에 용매의 강제적인

건조 공정이 필요할 수 있다. 이를 위해서, 본 발명에서는 제1기판 및 제2기판 중 적어도 어느 하나를 분리하고, 분리된 기판의 영역을 통해 광반응 미립자의 사이 공간에 잔류된 용매를 빠르게 건조할 수 있도록 하였다.

- [20] 참고로, 광반응 미립자가 결정 구조화되는 동안, 대상체는 정지 또는 회전 상태를 유지할 수 있으며, 대상체의 회전시에는 원심력에 의해 광반응 미립자가 채널을 따라 이동할 수 있다. 아울러, 제1기판 및 제2기판은 제1기판(또는 제2기판)의 길이 방향을 따라 평행하게 슬라이드 이동하며 분리되거나, 일단을 중심으로 회전하며 분리될 수 있다.
- [21] 제1기판 및 제2기판 중 적어도 어느 하나를 분리하는 동안, 스페이서를 열처리하는 공정이 추가될 수 있으며, 스페이서는 열처리 됨에 따라 제1기판 및 제2기판과의 구조적 결합력이 조절될 수 있다.
- [22] 본 발명에서 스페이서가 열처리 됨에 따라 제1기판 및 제2기판과의 구조적 결합력이 조절된다 함은, 스페이서가 열처리 됨에 따라 스페이서와 제1기판 및 제2기판에 대한 스페이서의 결합력이 조절되는 것으로 이해될 수 있다. 일 예로, 스페이서를 열처리하는 단계에서, 스페이서는 가열될 수 있고, 스페이서가 가열되는 동안 제1기판 및 제2기판에 대한 스페이서의 접착력이 감소될 수 있다.
- [23] 스페이서로서는 열처리 공정시 구조적 결합력이 조절될 수 있는 다양한 재질이 사용될 수 있다. 일 예로, 스페이서는 파라필름(parafilm)으로 형성될 수 있다.
- [24] 스페이서의 가열 온도 조건은 스페이서의 재질, 용매의 특성에 따라 다양하게 변경될 수 있다. 바람직하게 스페이서의 가열 온도는 스페이서에 의한 접착력이 감소 가능한 최소온도(스페이서의 접착력이 열처리 되지 않은 상태보다 낮아지기 시작하는 가열 온도)보다 크고 용매의 끓는점보다 낮은 온도 범위로 정해질 수 있다. 경우에 따라서는 스페이서의 특성에 따라 스페이서의 냉각 또는 다른 열처리 과정을 통해 스페이서에 의한 구조적 결합력이 조절되도록 구성하는 것도 가능하다. 다르게는, 스페이서의 열처리 과정 없이 각 기판이 분리되도록 구성하는 것도 가능하다.
- [25] 또한, 제1기판 및 제2기판 중 적어도 어느 하나를 분리하는 동안, 제1기판 및 제2기판 중 적어도 어느 하나를 열처리하는 공정이 추가될 수 있으며, 제1기판 및 제2기판은 열처리됨에 따라 제1기판 및 제2기판에 대한 용매의 표면장력이 조절될 수 있다.
- [26] 참고로, 본 발명에서 기판의 열처리라 함은 냉각, 가열 등과 같은 통상의 열처리 조건을 포함하는 개념으로 이해될 수 있으며, 기판의 열처리 방식에 의해 본 발명이 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 일 예로, 제1기판 및 제2기판 중 적어도 어느 하나를 열처리하는 단계에서, 제1기판 및 제2기판은 서로 다른 온도 조건으로 열처리될 수 있다. 보다 구체적인 일 예로서, 제1기판 및 제2기판 중 적어도 어느 하나를 열처리하는 단계에서, 제1기판은 가열되거나 상온으로 유지되고, 제2기판은 제1기판보다 상대적으로 낮은 온도로 냉각되고, 제1기판 및 제2기판 중 적어도 어느 하나를 분리하는 단계에서는 상대적으로 높은

온도를 갖는 제1기판이 분리될 수 있다. 경우에 따라서는, 제1기판 및 제2기판의 열처리시 제1기판 및 제2기판이 모두 냉각되거나 모두 가열되도록 구성하는 것도 가능하다.

[27] 제1기판 및 제2기판의 열처리 온도 조건은 기판의 재질 및 용매의 특성에 따라 다양하게 변경될 수 있다. 바람직하게 제1기판은 용매의 끓는점보다 낮은 온도로 가열될 수 있고, 제2기판은 용매의 어는점보다 높은 온도로 냉각될 수 있다.

[28] 제1기판 및 제2기판 중 분리된 적어도 어느 하나의 영역을 통해 광반응 미립자의 사이 공극에 잔류된 용매를 건조시킬 수 있는 바, 광반응 미립자의 사이 공극에 잔류된 용매는, 제1기판 및 제2기판 중 적어도 어느 하나를 분리하는 동안 수행되거나, 제1기판 및 제2기판 중 적어도 어느 하나가 분리된 후 수행될 수 있다.

발명의 효과

[29] 본 발명에 따른 광결정 구조 및 그 제조방법에 의하면, 제조 공정이 간단하면서도 실용성이 높은 광결정을 자유롭게 형성할 수 있다.

[30] 특히, 본 발명에 따르면 대상체를 형성하는 기판을 분리하고, 기판이 분리된 영역을 통해 광반응 미립자의 사이 공극에 잔류된 용매가 건조될 수 있게 함으로써, 광결정 제조에 필요한 시간을 현저하게 단축할 수 있으며, 광결정 표면에서의 결함을 최소화할 수 있다.

[31] 또한, 본 발명에 따르면 광결정 격자 구조간 결합력을 강화할 수 있으며, 안정성 및 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

[32] 또한, 본 발명에 따르면 수~수십mm의 매크로 스케일(macro scale)의 채널폭을 갖는 대면적 광결정을 표면 결함없이 제조할 수 있다.

[33] 또한, 본 발명에 따르면 기판 분리시 스페이서의 열처리 공정을 통해 기판에 대한 스페이서의 구조적 결합력을 조절할 수 있게 함으로써, 스페이서에 대한 기판 분리를 보다 수월하게 수행할 수 있다.

[34] 더욱이, 본 발명에 따르면 높은 신축성과 열에 따른 독특한 특성을 갖는 파라필름을 이용하여 스페이서를 형성함으로써, 광결정 형성시에는 구조적 안정성 및 밀봉성을 유지할 수 있고, 열처리시에는 접착력을 조절할 수 있다.

[35] 또한, 본 발명에 따르면 기판 분리시 기판의 열처리 공정을 통해 기판에 대한 용매의 표면장력을 조절할 수 있게 함으로써, 광결정 표면의 결함없이 기판을 보다 쉽게 분리할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[36] 도 1은 본 발명에 따른 광결정 구조의 제조방법을 설명하기 위한 도면이다.

[37] 도 2 내지 도 6은 본 발명에 따른 광결정 구조의 제조방법으로서, 대상체에 콜로이드 용액을 공급한 후, 광반응 미립자를 결정 구조화하는 단계를 설명하기 위한 도면이다.

