

(43) 국제공개일
2010년 2월 25일 (25.02.2010)

- (51) 국제특허분류:
B82B 1/00 (2006.01) B82B 3/00 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2009/004702
- (22) 국제출원일: 2009년 8월 24일 (24.08.2009)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2008-0081026 2008년 8월 19일 (19.08.2008) KR
- (71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): 한국기계연구원 (KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS) [KR/KR]; 대전 유성구 장동 171, 305-343 Daejeon-city (KR).
- (72) 발명자; 겸
- (75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): 김재현 (KIM, Jae-Hyun) [KR/KR]; 대전 유성구 장동 171, 305-343 Daejeon-city (KR). 이학주 (LEE, Hak-Joo) [KR/KR]; 대전 유성구 장동 171, 305-343 Daejeon-city (KR). 현승민 (HYUN, Seung-Min) [KR/KR]; 대전 유성구 장동 171, 305-343 Daejeon-city (KR). 최현주 (CHOI, Hyun-Ju) [KR/KR]; 대전 유성구 장동 171, 305-343 Daejeon-city (KR). 최병익 (CHOI, Byung-Ik) [KR/KR]; 대전 유성구 장동 171, 305-343 Daejeon-city (KR). 김기돈 (KIM, Ki-Don) [KR/KR]; 대전 유성구 장동 171, 305-343

Daejeon-city (KR). 최 대 근 (CHOI, Dae-Geun) [KR/KR]; 대전 유성구 장동 171, 305-343 Daejeon-city (KR).

(74) 대리인: 팬코리아 특허법인 (PANKOREA PATENT AND LAW FIRM); 서울 강남구 역삼동 649-10 서림빌딩, 135-080 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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, 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, PE, 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.

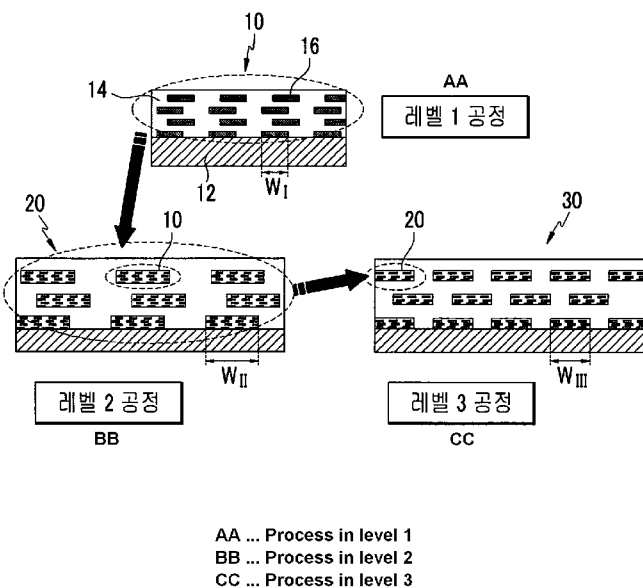
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 유럽 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[다음 쪽 계속]

(54) Title: HIERARCHICAL STRUCTURE AND MANUFACTURING METHOD THEREOF

(54) 발명의 명칭: 계층화 구조물 및 그 제조 방법

[도 4]



(57) Abstract: The present invention relates to a hierarchical structure form, an engineering effect on a hierarchical structure according to the form, a method for increasing the engineering effect, a method for applying the hierarchical structure to a new material or component, and a method for manufacturing the hierarchical structure in bulk. The invention relates to the hierarchical structure and a manufacturing method thereof and includes the hierarchical structure where at least one nano object having a characteristic nano-scale length is arranged in a regular pattern on an internal base. According to the invention, the excellent properties occurring on the nano-scale can be utilized in a structure of a macro scale. In addition, structures with different scales can be linked with each other regardless of scale difference.

(57) 요약서: 본 발명은 계층화 구조물의 형상, 그 형상에 따른 계층화 구조물의 공학적 효과, 그 공학적 효과의 증대 방법, 신규 소재 또는 부품에 대한 계층화 구조물의 응용 방법, 계층화 구조물의 대량 제조 방법에 관한 것이다. 본 발명은 계층화 구조물 및 그 제조 방법에 관한 것으로서, 내부의 기지에 나노 스케일 영역의 특성 길이를 가지는 적어도 하나 이상의 나노 오브젝트가 일정한 패턴에 의해 배열된 것을 특징으로 하는 계층화 구조물을 포함한

다. 본 발명에 따르면, 나노 스케일 영역에서 발생하는 우수한 특성을 거시적인 스케일 영역의 구조물에서도 활용할 수 있으며, 스케일이 서로 다른 구조물들을 상이한 스케일에 무관하게 간편히 연계할 수 있다.



공개:

- 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를
별도 공개함 (규칙 48.2(g))
- 국제출원일이 우선기간 만료일로부터 2 월 이내임
(규칙 26 의 2.3)

【명세서】**【발명의 명칭】**

계층화 구조물 및 그 제조 방법

【기술분야】

5 본 발명은 계층화 구조물 및 그 제조 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 계층화 구조물의 형상, 그 형상에 따른 계층화 구조물의 공학적 효과, 그 공학적 효과의 증대 방법, 신규 소재 또는 부품에 대한 계층화 구조물의 응용 방법, 계층화 구조물의 대량 제조 방법에 관한 것이다.

【배경기술】

10 1980년대에 주사 터널링 현미경(Scanning Tunneling Microscope)이 발명된 이래, 100nm 이하의 특성 길이를 가지는 나노 스케일 영역에서 발생하는 특이한 현상을 측정하는 나노 측정 기술이 급격한 발전을 거듭하고 있다. 현재 나노 측정 기술은 나노 스케일 영역에서 발생하는 특이한 기계적, 전자기적, 광학적, 화학적 또는 열적 물성들의 측정에 활발히 적용되고 있다.

15 나노 측정 기술의 발전을 통해, 나노 스케일 영역에서는 기존의 거시적인 스케일 영역에서와는 상이한 자연 현상이 발생한다는 사실이 밝혀졌고, 현재까지도 나노 스케일 영역에서의 신규한 자연 현상이 지속적으로 보고되고 있다.

 또한, 리지마(Lijima)의 1991년도 논문을 통해 탄소 나노 튜브가 본격적으로 주목받기 시작한 이래, 현재 각종 금속과 반도체로 구성된 다양한

20

나노 소재, 즉 나노 와이어(Nano Wire), 나노 막대(Nano Rod), 나노 띠 또는 양자 점(Quantum Dot) 등을 실생활에 응용하는 나노 소재 기술이 활발히 연구되고 있다.

한편, 현재 수준의 반도체 공정 기술에서 반도체 공정의 특성 영역 (Critical Dimension)은 일부 소자의 경우 이미 100nm 이하로 진입하였다. 이러한 반도체 공정 기술은 나노 스케일의 구조물을 더욱 자유롭고 저렴하게 제조할 수 있는 방법을 제공하며, 이를 통해 나노 기술의 결과물을 실생활에 적용할 수 있는 무한한 가능성이 도래하였다.

【발명의 상세한 설명】

10 【기술적 과제】

본 발명은 상술한 바와 같은 기술적 배경을 토대로 본 발명자들이 각 고의 노력에 의해 지속적인 연구개발을 수행한 결과 완성된 것으로, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 나노 스케일 영역에서 발생하는 우수한 특성을 거시적인 스케일 영역의 구조물에 구현할 수 있는 계층화 구조물 및 그 제조 방법을 제공하는 것이다.

【기술적 해결방법】

본 발명의 일 실시예에 따른 계층화 구조물은, 제 1 블록 내부의 제 1 기지에 나노(nano) 스케일 영역의 특성 길이를 가지는 적어도 하나 이상의 나노 오브젝트(Object)가 제 1 패턴에 의해 배열되고, 제 2 블록(block)의 제 2 기지(matrix)에 적어도 하나 이상의 제 1 블록이 제 2 패턴

(pattern)으로 배열될 수 있다.

상기 제 1 기지 또는 제 2 기지는 폴리머(polymer) 또는 금속으로 이루어질 수 있다.

상기 특성 길이는 1 nm 내지 100 nm의 범위에 속할 수 있다.

- 5 상기 나노 오브젝트는 양자 점(quantum dot), 나노 스피어(nano sphere), 나노 입자(nano particle), 나노 튜브(nano tube), 나노 와이어(nano wire) 및 나노 스케일 영역의 선 패턴(line pattern) 중 선택된 어느 하나일 수 있다.

- 상기 제 1 패턴은 광학 리소그래피(lithography), 소프트(soft) 리소
10 그래피, 홀로그래픽(holographic) 리소그래피, 나노 임프린트(imprint), 웨도우 마스크(shadow mask) 및 금속 트랜스퍼 프린팅(transfer printing) 방법 중 선택된 어느 하나의 방법에 의해 형성될 수 있다.

 상기 제 2 블록의 크기는 상기 제 1 블록의 크기보다 5배 내지 100배 크게 형성될 수 있다.

- 15 한편, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 계층화 구조물은, 적어도 하나 이상의 제 3 블록(block)들이 서로 결합된 제 1 구조물 외부에 나노(nano) 스케일 영역의 특성 길이를 가지는 적어도 하나 이상의 제 4 블록들이 결합된 것일 수 있다.

