

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구  
국제사무국



(43) 국제공개일  
2010년 10월 28일 (28.10.2010)

PCT

(10) 국제공개번호  
WO 2010/123162 A1

- (51) 국제특허분류: H01L 21/027 (2006.01) B82B 3/00 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2009/002052
- (22) 국제출원일: 2009년 4월 20일 (20.04.2009)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): 서울대학교산학협력단 (SNU R&DB FOUNDATION) [KR/KR]; 서울특별시 관악구 신림동 산 56-1, 151-010 Seoul (KR).
- (72) 발명자; 겸
- (75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): 서갑양 (SUH, Kaph Yang) [KR/KR]; 서울특별시 관악구 낙성대동 서울대학교 교수아파트 122A-403, 151-057 Seoul (KR). 정훈의 (JEONG, Hoon Eui) [KR/KR]; 서울특별시 금천구 가산동 두산아파트 112 동 1308 호, 153-023 Seoul (KR). 광노균 (KAWK, No Kyun) [KR/KR]; 서울특별시 서초구 반포1 동 한양아파트 5 동 105 호, 137-041 Seoul (KR).
- (74) 대리인: 이종혁 (LEE, Jong Hyuk); 서울특별시 강남구 역삼동 814-5 흥국생명빌딩 7 층, 135-931 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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 유럽 (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, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

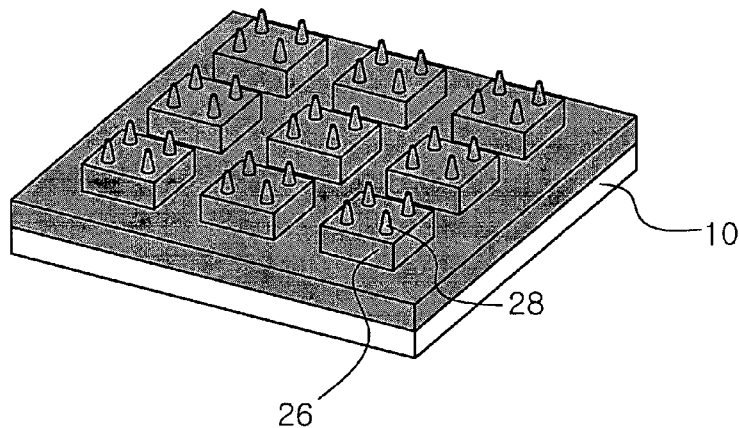
공개:

- 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

(54) Title: PROCESS FOR FORMATION OF HIERARCHICAL MICROSTRUCTURE USING PARTIAL CURING

(54) 발명의 명칭 : 부분경화를 이용한 계층적 미세 구조물 형성방법

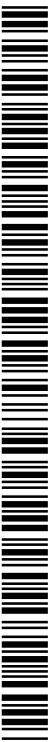
【도 6】



(57) Abstract: Disclosed is a simplified process for formation of a hierarchical microstructure having no heterogeneous interface using partial curing. To achieve the above, provided is a process for the formation of a hierarchical microstructure using partial curing which comprises the steps of: forming a first polymer pattern having a partial curing layer; and forming a second polymer pattern on the first polymer pattern using said partial curing layer. According to the present invention, the formation of a microstructure having various hierarchical structures can be simplified. Therefore, the productivity and economic efficiency of various processes which require the formation of a microstructure having various hierarchical structures can be enhanced. In addition, a new functional material can be developed, which has not only a super hydrophobic surface but also high adhesiveness even on rough surfaces.

(57) 요약서:

[다음 쪽 계속]



WO 2010/123162 A1

---

제조공정이 간단할 뿐만 아니라, 이중의 계면이 없는 계층구조를 형성할 수 있는 부분경화를 이용한 계층적 미세 구조물의 형성방법이 개시되어 있다. 이를 위하여 부분 경화층을 가지는 제 1 고분자 패턴을 형성하고, 제 1 고분자 패턴 상에 상기 부분 경화층을 이용하여 제 2 고분자 패턴을 형성하는 단계를 포함하는 부분경화를 이용한 계층적 미세 구조물 형성방법을 제공한다. 본 발명에 의하면, 다양한 계층구조를 가지는 미세 구조물을 간단한 공정을 사용하여 형성할 수 있다. 따라서 다양한 계층구조의 미세 구조물의 형성이 필요한 각종 공정의 효율성과 경제성을 향상시킬 수 있다. 또한, 초소수성을 가질 뿐만 아니라 및 거친 표면에서도 고접착성을 가지는 새로운 기능성 소재를 개발할 수 있다.

## 명세서

### 부분경화를 이용한 계층적 미세 구조물 형성방법

#### 기술분야

- [1] 본 발명은 부분경화를 이용한 계층적 미세 구조물의 형성방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 제조공정이 간단하고, 이중의 계면이 없는 계층구조를 형성할 수 있는 부분경화를 이용한 계층적 미세 구조물의 형성방법에 관한 것이다.

#### 배경기술

- [2] 1980년대 이후 최근까지 대부분의 산업부품이 소형화되어 가고 있으며, 이러한 추세에 따라 마이크로 또는 나노 크기의 구조물(이하, '미세 구조물'이라 한다)을 형성할 필요성이 점점 커지고 있다. 이러한 요구에 부응하여 신뢰성 있는 미세 구조물을 경제적이고 용이하게 형성하기 위한 다양한 기술들이 제시되고 있다.
- [3] 미세 구조물을 형성하기 위한 대표적인 방법으로 나노임프린트 리소그래피(nanoimprint lithography) 기술이 알려져 있다. 상기 방법에 의하면, 강도가 큰 몰드를 사용함으로써 수 십 나노 크기의 작은 구조물을 만들 수 있는 장점이 있다.
- [4] 그러나 강도가 큰 몰드를 사용하고 1900psi 강한 압력을 가하기 때문에, 음각 몰드 또는 다양한 크기의 패턴을 가지는 몰드를 사용하여 패턴을 형성하기가 쉽지 않고, 넓은 면적에 패턴을 형성하는 것 또한 쉽지 않다. 또한, 무엇보다 높은 종횡비의 구조물을 만들기가 어렵다는 단점이 있다.
- [5] 이러한 문제점을 극복하기 위하여, 딱딱한 몰드가 아닌 상대적으로 부드럽고 탄성을 가진 몰드를 사용하는 다양한 소프트 리소그래피 기술이 개발되어 왔다. 그러한 기술로서, 미세접촉 프린팅(microcontact printing)이라는 방법을 예로 들 수 있다.
- [6] 이 방법에 의하면 기판 상에 잔존 층이 전혀 없이 원하는 패턴을 만들 수 있다는 장점이 있다. 그러나 PDMS 같은 화학 물질을 묻히는 방법이기 때문에, 높은 종횡비의 구조물을 만들 수 없다는 단점이 있다.
- [7] 이 외에도 소프트 리소그래피 기술의 일종으로 소위 MIMIC(Micromolding in capillaries)라 불리는 기술이 알려져 있다. 이 기술에 의하면, 패턴을 가지는 PDMS 몰드를 기판 상에 위치시킨 후, 몰드의 옆면으로부터 유체를 흘림으로써 마이크로 크기의 3차원 구조체를 형성할 수 있는 기술이다.
- [8] 본 방법을 여러 층으로 반복하면 높은 3차원 구조물을 형성할 수 있다. 그러나 신뢰성 있는 미세 구조물을 형성하기 위해서는 여러 층의 몰드를 정밀하게 배열하여야 하기 때문에 공정이 어렵고 복잡하다.
- [9] 이외에도 다양한 소프트 리소그래피 기술이 개발되었으나, 대부분의 소프트 리소그래피 기술은 강도가 약하고 탄성을 가지는 PDMS 몰드를 사용함에 따라 넓은 면적에 3차원 마이크로 구조물을 형성할 수 있다는 장점을 가지고 있으나,

나노 크기의 구조물을 만들기가 어렵다는 결정적인 한계를 가지고 있다.

- [10] 한편, 최근에는 산업부품의 소형화 경쟁이 가속화됨에 따라 계층구조(hierarchical structure)를 가지는 다양한 멀티스케일의 미세 구조물을 개발할 필요성이 증대되고 있다. 이러한 계층구조를 가지는 미세 구조물의 예로는 마이크로/나노스케일이 복합적으로 존재하는 계층구조와 공중에 떠 있는 고분자 브릿지 구조 등이 있다.
- [11] 상기 마이크로/나노스케일이 복합적으로 존재하는 계층구조는 단순구조에 비해 표면 및 광학특성을 부여할 수 있어 자연모사, 광학소자, 전기전자소자, 마이크로유체 소자 분야에서 개발의 필요성이 요구되고 있다. 최근 연구에 의하면 자연에서 찾은 게코(gecko) 도마뱀의 발바닥이나 연꽃잎 표면의 이중 거칠기(double roughness) 구조가 초소수성 표면 및 굴곡진 대상에서도 우수한 접착능력을 가진다는 것을 발견하였다.
- [12] 그러나 지금까지 이러한 이중구조를 얻기 위하여 개발된 자가조립법(self-assembly), 전기화학증착법(electrochemical deposition), 상분리법(phase separation) 등은 모두 이중구조의 정확한 제작이 어렵다는 문제점이 있다.
- [13] 구체적으로 이중구조의 미세 구조물을 형성하기 위해 포토리소그래피법을 사용하는 경우에는 본 발명의 계층구조를 얻기 위해서는 마이크로 마스크와 나노 마스크가 각각 필요하며, 이는 비용측면에서 효율적이지 못하다. 또한 e-beam을 이용한 리소그래피법을 사용하는 경우에는 정밀도가 높지만 공정속도가 느리고, 대면적 패터닝이 어렵다. 아울러, 기존의 나노임프린팅 리소그래피법을 사용하는 경우에는 높은 압력이 필요하여 마이크로 기반구조의 무너짐을 일으키게 되며, 높은 중횡비의 구조를 제작하기 어렵다.
- [14] 또한, 상술한 브릿지 구조는 스마트 전기전자 장치, 광학장치, 마이크로 유체 시스템과 같은 다양한 곳에서 개발의 필요성이 요구되고 있다. 따라서 지금까지 이러한 단일 브릿지 구조를 얻기 위하여 역임프린팅법(reversible imprinting), 마이크로트랜스퍼 몰딩법(microtransfer molding), 엣지-리소그래피법(edge lithography), 직접패터닝법(direct drawing), 전기화학 패터닝법(electrochemical patterning) 등의 다양한 방법이 개발되었다.
- [15] 그러나 전술한 방법들은 패턴 크기의 조절 및 고른 대면적 패터닝이 어렵고, 장시간의 공정시간이 소요되는 등의 문제점이 있다. 특히, 기존의 방법에 의하여 제작된 브릿지 구조는 기반 구조와 브릿지 구조 사이에 이중의 계면을 포함하고 있기 때문에 구조적인 결합성이 저하되고, 전기소자에서 접촉저항이 증가되며, 다층유로에서 부분적인 누수가 발생하는 문제점이 있다.
- [16] 한편, 일반적인 자외선(UV) 경화성 고분자를 이용하여 고분자 패턴을 제작하는 경우, 고분자 패턴이 형성되는 고분자 박막과 몰드사이에 존재하는 산소는 신뢰성 있는 고분자 패턴 형성에 부정적인 작용을 하는 것으로 알려져 있다. 구체적으로 산소가 자유-라디칼(free-radical) 중합반응에서 광개시제의

라디칼과 반응하여 고분자의 중합반응을 방해한다. 따라서 형성된 고분자 패턴 표면이 충분히 경화되지 못하여 부분 경화(partial curing)된 패턴 표면이 점착성을 갖게 되고 고분자 패턴의 광학특성 및 표면특성을 저하시키는 등 부정적인 작용을 한다. 따라서 고분자 박막과 몰드사이에 존재하는 산소의 제거를 통하여 신뢰성 있는 고종횡비(high aspect ratio)의 고분자 패턴을 형성하고자 하는 노력이 시도되고 있다.