- [38] 도 7은 본 발명에 따른 광결정 구조의 제조방법으로서, 스페이서의 열처리 단계를 설명하기 위한 도면이다.
- [39] 도 8은 본 발명에 따른 광결정 구조의 제조방법으로서, 기관의 열처리 단계를 설명하기 위한 도면이다.
- [40] 도 9는 본 발명에 따른 광결정 구조의 제조방법으로서, 기관의 분리 단계를 설명하기 위한 도면이다.
- [41] 도 10 및 도 11은 본 발명에 따른 광결정 구조의 제조방법으로서, 기관의 분리 단계의 변형예를 설명하기 위한 도면이다.
- [42] 도 12는 본 발명에 따른 광결정 구조의 제조방법으로서, 용매가 건조된 광결정을 설명하기 위한 도면이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [43] 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.
- [44] 도 1은 본 발명에 따른 광결정 구조의 제조방법을 설명하기 위한 도면이다. 또한, 도 2 내지 도 6은 본 발명에 따른 광결정 구조의 제조방법으로서, 대상체에 콜로이드 용액을 공급한 후, 광반응 미립자를 결정 구조화하는 단계를 설명하기 위한 도면이고, 도 7은 본 발명에 따른 광결정 구조의 제조방법으로서, 스페이서의 열처리 단계를 설명하기 위한 도면이며, 도 8은 본 발명에 따른 광결정 구조의 제조방법으로서, 기관의 열처리 단계를 설명하기 위한 도면이다. 또한, 도 9는 본 발명에 따른 광결정 구조의 제조방법으로서, 기관의 분리 단계를 설명하기 위한 도면이고, 도 10 및 도 11은 본 발명에 따른 광결정 구조의 제조방법으로서, 기관의 분리 단계의 변형예를 설명하기 위한 도면이며, 도 12는 본 발명에 따른 광결정 구조의 제조방법으로서, 용매가 건조된 광결정을 설명하기 위한 도면이다.
- [45] 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 광결정 구조의 제조방법은, 제1기관(110), 제1기관(110)에 이격되게 적층되며 제1기관(110)과 함께 상호 협조적으로 채널(111)을 형성하는 제2기관(120), 및 제1기관(110)과 제2기관(120) 사이의 측면을 밀봉하는 스페이서(130)를 포함하는 대상체(100)를 제공하는 단계; 광반응 미립자(10)를 포함하는 콜로이드 용액을 채널(111)에 제공하는 단계; 광반응 미립자(10)를 결정 구조화하는 단계; 제1기관(110) 및 제2기관(120) 중 적어도 어느 하나를 분리하는 단계; 및 제1기관(110) 및 제2기관(120) 중 분리된 적어도 어느 하나의 영역을 통해 광반응 미립자(10)의 사이 공극에 잔류된 용매를 건조시키는 단계;를 포함한다.
- [46] 도 2를 참조하면, 먼저 대상체(100)를 제공한다.

- [47] 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 적어도 일측에 개구부를 갖는 제한적인 내부공간(limited inner space)으로 이루어진 채널(111)이 제공된다.
- [48] 참고로, 후술할 광반응 미립자(10)를 결정 구조화하는 동안, 상기 대상체(100)는 정지 또는 회전 상태를 유지할 수 있으며, 상기 대상체(100)의 회전시에는 원심력에 의해 광반응 미립자(10)가 채널(111)을 따라 이동할 수 있다. 이하에서는 후술할 광반응 미립자(10)를 결정 구조화하는 동안 대상체(100)가 회전하도록 구성된 예를 들어 설명하기로 한다.
- [49] 바람직하게, 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(대상체(100)의 길이 방향)으로 작용하는 것으로 이해될 수 있다.
- [50] 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.
- [51] 또한, 상기 제1기판(110)의 내면에는 제1코팅층(미도시)이 형성될 수 있고, 상기 제2기판(120)의 내면에는 제2코팅층(미도시)이 형성될 수 있다.
- [52] 상기 제1코팅층 및 제2코팅층은 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.
- [53] 이를 위해, 상기 제1코팅층 및 제2코팅층은 소수성 또는 친수성 특성, 및 가스투과성을 갖는 재질로 형성될 수 있다. 일 예로, 상기 제1코팅층 및 제2코팅층은 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.
- [54] 상기 제1코팅층 및 제2코팅층은 침지법, 도핑법, 스핀 코팅법, 화학 기상 증착법, 플라즈마 처리법 등에 의해 형성될 수 있으며, 그 형성 방법에 의해 본

발명이 제한되거나 한정되는 것은 아니다.

- [55] 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.
- [56] 상기 스페이서(130)는 후술할 열처리 공정에 의해 제1기판(110) 및 제2기판(120)과의 구조적 결합력이 조절될 수 있도록 열에 따른 독특한 특성을 갖는 재질로 형성될 수 있다. 일 예로, 상기 스페이서(130)로서는 높은 신축성과 열에 따른 독특한 특성을 갖는 파라필름(Parafilm)으로 형성될 수 있으며, 스페이서(130)가 가열되는 동안 제1기판(110) 및 제2기판(120)에 대한 스페이서(130)의 접착력이 감소될 수 있다.
- [57] 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.
- [58] 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.
- [59] 다음, 도 3 및 도 4를 참조하면, 광반응 미립자(10)를 포함하는 콜로이드 용액을 채널(111)에 제공한다.
- [60] 상기 채널(111) 상에 콜로이드 용액을 제공하는 방식은 요구되는 조건 및 설계 사양에 따라 다양하게 변경될 수 있다. 일 예로, 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 용액이 채워질 수 있다. 상기 채널(111)에 콜로이드 용액이 가득 채워지도록 한 후, 콜로이드 용액이 담긴 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.
- [61] 다음, 상기 광반응 미립자(10)를 결정 구조화한다.
- [62] 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 대기와 접촉면 쪽으로 작용하게 되고 대상체(100)의 내부에서 용매와의 표면장력으로 인해 형성된 곡면이 대기

접촉면으로 함께 이동하게 된다.

- [63] 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 순차적으로 결정이 성장하게 된다. 결정이 지속적으로 성장하는 과정이 지속되며 콜로이드 용액의 용매가 완전히 증발하게 되면 채널(111) 내부에 특정 두께를 갖는 광결정이 제조될 수 있다.
- [64] 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.
- [65] 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.
- [66] 또한, 광반응 미립자(10)가 자기 조립되는 동안, 상기 대상체(100)에는 채널(111)에 추가적으로 콜로이드 용액을 공급하기 위한 콜로이드 공급부(미도시)가 연결될 수 있다. 상기 콜로이드 공급부는 광반응 미립자(10)가 결정 구조화하는 동안 대상체(100)의 채널(111)에 지속적으로 광반응 미립자(10)를 주입할 수 있다.
- [67] 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 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.
- [68] 도 5 및 도 6을 참조하면, 전술한 바와 같이 광반응 미립자(10)가 결정 구조화되는 동안에는 대상체(100)가 회전 상태를 유지할 수 있다.