 상기 특성 길이는 1 nm 내지 100 nm의 범위에 속할 수 있다.

- 20 한편, 본 발명의 다른 실시예에 따른 계층화 구조물의 제조 방법은,

(a) 제 1 기재(substrate) 상에 제 1 기지(matrix)를 형성하는 단계; (b) 상
 기 제 1 기지 상에 나노(nano) 스케일 영역의 특성 길이를 가지는 적어도
 하나 이상의 나노 오브젝트(object)를 제 1 패턴으로 배열하는 단계; (c) 상
 기 (b) 단계의 제 1 패턴 상에 제 2 기지를 형성하는 단계; (d) 상기 제 1
 5 모재를 분리하여 제 1 블록을 형성하는 단계; (e) 제 2 모재 상에 적어도 하
 나 이상의 상기 제 1 블록을 제 2 패턴으로 배열하는 단계; (f) 상기 (e) 단
 계의 제 2 패턴 상에 제 3 기지를 형성하는 단계; 및 (g) 상기 제 2 모재를
 분리하여 제 2 블록을 형성하는 단계를 포함한다.

상기 제 1 기지 또는 제 2 기지는 폴리머 또는 금속으로 이루어질 수
 10 있다.

상기 특성 길이는 1 nm 내지 100 nm의 범위에 속할 수 있다.

상기 나노 오브젝트는 양자 점(quantum dot), 나노 스피어(nano
 sphere), 나노 입자(nano particle), 나노 튜브(nano tube), 나노 와이어
 (nano wire) 및 나노 스케일 영역의 선 패턴(line pattern) 중 선택된 어느
 15 하나일 수 있다.

상기 패턴은 광학 리소그래피(lithography), 소프트(soft) 리소그라
 피, 홀로그래픽(holographic) 리소그래피, 나노 임프린트(imprint), 웨도우
 마스크(shadow mask) 및 금속 트랜스퍼 프린팅(transfer printing) 방법 중
 선택된 어느 하나의 방법에 의해 형성될 수 있다.

20 상기 (a) 단계는, (a1) 상기 제 1 기지를 형성하기 전에 상기 제 1

모재 상에 희생층을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

상기 (d) 단계는, (d1) 상기 제 2 기지 상에 포토레지스트 패턴 또는 무기물 패턴을 형성한 후 에칭하는 단계; 및 (d2) 상기 포토레지스트 패턴 또는 무기물 패턴을 제거하는 단계를 포함할 수 있다.

- 5 상기 포토레지스트 패턴 또는 무기물 패턴은 광학 리소그래피 또는 임프린트 리소그래피 방법을 사용하여 형성할 수 있다.

상기 (e) 단계는, 상기 제 1 블록을 척(chuck)을 이용하여 상기 제 2 모재 상에 부착하는 단계를 포함할 수 있다.

- 10 상기 (e) 단계는, 상기 제 1 블록을 배열하기 전 상기 제 2 모재 상에 점착 강화층을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

상기 점착 강화층은 자기 조립 단분자층(Self-Assembled Monolayer) 또는 폴리머 점착제층이 적용될 수 있다.

상기 제 2 블록의 크기는 상기 제 1 블록의 크기보다 5배 내지 100배 크게 형성될 수 있다.

- 15 한편, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 계층화 구조물의 제조 방법은, (A) 나노 스케일 영역의 특성 길이를 가지는 적어도 하나 이상의 제 3 블록 및 상기 제 3 블록의 크기보다 큰 적어도 하나 이상의 제 4 블록을 형성하는 단계; (B) 제 3 모재(substrate) 상에 상기 제 4 블록을 부착하며, 상기 제 4 블록 상에 상기 제 3 블록을 부착하는 단계; 및 (C) 상기 제 3
- 20 모재를 분리하는 단계를 포함한다.

상기 제 4 블록의 크기는 상기 제 3 블록의 크기보다 5배 내지 100배 크게 형성될 수 있다.

상기 (B) 단계는, 상기 제 4 블록 또는 제 3블록을 척(chuck)을 이용하여 상기 제 3 모재 또는 제 4 블록 상에 부착하는 단계를 포함할 수 있다.

상기 (B) 단계는, 상기 제 4 블록을 부착하기 전 상기 제 3 모재 상에 점착 강화층을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

상기 점착 강화층은 자기 조립 단분자층(Self-Assembled Monolayer) 또는 폴리머 점착제층이 적용될 수 있다.

10 【유리한 효과】

본 발명의 실시예들에 따른 효과는 크게 세 가지로 구분할 수 있다.

첫째, 나노 스케일 영역에서 발생하는 우수한 특성을 거시적인 스케일 영역의 구조물에서도 활용할 수 있는 방법을 제공한다. 둘째, 크기 스케일이 서로 다른 구조물들을 상이한 크기 스케일에 무관하게 간편히 연계 (Interconnect or Interface)할 수 있는 방법을 제공한다. 셋째, 종래 기술로는 제조하기 곤란한 3차원적인 형상을 포함하는 부품을 간편히 제조할 수 있는 방법을 제공한다.

【도면의 간단한 설명】

도 1은 인간의 힘줄에서 발견되는 계층 구조의 예를 도시한 모식도이다.

도 2는 게코(Gecko) 도마뱀의 발바닥에 형성된 계층 구조의 예를 나타낸 사진이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조될 수 있는 구조에 관한 예시도이다.

5 도 4는 본 발명의 제1 실시예에 따른 계층화 구조물의 제조 공정을 설명하기 위한 모식도이다.

도 5는 도 4의 레벨 1 공정에서 기지(matrix) 내에 배열되는 나노 오브젝트(object)의 다양한 예를 보여주는 모식도이다.

10 도 6은 본 발명의 제2 실시예에 따른 계층화 구조물을 개략적으로 도시한 모식도이다.

도 7은 본 발명의 제1 실시예에 따른 계층화 구조물의 제조방법 중 레벨 1 공정을 나타낸 공정도이다.

도 8은 본 발명의 제1 실시예에 따른 계층화 구조물의 제조 방법 중 레벨 1 공정 후 레벨 1 블록을 제조하는 공정을 나타낸 공정도이다.

15 도 9는 본 발명의 제1 실시예에 따른 계층화 구조물의 제조 방법 중 레벨 2 공정을 나타낸 공정도이다.

도 10은 본 발명의 제2 실시예에 따른 계층화 구조물의 제조 공정을 나타낸 공정도이다.

20 도 11은 본 발명의 제3 실시예에 따른 계층화 구조물의 제조 방법 중 레벨 1 공정을 나타낸 공정도이다.

도 12는 본 발명의 제3 실시예에 따른 계층화 구조물의 제조 방법 중 레벨 1 공정 후 레벨 1 블록을 제조하는 공정을 나타낸 공정도이다.

도 13은 본 발명의 제3 실시예에 따른 계층화 구조물의 제조 방법 중 레벨 2 공정을 나타낸 공정도이다.

5 【발명의 실시를 위한 형태】

본 발명의 실시를 위한 구체적인 내용을 설명하기에 앞서, 본 발명의 기술적 요지와 직접적 관련이 없는 구성에 대하여는 본 발명의 기술적 요지를 흐뜨리지 않는 범위 내에서 생략하였다.

또한, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 발명자가 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야 할 것이다.

나노 스케일 영역에서 발생하는 우수한 특성을 거시적인 구조물에 구현할 수 있다는 가능성은 최근의 자연 구조물에 대한 연구를 통해서도 증명되었다.

도 1은 인간의 힘줄에서 관찰되는 계층 구조의 예를 도시한 모식도이다.

도 1에 도시한 바와 같은 계층 구조에 의해, 인간의 힘줄(tendon)은 우수한 강도를 나타내면서도 외부로부터 인가되는 매우 큰 변형률을 지탱할 수 있다. 인간의 힘줄뿐만 아니라 동물의 뼈에서도 이와 유사한 계층 구조

가 관찰되며, 이에 따라 동물의 뺨도 매우 우수한 파괴 인성을 나타낸다.

이러한 우수한 파괴 인성은 인간의 힘줄 또는 동물의 뼈 내부에 존재할 수 있는 결함에 불구하고 계층 구조가 외부의 충격을 약화시키기 때문이라는 사실이 밝혀졌으며, 이러한 계층 구조는 도 1에 도시한 바와 같이 나노 스케일 영역의 기본 구조가 6 단계 또는 7 단계까지 연속적으로 적층된 구조이다.

계층 구조에 의해 우수한 특성이 발현되는 다른 예로서, 게코(Gecko) 도마뱀의 발바닥에 형성된 계층 구조의 예를 도 2에 나타내었다.

게코 도마뱀은 도 2에 나타낸 바와 같은 계층 구조를 사용하여 나노 스케일 영역에서 발생하는 반데르발스 힘을 거시적인 스케일 영역까지 증폭시킨다. 이에 의해, 게코 도마뱀은 건물의 천정이나 유리창 등을 통해서도 자유롭게 왕래할 수 있는 점착력을 획득한다.

나노 스케일 영역에서의 반데르발스(Van der Waals) 힘을 통한 점착력의 크기는 매우 작으나, 계층 구조를 통해 거시적인 스케일 영역으로 확장됨으로써 점착력의 크기가 기하급수적으로 증가할 수 있다. 이를 통해, 몸무게가 수백 그램에 불과한 게코 도마뱀이 건물의 천정이나 유리창 등에 자신의 몸을 부착시키는 점착력이 발생한다.