- [17] 그러나 고분자 패턴 형성에 있어서 극복되어야 할 현상으로 인식되어져온 산소에 의한 부분 경화 현상을 오히려 계층 구조를 가지는 미세구조물 형성에 이용할 수 있다면, 산소의 제거를 위하여 별도의 수고를 하지 않아도 될 뿐만 아니라 이종의 계면이 존재하지 않는 계층구조를 간단한 방법으로 형성할 수 있을 것이다.

### 발명의 상세한 설명

#### 기술적 과제

- [18] 따라서, 본 발명의 목적은 산소에 의한 부분 경화현상과 모세관력 리소그래피법을 이용하여 이종의 계면이 존재하지 않는 단일 이종 구조를 제공함으로써, 패턴 크기의 조절이 용이하고, 대면적 패턴닝이 균일하며, 비교적 짧은 공정시간이 소요될 뿐만 아니라, 높은 광학특성을 제공하는 부분경화를 이용한 미세 구조물의 형성방법을 제공하는 것이다.

#### 기술적 해결방법

- [19] 상술한 본 발명의 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에서는 부분 경화층을 가지는 제 1 고분자 패턴을 형성하는 단계와 상기 제 1 고분자 패턴 상에 상기 부분 경화층을 이용하여 제 2 고분자 패턴을 형성하는 단계를 포함하는 부분경화를 이용한 계층적 미세 구조물 형성방법을 제공한다.
- [20] 그리고 본 발명의 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 다른 실시예에서는 자외선 경화성 고분자 박막 상에 제 1 몰드를 접촉시켜 모세관력에 의하여 상기 고분자 박막을 유동시키는 단계, 상기 유동된 고분자 박막에 자외선을 조사하여 부분 경화층을 가지는 제 1 고분자 패턴을 형성하는 단계, 상기 부분 경화층 상에 제 2 몰드를 접촉시켜 모세관력에 의하여 상기 부분 경화층을 유동시키는 단계 그리고 상기 유동된 부분 경화층에 자외선을 조사하여 제 2 고분자 패턴을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 부분경화를 이용한 계층적 미세 구조물 형성방법을 제공한다.
- [21] 그리고 본 발명의 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 또 다른 실시예에서는 자외선 경화성 고분자 박막 상에 제 1 몰드를 접촉시켜 모세관력에 의하여 상기 고분자 박막을 유동시키는 단계, 상기 유동된 고분자 박막에 자외선을 조사하여 부분 경화층을 가지는 제 1 고분자 패턴을 형성하는 단계, 상기 부분 경화층 상에 제 2 몰드를 일정한 압력으로 위치시켜 상기 부분 경화층을 전사시키는 단계 그리고 상기 유동된 부분 경화층에 감압조건을 인가하여 상기 유동된 부분

경화층이 상기 제 2 몰드를 따라 유동하여 인접하는 제 1 고분자 패턴을 연결하는 브릿지 구조를 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 부분경화를 이용한 계층적 미세 구조물 형성방법을 제공한다.

### 유리한 효과

- [22] 본 발명에 의하면, 다양한 계층구조(예를 들면, 마이크로/나노 이중구조, 기반/브릿지 이중구조)를 가지는 미세 구조물을 간단한 공정을 사용하여 형성할 수 있다. 따라서 다양한 계층구조의 미세 구조물의 형성이 필요한 각종 공정의 효율성과 경제성을 향상시킬 수 있다. 이와 같은 멀티스케일을 가지는 미세 구조물은 다양한 분야에 응용될 수 있다.
- [23] 예를 들어, 본 발명에 의한 마이크로/나노 이중 구조물의 형성방법을 사용하면 최적화되어 있는 자연계의 각종 섬모를 모사할 수 있다. 구체적으로, 나노수준의 섬모를 모사함으로써 각종 재료 표면의 마찰저항이나 항력을 감소시킬 수 있다. 이러한 기술을 자동차 등의 운송수단, 특히 항공기, 선박, 심해저 탐사선 등의 대형 이동수단의 표면에 적용하면, 매우 탁월한 연료절감효과를 기대할 수 있다.
- [24] 또한, 본 발명에 의한 미세 구조물의 형성방법을 이용하여 초소수성 또는 고접착성 등의 성질을 가지는 새로운 기능성 소재를 개발할 수 있다. 구체적으로, 초소수성을 가지는 소재를 사용하여 자정기능이나 습기 방지기능이 있는 소재(예를 들어, 건축용 외장재, 가정용 및 산업용 고기능성 유리, 광학용 렌즈 등)를 제작하여 산업 각 분야에 응용할 수 있다.
- [25] 또한, 거칠기가 20 마이크로 이하인 거친 표면이나 굴곡진 표면에서 계층구조에 의하여 형성된 고접착성을 가지는 소재를 사용하여 벽면 등을 수직으로 이동할 수 있는 로봇 등을 개발할 수도 있다. 즉, 국방, 우주, 산업용 로봇 등 각종 산업 기술 개발 등에 적용할 수 있다.
- [26] 아울러, 점점 미세화되고 있는 전자소자의 나노 크기의 미세패턴 형성 공정 등에 응용이 가능하고 나아가, 최근 부각되고 있는 탄소나노튜브와 함께 각종 초정밀 산업 기술 개발에도 큰 기여를 할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [27] 도 1 내지 도 6은 본 발명의 일 실시예에 의한 미세 구조물 형성방법을 설명하기 위한 단면도들이다.
- [28] 도 7 내지 도 12는 본 발명의 다른 실시예에 의한 미세 구조물 형성방법을 설명하기 위한 단면도들이다.
- [29] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 의한 마이크로/나노 계층구조를 가지는 미세 구조물을 나타내는 주사 전자 현미경 사진이다.
- [30] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 의한 고분자 박막의 자외선 노출 시간에 따른 인장강도와 경도를 나타내는 그래프이다.
- [31] 도 15는 본 발명의 다른 실시예에 의한 고분자 박막의 자외선 노출 시간에 따른 인장강도와 경도를 나타내는 그래프이다.

- [32] 도 16은 본 발명의 일 실시예에 의한 기반/브릿지 계층구조를 가지는 미세 구조물을 나타내는 주사 전자 현미경 사진이다.
- [33] 도 17 및 도 18은 본 발명의 일 실시예에 의한 기반/브릿지 계층구조를 가지는 미세 구조물의 비교예를 나타내는 주사 전자 현미경 사진이다.
- [34] 도 19 및 도 20은 본 발명의 일 실시예에 의한 기반/브릿지 계층구조를 가지는 미세 구조물과 단순한 마이크로 구조물을 나타내는 주사 전자 현미경 사진이다.

[35]

[36] \* 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

[37] 10: 기관 20: 고분자 박막

[38] 22: 완전경화층 24: 부분 경화층

[39] 26: 제 1 고분자 패턴 28: 제 2 고분자 패턴

[40] 50', 50": 제 1 몰드 60', 60": 제 2 몰드

### 발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [41] 본 발명의 일 실시예에 의한 미세 구조물의 형성방법은 먼저 부분 경화층을 가지는 제 1 고분자 패턴을 형성하고, 이어서 상기 제 1 고분자 패턴 상에 부분 경화층을 이용하여 제 2 고분자 패턴을 형성한다. 이때, 상기 제 1 고분자 패턴은 폴리우레탄 아크릴레이트(PUA), 폴리에틸렌 글리콜 디아크릴레이트(PEG-DA), 폴리에스테르 아크릴레이트 또는 과불소화폴리에테르 디메타크릴레이트(PFPE-DMA) 등의 자외선 경화성 고분자를 사용하는 것이 바람직하다.
- [42] 상기 제 1 고분자 패턴의 형성방법은 특별히 제한되지 않지만, 예를 들면, 자외선 경화성의 고분자 박막 상에 제 1 몰드를 위치시킨 후, 모세관력에 의하여 상기 고분자 박막이 상기 제 1 몰드의 음각부로 유동하여 음각부분을 채우게 된다. 이어서, 상기 유동한 고분자 박막에 자외선을 조사하여 부분 경화층을 가지는 상기 제 1 고분자 패턴을 형성한다.
- [43] 이 때, 부분 경화층을 형성하기 위한 자외선의 조사시간은 몰드의 성질(공기가 통과하는 다공성 구조인지 여부 등), 고분자 박막의 종류 등에 따라 달라진다. 예를 들어, 고분자 박막으로 PUA를 사용하고, 몰드로서 PUA 또는 PDMS 소재를 사용하면, 자외선을 약 5 내지 21초 동안 조사하여 약 5 $\mu$ m 이내의 부분경화층을 형성할 수 있다.
- [44] 이후, 상기 부분 경화층 상에 제 2 몰드를 위치시키면, 제 2 몰드에 가해지는 압력에 의한 전사, 모세관력에 의한 제 2 몰드 음각부분으로의 수직이동, 또는 감압공정 하에서는 측면이동 등의 방식으로 상기 부분 경화층이 유동하여 상기 제 2 고분자 패턴을 형성한다. 이러한 과정에 의하여 형성된 제 2 고분자 패턴은 상기 제 1 고분자 패턴 상에 형성된 패턴 구조 또는 인접하는 상기 제 1 고분자 패턴을 연결하는 브릿지 구조일 수 있다.
- [45] 이하, 첨부도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들에 의한 부분 경화를

이용한 계층적 미세 구조물의 형성방법을 상세하게 설명한다.

[46] 도 1 내지 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 의한 미세 구조물 형성방법을 설명하기 위한 사시도들이며, 도 7 내지 도 12는 본 발명의 또 다른 실시예에 의한 미세 구조물 형성방법을 설명하기 위한 사시도들이다.

[47] 도 1 내지 도 12를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 의한 미세 구조물의 형성방법은 먼저 부분 경화층(24)을 가지는 제 1 고분자 패턴(26)을 형성하고, 이어서 상기 제 1 고분자 패턴 상에 부분 경화층(24)을 이용하여 제 2 고분자 패턴(28)을 형성한다.

[48] 예를 들면, 고분자 박막(20)이 형성된 기판(10)을 음각 부분 및 양각 부분이 구비된 제 1 몰드(50', 50")에 접촉시켜, 상기 고분자 박막(20)이 유동하여 형성된 부분 경화층(24)을 가지는 제 1 고분자 패턴(26)을 형성하고, 상기 부분 경화층(24)을 제 1 몰드(50', 50")로부터 분리하고 제 2 몰드(60', 60")에 접촉시켜, 상기 부분 경화층(24)이 유동하여 형성된 제 2 고분자 패턴(28)을 형성할 수 있다.

[49] 상기 본 발명의 일 실시예에 의한 미세 구조물의 형성방법은 상기 제 1 고분자 패턴(26)을 형성하는 단계 이전에 제 1 고분자 박막과 제 1 몰드의 사이에 존재하는 산소의 양을 조절하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[50] 상기 고분자 박막(20)으로는 자외선 경화성 고분자를 사용하는 것이 바람직하다. 또한, 상기 제 1 몰드(50', 50")와 제 2 몰드(60', 60")는 상기 고분자 박막(20)과 접촉하는 표면에 양각 부분과 음각 부분으로 이루어진 패턴이 형성된다.