- [69] 상기 대상체(100)가 회전하게 되면, 대상체(100)의 길이 방향을 따라 원심력이 작용하며, 원심력에 의해 광반응 미립자(10)가 대상체(100)의 길이(L) 방향을 따라 이동할 수 있다. 이때, 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, 원심력 방향의 차이로 인한 결함을 미연에 방지할 수 있다.
- [70] 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 채널의 폭 방향을 따라 일정한 방향성을 갖는 원심력이 작용할 수 있기 때문에 원심력 방향의 차이로 인한 결함을 방지할 수 있다. 참고로, 채널은 폭에 비해 매우 얇은 두께(T)를 갖기 때문에 채널의 두께 방향을 따라 원심력 방향의 차이는 무시될 수 있다.
- [71] 한편, 채널 상에 광결정이 형성되고 공극(광반응 미립자 사이 간극)에 용매가 채워져 있는 상태에서는 광결정의 국소부위에 용매의 이동이나 점착으로 인한 결함이 발생할 수 있다. 특히, 매크로 스케일을 갖는 광결정의 경우에는 용매의 이동이나 점착으로 인한 결함이 발생할 확률이 높기 때문에 용매의 강제적인 건조 공정이 필요할 수 있다. 물론, 대상체가 회전 또는 정지한 상태에서 채널의 개구부를 통해 공극 내 용매를 제거할 수도 있으나, 이와 같은 건조 방식은 건조 시간이 오래 걸릴 뿐만 아니라 결함이 발생률이 높은 문제점이 있다.
- [72] 이를 위해서, 본 발명에서는 제1기판(110) 및 제2기판(120) 중 적어도 어느 하나를 분리하고, 분리된 기판의 영역을 통해 광반응 미립자(10)의 사이 공극에 잔류된 용매를 빠르게 건조할 수 있도록 하였다.
- [73] 먼저, 상기 제1기판(110) 및 제2기판(120) 중 적어도 어느 하나를 분리한다. 이하에서는 채널(111)에 광결정이 형성된 상태에서 제1기판(110)을 분리하는 예를 들어 설명하기로 한다. 경우에 따라서는 제1기판 대신 제2기판이 분리되거나, 제1기판 및 제2기판이 모두 분리되는 것이 가능하다.
- [74] 참고로, 상기 제1기판(110) 및 제2기판(120)은 제1기판(110)(또는 제2기판(120))의 길이 방향을 따라 평행하게 슬라이드 이동하며 분리되거나, 일단을 중심으로 회전하며 분리될 수 있다.
- [75] 상기 제1기판(110) 및 제2기판(120)의 분리(슬라이드 이동 또는 회전 분리)는 모터와 같은 통상의 구동원에 의해 이루어질 수 있으며, 각 기판은 흡착판 또는 여타 다른 통상의 고정수단 등을 이용하여 구동원에 연결될 수 있다.
- [76] 한편, 상기 제1기판(110) 및 제2기판(120) 중 적어도 어느 하나를 분리하는 동안, 상기 스페이서(130)를 열처리하는 공정이 추가될 수 있다. 상기 스페이서(130)는 열처리됨에 따라 제1기판(110) 및 제2기판(120)과의 구조적 결합력이 조절될 수 있다.
- [77] 본 발명에서 스페이서(130)가 열처리됨에 따라 제1기판(110) 및

제2기관(120)과의 구조적 결합력이 조절된다 함은, 스페이서(130)가 열처리됨에 따라 스페이서(130)와 제1기관(110) 및 제2기관(120)에 대한 스페이서(130)의 결합력이 조절되는 것으로 이해될 수 있다. 일 예로, 도 7을 참조하면, 상기 스페이서(130)를 열처리하는 단계에서, 스페이서(130)는 가열될 수 있고, 스페이서(130)가 가열되는 동안 제1기관(110) 및 제2기관(120)에 대한 스페이서(130)의 접착력이 감소될 수 있다.

[78] 이와 같이, 본 발명은 제1기관(110) 및 제2기관(120)을 분리하는 동안, 스페이서(130)의 열처리를 통해 스페이서(130)의 구조적 결합력(접착력)이 약해질 수 있게 함으로써, 제1기관(110) 및 제2기관(120)이 스페이서(130)로부터 보다 쉽고 결합없이 분리될 수 있게 한다.

[79] 상기 스페이서(130)로서는 열처리 공정시 구조적 결합력이 조절될 수 있는 다양한 재질이 사용될 수 있다. 이하에서는 스페이서(130)가 파라필름(parafilm)으로 형성된 예를 들어 설명하기로 한다.

[80] 상기 스페이서(130)의 가열 온도 조건은 스페이서(130)의 재질, 용매의 특성에 따라 다양하게 변경될 수 있다. 바람직하게 스페이서(130)의 가열 온도는 스페이서(130)에 의한 접착력이 감소 가능한 최소온도보다 크고 용매의 끓는점보다 낮은 온도 범위로 정해질 수 있다. 여기서, 스페이서(130)에 의한 접착력이 감소 가능한 최소온도라 함은, 스페이서(130)의 접착력이 정상상태(열처리되지 않은 상태)보다 낮아지기 시작하는 가열 온도로 이해될 수 있다.

[81] 참고로, 본 발명의 실시예에서는 스페이서(130)의 가열 과정을 통해 스페이서(130)의 구조적 결합력을 조절할 수 있도록 한 예를 들어 설명하고 있지만, 경우에 따라서는 스페이서의 특성에 따라 스페이서의 냉각 또는 다른 열처리 과정을 통해 스페이서에 의한 구조적 결합력이 조절되도록 구성하는 것도 가능하다. 다르게는, 스페이서의 열처리 과정없이 각 기관이 분리되도록 구성하는 것도 가능하다.

[82] 또한, 상기 제1기관(110) 및 제2기관(120) 중 적어도 어느 하나를 분리하는 동안, 제1기관(110) 및 제2기관(120) 중 적어도 어느 하나를 열처리하는 공정이 추가될 수 있다. 상기 제1기관(110) 및 제2기관(120)은 열처리됨에 따라 제1기관(110) 및 제2기관(120)에 대한 용매의 표면장력이 조절될 수 있다.

[83] 참고로, 본 발명에서 기관의 열처리라 함은 냉각, 가열 등과 같은 통상의 열처리 조건을 포함하는 개념으로 이해될 수 있다. 기관의 열처리 방식에 의해 본 발명이 제한되거나 한정되는 것은 아니다.

[84] 일 예로, 도 8을 참조하면, 상기 제1기관(110) 및 제2기관(120) 중 적어도 어느 하나를 열처리하는 단계에서, 제1기관(110) 및 제2기관(120)은 서로 다른 온도 조건으로 열처리될 수 있다. 이하에서는 제1기관(110) 및 제2기관(120) 중 적어도 어느 하나를 열처리하는 단계에서, 제1기관(110)은 가열되거나 상온으로 유지되고, 제2기관(120)은 제1기관(110)보다 상대적으로 낮은 온도로 냉각되고,

제1기판(110) 및 제2기판(120) 중 적어도 어느 하나를 분리하는 단계에서는 상대적으로 높은 온도를 갖는 제1기판(110)이 분리되는 예를 들어 설명하기로 한다. 경우에 따라서는, 제1기판 및 제2기판의 열처리시 제1기판 및 제2기판이 모두 냉각되거나 모두 가열되도록 구성하는 것도 가능하다.

- [85] 상기와 같이, 기판의 열처리시, 제1기판(110)이 가열되거나 상온으로 유지되고, 제2기판(120)이 제1기판(110)보다 상대적으로 낮은 온도로 냉각되는 경우에는, 상대적으로 높은 온도를 갖는 제1기판(110)에 대한 용매의 표면장력이 낮아질 수 있고, 상대적으로 낮은 온도를 갖는 제2기판(120)에 대한 용매의 표면장력은 높아질 수 있기 때문에, 제2기판(120)의 배치상태는 보다 견고히 유지될 수 있고, 제1기판(110)은 보다 쉽게 분리할 수 있다.
- [86] 상기 제1기판(110) 및 제2기판(120)의 열처리 온도 조건은 기판의 재질 및 용매의 특성에 따라 다양하게 변경될 수 있다. 바람직하게 제1기판(110)은 용매의 끓는점보다 낮은 온도로 가열될 수 있고, 제2기판(120)은 용매의 어는점보다 높은 온도로 냉각될 수 있다.
- [87] 한편, 전술한 스페이서(130) 및 기판의 열처리는 코일과 같은 통상의 열원을 부착하거나 냉풍 또는 온풍을 공급함으로써 수행될 수 있으며, 열처리 방식에 의해 본 발명이 제한되거나 한정되는 것은 아니다.
- [88] 그 후, 상기 제1기판(110) 및 제2기판(120) 중 분리된 적어도 어느 하나의 영역을 통해 광반응 미립자(10)의 사이 공극에 잔류된 용매를 건조시킬 수 있다. 참고로, 광반응 미립자(10)의 사이 공극에 잔류된 용매는, 상기 제1기판(110) 및 제2기판(120) 중 적어도 어느 하나를 분리하는 동안 수행되거나, 상기 제1기판(110) 및 제2기판(120) 중 적어도 어느 하나가 분리된 후 수행될 수 있다.
- [89] 도 9를 참조하면, 전술한 바와 같이 스페이서(130)의 열처리 및 각 기판의 열처리가 함께 수행되는 상태에서, 상기 제1기판(110)을 길이 방향을 따라 슬라이드 이동시킴으로써 분리할 수 있으며, 상기 제1기판(110)이 분리됨에 따라 노출되는 영역을 통해 광반응 미립자(10)의 사이 공극에 잔류된 용매가 빠르게 건조될 수 있다.
- [90] 참고로, 상기 제1기판(110)은 최초 광결정이 형성되는 개구부 방향 측으로 슬라이드 이동하며 분리될 수 있는 바, 상기 제1기판(110)은 분리되는 동안 제1기판(110)은 동일한 높이 조건(광결정에 대해 평행한 상태)을 유지해야 하며, 동일한 속도로 슬라이드 이동할 수 있어야 한다. 참고로, 기판의 이송속도는 주변의 온도 및 습도 조건, 구동원의 특성, 용매의 증발 속도 등을 고려하여 적절히 조절될 수 있다.
- [91] 도 10을 참조하면, 전술한 바와 같이 스페이서(130)의 열처리 및 각 기판의 열처리가 함께 수행되는 상태에서, 상기 제1기판(110)을 일단을 기준으로 회전시켜 분리하는 것도 가능하며, 상기 제1기판(110)이 분리된 후 노출되는 영역을 통해 광반응 미립자(10)의 사이 공극에 잔류된 용매가 빠르게 건조될 수 있다.