종래 이러한 계층 구조를 인공적으로 제조하는 기술은 존재하지 않았으나, 본 발명의 실시예들에 따르면 우수한 특성, 즉 우수한 파괴 인성 또는 점착력을 구현하는 인공적인 계층 구조를 제조할 수 있다.

또한, 본 발명의 실시예들은 스케일이 서로 다른 구조물들을 스케일에 무관하게 간편히 연계할 수 있는 방법을 제공한다.

나노 기술의 발전에 따라 나노 스케일 영역의 구조물, 즉 나노 튜브 또는 나노 와이어 등을 이용하여 나노 스케일 영역의 트랜지스터 또는 각종
5 NEMS(Nano-Electro-Mechanical-System) 등을 구현하는 기술들이 개발되고 있으나, 나노 스케일 영역의 구조물을 거시적인 스케일 영역의 구조물과 연계하는 기술은 전무한 실정이다.

본 발명의 실시예들에 따르면, 이러한 나노 스케일 영역의 구조물들을 일상 생활에서 사용하는 제품들과 연계할 수 있다.

10 예컨대, 본 발명의 실시예들에 따른 계층화 구조물을 이용해 도 3에 도시된 바와 같은 구조를 제조할 수 있다. 즉, 도 3에서, 수십 마이크로미터 이상의 스케일 영역에 해당하는 상단의 실리콘 MEMS(microelectromechanical systems)와, 수 마이크로미터 이하의 스케일 영역에 해당하는 중앙의 금속 도선(interconnect line)과, 매우 높은 측정
15 민감도를 나타내며 수십 나노미터 수준의 스케일 영역에 해당하는 하단의 나노 와이어 센서를 연계한 제품을 제조할 수 있다.

도 3에서, 각 레벨 간의 전기적인 연결을 위해 점착력 증가층의 소재를 신중하게 선택하거나, 점착력 증가층을 사용하지 않을 수도 있다. 점착력 증가층을 사용하지 않는다면, 플라즈마(plasma) 처리 기술 등의 표면 처리 기술을 적용하여 점착력을 증가시킬 수 있다. 이에 대해서는 추후 상세
20

히 설명한다.

한편, 본 발명의 실시예들은 종래 기술로는 제조하기 곤란한 3차원적인 형상을 포함하는 부품을 간편히 제조할 수 있는 방법을 제공한다.

3차원 부품을 제조하는 방식은 크게 Additive 방식과 Subtractive 방식으로 분류할 수 있다. Additive 방식은 기본 블록들을 적층하거나 조립하여 3차원 부품을 제조하는 방식으로서, 스테레오 리소그래피(stereo lithography) 또는 레이저 소결(sintering) 등을 예로 들 수 있다. 반면에, Subtractive 방식은 거대 구조물을 단계적으로 절삭하여 원하는 형상을 구현하는 방식으로서, 밀링 가공, 선반 가공, 방전 가공 또는 광학 리소그래피 등을 예로 들 수 있다.

본 발명의 실시예들은 종래의 Additive 방식과는 상이한 개념의 Additive 방식의 제조 방법으로서, 도 3에 도시한 바와 같이 레벨별로 구조물들을 적층하거나 조립하여 3차원 부품을 제조하는 방법을 제공한다. 본 발명의 실시예들에 따른 제조 방법을 사용하면 종래의 Additive 방식으로는 제조할 수 없었던 구조물, 예컨대 Conformal Cooling Mold와 같이 내부에 복잡한 유동 채널을 포함하는 구조물을 제조할 수 있으며, 다양한 스케일 영역의 블록을 이용함으로써 종래의 Additive 방식보다 생산성을 향상시키면서 패턴 분해능 또한 향상시킬 수 있다.

종래의 Additive 방식은 일정한 크기의 기본 구조물을 적층하는 방식이며, 기본 구조물의 크기가 증가함에 따라 생산 속도는 기본 구조물의 부

피, 즉 기본 구조물의 크기의 세제곱에 비례하여 증가한다. 반면에, 본 발명의 실시예들에 따라 계층화된 레벨별로 기본 블록을 적층하는 경우, 미세한 패턴 변화가 없는 부분은 스케일이 큰 기본 블록을 이용하여 구조물을 제조하고, 미세한 패턴 변화가 있는 부분은 스케일이 작은 기본 블록을 이
5 용함으로써 생산속도를 크게 향상시킬 수 있다.

또한, 종래의 Additive 방식의 대부분은 표면 분해능이 좋지 않아서 후처리(연마(polishing) 또는 마무리 기계 가공) 공정을 포함하나, 본 발명의 실시예들에 따르면 최소 스케일 영역의 기본 블록의 크기를 감소시켜 구조물의 가공 분해능을 향상시킬 수 있으며 후처리 공정을 최소화하거나 생
10 략할 수 있다.

이하, 본 발명의 다양한 실시예들에 따른 계층화 구조물 및 그 제조 방법에 관하여 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명한다.

도 4는 본 발명의 제1 실시예에 따른 계층화 구조물의 제조 공정을 설명하기 위한 모식도이다.

15 도 4를 참조하면, 레벨 1 공정에서는 모재(substrate)(12) 상에 기지(matrix)(14)와 함께 나노 스케일 영역의 특성 길이(예컨대, W_1)를 가지는 나노 오브젝트(object)(16)를 배열한다.

나노 오브젝트(16)는, 도 5에 도시한 바와 같이, 0차원, 1차원 또는 2차원의 나노 오브젝트일 수 있다. 나노 오브젝트(16)가 주로 점, 선 또는
20 면 중 어떠한 관점에 의해 규정되는지에 따라 편의상 0차원, 1차원 또는 2차

원 나노 오브젝트로 구분하기로 한다. 도 5의 (a)를 참조하면, 0차원 나노 오브젝트로(160)는 양자 점(quantum dot), 나노 스피어(nano sphere) 또는 나노 입자(nano particle) 등이 있다. 도 5의 (b)를 참조하면, 1차원 나노 오브젝트(161)로는 나노 튜브(nano tube), 나노 와이어(nano wire) 또는 나노 스케일 영역의 선 패턴(line pattern) 등이 있다. 도 5의 (c)를 참조하면, 2차원 나노 오브젝트(162)는 나노 스케일 영역에서 의미 있는 두께를 가지는 나노 오브젝트를 의미한다.

나노 오브젝트(16, 160, 161, 162)를 배열하는 방법은, 나노 오브젝트(16, 160, 161, 162)가 임의적인(randomly) 분포를 가지도록 기지(14) 내에 분산시키는 방법과, 나노 오브젝트(16, 160, 161, 162)가 3차원 공간에서 주기적인 패턴을 가지게 하거나 미리 설정된 위치에 분포하도록 배열하는 방법으로 분류할 수 있다. 임의적인 분포를 가지도록 분산시키기 위해서는 통상적인 방법, 즉 나노 입자 기반의 복합재를 제조하는 방법 등을 사용할 수 있으며, 주기적인 패턴을 가지게 하거나 미리 설정된 위치에 분포하도록 배열하는 방법에 관해서는 추후 상세히 설명한다.

도 4를 참조할 때, 레벨 2 공정에서는 일정한 형태와 크기를 가지도록 형성된 나노 스케일 영역의 레벨 1 블록(10)을 3차원 공간 내에 배열하여 레벨 2 블록(20)을 구현한다. 레벨 3 공정에서는 일정한 형태와 크기를 가지는 레벨 2 블록(20)을 3차원 공간 내에 배열하여 레벨 3 블록(30)을 구현한다. 필요한 경우, 마찬가지로의 방법으로 레벨 4 블록, 레벨 5 블록 등을

단계적으로 구현할 수 있음은 물론이다.

레벨 2 블록(20)의 스케일 영역(W_{II})은 레벨 1 블록(10)의 스케일 영역(W_{I1})보다 매우 크며, 레벨 2 블록(20)의 스케일 영역(W_{II})이 레벨 1 블록(10)의 스케일 영역(W_{I1})의 5배 내지 100배 더 크게 형성될 수 있다. 이는

5 레벨 3 블록(30)과 레벨 2 블록(20) 간에 있어서도 마찬가지이며, 이에 따라 레벨이 증가함에 따라 레벨별 블록의 크기는 점차 증가하여 종국적으로 거시적인 스케일 영역의 구조물을 구성하기에 용이하다.

도 6은 본 발명의 제2 실시예에 따른 계층화 구조물을 개략적으로 도시한 모식도이다.

10 본 발명의 제2 실시예에 따른 계층화 구조물은, 도 6에 도시한 바와 같이, 가장 스케일이 큰 레벨(도 6에서는 레벨 4)의 블록을 먼저 조립하고, 점차 스케일이 작은 레벨의 블록을 조립하는 방식으로 제조될 수도 있다.

도 6에서, 레벨 4는 1개의 레벨 4 블록(140)으로 구성되며, 레벨 3은 4개의 레벨 3 블록(130)으로 구성되고, 레벨 2는 12개의 레벨 2 블록(120)으로 구

15 성되며, 레벨 1은 48개의 레벨 1 블록(110)으로 구성됨을 확인할 수 있다.