[51] 상기 부분 경화층(24)은 상기 제 1 몰드(50', 50")와 접촉된 고분자 박막(20)이 상기 제 1 몰드를 따라 유동한 후 일정시간 자외선을 조사하여 형성한다. 보다 구체적으로, 고분자 박막(20)을 패턴이 형성된 제 1 몰드(50)와 접촉시키면 상기 고분자 박막(20)은 모세관 힘에 의해 고분자 박막의 일부가 상기 제 1 몰드(50) 음각 부분의 빈 공간으로 유입되어 패턴이 형성된다. 이와 같이 상기 음각 부분으로 유입된 고분자 물질의 상부는 음각 부분에 존재하는 산소에 의해 경화되는 것을 방해받아 부분 경화층(24)이 형성되며, 상기 부분 경화층(24)의 하부는 산소에 접촉되지 않으므로 완전경화층(22)을 형성한다. 즉, 제 1 고분자 패턴(26)은 부분 경화층(24)과 상기 부분 경화층(24)의 하부에 구비된 완전경화층(22)으로 구성된다.

[52]

[53] 이하, 도면을 참조하여 각 실시예별로 보다 구체적으로 설명한다.

[54] 도 1 및 도 2를 참조하면, 먼저 자외선 경화성 고분자로 형성된 고분자 박막(20)이 구비된 기판(10)에 예를 들면 마이크로 스케일로 패턴된 제 1 몰드(50")를 접촉한다.(단계 S10)

[55] 상기 기판(10)은 실리콘 기판, 금속 기판, 고분자 기판, 유리 기판, PET 필름 등을 예시할 수 있으며, 예를 들면, 반도체 공정중의 일정한 하부구조물일 수도 있다. 상기 고분자 박막(20)으로는 예를 들면, 폴리우레탄



- 아크릴레이트(polyurethane acrylate : PUA), 폴리에틸렌 글리콜 디아크릴레이트(poly(ethylene glycol) diacrylate), 과불소화폴리에테르 디메타크릴레이트(perfluoreopolyethers dimethacrylate)와 같이 자외선을 조사하면 유동되다가 경화되는 자외선 경화성 수지 등을 사용하는 것이 바람직하다.
- [56] 상기 고분자 박막(20)은 박막의 형성에 널리 사용되는 스펀코팅방식 등의 방식으로 상기 기판(10)의 상단면에 형성할 수 있다.
- [57] 상기 제 1 몰드(50')로는 폴리우레탄 아크릴레이트(PUA), 폴리디메틸실록산(Poly-Dimethylsiloxane : PDMS)와 같은 고분자, 또는 산화실리콘(SiO<sub>2</sub>)와 같은 무기물을 단독으로 또는 2 이상 혼합하여 사용할 수 있다. 여기서, 마이크로 스케일로 패터닝된 몰드란 상기 몰드를 통해 수 내지 수십 마이크로미터 크기의 구조물을 형성시킬 수 있도록 상기 몰드의 내부에 양각 부분 및 음각 부분이 마이크로미터 크기로 형성된 몰드를 의미한다.
- [58] 선택적으로 상기 고분자 박막(20)에 제 1 몰드(50')를 접촉시킨 후에, 상기 제 1 몰드(50')에 소정의 압력을 가하여 상기 고분자 박막(20)과 상기 제 1 몰드(50')의 패터닝 면이 균일하게 접촉되도록 할 수도 있다. 이때 압력은 약 0.1 내지 10 기압의 압력을 가하는 것이 바람직하다. 약 0.1 기압 미만의 낮은 압력을 가하면, 고분자 박막(20)과 제 1 몰드(50')의 패터닝 면을 균일하게 접촉시켜 모세관 효과를 촉진시키고자 하는 효과를 기대하기 힘들다. 또한, 약 10 기압을 초과하여 압력을 가하는 경우 후술하는 본 발명에서 의도하는 모세관 현상에 의해 미세 패터닝이 형성되는 것이 아니라 기존의 발명과 같이 압력에 의한 패터닝형성이 되는 것에 불과하다.
- [59] 일반적으로 고분자는 대부분 유리전이온도(Tg)를 가지고 있는데 이 온도가 되면 고분자가 액체의 성격을 띠게 되며 유동성을 가지게 된다. 이때 고분자를 끌어올릴 수 있는 형상을 지닌 몰드(원형)를 고분자에 접촉시키면 모세관 현상에 따라 고분자가 상기 몰드의 형상을 따라 움직이게 된다.
- [60] 본 단계에서는 이러한 모세관 현상을 이용하여 상기 고분자 박막(20)을 상기 제 1 몰드(50')의 빈 부분, 즉 음각 부분을 채우고, 바람직하게는 상기 고분자 박막(20)이 음각 부분의 바탕면(천장)에 접촉하도록 한다.
- [61] 구체적으로, 상기 고분자 박막(20)을 이루는 물질이 상온에서 유동성을 갖는 고분자 물질일 때 제 1 몰드(50')를 상기 고분자 박막(20)에 밀착 접촉시킴으로써 모세관 현상을 유발시켜 고분자 패터닝을 형성할 수 있다. 만약 상기 고분자 박막(20)을 이루는 물질이 상온에서 유동성을 갖지 않는 고분자 물질이면, 상술한 바와 같이 소정의 온도 조건으로 열처리 공정을 수행하여 모세관 현상을 유발시킬 수 있다. 아울러 상기 고분자 박막(20)을 이루는 고분자 물질이 유동성을 갖지 않는 경우, 상기 고분자 박막(20)에 솔벤트 등을 흡수(또는 침투)시켜 유동성을 확보하여 모세관 현상을 나타나게 할 수 있다.
- [62] 이와 같이 모세관 현상에 따라 상기 고분자 박막(20)은 상기 제 1 몰드(50')의 음각 부분을 채워가게 되고, 결국 제 1 몰드(50')의 음각 부분의 바탕면(천장)과

접촉하게 되며, 자외선이 일정시간 동안 조사됨에 따라 고분자 박막(20)은 제 1 몰드(50')의 음각 부분을 채운 상태로 부분적으로 경화되어 제 1 고분자 패턴(26)을 형성한다.

[63]

[64] 그리고 도 3을 참조하면, 고분자 박막(20) 및 제 1 몰드(50')에 일정시간 동안 자외선을 조사하여, 상기 고분자 박막(20)이 상기 제 1 몰드(50')의 음각 부분의 바탕면으로 유동하여 부분 경화층(24)을 가지는 제 1 고분자 패턴(26)을 형성시킨다(단계 S20).

[65] 일반적으로, 자유라디칼 중합반응에 있어서 산소는 광 개시제의 라디칼과 반응하여 고분자의 중합반응을 방해하여 점착성표면, 광학특성 및 표면특성을 감소시키는 작용을 한다.

[66] 이에, 본 단계에서는 산소에 의해 자외선에 노출된 고분자 물질이 경화되는 것을 방해받아 부분 경화되는 현상을 이용하여 제 1 고분자 패턴(26)에 부분 경화층(24)을 형성시킨다. 여기서, 부분 경화층(24)이란 별도의 몰드에 접촉되어도 상기 몰드의 음각 부분으로 그 일부가 유동될 수 있을 정도로 형성된 경화층을 의미하며, 특징적으로는 10 내지 100 MPa, 바람직하게는 10 내지 50 MPa의 경도(hardness), 및 100 내지 1500 MPa, 바람직하게는 200 내지 500 MPa의 인장강도(elastic modulus)를 가지는 경화층을 의미한다.

[67] 구체적으로, 제 1 몰드(50')의 음각 부분으로 유입된 고분자 물질의 상부는 음각 부분에 잔존하는 산소에 의해 자외선에 노출됨에 따라 경화되는 현상을 간접받아 부분 경화층(24)을 형성하게 되며, 상기 부분 경화층(24)의 하부는 완전경화층(22)을 형성한다. 이때, 음각 부분의 바탕면과 가장 인접한 고분자 물질의 상부 1 $\mu$ m 부분은 산소에 심각하게 노출되어 고분자의 중합반응이 많이 이루어지지 않아 낮은 인장강도 값을 가지게 된다. 여기서, 5 $\mu$ m 이상의 깊이까지는 산소가 고분자 물질을 투과하지 못하므로, 부분 경화층(24)의 최대 길이는 약 4 내지 5 $\mu$ m가 된다.

[68] 한편, 자외선 조사는 상기 제 1 고분자 패턴(26)에 부분 경화층(24)을 형성하기 위한 것이므로, 상기 자외선의 조사시간은 제 1 고분자 패턴(26)에 부분 경화층(24)을 형성시킬 수 있는 정도의 시간이라면, 그 범위가 특별히 한정되지 않는다. 특히, 제 1 몰드(50')로 사용되는 소재에 따라 고분자 패턴이 경화되는 속도가 변동될 수 있으므로, 자외선을 조사하는 시간은 변동될 수 있다. 이는 몰드의 소재에 따라 공기투과도가 다르기 때문이다. 다만, 제 1 몰드(50')로 PUA 몰드를 사용하면 자외선의 노출 시간은 약 5초인 것이 바람직하며, 제 1 몰드(50')로 PDMS 몰드를 사용하면 자외선의 노출 시간은 약 21초인 것이 바람직하다.

[69]

[70] 이어서 도 4를 참조하면, 상기 부분 경화층(24)을 제 1 몰드(50')로부터 분리하고, 예를 들어 나노 패턴된 제 2 몰드(60')에 접촉시킨다.(단계 S30).

- [71] 상기 제 2 몰드(60')로는 폴리우레탄 아크릴레이트(PUA), 폴리디메틸실록산(Poly-Dimethylsiloxane : PDMS)와 같은 고분자, 또는 산화실리콘(SiO<sub>2</sub>)와 같은 무기물을 단독으로 또는 2 이상 혼합하여 사용할 수 있다. 여기서, 나노 패턴된 몰드란 상기 몰드를 통해 수 내지 수십 나노미터 크기의 구조물을 형성시킬 수 있도록 상기 몰드의 양각 부분 및 음각 부분이 나노미터 크기로 형성된 몰드를 의미한다.
- [72]
- [73] 계속하여, 도 5 및 도 6을 참조하면, 상기 부분 경화층(24)이 제 2 몰드(60')의 음각 부분의 바탕면으로 유동하여 제 2 고분자 패턴(28)이 형성되면 상기 제 2 몰드(60')에 자외선을 조사하여 상기 제 2 고분자 패턴(28)을 경화시킨다.(단계 S40)
- [74] 상기 부분 경화층(24)은 유동성을 가지고 있어 양각 부분 및 음각 부분이 구비된 제 2 몰드(60')가 접촉되면, 모세관 현상에 따라 부분 경화층(24)의 일부가 제 2 몰드(60')의 형상을 따라 움직이게 된다.
- [75] 본 단계에서는 이러한 2단계 모세관 현상을 이용하여 상기 부분 경화층(24)으로 상기 제 2 몰드(60')의 빈 부분, 즉 음각 부분을 채우고, 상기 부분 경화층(24)이 음각 부분의 바탕면에 접촉하도록 한다.
- [76] 이와 같이 모세관 현상에 따라 상기 부분 경화층(24)은 상기 제 2 몰드(60')의 음각 부분을 채워가게 되고, 결국 제 2 몰드(60')의 음각 부분의 바탕면(천장)과 접촉하게 되어 제 2 고분자 패턴(28)을 형성한다. 특징적으로, 상기 제 2 고분자 패턴(28)은 미세 구조물이므로, 전체적으로는 섬모 형상을 가질 수 있다.
- [77] 또한, 본 단계에서는 자외선을 조사하여 마이크로 크기의 구조물(이하, '마이크로 구조물'이라 한다.)인 제 1 고분자 패턴(26)의 상부에 형성된 미세 구조물인 제 2 고분자 패턴(28)을 경화시킨다.
- [78] 이러한 자외선 조사는 상기 제 2 고분자 패턴(28)을 전부 경화시키기 위한 것이므로, 상기 자외선의 조사시간은 그 범위가 특별히 한정되지 않는다. 특히, 제 2 몰드(60)로 사용되는 재질에 따라 고분자 패턴이 경화되는 속도가 변동될 수 있으므로, 자외선을 조사하는 시간은 변동될 수 있다.
- [79] 본 실시예에 의하면 마이크로/나노 구조가 복합적으로 존재하는 미세 구조물을 용이하게 형성할 수 있다. 이러한 미세 구조물을 표면에 가지는 소재는 강한 소수성을 가지게 되어 방오기능 등이 있는 기능성 소재를 제작할 수 있게 된다. 또한, 본 실시예에 의한 미세 구조물의 형성방법은 계면이 없는 계층구조(단일 이중구조)의 미세 구조물을 형성할 수 있어, 화학적 및 물리적 안정성이 높아진다.
- [80] 지금까지 이러한 이중구조를 얻기 위하여 자가조립법(self-assembly), 전기화학증착법(electrochemical deposition), 상분리법(phase separation) 등 다양한 방법이 개발되었지만, 이러한 방법들은 모두 이중구조의 정확한 제작에 어려움이 있다. 아울러, 섬모 형상을 모사한 이중 거칠기 구조를 표면에 가지게

되면 넓은 표면적을 가지게 되고, 이에 따라 표면접착력이 탁월하게 향상된 소재의 개발에 응용될 수 있다.