- [92] 도 11을 참조하면, 전술한 바와 같이 스페이서(130)의 열처리 및 각 기판의 열처리가 함께 수행되는 상태에서, 상기 제1기판(110)을 길이 방향을 따라 슬라이드 이동시킴과 동시에 제1기판(110)의 슬라이딩 방향과 반대 방향으로 제2기판(120)을 슬라이드 이동시킴으로써, 제1기판(110) 및 제2기판(120)을 동시에 분리하는 것도 가능하다. 이 경우에도 마찬가지로 제1기판(110) 및 제2기판(120)이 분리됨에 따라 노출되는 영역을 통해 광반응 미립자(10)의 사이 공극에 잔류된 용매가 빠르게 건조될 수 있다.
- [93] 도 12를 참조하면, 상기와 같은 기판 분리 공정을 통해 광반응 미립자(10)의 사이 공극에 잔류된 용매가 건조된 광결정이 제2기판(120) 상에 남아있게 된다. 추후, 제2기판(120)을 제거하는 공정이 수행될 수 있으며, 이때는 용매가 완전히 건조된 상태이기 때문에, 제2기판(120)의 제거시 제2기판(120)과 광결정의 표면에서 발생할 수 있는 결함을 방지할 수 있다.
- [94] 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.

산업상 이용가능성

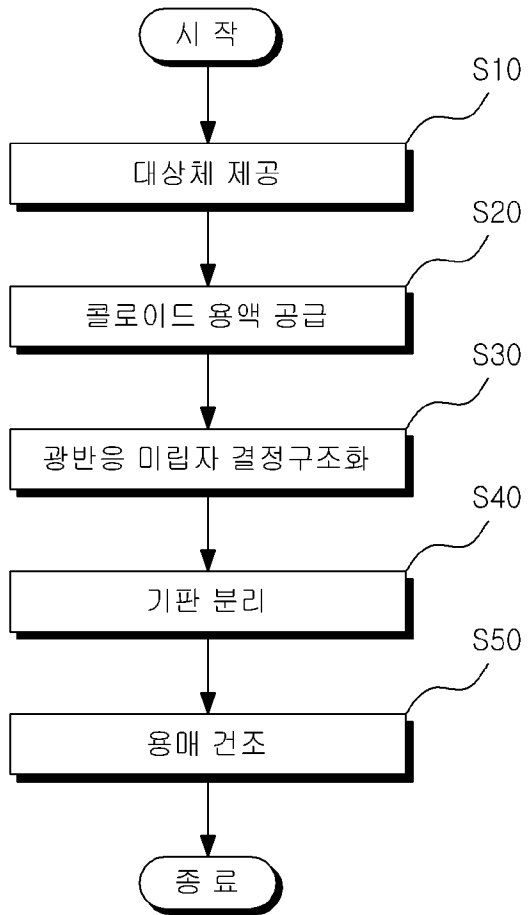
- [95] 본 발명에 따른 광결정 구조의 제조방법을 통해서 광을 제어하기 위한 광결정을 제조할 수 있고, 생산된 광결정은 조명이나 디스플레이와 같은 광을 제어하는 분야에서 널리 적용될 수 있다.

청구범위

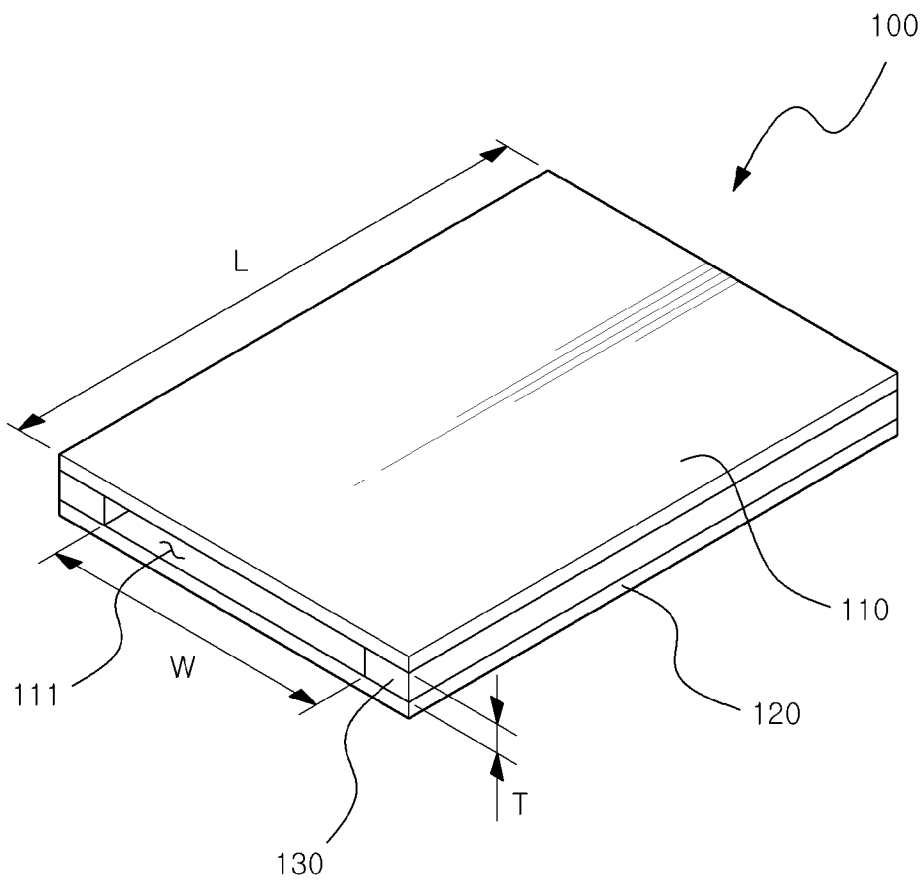
- [청구항 1] 광결정 구조를 제조하는 방법에 있어서,
제1기판, 상기 제1기판에 이격되게 적층되며 상기 제1기판과 함께 상호
협조적으로 채널을 형성하는 제2기판, 및 상기 제1기판과 상기 제2기판
사이의 측면을 밀봉하는 스페이서를 포함하는 대상체를 제공하는 단계;
광반응 미립자를 포함하는 콜로이드 용액을 상기 채널에 제공하는 단계;
상기 광반응 미립자를 결정 구조화하는 단계;
상기 제1기판 및 상기 제2기판 중 적어도 어느 하나를 분리하는 단계; 및
상기 제1기판 및 상기 제2기판 중 분리된 적어도 어느 하나의 영역을 통해
상기 광반응 미립자의 사이 공극에 잔류된 용매를 건조시키는 단계;
를 포함하는 광결정 구조의 제조방법.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 제1기판 및 상기 제2기판 중 적어도 어느 하나를 분리하는 동안,
상기 스페이서를 열처리하는 단계를 포함하고, 상기 스페이서는
열처리됨에 따라 상기 제1기판 및 상기 제2기판과의 구조적 결합력이
조절되는 것을 특징으로 하는 광결정 구조의 제조방법.
- [청구항 3] 제2항에 있어서,
상기 스페이서를 열처리하는 단계에서,
상기 스페이서는 가열되고, 상기 스페이서가 가열되는 동안 상기 제1기판
및 상기 제2기판에 대한 상기 스페이서의 접착력이 감소되는 것을
특징으로 하는 광결정 구조의 제조방법.
- [청구항 4] 제3항에 있어서,
상기 스페이서를 열처리하는 단계에서,
상기 스페이서의 가열 온도는, 상기 스페이서에 의한 접착력이 감소
가능한 최소온도보다 크고 상기 용매의 끓는점보다 낮은 온도인 것을
특징으로 하는 광결정 구조의 제조방법.
- [청구항 5] 제3항에 있어서,
상기 스페이서는 파라필름(parafilm)으로 형성된 것을 특징으로 하는
광결정 구조의 제조방법.
- [청구항 6] 제2항에 있어서,
상기 제1기판 및 상기 제2기판 중 적어도 어느 하나를 분리하는 동안,
상기 제1기판 및 상기 제2기판 중 적어도 어느 하나를 열처리하는 단계를
더 포함하는 것을 특징으로 하는 광결정 구조의 제조방법.
- [청구항 7] 제6항에 있어서,
상기 제1기판 및 상기 제2기판 중 적어도 어느 하나를 열처리하는
단계에서,
상기 제1기판 및 상기 제2기판은 서로 다른 온도 조건으로 열처리되는