물론, 본 발명이 이러한 개수에 한정되는 것은 아니다.

도 6의 레벨 1에서는, 도 4에서와 마찬가지로, 도 5에 도시한 바와 같은 다양한 나노 오브젝트를 각각의 레벨 1 블록(110)의 기지 내에 배열할 수 있다. 도 6에 도시한 바와 같은 계층화 구조물을 제조하는 상세한 공정

20 에 관해서는 추후 설명한다.

이하, 도 4에 도시한 바와 같은 본 발명의 제1 실시예에 따른 계층화 구조물을 제조하는 방법에 관하여 설명한다. 편의상, 나노 오브젝트(16)는 금속 나노 패턴이며 기지(14)는 폴리머(polymer)인 것으로 설정하여 설명하나, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다. 일 예로서, 기지(14)로는 폴리머뿐만 아니라 금속을 사용할 수 있으며, 도 11 내지 도 13에는 기지와 나노 오브젝트의 소재로서 서로 상이한 종류의 이중 금속을 이용한 계층화 구조물의 제조 공정을 나타내었다.

도 7은 본 발명의 제1 실시예에 따른 계층화 구조물의 제조방법 중 레벨 1 공정을 나타낸 공정도이다.

먼저, 모재(12)에 희생층(13)을 증착한다(S11). 단계 S11의 희생층(13)의 기능은 완성된 레벨 1 블록(10)이 추후 에칭(etching)에 의해 모재(12)로부터 원활하게 분리되도록 하는 것이다. 희생층(13)의 소재는 에칭 감도(selectivity)가 기지(14)인 폴리머보다 큰 소재인 것이 바람직하다.

다음으로, 상기 희생층(13) 상에 기지(14)로 폴리머를 스핀 코팅한다(S12). 단계 S12의 기지(14)의 폴리머의 종류는 스핀 코팅이 가능한 것이면 무방하며, 통상적으로 스핀 코팅 조건에 따라 두께를 정교하게 제어할 수 있다.

다음으로, 상기 폴리머 기지(14) 상에 나노 오브젝트(16)인 금속 나노 패턴을 형성한다(S13). 단계 S13에서, 나노 오브젝트(16)인 금속 나노 패턴은 통상적인 방법을 사용하여 형성할 수 있다. 예컨대, 광학 리소그라

피를 이용하는 방법, 나노 임프린트(Imprint) 또는 소프트 리소그래피(Soft Lithography)를 이용하는 방법, 섀도우 마스크(Shadow Mask) 방법 또는 금속 트랜스퍼 프린팅(Transfer Printing) 방법 등을 사용할 수 있다.

그 외에, 홀로그래픽 리소그래피(Holographic Lithography) 방법을
 5 이용하면 나노 오브젝트(16)인 금속 나노 패턴의 적층 공정 없이도 레벨 1 공정을 용이하게 수행할 수 있으며, 다양한 형상의 나노 오브젝트(16)들을 3차원적으로 또한 주기적으로 배열할 수 있다. 그러나, 이 경우 최소 구조물, 즉 레벨 1 블록(10)의 크기는 100 nm 이상이어야 하며, 사용할 수 있는 소재의 제약이 있다.

10 다음으로, 상기 형성된 나노 오브젝트(16)를 덮도록 폴리머 기지(14)를 스핀 코팅하고(S14), 그 위에 금속 나노 패턴을 형성하며(S15), 이렇게 형성된 금속 나노 패턴을 덮도록 다시 폴리머 기지(14)를 스핀 코팅으로 형성한다(S16).

원하는 개수의 나노 오브젝트(16) 층을 형성하기 위하여 상기 단계
 15 S13과 단계 S14를 반복할 수 있으며(S17), 이로써 레벨 1 공정이 완료된다(S18).

한편, 도 11은 본 발명의 제3 실시예에 따른 계층화 구조물의 제조 방법 중 레벨 1 공정을 나타낸 공정도이다.

도 11에서는 레벨 1 블록(11)의 기지(15)로서 폴리머 대신 이중 금속
 20 을 사용하는 경우를 나타내었으며, 기지(15)가 나노 오브젝트(17)와는 이중

의 금속이라는 점 외에는 도 7에 나타난 공정과 전체적으로 유사하다.

도 8은 본 발명의 제1 실시예에 따른 계층화 구조물의 제조 방법 중 레벨 1 공정 후 레벨 1 블록을 제조하는 공정을 나타낸 공정도이다.

도 8을 참조하면, 먼저, 레벨 1 공정에서 제작된 패턴을 준비하고
 5 (S21), 상기 패턴에 포토레지스트(photoresist, PR)(51) 코팅을 수행한 후
 (S22), 리소그래피 공정을 수행한다(S23). 단계 S23의 리소그래피는 통상적
 인 광학 리소그래피 또는 임프린트 리소그래피 동일 수 있다.

다음으로, 단계 S23에 의해 형성된 포토레지스트(51) 패턴을 이용하
 여 폴리머 기지(14)를 에칭하며(S24), 폴리머 기지(14)의 종류에 따라 포토
 10 레지스트(51) 패턴 대신 무기물 패턴을 에치 마스크(etch mask)로 형성하여
 에칭할 수 있다. 포토레지스트(51) 패턴 대신 무기물 패턴을 에치 마스크로
 사용하는 경우에는 단계 S22의 포토레지스트(51) 스핀 코팅 대신, 금속(W
 또는 Ti 등) 또는 산화물(SiO_2 등) 등의 무기물층 증착 공정이 필요하며, 단
 계 S23의 리소그래피에 의해 무기물층에 패턴을 형성한다.

15 추가적으로, 단계 S23은 레이어(layer) 증착, 패터닝 또는 식각 등의
 공정을 포함할 수 있다. 이러한 추가적인 공정은 반도체 제조와 관련된 기
 술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 용이하게 파악할 수 있을 것이므로
 상세한 설명은 생략한다.

최종적으로 포토레지스트(51) 패턴 또는 무기물 패턴과 희생층(13)을
 20 제거하게 되면(S25), 레벨 1 블록(10)을 얻는다(S26).

상기 레벨 1 블록(10)과 모재(12) 사이의 희생층(13) 소재는 단계 S22의 포토레지스트(51) 또는 무기물층과 동일할 수도 있고, 서로 다를 수도 있다. 동일한 소재인 경우에는 하나의 공정으로 포토레지스트(51)과 희생층(13)을 제거할 수 있으므로, 서로 다른 소재인 경우보다 에칭 공정이
5 단순하다.

한편, 도 12는 본 발명의 제3 실시예에 따른 계층화 구조물의 제조 방법 중 레벨 1 공정 후 레벨 1 블록을 제조하는 공정을 나타낸 공정도이다.

도 12에서는 레벨 1 블록(11)의 기지(15)로서 폴리머 대신 이중 금속
10 을 사용하는 경우를 나타내었으며, 기지(15)가 나노 오브젝트(17)와는 이중의 금속이라는 점 외에는 도 8에 나타낸 공정과 전체적으로 유사하다.

도 9는 본 발명의 제1 실시예에 따른 계층화 구조물의 제조 방법 중 레벨 2 공정을 나타낸 공정도이다.

도 9를 참조하면, 먼저, 더미(dummy) 모재(22) 상에서 제조된 레벨 1
15 블록(10)을 준비하고(S31), 척(chuck)(45)을 이용하여 상기 레벨 1 블록(10)을 일괄적으로 떼어낸다(S32). 상기 척(45)으로는 반도체 관련 공정에서 통상적으로 사용하는 정전 척(electrostatic chuck) 또는 폴리머 척 등을 사용할 수 있다.

레벨 1 블록(10)과 더미 모재(22) 사이의 산화물층이 이미 에칭된 상태이므로, 레벨 1 블록(10)과 더미 모재(22) 사이의 점착력은 매우 낮다.
20

그러므로 척(45)을 이용하여 레벨 1 블록(10)을 비교적 용이하게 떼어낼 수 있다.

다음으로, 떼어낸 레벨 1 블록(10)을 목표 모재(target substrate)(32) 상으로 이송한다(S33).

5 이때 척(45)과 레벨 1 블록(10) 간의 점착력은 능동적으로 제어하는 것이 바람직하다. 즉, 레벨 1 블록(10)을 더미 모재(22)로부터 떼어낼 때에는 척(45)과 레벨 1 블록(10) 간의 점착력이 증가하여야 하며, 레벨 1 블록(10)을 목표 모재(32) 상으로 이송할 때에는 척(45)과 레벨 1 블록(10) 사이의 점착력이 감소하는 것이 바람직하다.

10 정전 척을 사용하는 경우에는 척(45)에 가해지는 전압을 제어함으로써 점착력을 제어할 수 있으며, 폴리머 척을 사용하는 경우에는 척(45)의 변형 속도를 제어함으로써 점착력을 제어할 수 있다.

척(45)의 점착력을 제어하는 것만으로 레벨 1 블록(10)을 목표 모재(32) 상에 부착하는 것이 곤란하면 점착 강화층을 단계 S33 전에 목표 모재(32) 상에 형성할 수 있다. 점착 강화층으로는 Gycidoxypopyl Trimethory Silane(GPT), Acryloxypropyl Methyl Cichloro Silane(APDMS) 또는 Aminopropyl Triethoxy Silane(APTS) 등의 자기 조립 단분자층(self-assembled monolayer), 그리고 나노 스케일 영역의 두께를 가지는 폴리머 점착제층 등을 사용할 수 있다.