- [81] 이러한 일체형 계층구조는 접착제, 특히 인공 건식접착제에 구비될 수 있으며, 본 실시예에 의해 형성된 미세 구조물이 구비된 접착제는 계면이 존재하지 않아 외부의 하중에 대하여 구조적 통일성과 강도를 증가시킬 수 있다.
- [82] 즉, 본 실시예에 의한 미세 구조물은 반도체 제조공정 등에서 미세패턴의 형성에 유용하게 사용될 수 있을 뿐만 아니라, 자연계의 섬모모사에 널리 응용이 가능하다.
- [83]
- [84] 도 7 내지 도 12는 본 발명의 다른 실시예에 의한 미세 구조물 형성방법을 설명하기 위한 사시도들이다.
- [85] 구체적으로, 부분경화층을 이용하여 기반/브릿지 계층구조를 형성하기 위하여 상술한 단계 S10 및 S20과 S30' 및 S40'의 방법에 따라 기판(10) 상부에 이종의 계면을 없앤 기반/브릿지 계층구조 가지는 미세 구조물을 형성한다. 이에 대하여, 동일한 내용에 대한 반복 설명은 생략한다.
- [86] 도 10을 참조하면, 상기 부분 경화층(24)을 제 1 몰드(50")로부터 분리하고, 나노 패턴된 제 2 몰드(60")를 일정한 압력으로 접촉시켜 상기 제 2 몰드의 형상을 상기 부분 경화층으로 전사시킨다. 또한, 상기 제 2 몰드(60")는 제 1 고분자 패턴(26), 즉 기반 구조의 상부에 브릿지 구조를 형성시킬 수 있다면 어떠한 패턴이 형성되어도 무방하지만, 바람직하게는 라인, 원형, 메쉬 중 어느 하나 이상의 패턴이 형성되는 것이 좋다. 이때, 원활한 전사를 위하여 상기 제 2 몰드를 약 0.1 내지 0.5 bar의 압력으로 상기 부분 경화층에 접촉시키는 것이 바람직하다. 만약 0.1 bar 미만의 압력을 가하는 경우 패턴의 충분한 전사가 일어나지 않으며, 0.5 bar를 초과하는 경우 부분 경화층이 무너지는 등의 현상이 발생하게 된다.
- [87] 이러한 압력에 의한 전사가 일어난 후, 상기 부분 경화층(24)은 여전히 유동성을 가지고 있으므로 모세관 현상에 따라 부분 경화층(24)의 일부가 제 2 몰드(60")의 형상을 따라 일부 움직여서 패턴이 다소 상승할 수도 있다. 다만, 이러한 부분 경화층(24)의 모세관력에 의한 유동은 부분 경화층이 이미 일부 경화된 상태로서 상기 제 1 고분자 패턴 형성시의 모세관력에 의한 패턴의 형성보다는 원활하게 발생되지 않으며, 상기 압력에 의한 제 2 몰드 형상대로의 전사에 비하여 미미한 수준이거나 또는 발생되지 않을 수도 있다.
- [88] 이러한 상기 부분 경화층의 압력에 의한 전사 또는 모세관력에 의한 이동은 모두 주로 상기 부분 경화층의 측면 방향이 아닌 상부 방향으로 일어난다.
- [89]
- [90] 도 11 및 도 12를 참조하면, 이후 상기 부분 경화층(24) 및 제 2 몰드(60")에 감압공정을 적용하여, 상기 부분 경화층(24)이 제 2 몰드(60")의 음각 부분을 따라 유동하여 인접하는 제 1 고분자 패턴을 연결하는 브릿지 구조(가교층)를

형성시킨다.(단계 S40')

- [91] 구체적으로, 상기 고분자 패턴에 양각 부분 및 음각 부분이 패턴된 제 2 몰드(60")를 임프린팅 할 경우, 감압공정을 적용하지 않으면 모세관 현상에 따라 부분 경화층(24)은 제 2 몰드(60")와 직접 닿는 부분의 수직 방향으로 형성된 제 2 몰드(60")의 음각 부분으로만 이동하며, 상기 제 2 몰드(60")와 직접 닿지 않는 부분에 구비된 음각 부분으로는 이동하지 않는다. 즉, 부분 경화층(24)은 몰드 패턴의 기하학적 형상 및 부분 경화 정도에 따라 패턴의 바탕면(천장)에 닿을 수 있지만, 감압공정이 적용되지 않으면 측면으로의 유동 및 이동은 높은 점성에 의해 제한된다.
- [92] 여기서, 감압공정은  $10^{-2}$  내지  $10^{-12}$  Pa 사이에서 수행되며, 감압공정을 목표압력( $10^{-2}$  Pa)에 도달하기 전에 중단시키면 끊겨진 브릿지 구조가 형성될 수 있다.
- [93] 이와 같이, 부분 경화층(24)에 접촉된 제 2 몰드(60")를 감압공정에 적용시키면, 상기 부분 경화층(24)은 제 2 몰드(60")의 음각 부분의 전체, 즉 측면으로 유동하여 브릿지 구조가 형성된다.
- [94] 본 실시예에 의하면 특별한 표면처리 없이 나노 크기의 음각 부분이 구비된 몰드를 부분 경화된 고분자 패턴(기반구조) 상부에 놓는 것만으로 마이크로 크기의 고분자 패턴이 연결된 기반/브릿지 계층구조를 형성할 수 있다. 즉, 본 실시예에 의하면 구조의 무너짐이나 붙는 현상 없이 다양한 기반/브릿지 계층구조를 얻을 수 있다.
- [95] 본 실시예에 의한 기반/브릿지 계층구조를 가지는 미세 구조물은 전자/유체기반 소자, 공진기, 포토닉크리스탈 등 멀티스케일, 계층구조를 가지는 3D 소자의 제작에 이용할 수 있다.
- [96]
- [97] 이와 같이, 본 발명에 따른 미세 구조물의 형성방법은 산소에 의한 부분 경화현상 및 모세관력 리소그래피 법을 이용하여 계면이 없는 계층구조의 미세 구조물을 형성할 수 있다. 따라서 계층구조의 미세 구조물의 형성이 필요한 각종 공정의 효율성과 경제성을 향상시킬 수 있다.
- [98] 상기 계면이 없는 계층구조의 미세 구조물은 다양한 분야에 응용될 수 있다. 예를 들어, 본 발명에 의한 미세 구조물의 형성방법을 사용하면 최적화되어 있는 자연계의 각종 섬모를 모사할 수 있다. 구체적으로, 나노수준의 섬모를 모사함으로써 각종 재료 표면의 마찰저항이나 항력을 감소시킬 수 있다. 이러한 기술은 반도체 공정이나 디스플레이장치 제작 공정에서 기존의 정전기척 등을 대신하여 기판 등을 이동시키기 위한 수단으로 사용하면 오염의 우려를 현저히 감소시키면서 대상물을 원활하게 이동시킬 수 있다.
- [99] 또한, 본 발명에 따른 미세 구조물의 형성방법을 이용하여 초소수성 또는 고접착성 등의 성질을 가지는 새로운 기능성 소재를 개발할 수 있다. 구체적으로, 초소수성을 가지는 소재를 사용하여 자정기능이나 습기

방지기능이 있는 소재(예를 들어, 건축용 외장재, 가정용 및 산업용 고기능성 유리, 광학용 렌즈 등)를 제작하여 산업 각 분야에 응용할 수 있다. 또한, 고접착성을 가지는 소재를 사용하여 벽면 등을 수직으로 이동할 수 있는 로봇 등을 개발할 수도 있다. 즉, 국방, 우주, 산업용 로봇 등 각종 산업 기술 개발 등에 적용할 수 있다.

[100] 아울러, 점점 미세화되고 있는 전자소자의 나노 크기의 미세패턴 형성 공정 등에 응용이 가능하고 나아가, 최근 부각되고 있는 탄소나노튜브와 함께 각종 초정밀 산업 기술 개발에도 큰 기여를 할 수 있다.

[101] 나아가, 본 발명의 일 실시예에 의한 미세 구조물의 형성방법을 이용하면, 계층구조(이중구조)의 미세 구조물에 계면을 없앨 수 있다.

[102]

[103] 이하의 실시예 및 비교예를 통하여 본 발명을 더욱 상세하게 설명한다. 단, 실시예는 본 발명을 예시하기 위한 것이지 이들만으로 한정하는 것은 아니다.

[104]

[105] [실시예 1]

[106] 기판 상에 고분자 박막 형성(단계 S10)

[107] 먼저 실리콘 기판에 폴리우레탄 아크릴레이트를 코팅하여 고분자 박막을 형성하였다. 이때 코팅은 3000rpm의 스핀코팅 방식을 사용하였다.

[108]

[109] 몰드의 접촉 및 제 1 고분자 패턴 형성(단계 S20, S30)

[110] 계속하여 원하는 마이크로크기의 음각 패턴이 새겨진 PUA 몰드를 상기 고분자 박막과 접촉시켰다. 이때 접촉면이 뜨지 않도록 즉 균일하게 접촉되어 모세관 효과가 원활하게 일어날 수 있도록 대기압 하에서 접촉시켰다. 이 시간 동안 상기 고분자 박막은 서서히 상기 PUA 몰드의 빈 부분을 채우고 결국은 PUA 몰드의 음각부의 바탕면과 접촉하게 되었다.

[111] 그 다음, 자외선을 5초 동안 조사하였다.

[112] 그 다음, 상기 PUA 몰드를 수직 방향으로 제거하여 부분 경화층이 형성된 제 1 고분자 패턴을 형성하였다.

[113]

[114] 미세 구조물의 형성(단계 S40)

[115] 계속하여 나노크기의 음각 섬모패턴이 새겨진 PUA 몰드를 상기 부분 경화층과 접촉시켰다. 이때, 접촉면이 뜨지 않도록 즉, 균일하게 접촉되어 모세관 효과가 원활하게 일어날 수 있도록 하였다. 이 시간동안 상기 부분 경화층은 서서히 상기 PUA 몰드의 빈 부분을 채우고 결국은 PUA 몰드의 음각부의 바탕면과 접촉하여 섬모를 형성하였다.