- 것을 특징으로 하는 광결정 구조의 제조방법.
- [청구항 8] 제7항에 있어서,
상기 제1기판 및 상기 제2기판 중 적어도 어느 하나를 열처리하는 단계에서, 상기 제1기판은 가열되거나 상온으로 유지되고, 상기 제2기판은 상기 제1기판보다 상대적으로 낮은 온도로 냉각되며,
상기 제1기판 및 상기 제2기판 중 적어도 어느 하나를 분리하는 단계에서는, 상대적으로 높은 온도를 갖는 상기 제1기판이 분리되는 것을 특징으로 하는 광결정 구조의 제조방법.
- [청구항 9] 제8항에 있어서,
상기 제1기판은 상기 용매의 끓는점보다 낮은 온도로 가열되고,
상기 제2기판은 상기 용매의 어는점보다 높은 온도로 냉각되는 것을 특징으로 하는 광결정 구조의 제조방법.
- [청구항 10] 제1항에 있어서,
상기 제1기판 및 상기 제2기판 중 적어도 어느 하나를 분리하는 단계에서,
상기 제1기판 및 상기 제2기판 중 적어도 어느 하나는 상기 제1기판의 길이 방향을 따라 슬라이드 이동하며 분리되는 것을 특징으로 하는 광결정 구조의 제조방법.
- [청구항 11] 제1항에 있어서,
상기 제1기판 및 상기 제2기판 중 적어도 어느 하나를 분리하는 단계에서,
상기 제1기판 및 상기 제2기판 중 적어도 어느 하나는 일단을 중심으로 회전하며 분리되는 것을 특징으로 하는 광결정 구조의 제조방법.
- [청구항 12] 제1항에 있어서,
상기 제1기판 및 상기 제2기판 중 적어도 어느 하나를 분리하는 단계에서,
상기 제1기판 및 상기 제2기판은 서로 반대 방향으로 동시에 슬라이드 이동하며 분리 가능한 것을 특징으로 하는 광결정 구조의 제조방법.
- [청구항 13] 제1항에 있어서,
상기 제1기판 및 상기 제2기판 중 분리된 적어도 어느 하나의 영역을 통해 상기 광반응 미립자의 사이 공간에 잔류된 용매를 건조시키는 단계에서,
상기 용매의 건조는, 상기 제1기판 및 상기 제2기판 중 적어도 어느 하나를 분리하는 동안 수행되거나, 상기 제1기판 및 상기 제2기판 중 적어도 어느 하나가 분리된 후 수행되는 것을 특징으로 하는 광결정 구조의 제조방법.
- [청구항 14] 제1항에 있어서,
상기 광반응 미립자가 결정 구조화되는 동안, 상기 대상체는 정지 또는 회전 상태를 유지하고,
상기 대상체의 회전시에는 원심력에 의해 상기 광반응 미립자가 상기 채널을 따라 이동 가능한 것을 광결정 구조의 제조방법.
- [청구항 15] 제1항 내지 제14항 중 어느 하나의 제조방법에 의해 제조된 광결정 구조.

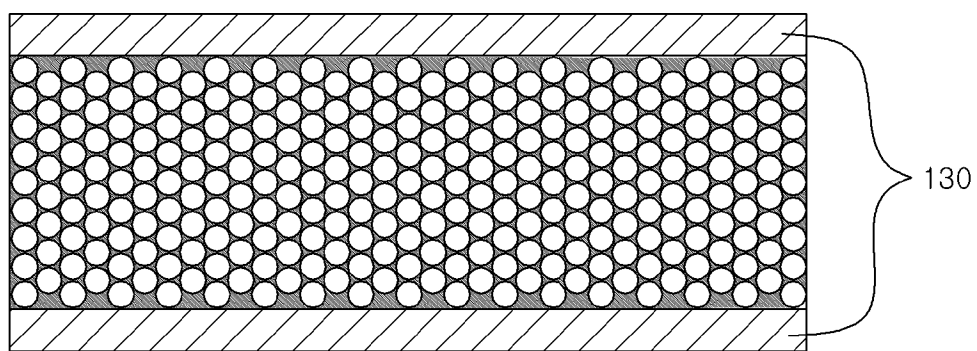
[도1]



[도2]