20 다음으로, 폴리머층(24)을 상기 레벨 1 블록(10)을 덮도록 스핀 코팅

하고(S34), 또 다른 레벨 1 블록(10')을 상기 폴리머층(24) 상에 부착한다(S35). 단계 S35는 단계 S33에서와 마찬가지로 척(45)을 이용해서 수행될 수 있다. 필요에 따라 단계 S34와 단계 S35를 일정 횟수 반복할 수 있으며(S36), 이로써 레벨 2 공정을 완료한다(S37).

5 상기 레벨 2 공정 후 레벨 2 블록(20)을 제조하는 공정은 도 8에 도시한 레벨 1 블록(10) 제조 공정과 유사하다. 다만, 레벨 1 블록(10)에 비하여 레벨 2 블록(20)은 그 크기가 매우 크다는 점이 상이하다. 제조된 레벨 2 블록(20)을 이용한 레벨 3 공정은 도 9에 도시한 레벨 2 공정과 유사하다.

10 도 13은 본 발명의 제3 실시예에 따른 계층화 구조물의 제조 방법 중 레벨 2 공정을 나타낸 공정도이다.

도 13에서는 레벨 1 블록(11)의 기지(25)로서 폴리머 대신 이종 금속을 사용하는 경우를 나타내었으며, 기지(25)가 이종 금속이라는 점 외에는 도 9에 나타낸 공정과 전체적으로 유사하다.

15 도 10은 본 발명의 제2 실시예에 따른 계층화 구조물의 제조 공정을 나타낸 공정도이다. 도 10을 참조하여 도 6에 도시한 본 발명의 제2 실시예에 따른 계층화 구조물을 제조하는 방법에 관하여 설명한다.

상기한 바와 같이 도 4에 도시한 제1 실시예에 따른 계층화 구조물을 제조하는 공정에서는 스케일이 작은 블록부터 그보다 스케일이 큰 블록으로
20 순차적으로 제조하는 반면, 이하 제2 실시예에 따른 계층화 구조물의 제조

방법은 스케일이 큰 블록부터 먼저 목표 모재 상에 형성하고, 순차적으로 그보다 작은 블록을 큰 블록 상에 형성한다는 점에서 상이하다. 또한, 상술한 제1 실시예에 따른 계층화 구조물의 제조 방법은 스케일이 작은 블록을 제조한 후 점차 그보다 큰 블록을 순서대로 제조해야 하는 반면에, 이하의

5 도 6에 도시한 제2 실시예에 따른 계층화 구조물의 제조 방법은 계층별 기본 블록들 사이의 제조 순서에는 제약이 없다.

도 6에 도시한 제2 실시예에 따른 계층화 구조물을 제조하기 위하여, 먼저, 계층별 기본 블록(110, 120, 130)을 각각의 더미 모재(210, 220, 230) 상에 형성한다(S41). 이때, 계층별 기본 블록(110, 120, 130)은 생산 공정에

10 대해 의존성이 없으므로, 개별적으로 각각의 계층별 기본 블록(110, 120, 130)을 제조할 수 있다. 반면에, 제1 실시예에 따른 계층화 구조물의 제조 공정에서는 계층별 기본 블록은 그 이전 공정의 기본 블록을 이용해서 제조되므로, 계층별로 각각의 기본 블록을 제조하기 위해서는 순차적으로 공정을 진행해야 한다.

15 본 실시예에서 계층별 기본 블록(110, 120, 130)의 제조에는 상술한 광학 또는 임프린트 리소그래피 기술을 이용할 수 있으며, 웨도우 마스크 방법 금속 트랜스퍼 프린팅 방법을 적용할 수도 있다.

다음으로, 계층별로 제조된 기본 블록들(110, 120, 130) 중에서 가장 크기가 큰 블록(블록130)을 더미 모재(230)로부터 떼어낸다(S42). 단계 S42

20 에서 사용하는 척(45)은 도 9의 경우와 동일하다.

더미 모재(210, 220, 230)로부터 떼어낸 블록을 목표 모재(235) 상에 부착하기 위해서, 점착 강화층을 증착할 수 있다(S43). 마찬가지로, 도 9의 단계 S33 전에 증착하는 점착 강화층들을 사용할 수 있다.

- 이후, 척(45)에 부착된 블록(130)을 점착 강화층이 증착된 목표 모재
- 5 (235)와 접촉시켜 목표 모재(235) 상에 부착시킨다(S44).

그리고 나서, 단계 S42 내지 단계 S44와 유사하게 그보다 작은 크기의 블록(110, 120)을 목표 모재(235) 상으로 이송하여 부착시킨다(S45, S46). 필요에 따라 동일한 레벨의 블록을 적층하는 단계를 여러 번 반복적으로 진행할 수 있다.

- 10 이상으로 본 발명의 기술적 사상을 예시하기 위한 바람직한 실시 예와 관련하여 설명하고 도시하였지만, 본 발명은 이와 같이 도시되고 설명된 그대로의 구성 및 작용에만 국한되는 것이 아니며, 기술적 사상의 범주를 일탈함이 없이 본 발명에 대해 다수의 변경 및 수정이 가능함을 당업자들은 잘 이해할 수 있을 것이다. 따라서 그러한 모든 적절한 변경 및 수정과 균
- 15 등물들도 본 발명의 범위에 속하는 것으로 간주하여야 할 것이다.

【청구의 범위】

【청구항 1】

- 제1 블록의 제1 기지에 나노(nano) 스케일 영역의 특성 길이를 가지는 적어도 하나 이상의 나노 오브젝트(object)가 제1 패턴으로 배열되고,
- 5 제 2 블록의 제2 기지(matrix)에 적어도 하나 이상의 상기 제1 블록이 제2 패턴(pattern)으로 배열된 것을 특징으로 하는 계층화 구조물.

【청구항 2】

- 제 1 항에 있어서,
- 상기 제 1 기지 또는 제 2 기지는 폴리머(polymer) 또는 금속인 것을
- 10 특징으로 하는 계층화 구조물.

【청구항 3】

- 제 1 항에 있어서,
- 상기 특성 길이는 1 nm 내지 100 nm의 범위에 속하는 것을 특징으로 하는 계층화 구조물.

15 【청구항 4】

- 제 1 항에 있어서,
- 상기 나노 오브젝트는 양자 점(quantum dot), 나노 스피어(nano sphere), 나노 입자(nano particle), 나노 튜브(nano tube), 나노 와이어(nano wire) 및 나노 스케일 영역의 선 패턴(line pattern) 중 선택된 어느
- 20 하나인 것을 특징으로 하는 계층화 구조물.

【청구항 5】

제 1 항에 있어서,

상기 제1 패턴은 광학 리소그래피(lithography), 소프트 리소그래피, 홀로그래픽(holographic) 리소그래피, 나노임프린트(nanoimprint), 섀도우 마스크(shadow mask) 및 금속 트랜스퍼 프린팅(transfer printing) 방법 중 선택된 어느 하나의 방법에 의해 형성된 것을 특징으로 하는 계층화 구조물.

【청구항 6】

제 1 항에 있어서,

상기 제2 블록의 크기는 상기 제1 블록의 크기보다 5배 내지 100배 큰 것을 특징으로 하는 계층화 구조물.

【청구항 7】

적어도 하나 이상의 제3 블록들이 서로 결합된 제1 구조물 외부에 나노 스케일 영역의 특성 길이를 가지는 적어도 하나 이상의 제4 블록들이 결합된 것을 특징으로 하는 계층화 구조물.

【청구항 8】

제 7 항에 있어서,

상기 특성 길이는 1 nm 내지 100 nm의 범위에 속하는 것을 특징으로 하는 계층화 구조물.

【청구항 9】

계층화 구조물의 제조 방법에 있어서,

(a) 제1 기재(substrate) 상에 제1 기지(matrix)를 형성하는 단계;

(b) 상기 제1 기지 상에 나노(nano) 스케일 영역의 특성 길이를 가지는 적어도 하나 이상의 나노 오브젝트(object)를 제1 패턴으로 배열하는 단

5 계;

(c) 상기 (b) 단계의 제1 패턴 상에 제2 기지를 형성하는 단계;

(d) 상기 제1 모재를 분리하여 제1 블록을 형성하는 단계;

(e) 제2 모재 상에 적어도 하나 이상의 상기 제1 블록을 제2 패턴으로 배열하는 단계;

10 (f) 상기 (e) 단계의 제2 패턴 상에 제3 기지를 형성하는 단계; 및

(g) 상기 제2 모재를 분리하여 제2 블록을 형성하는 단계를 포함하는 계층화 구조물의 제조 방법.

【청구항 10】

제 9 항에 있어서,

15 상기 제1 기지 또는 제2 기지는 폴리머(polymer) 또는 금속인 것을 특징으로 하는 계층화 구조물의 제조 방법.

【청구항 11】

제 9 항에 있어서,

상기 특성 길이는 1 nm 내지 100 nm의 범위에 속하는 것을 특징으로
20 하는 계층화 구조물의 제조 방법.