[116] 그 다음, 자외선을 조사하고, 상기 PUA 몰드를 수직 방향으로 제거하여 마이크로/나노 계층구조를 가지는 미세 구조물을 형성하였다.

[117]

- [118] 도 13은 상기 실시예 1에 의해 형성된 마이크로/나노 계층구조를 가지는 미세 구조물을 주사 전자 현미경(모델명 XL30FEG, 네덜란드 필립스 전자 제품)을 사용하여 관찰한 주사 전자 현미경(SEM) 사진이다.
- [119] 도 14는 상기 실시예 1에 의해 형성된 고분자 박막의 자외선 노출 시간에 따른 인장강도와 경도를 나타내는 그래프이다.
- [120] 도 14를 참조하면, 제 1 몰드로 PUA 몰드를 사용할 경우에는 약 5 초 동안 자외선 조사해야 최적의 부분 경화가 발생하는 것을 관찰할 수 있었다.
- [121]
- [122] [실시예 2]
- [123] 기판 상에 고분자 박막 형성(단계 S10)
- [124] 먼저 실리콘 기판에 폴리우레탄 아크릴레이트를 코팅하여 고분자 박막을 형성하였다. 이때 코팅은 3000rpm의 스펀코팅 방식을 사용하였다.
- [125]
- [126] 몰드의 접촉 및 제 1 고분자 패턴 형성(단계 S20, S30)
- [127] 계속하여 원하는 마이크로크기의 음각 패턴이 새겨진 PDMS 몰드를 상기 고분자 박막과 접촉시켰다. 이 때 접촉면이 뜨지 않도록 즉 균일하게 접촉되어 모세관 효과가 원활하게 일어날 수 있도록 대기압 하에서 수행하였다. 상기 고분자 박막은 서서히 상기 PDMS 몰드의 빈 부분을 채우고 결국은 PDMS 몰드의 음각부의 바탕면과 접촉하게 되었다.
- [128] 그 다음, 자외선을 21초 동안 조사하였다.
- [129] 그 다음, 상기 PDMS 몰드를 수직 방향으로 제거하여 부분 경화층이 형성된 제 1 고분자 패턴을 형성하였다.
- [130]
- [131] 미세 구조물의 형성(단계 S40)
- [132] 계속하여 나노크기의 음각 섬모패턴이 새겨진 PUA 몰드를 상기 부분 경화층과 접촉시켰다. 이때, 접촉면이 뜨지 않도록 즉, 균일하게 접촉되어 모세관 효과가 원활하게 일어날 수 있도록 1 기압의 압력을 통해 접촉시켰다. 이 시간동안 상기 부분 경화층은 서서히 상기 PUA 몰드의 빈 부분을 채우고 결국은 PUA 몰드의 음각부의 바탕면과 접촉하여 섬모를 형성하였다.
- [133] 그 다음, 자외선을 조사하고, 상기 PUA 몰드를 수직 방향으로 제거하여 마이크로/나노 계층구조를 가지는 미세 구조물을 형성하였다.
- [134]
- [135] 도 15는 상기 실시예 2에 의해 형성된 고분자 박막의 자외선 노출 시간에 따른 인장강도와 경도를 나타내는 그래프이다.
- [136] 도 15를 참조하면, 제 1 몰드로 PDMS 몰드를 사용할 경우에는 약 21 초 자외선 조사해야 최적의 부분 경화가 발생하는 것을 관찰할 수 있었다.
- [137]
- [138] [실시예 3]

[139] 기판 상에 고분자 박막 형성(단계 S10)

[140] 먼저 실리콘 기판에 폴리우레탄 아크릴레이트를 코팅하여 고분자 박막을 형성하였다. 이때 코팅은 3000rpm의 스핀코팅 방식을 사용하였다.

[141]

[142] 몰드의 접촉 및 제 1 고분자 패턴 형성(단계 S20, S30')

[143] 계속하여 원하는 마이크로크기의 음각 패턴이 새겨진 PDMS 몰드를 상기 고분자 박막과 접촉시켰다. 이 때 접촉면이 뜨지 않도록 즉 균일하게 접촉되어 모세관 효과가 원활하게 일어날 수 있도록 1 기압의 압력을 통해 접촉시켰다. 상기 고분자 박막은 서서히 상기 PDMS 몰드의 빈 부분을 채우고 결국은 PDMS 몰드의 음각부의 바탕면과 접촉하게 되었다.

[144] 그 다음, 자외선을 10초 동안 조사하였다.

[145] 그 다음, 상기 PDMS 몰드를 수직 방향으로 제거하여 부분 경화층이 형성된 고분자 패턴을 형성하였다.

[146]

[147] 미세 구조물의 형성(단계 S40')

[148] 계속하여 상기 마이크로미터 음각 패턴에 대향되는 방향으로 나노크기의 음각 섬모패턴이 새겨진 PUA 몰드를 0.1 bar의 압력을 가하여 상기 부분 경화층과 접촉시켜서 상기 PUA 몰드의 패턴을 전사시켰다. 이어서 진공챔버의 공기압을  $10^{-2}$ Pa까지 떨어뜨렸다. 이에, 상기 부분 경화층은 측면으로 형성된 PUA 몰드의 빈 부분까지 모두 채우고 상기 고분자 패턴에 대한 브릿지 구조(가교층)를 형성하였다.

[149] 그 다음, 자외선을 조사하여 브릿지 구조를 경화시키고 상기 PUA 몰드를 수직 방향으로 제거하여 기반/브릿지 계층구조를 가지는 미세 구조물을 형성하였다.

[150] 도 16은 상기 실시예 3에 의해 형성된 기반/브릿지 계층구조를 가지는 미세 구조물을 주사 전자 현미경(모델명 XL30FEG, 네덜란드 필립스 전자 제품)을 사용하여 관찰한 주사 전자 현미경(SEM) 사진이다.

[151] 도 16을 참조하면, 마이크로 기반구조에 나노채널형상의 PUA 몰드를 임프린팅한 후 감압공정을 적용하면 부분 경화된 고분자는 나노채널 안으로 흐르며 브릿지 구조를 형성하는 것을 확인할 수 있었다.

[152]

[153] [비교예 1]

[154] 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 단계 S10 내지 S20을 실시하되, 부분 경화층이 형성되지 않도록 제 1 고분자 패턴을 완전경화시킨 다음 제 1 고분자 패턴으로부터 PUA 몰드를 분리하여 마이크로 구조물을 형성하였다.

[155]

[156] [비교예 2]

[157] 상기 실시예 3과 동일한 방법으로 단계 S10 내지 S40'를 실시하되, 단계 S40'에서 진공공정을 적용하지 않고, 기반/브릿지 계층구조를 가지는 미세



구조물을 형성하였다.

[158] 도 17은 상기 비교예 2에 의해 형성된 미세 구조물을 주사 전자 현미경(모델명 XL30FEG, 네덜란드 필립스 전자 제품)을 사용하여 관찰한 주사 전자 현미경(SEM) 사진이다.

[159] 도 17을 참조하면, 본 실시예에서 감압공정을 적용하지 않으면 부분 경화층은 어느 정도 유동을 하지만, 이것이 수평 방향으로 형성된 PUA 몰드의 음각 부분까지 유동하지 않는다는 것을 확인할 수 있었다.

[160] 즉, 상기 부분 경화된 고분자 수지는 경화 정도에 따라 몰드에 구비된 음각 부분의 수직 방향으로 이동할 수 있지만, 상기 음각 부분의 수평 방향으로 이동이 제한된다는 것을 확인할 수 있었다.

[161]

[162] [비교예 3]

[163] 상기 실시예 3과 동일한 방법으로 단계 S10 내지 S40'를 실시하되, 단계 S40'에서 진공챔버의 공기압이  $10^{-2}$ Pa까지 도달하기 전에 감압공정을 중단하고, 기반/브릿지 계층구조를 가지는 미세 구조물을 형성하였다.

[164] 도 18은 상기 비교예 3에 의해 형성된 미세 구조물을 주사 전자 현미경(모델명 XL30FEG, 네덜란드 필립스 전자 제품)을 사용하여 관찰한 주사 전자 현미경(SEM) 사진이다.

[165] 도 18을 참조하면, 상기 진공챔버의 공기압이  $10^{-2}$ Pa까지 도달하기 전에 중단되면 끊겨진 브릿지 구조가 형성될 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

[166]

[167] [실험예]

[168] 마이크로 구조물과 계층구조를 가지는 미세 구조물에 대한 소수성 실험

[169] 상기 실시예 1에 의하여 형성된 미세 구조물과 상기 비교예 1에 의하여 형성된 마이크로 구조물에 대한 소수성 실험을 실시하였다.

[170] 상기 소수성 실험을 실시하기 위하여 상기 미세 구조물과 마이크로 구조물의 표면에 trichloro(1H,1H,2H,2H-perfluorooctyl)-silane을 처리하였다.

[171] 도 19 및 도 20은 이중 계층 구조를 가지는 미세 구조물과 단순한 마이크로 구조를 가지는 마이크로 구조물을 주사 전자 현미경(모델명 XL30FEG, 네덜란드 필립스 전자 제품)을 사용하여 관찰한 주사 전자 현미경(SEM) 사진으로, 이는 각 구조물에 대해 접촉특성을 테스트 한 것이다.

[172] 상기 소수성 실험에 대한 접촉각 측정 결과를 보면 마이크로 구조물은 약 156도의 접촉각을 보이던 것이 약간의 기계적 진동을 가하면 Cassie 정상상태를 잃고, 보다 안정한 Wenzel 상태의 121도의 접촉각을 가지게 되었다.

[173] 이에 반해 미세 구조물은 접촉각이 증가해 더욱 소수성 표면을 가지는 것은 물론(약 166도), 외부의 힘에 대해서 Cassie 정상상태를 보다 안정되게 유지함을 확인할 수 있었다.

[174] 또한, 상기 마이크로 구조물은 CAH의 값이 약 30이지만, 상기 미세 구조물은

약 2인 것을 관찰되었다. 여기서, CAH의 값은 작을수록 초소수성에 해당하므로, 상기 미세 구조물은 초소수성을 가지는 것을 확인할 수 있었다.