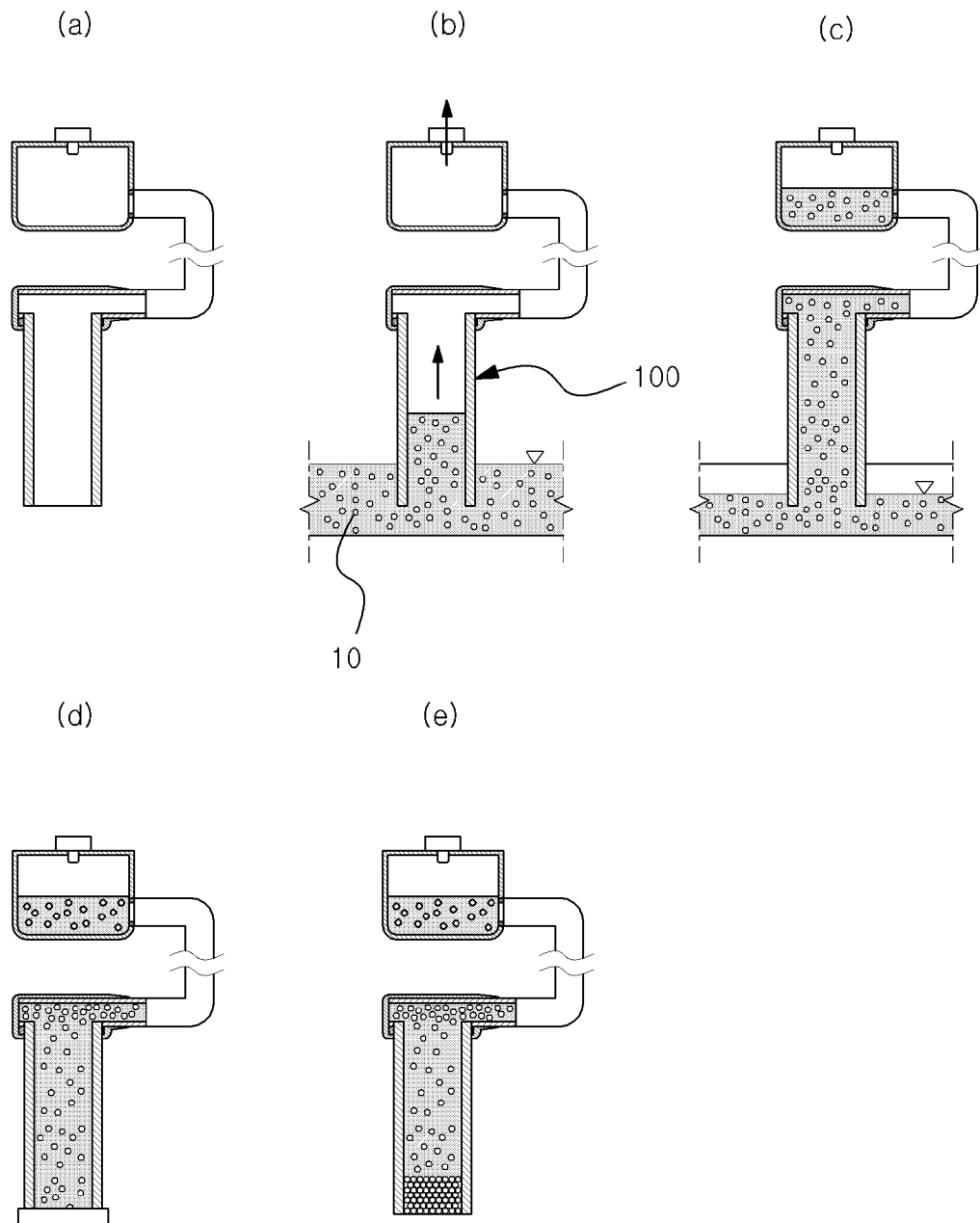
[도3]



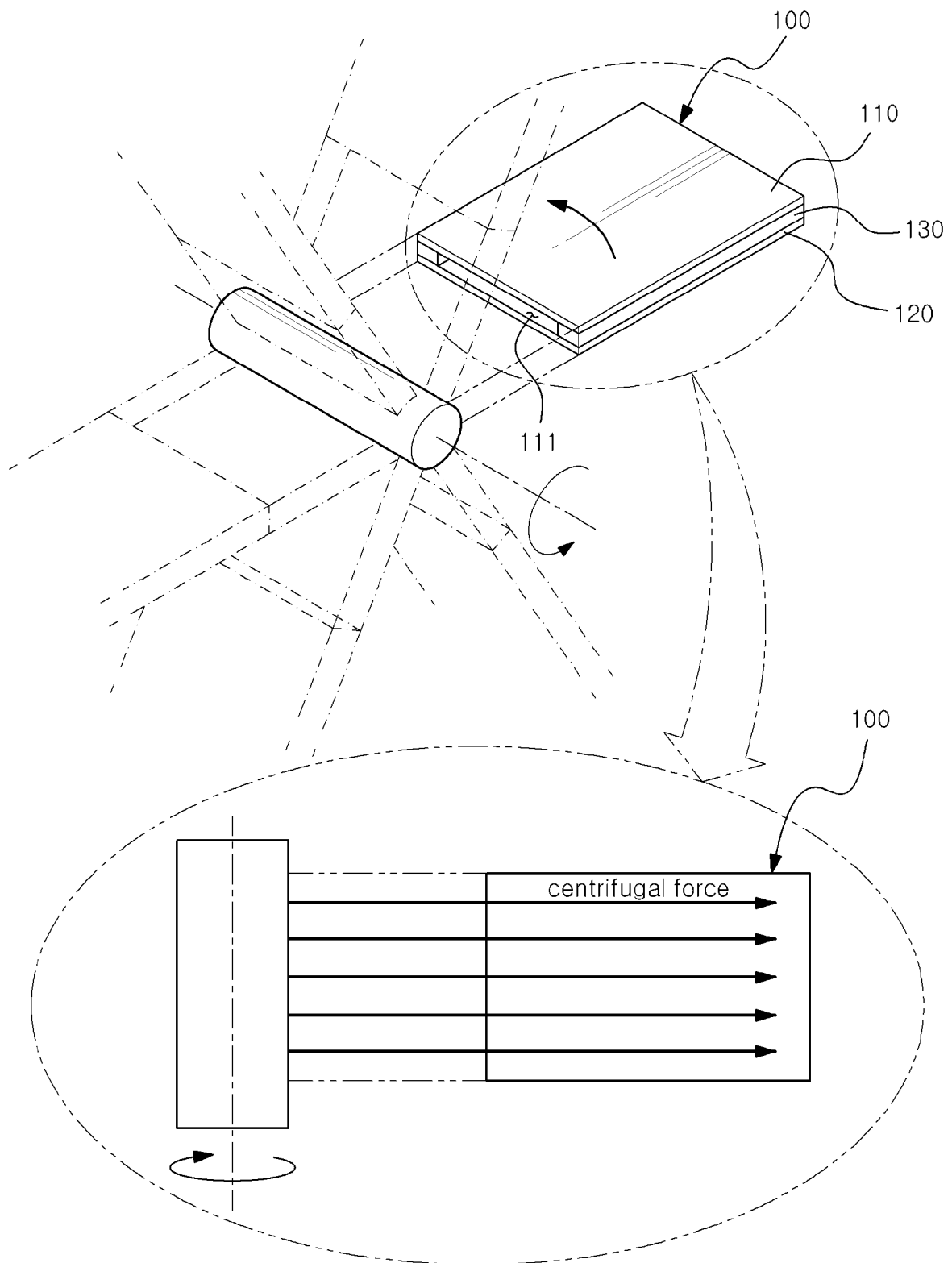
○ 광반응 미립자

■ 용매

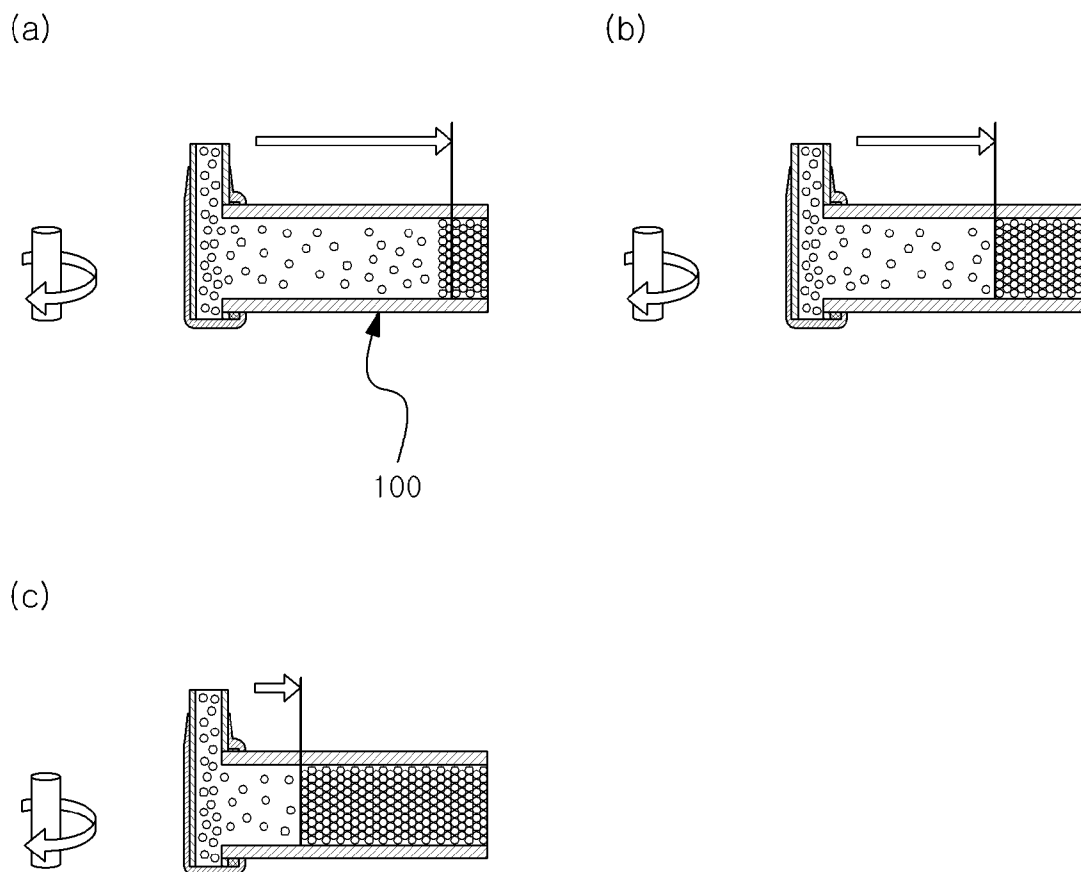
[도4]