【청구항 12】

제 9 항에 있어서,

상기 나노 오브젝트는 양자 점(quantum dot), 나노 스피어(nano sphere), 나노 입자(nano particle), 나노 튜브(nano tube), 나노 와이어(nano wire) 및 나노 스케일 영역의 선 패턴(line pattern) 중 어느 하나인
5 것을 특징으로 하는 계층화 구조물의 제조 방법.

【청구항 13】

제 9 항에 있어서,

상기 제1 패턴은 광학 리소그래피(lithography), 소프트 리소그래피,
10 홀로그래픽(holographic) 리소그래피, 나노임프린트(nanoimprint), 웨도우
마스크(shadow mask) 및 금속 트랜스퍼 프린팅(transfer printing) 방법 중
어느 하나의 방법에 의해 형성된 것을 특징으로 하는 계층화 구조물의 제조
방법.

【청구항 14】

15 제 9 항에 있어서,

상기 (a) 단계는,

(a1) 상기 제1 기지를 형성하기 전에 상기 제1 모재 상에 희생층을
형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 계층화 구조물의 제조 방
법.

20 【청구항 15】

제 9 항에 있어서,

상기 (d) 단계는,

(d1) 상기 제2 기지 상에 포토레지스트 패턴 또는 무기물 패턴을 형성한 후 에칭하는 단계; 및

5 (d2) 상기 포토레지스트 패턴 또는 무기물 패턴을 제거하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 계층화 구조물의 제조 방법.

【청구항 16】

제 15 항에 있어서,

상기 포토레지스트 패턴 또는 무기물 패턴은 광학 리소그래피 또는
10 임프린트 리소그래피 방법을 사용하여 형성하는 것을 특징으로 하는 계층화 구조물의 제조 방법.

【청구항 17】

제 9 항에 있어서,

상기 (e) 단계는,

15 상기 제1 블록을 척(chuck)을 이용하여 상기 제2 모재 상에 부착하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 계층화 구조물의 제조 방법.

【청구항 18】

제 9 항에 있어서,

상기 (e) 단계는,

20 상기 제1 블록을 배열하기 전 상기 제2 모재 상에 점착 강화층을 형

성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 계층화 구조물의 제조 방법.

【청구항 19】

제 18 항에 있어서,

- 5 상기 점착 강화층은 자기 조립 단분자층(self-assembled monolayer) 또는 폴리머 점착제층인 것을 특징으로 하는 계층화 구조물의 제조 방법.

【청구항 20】

제 9 항에 있어서,

- 상기 제2 블록의 크기는 상기 제1 블록의 크기보다 5배 내지 100배
10 큰 것을 특징으로 하는 계층화 구조물의 제조 방법.

【청구항 21】

계층화 구조물의 제조 방법에 있어서,

- (A) 나노 스케일 영역의 특성 길이를 가지는 적어도 하나 이상의 제3
블록 및 상기 제3 블록의 크기보다 큰 적어도 하나 이상의 제4 블록을 형성
15 하는 단계;

(B) 제3 기재(substrate) 상에 상기 제4 블록을 부착하며, 상기 제4
블록 상에 상기 제3 블록을 부착하는 단계; 및

(C) 상기 제3 재료를 분리하는 단계;를 포함하는 계층화 구조물의 제
조 방법.

20 【청구항 22】

제 21 항에 있어서,

상기 제4 블록의 크기는 상기 제3 블록의 크기보다 5배 내지 100배 큰 것을 특징으로 하는 계층화 구조물의 제조 방법.

【청구항 23】

5 제 21 항에 있어서,

상기 (B) 단계는,

상기 제4 블록 또는 제3블록을 척(chuck)을 이용하여 상기 제3 모재 또는 제4 블록 상에 부착하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 계층화 구조물의 제조 방법.

10 【청구항 24】

제 21 항에 있어서,

상기 (B) 단계는,

상기 제4 블록을 부착하기 전 상기 제3 모재 상에 점착 강화층을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 계층화 구조물의 제조 방법.

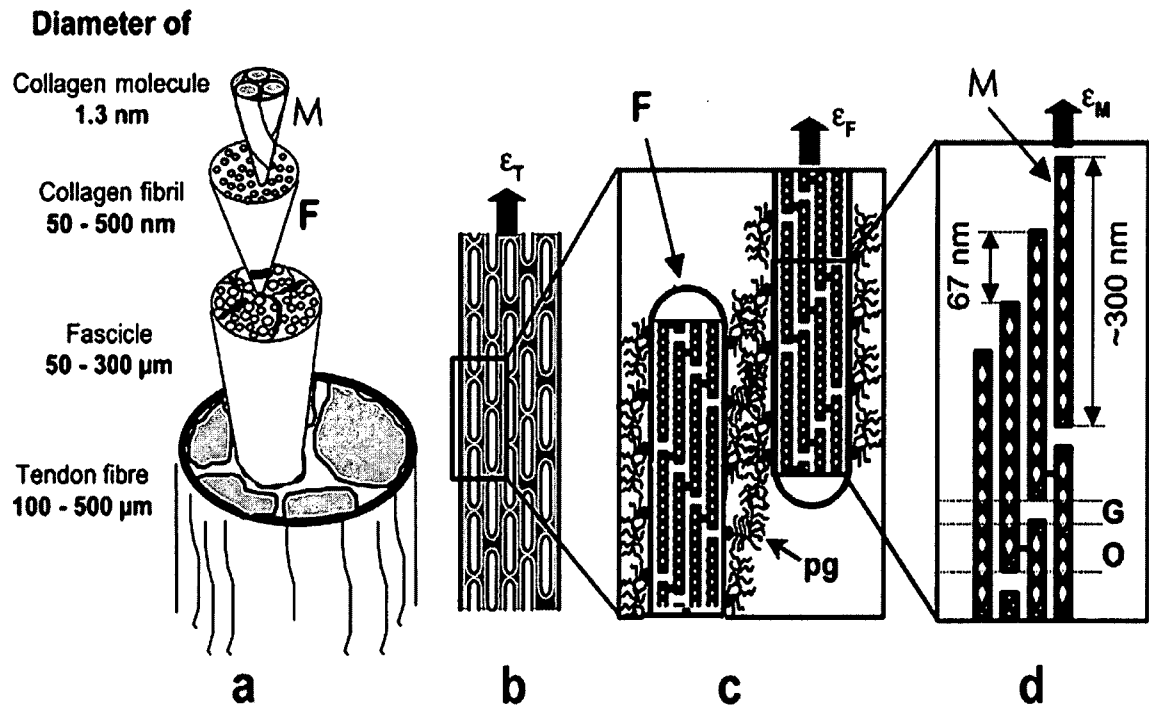
15 【청구항 25】

제 24 항에 있어서,

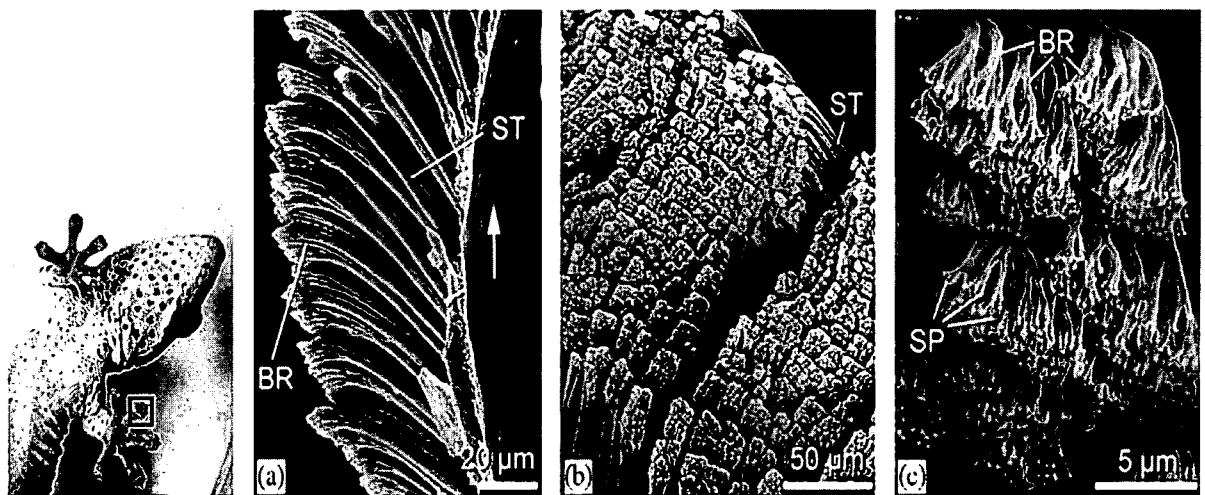
상기 점착 강화층은 자기 조립 단분자층(self-assembled monolayer) 또는 폴리머 점착제층인 것을 특징으로 하는 계층화 구조물의 제조 방법.