[175]

[176] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

[177]

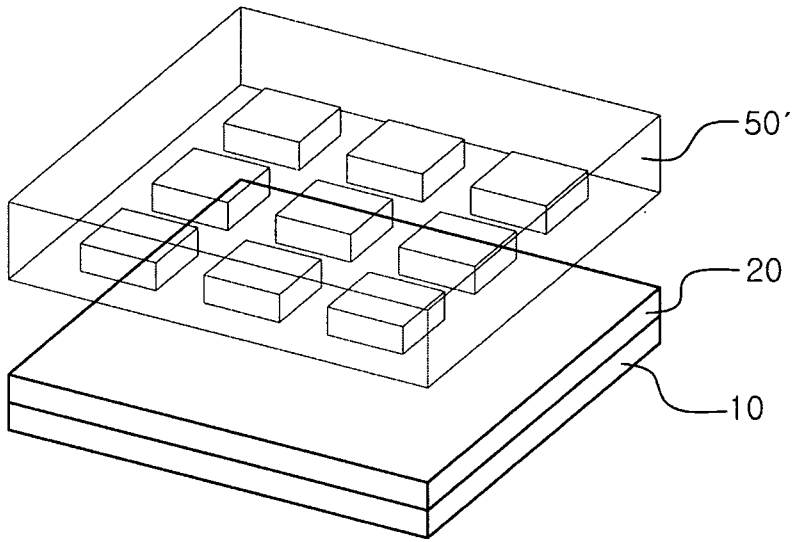
## 청구범위

- [1] 부분 경화층을 가지는 제 1 고분자 패턴을 형성하는 단계; 및  
상기 제 1 고분자 패턴 상에 상기 부분 경화층을 이용하여 제 2 고분자 패턴을 형성하는 단계를 포함하는 부분경화를 이용한 계층적 미세 구조물 형성방법.
- [2] 제 1 항에 있어서, 상기 제 1 고분자 패턴이 자외선 경화성 고분자를 포함하는 것을 특징으로 하는 부분경화를 이용한 계층적 미세 구조물 형성방법.
- [3] 제 1 항에 있어서, 상기 제 1 고분자 패턴의 형성은  
고분자 박막 상에 제 1 몰드를 위치시키는 단계;  
모세관력에 의하여 상기 고분자 박막이 유동하는 단계; 및  
상기 유동한 고분자 박막에 자외선을 조사하여 부분 경화층을 가지는 상기 제 1 고분자 패턴을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는  
부분경화를 이용한 계층적 미세 구조물 형성방법.
- [4] 제 3 항에 있어서, 상기 자외선 조사는 5 내지 21초 동안 수행되는 것을  
특징으로 하는 부분경화를 이용한 계층적 미세 구조물 형성방법.
- [5] 제 3 항에 있어서,  
상기 제 1 몰드는 PDMS 또는 PUA를 포함하는 것을 특징으로 하는  
부분경화를 이용한 계층적 미세 구조물 형성방법.
- [6] 제 1 항에 있어서, 상기 제 2 고분자 패턴은 상기 제 1 고분자 패턴 상에  
형성된 패턴 구조 또는 인접하는 상기 제 1 고분자 패턴을 연결하는 브릿지  
구조인 것을 특징으로 하는 부분경화를 이용한 계층적 미세 구조물  
형성방법.
- [7] 제 1 항에 있어서, 상기 제 2 고분자 패턴의 형성은  
상기 부분 경화층 상에 제 2 몰드를 위치시키는 단계; 및  
상기 부분 경화층이 유동하여 상기 제 2 고분자 패턴을 형성하는 단계를  
포함하는 것을 특징으로 하는 부분경화를 이용한 계층적 미세 구조물  
형성방법.
- [8] 자외선 경화성 고분자 박막 상에 제 1 몰드를 접촉시켜 모세관력에 의하여  
상기 고분자 박막을 유동시키는 단계;  
상기 유동된 고분자 박막에 자외선을 조사하여 부분 경화층을 가지는 제 1  
고분자 패턴을 형성하는 단계;  
상기 부분 경화층 상에 제 2 몰드를 접촉시켜 모세관력에 의하여 상기 부분  
경화층을 유동시키는 단계; 및  
상기 유동된 부분 경화층에 자외선을 조사하여 제 2 고분자 패턴을  
형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 부분경화를 이용한 계층적  
미세 구조물 형성방법.

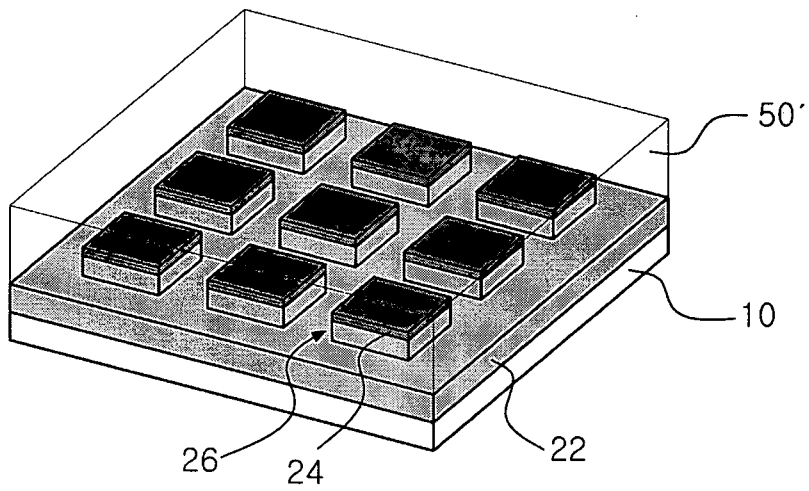
- [9] 제 8 항에 있어서, 상기 부분 경화층의 경도는 10 내지 100 MPa 이고, 인장강도는 100 내지 1500 MPa 인 것을 특징으로 하는 부분경화를 이용한 계층적 미세 구조물 형성방법.
- [10] D) 자외선 경화성 고분자 박막 상에 제 1 몰드를 접촉시켜 모세관력에 의하여 상기 고분자 박막을 유동시키는 단계;  
 D) 상기 유동된 고분자 박막에 자외선을 조사하여 부분 경화층을 가지는 제1 고분자 패턴을 형성하는 단계;  
 D) 상기 부분 경화층 상에 제 2 몰드를 일정한 압력으로 위치시켜 상기 부분 경화층을 전사시키는 단계; 및  
 D) 상기 유동된 부분 경화층에 감압조건을 인가하여 상기 유동된 부분 경화층이 상기 제 2 몰드를 따라 유동하여 인접하는 제1 고분자 패턴을 연결하는 브릿지 구조를 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 부분경화를 이용한 계층적 미세 구조물 형성방법.
- [11] 제 10 항에 있어서, D) 단계에서 일정한 압력은 0.1 내지 0.5 bar인 것을 특징으로 하는 부분경화를 이용한 계층적 미세 구조물 형성방법.
- [12] 제 10 항에 있어서, D) 단계에서 상기 부분 경화층의 유동은 상기 부분 경화층 상부 방향으로 일어나는 것을 특징으로 하는 부분경화를 이용한 계층적 미세 구조물 형성방법.
- [13] 제 10 항에 있어서, D) 단계 이후에  
 상기 전사된 부분 경화층이 모세관력에 의하여 제 2 몰드의 형상을 따라 유동하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 부분경화를 이용한 계층적 미세 구조물 형성방법.
- [14] 제 10 항에 있어서, 상기 감압조건이  $10^{-2}$  내지  $10^{-12}$  Pa 인 것을 특징으로 하는 부분경화를 이용한 계층적 미세 구조물 형성방법.
- [15] 제 10 항에 있어서,  
 상기 제 2 몰드는 인접하는 제 1 고분자 패턴을 연결하는 라인, 원형, 메쉬 중 어느 하나 이상의 패턴이 형성된 것을 특징으로 하는 부분경화를 이용한 계층적 미세 구조물 형성방법.

【도면】

【도 1】

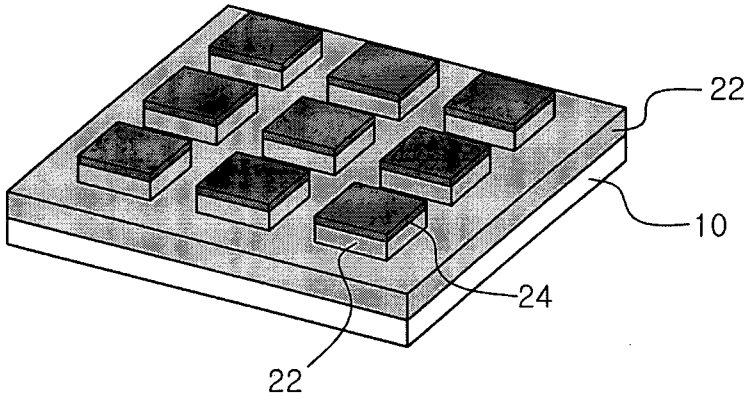


【도 2】

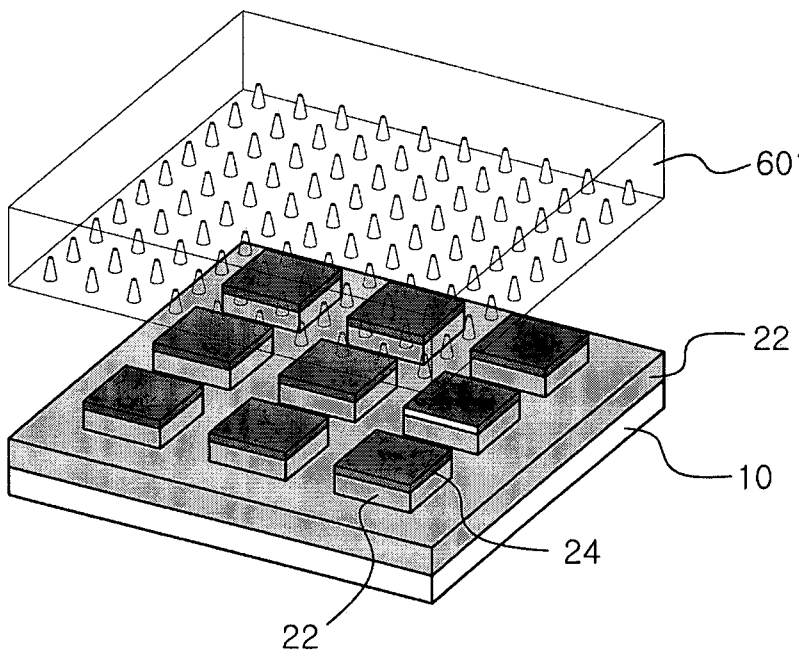


대체용지 (규칙 제26조)