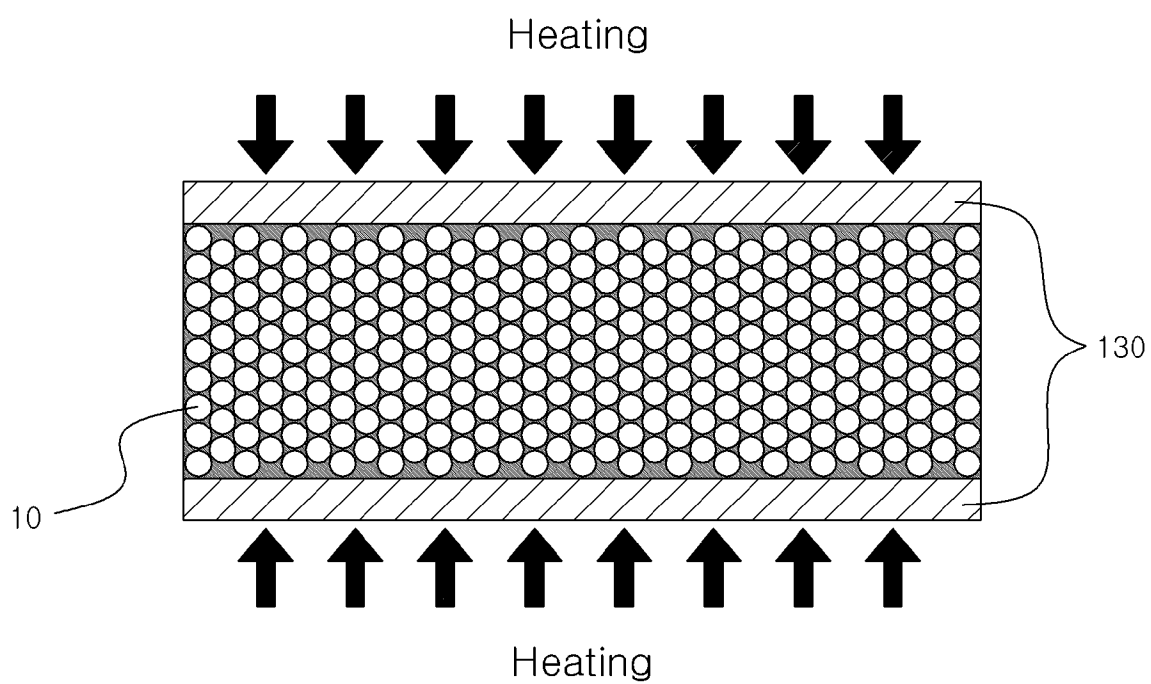
[도5]



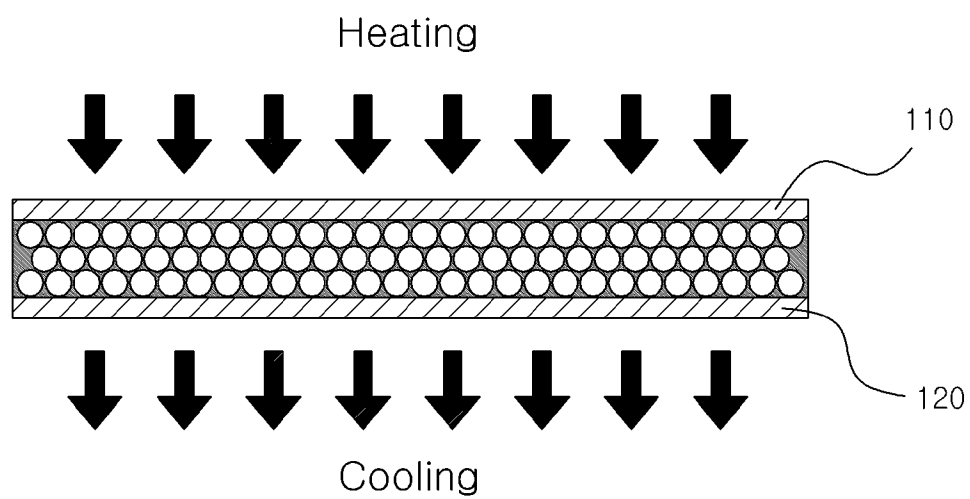
[도6]



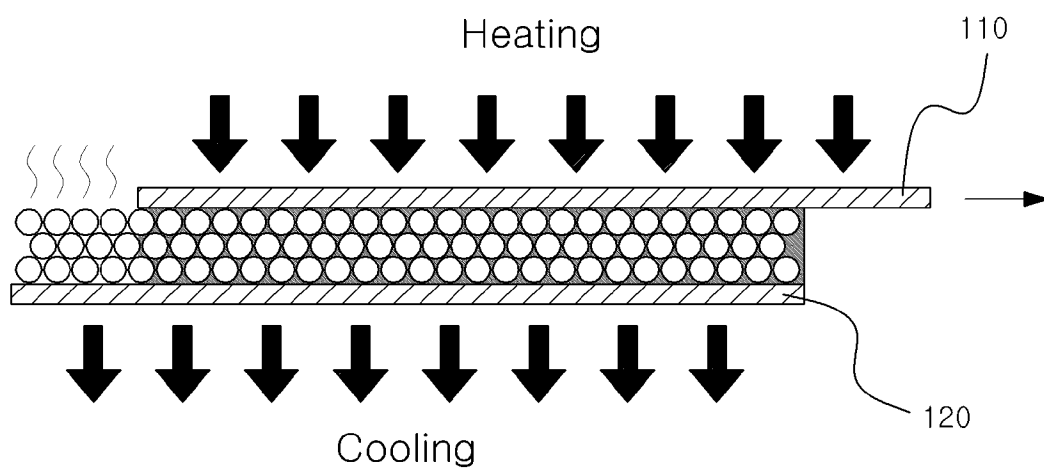
[도7]