【도면】

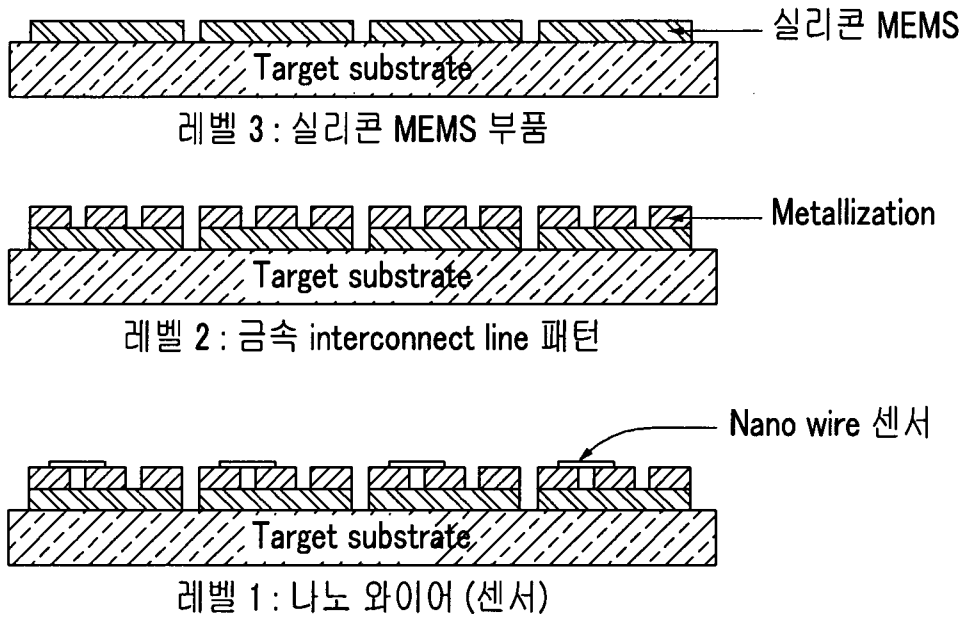
【도 1】



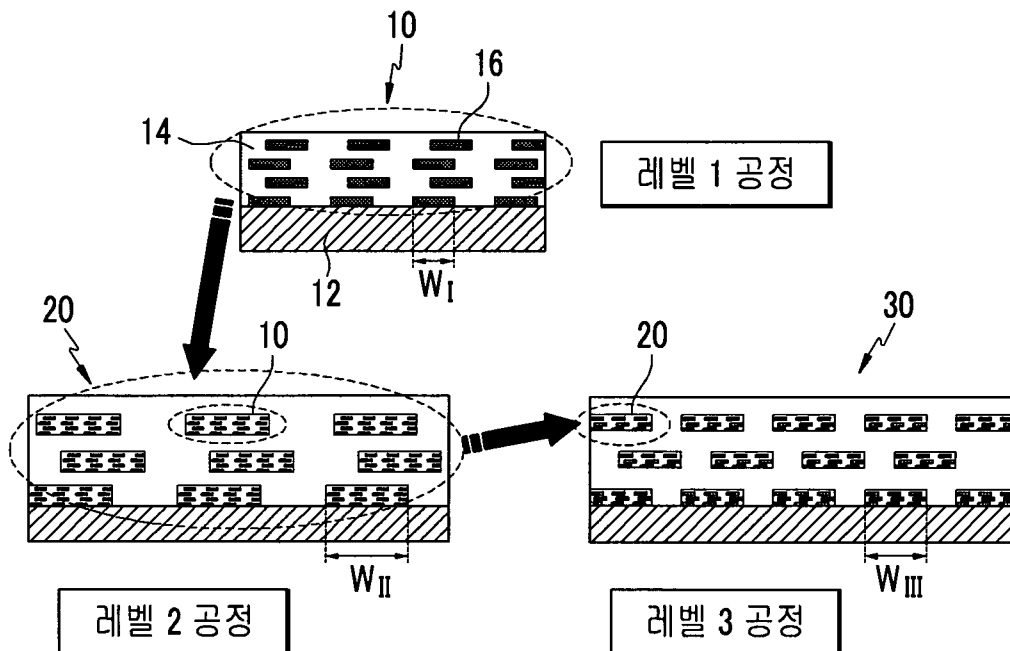
【도 2】



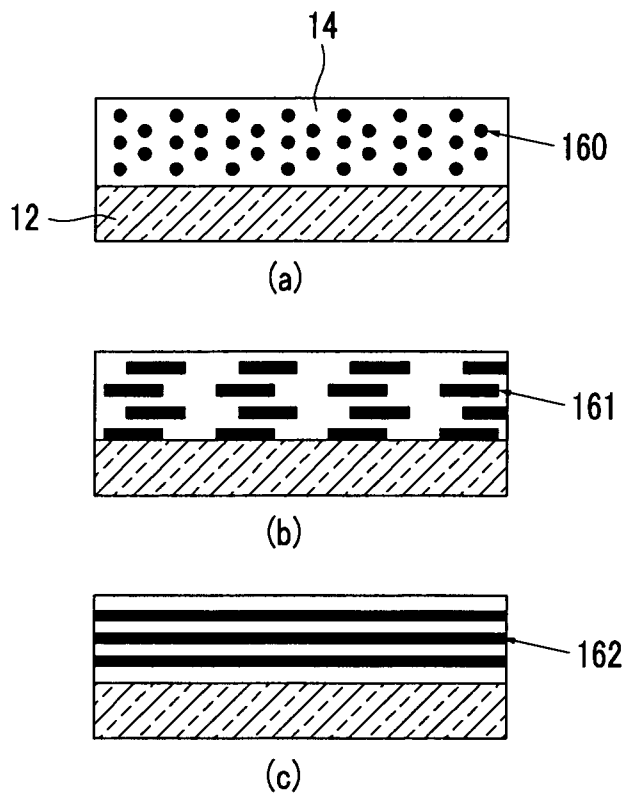
【도 3】



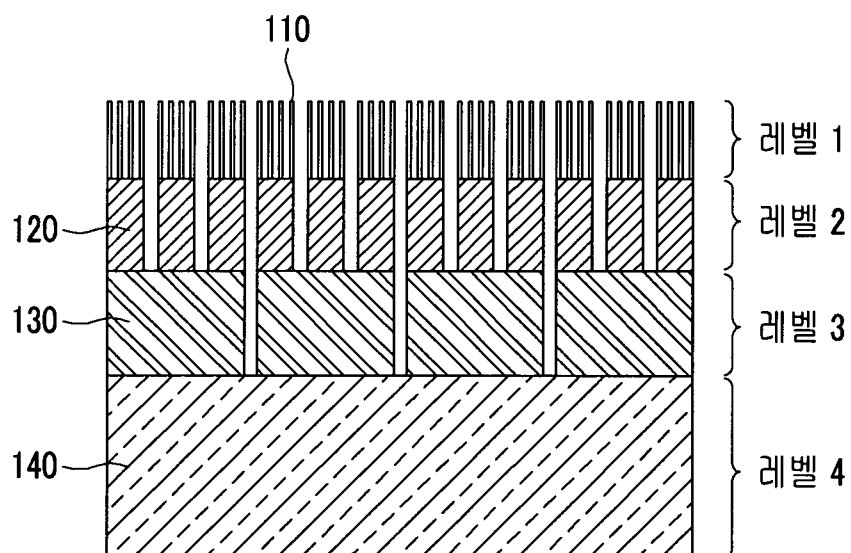