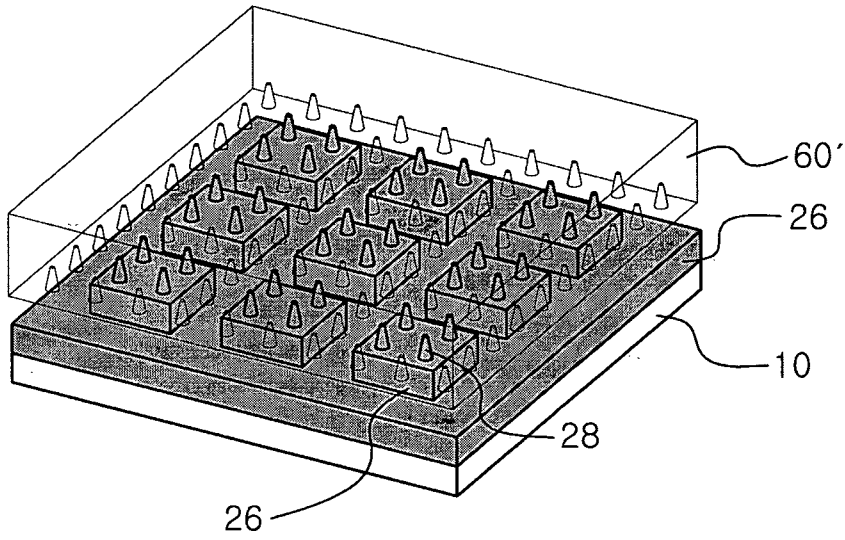
【도 3】



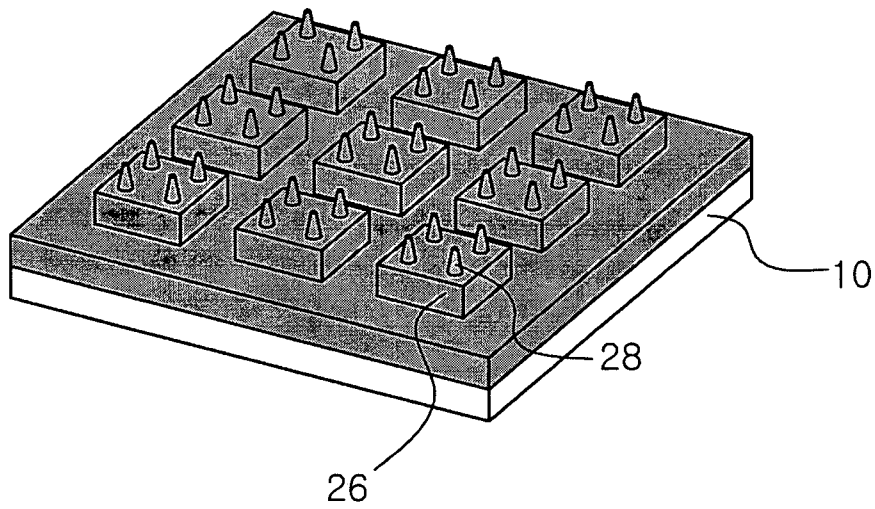
【도 4】



【도 5】

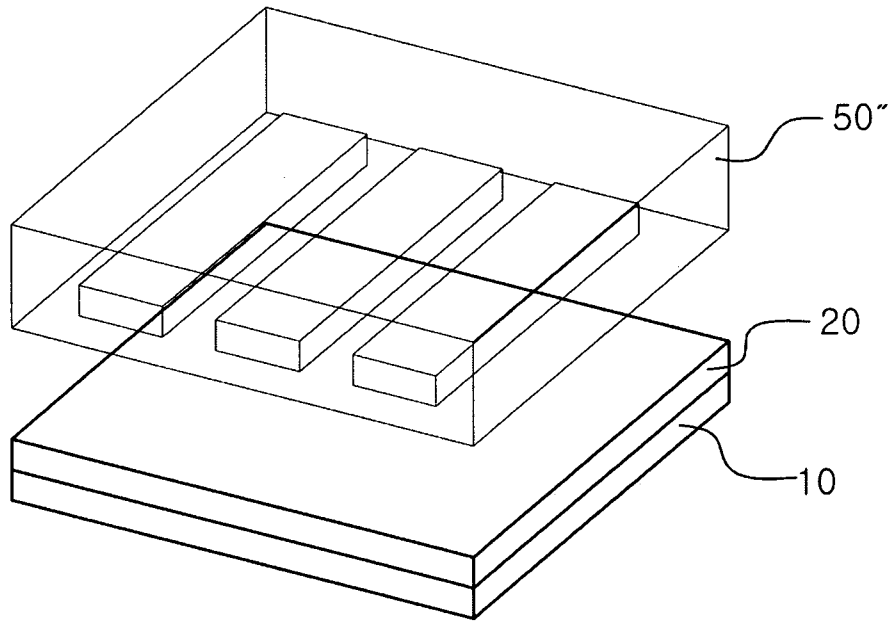


【도 6】

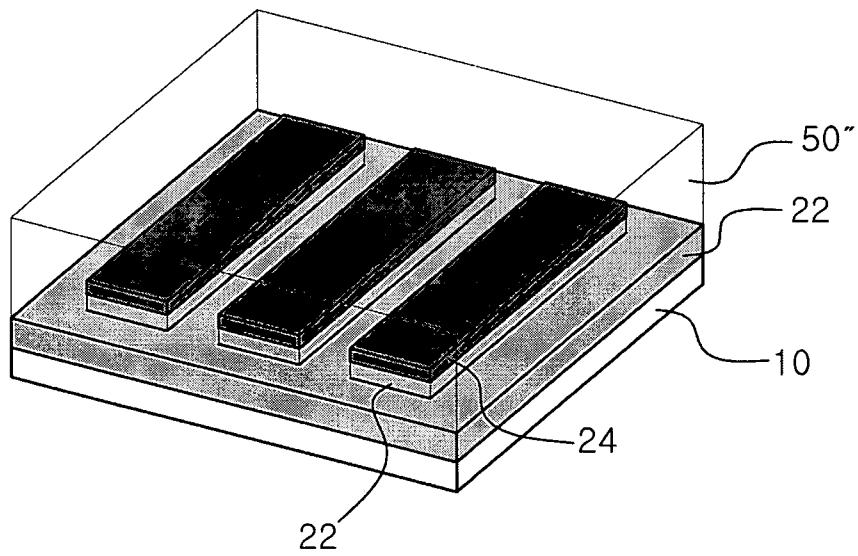


대체용지 (규칙 제26조)

【도 7】



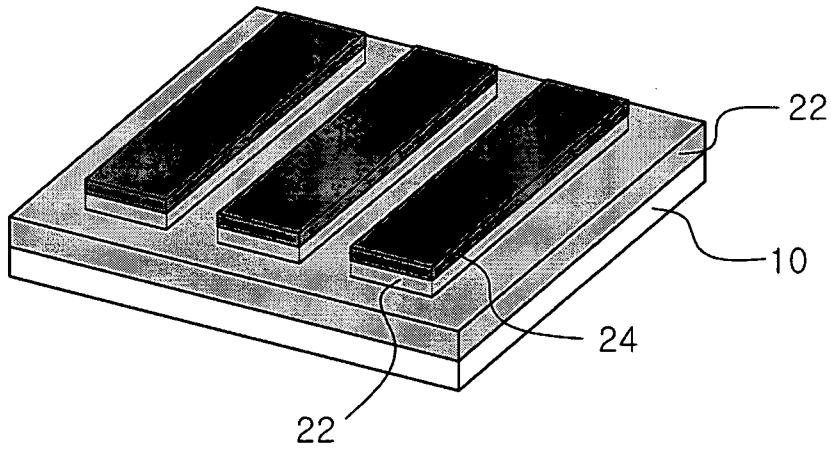
【도 8】



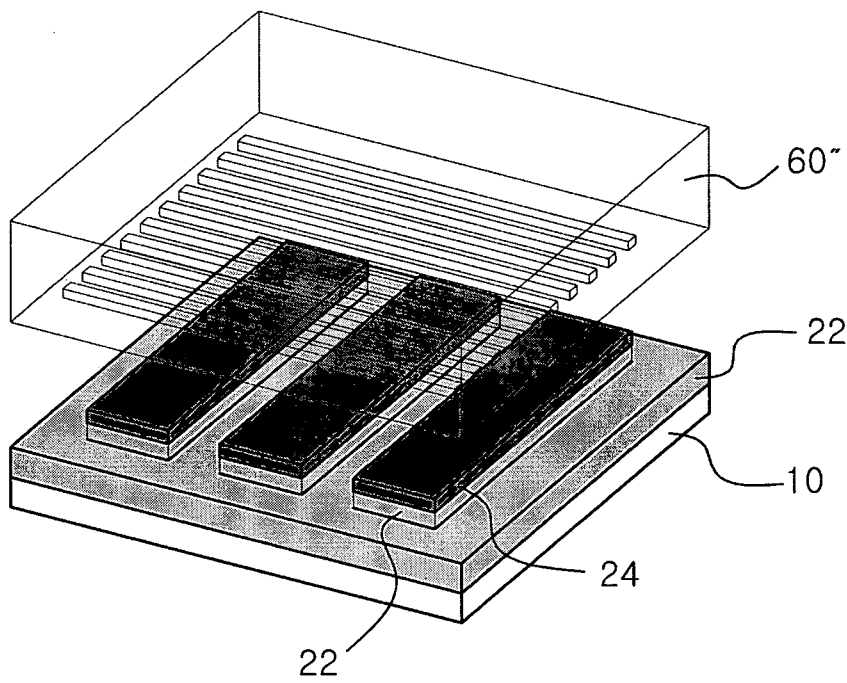
대체용지 (규칙 제26조)