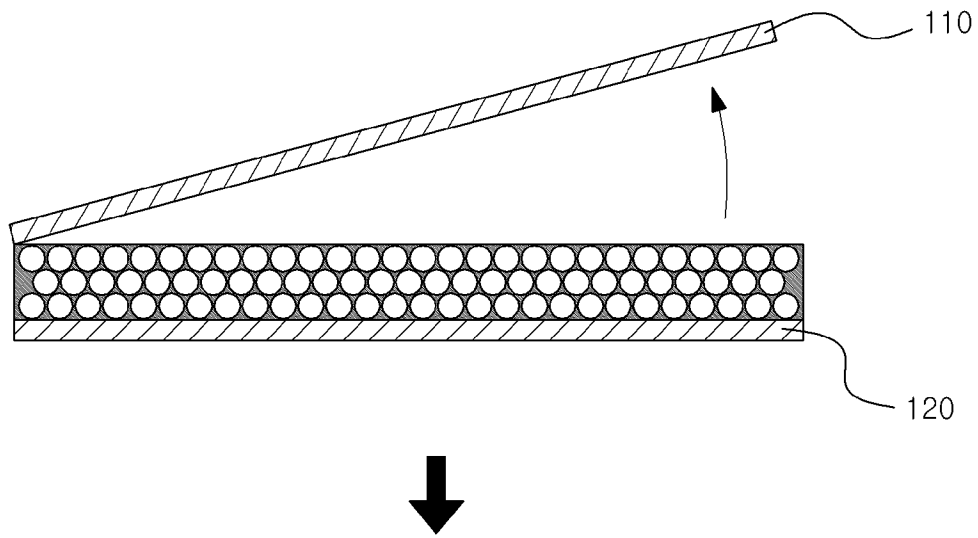
[도8]



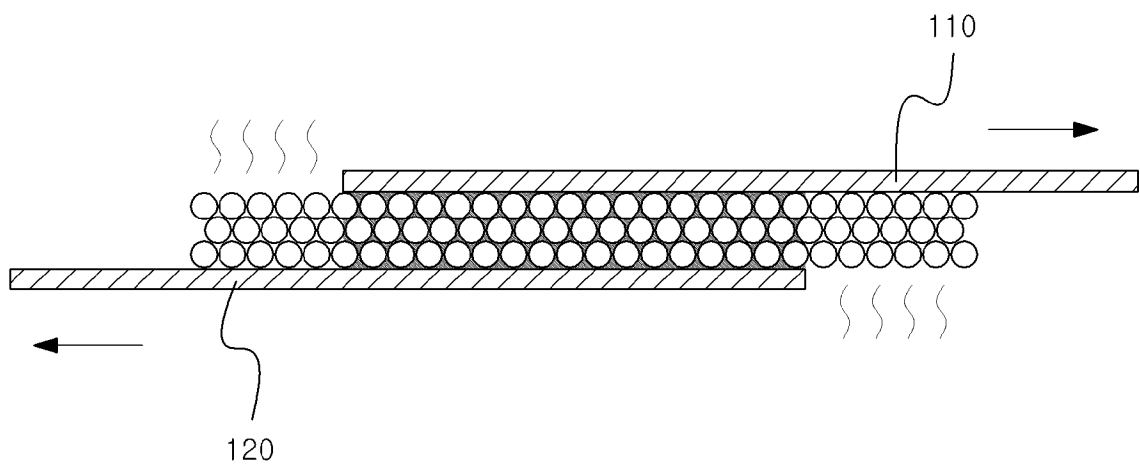
[도9]



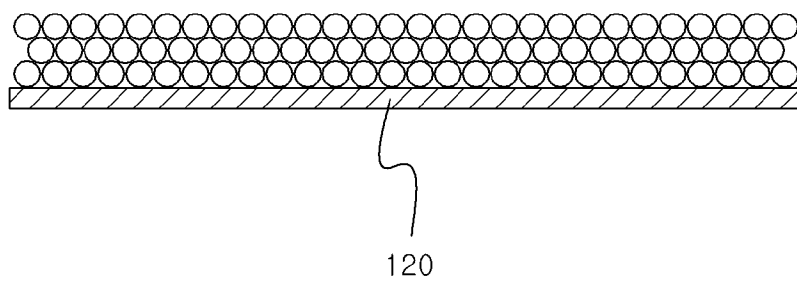
[도10]



[도11]



[도12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2015/010561**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****H01L 21/027(2006.01)i**

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L 21/027; B05D 5/12; H01L 31/0224; H01L 31/04; H01L 31/18; B01J 13/04; B01J 19/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: photoreactive fine particle, colloidal solution, dry, substrate separation, heat treatment

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KR 10-2014-0098538 A (SOGANG UNIVERSITY RESEARCH FOUNDATION) 08 August 2014 See abstract, paragraphs [0015]-[0023], [0033]-[0047], claim 1 and figure 2.	15
A		1-14
A	KR 10-2012-0001456 A (SOGANG UNIVERSITY RESEARCH FOUNDATION) 04 January 2012 See abstract, paragraphs [0049]-[0065], claim 1 and figures 1a-1f.	1-15
A	KR 10-2010-0011184 A (GWANGJU INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 03 February 2010 See abstract, paragraphs [0016]-[0038], claim 1 and figures 1a-1d.	1-15
A	US 2011-0272007 A1 (KANG, Moon - Sung et al.) 10 November 2011 See abstract, paragraphs [0063]-[0075], claim 6 and figure 1.	1-15
A	KR 10-2006-0074233 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 03 July 2006 See abstract, paragraphs [0042]-[0053], claim 1 and figures 1-3b.	1-15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 JANUARY 2016 (21.01.2016)

Date of mailing of the international search report

21 JANUARY 2016 (21.01.2016)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2015/010561

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2014-0098538 A	08/08/2014	KR 10-1463938 B1	26/11/2014
KR 10-2012-0001456 A	04/01/2012	WO 2012-002697 A2	05/01/2012
		WO 2012-002697 A3	26/04/2012
KR 10-2010-0011184 A	03/02/2010	KR 10-0978933 B1	30/08/2010
US 2011-0272007 A1	10/11/2011	KR 10-1146673 B1	22/05/2012
		KR 10-2011-0123110 A	14/11/2011
		US 8624106 B2	07/01/2014
KR 10-2006-0074233 A	03/07/2006	US 2006-0137740 A1	29/06/2006

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

H01L 21/027(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

H01L 21/027; B05D 5/12; H01L 31/0224; H01L 31/04; H01L 31/18; B01J 13/04; B01J 19/18

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 광반응 미립자, 콜로이드 용액, 건조, 기관 분리, 열처리

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	KR 10-2014-0098538 A (서강대학교산학협력단) 2014.08.08 요약, 단락 [0015]-[0023], [0033]-[0047], 청구항 1 및 도면 2 참조.	15
A		1-14
A	KR 10-2012-0001456 A (서강대학교산학협력단) 2012.01.04 요약, 단락 [0049]-[0065], 청구항 1 및 도면 1a-1f 참조.	1-15
A	KR 10-2010-0011184 A (광주과학기술원) 2010.02.03 요약, 단락 [0016]-[0038], 청구항 1 및 도면 1a-1d 참조.	1-15
A	US 2011-0272007 A1 (MOON-SUNG KANG 등) 2011.11.10 요약, 단락 [0063]-[0075], 청구항 6 및 도면 1 참조.	1-15
A	KR 10-2006-0074233 A (삼성전자주식회사) 2006.07.03 요약, 단락 [0042]-[0053], 청구항 1 및 도면 1-3b 참조.	1-15

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2016년 01월 21일 (21.01.2016)

국제조사보고서 발송일

2016년 01월 21일 (21.01.2016)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

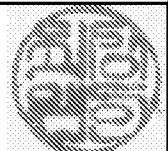
대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-472-7140

심사관

최상원

전화번호 +82-42-481-8291



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2014-0098538 A	2014/08/08	KR 10-1463938 B1	2014/11/26
KR 10-2012-0001456 A	2012/01/04	WO 2012-002697 A2	2012/01/05
		WO 2012-002697 A3	2012/04/26
KR 10-2010-0011184 A	2010/02/03	KR 10-0978933 B1	2010/08/30
US 2011-0272007 A1	2011/11/10	KR 10-1146673 B1	2012/05/22
		KR 10-2011-0123110 A	2011/11/14
		US 8624106 B2	2014/01/07
KR 10-2006-0074233 A	2006/07/03	US 2006-0137740 A1	2006/06/29