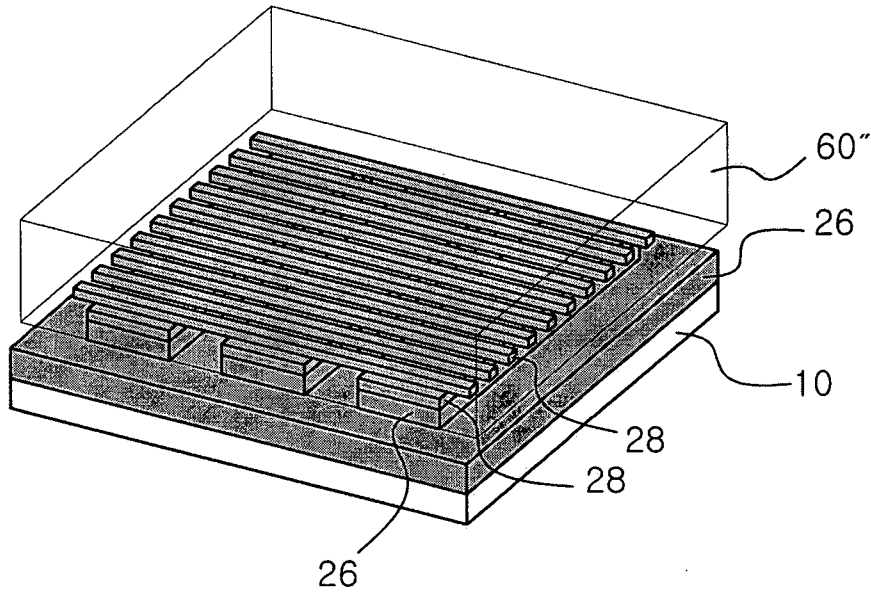
【도 9】



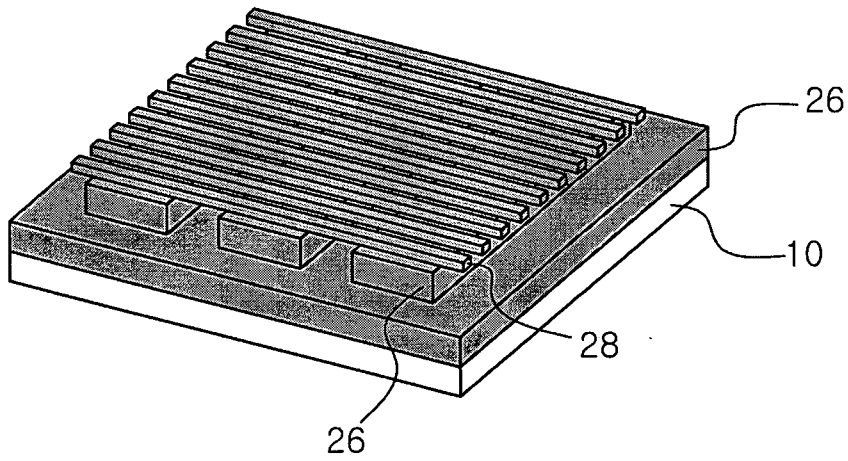
【도 10】



【도 11】

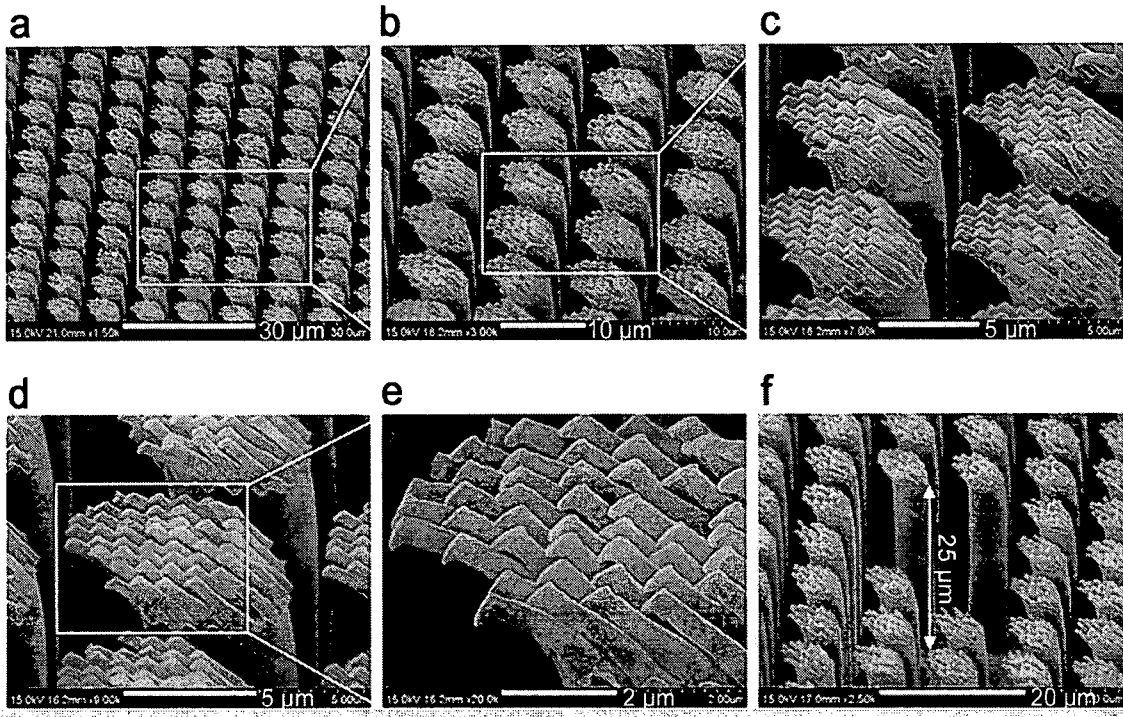


【도 12】

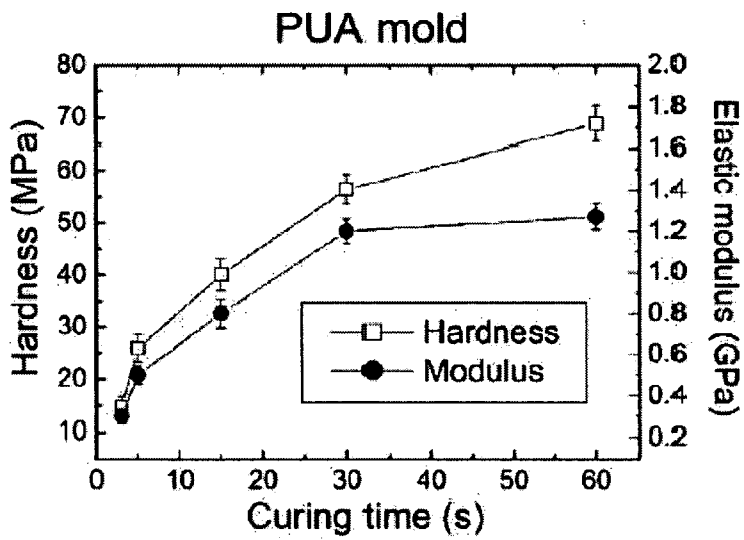


대체용지 (규칙 제26조)

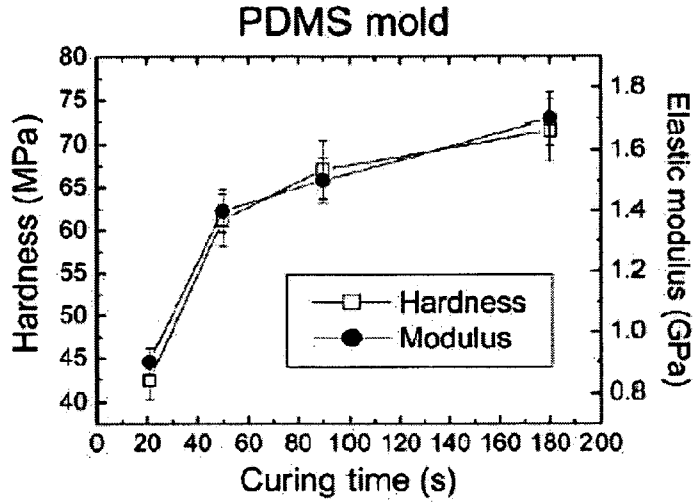
【도 13】



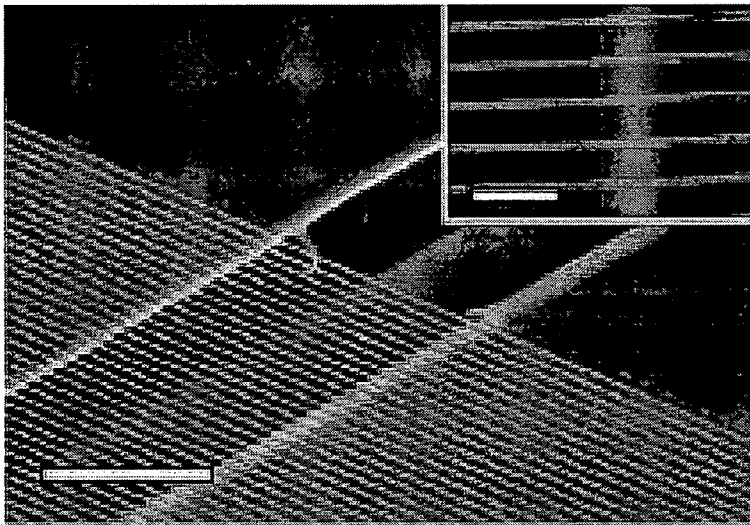
【도 14】



【도 15】



【도 16】



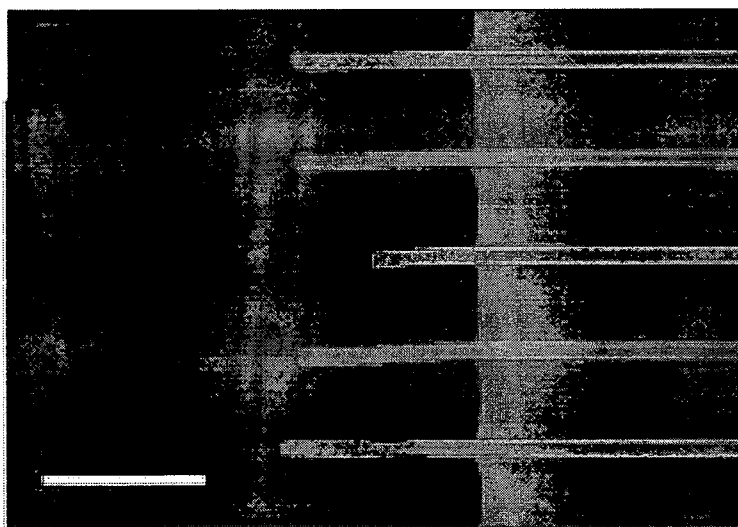
**Connected bridge**

【도 17】



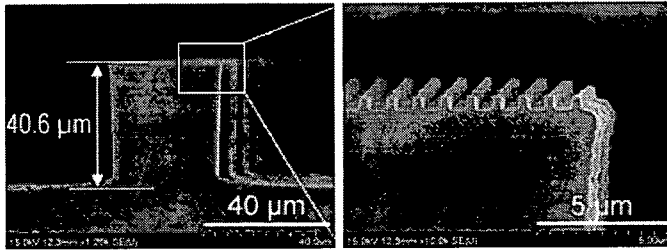
Hierarchical structure

【도 18】

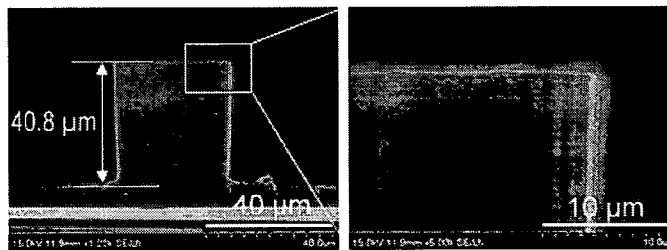


Disconnected bridge

【도 19】



【도 20】



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/KR2009/002052**

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

**H01L 21/027(2006.01)i, B82B 3/00(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; B29C 39/10; G02F 1/1335; G02F 1/13357

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 aboveElectronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: polymer, pattern, UV, cure, capillary

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6355198 B1 (KIM; ENOCH et al.) 12 March 2002	1-9
A	See column 9 line 63- column 12 line 15, column 36 lines 47-61, column 40 line 65 - column 41 line 43, figures 1,16	10-15
Y	KR 10-0850435 B1 (LG CHEM. LTD. et al.) 05 August 2008	1-9
A	See page 9 line 21 - page 10 line 10, figures 2,5	10-15
Y	KR 10-2008-0103541 A (SEOUL NATIONAL UNIVERSITY INDUSTRY FOUNDATION) 27 November 2008	1-9
A	Page 4 lines 16-32, claims 5-7	10-15

 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

"&amp;" document member of the same patent family


Date of the actual completion of the international search

13 JANUARY 2010 (13.01.2010)

Date of mailing of the international search report

15 JANUARY 2010 (15.01.2010)

Name and mailing address of the ISA/


 Korean Intellectual Property Office  
 Government Complex-Daejeon, 139 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/KR2009/002052**

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6355198 B1	12.03.2002	AU 1997-23247 B2	14.03.1997
		AU 723909 B2	07.09.2000
		CA 2248576 C	24.01.2006
		EP 0894043 A1	03.02.1999
		EP 0894043 B1	31.10.2001
		US 2002-066978 A1	06.06.2002
		US 2004-178523 A1	16.09.2004
		US 2008-116608 A1	22.05.2008
		US 6660192 B1	09.12.2003
		US 6660192 B1	09.12.2003
		US 6752942 B2	22.06.2004
		US 6752942 B2	22.06.2004
		WO 97-33737 A1	18.09.1997
		KR 10-0850435 B1	05.08.2008
KR 10-2008-0103541 A	27.11.2008	WO 2007-089050 A1	09.08.2007



**A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))**  
  
**H01L 21/027(2006.01)i, B82B 3/00(2006.01)i**

**B. 조사된 분야**

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)  
H01L 21/027; B29C 39/10; G02F 1/1335; G02F 1/13357

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: polymer, pattern, UV, cure, capillary

**C. 관련 문헌**

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	US 6355198 B1 (KIM; ENOCH 외 8명) 2002.03.12 컬럼 9 라인 63 - 컬럼 12 라인 15, 컬럼 36 라인 47-61, 컬럼 40 라인 65 - 컬럼 41 라인 43, 도면1,16 참조	1-9 10-15
Y	KR 10-0850435 B1 (주식회사 엘지화학 외 1명) 2008.08.05 페이지 9 라인 21 - 페이지 10 라인 10, 도면2,5 참조	1-9 10-15
Y	KR 10-2008-0103541 A (재단법인서울대학교산학협력재단) 2008.11.27 페이지 4 라인 16-32, 청구항 5-7	1-9 10-15

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 2010년 01월 13일 (13.01.2010)	국제조사보고서 발송일 <b>2010년 01월 15일 (15.01.2010)</b>
--	--

ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (302-701) 대전광역시 서구 선사로 139, 정부대전청사 팩스 번호 82-42-472-7140	심사관 맹성재 전화번호 82-42-481-5727
--	-----------------------------------



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
US 6355198 B1	2002.03.12	AU 1997-23247 B2 AU 723909 B2 CA 2248576 C EP 0894043 A1 EP 0894043 B1 US 2002-066978 A1 US 2004-178523 A1 US 2008-116608 A1 US 6660192 B1 US 6660192 B1 US 6752942 B2 US 6752942 B2 WO 97-33737 A1	1997.03.14 2000.09.07 2006.01.24 1999.02.03 2001.10.31 2002.06.06 2004.09.16 2008.05.22 2003.12.09 2003.12.09 2004.06.22 2004.06.22 1997.09.18
KR 10-0850435 B1	2008.08.05	없음	
KR 10-2008-0103541 A	2008.11.27	WO 2007-089050 A1	2007.08.09