【도 4】



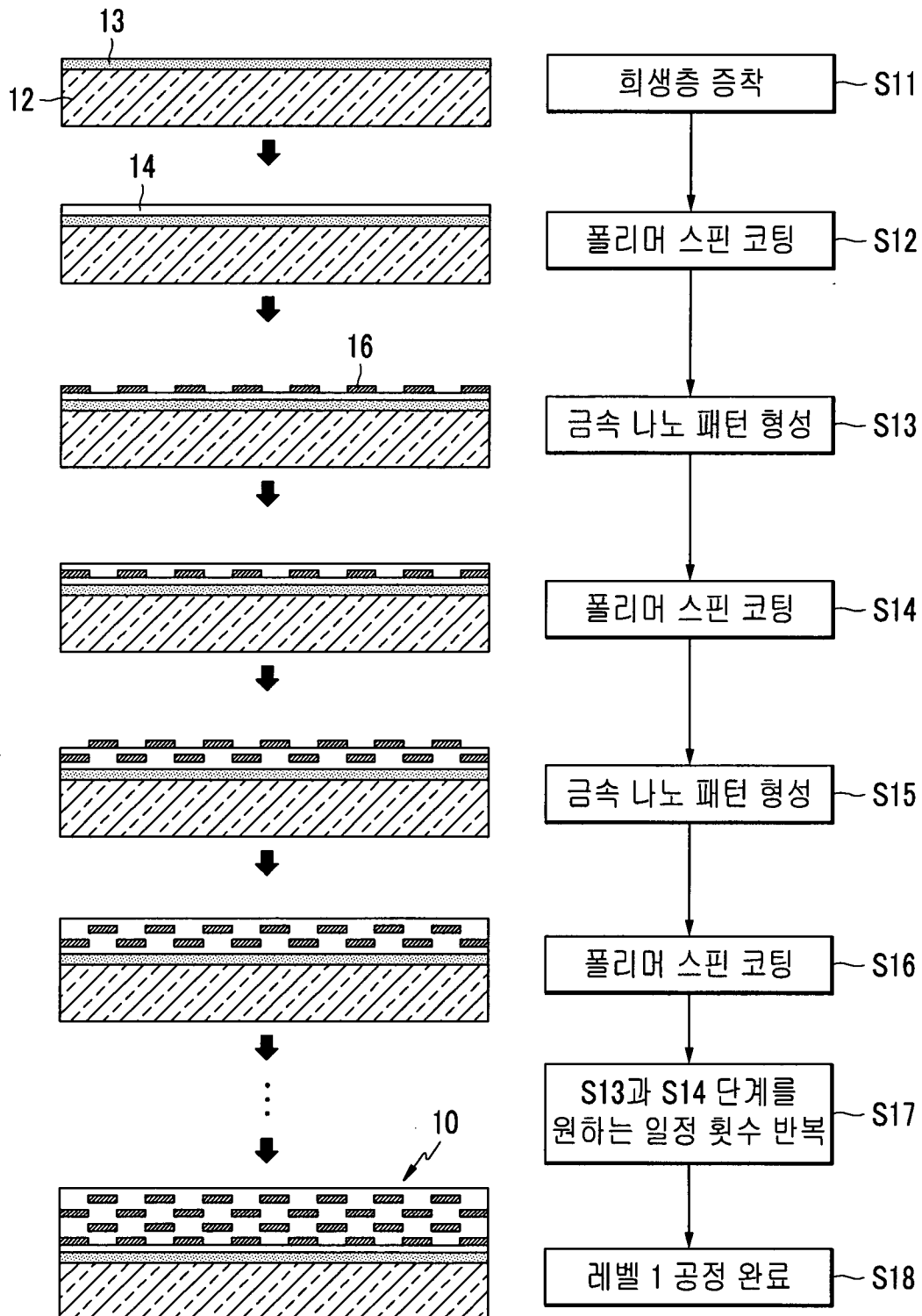
【도 5】



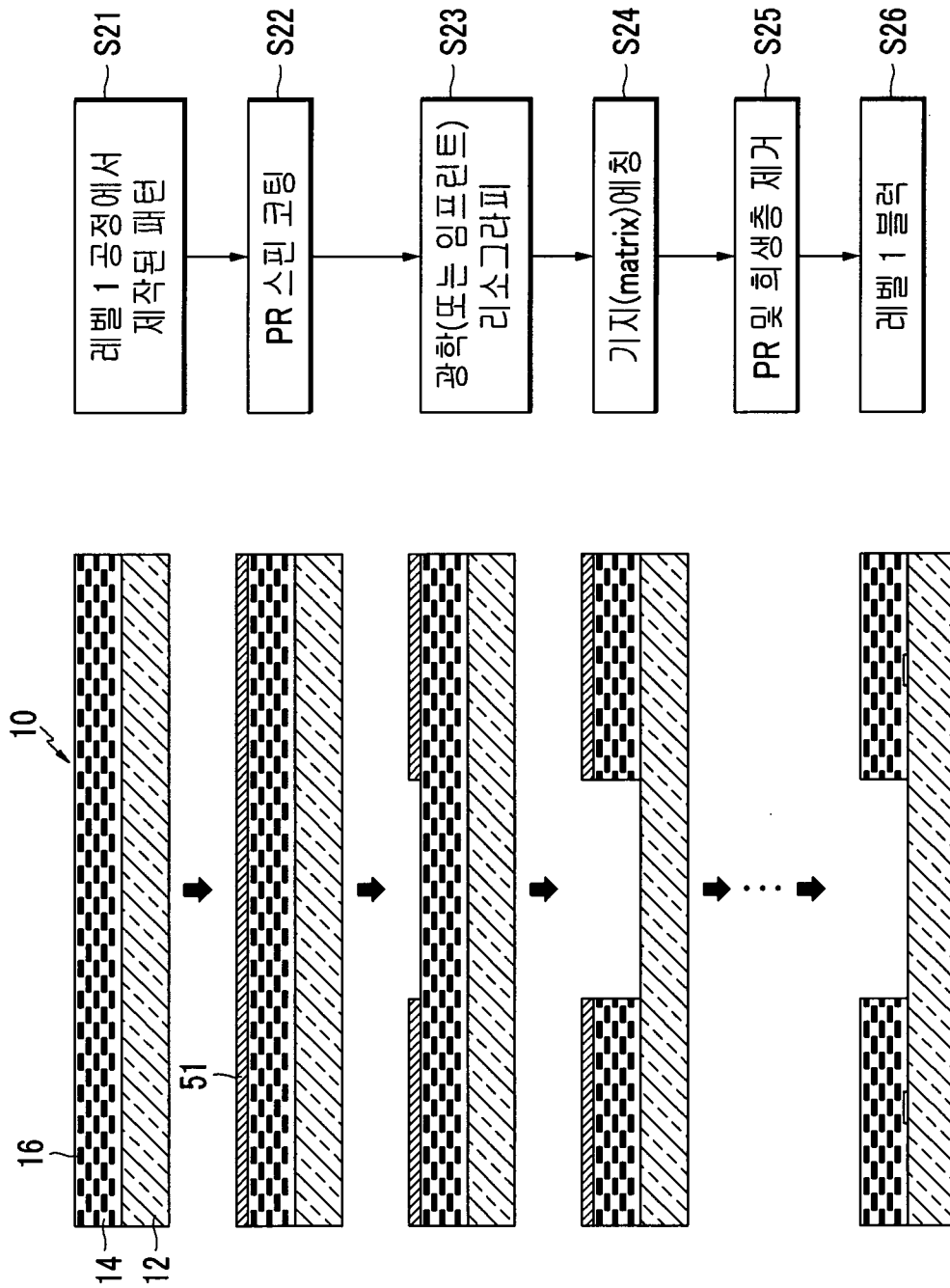
【도 6】



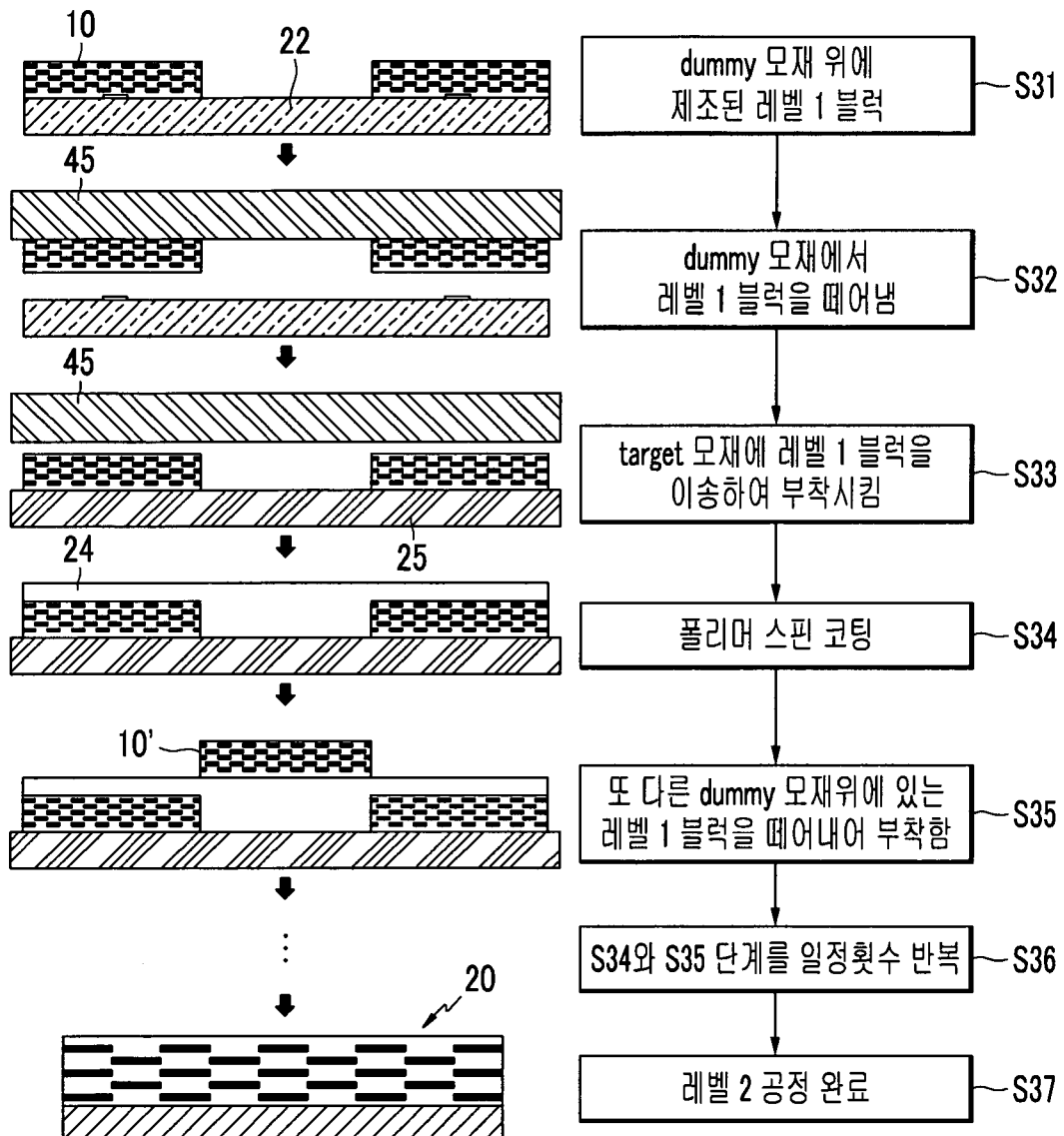
【도 7】



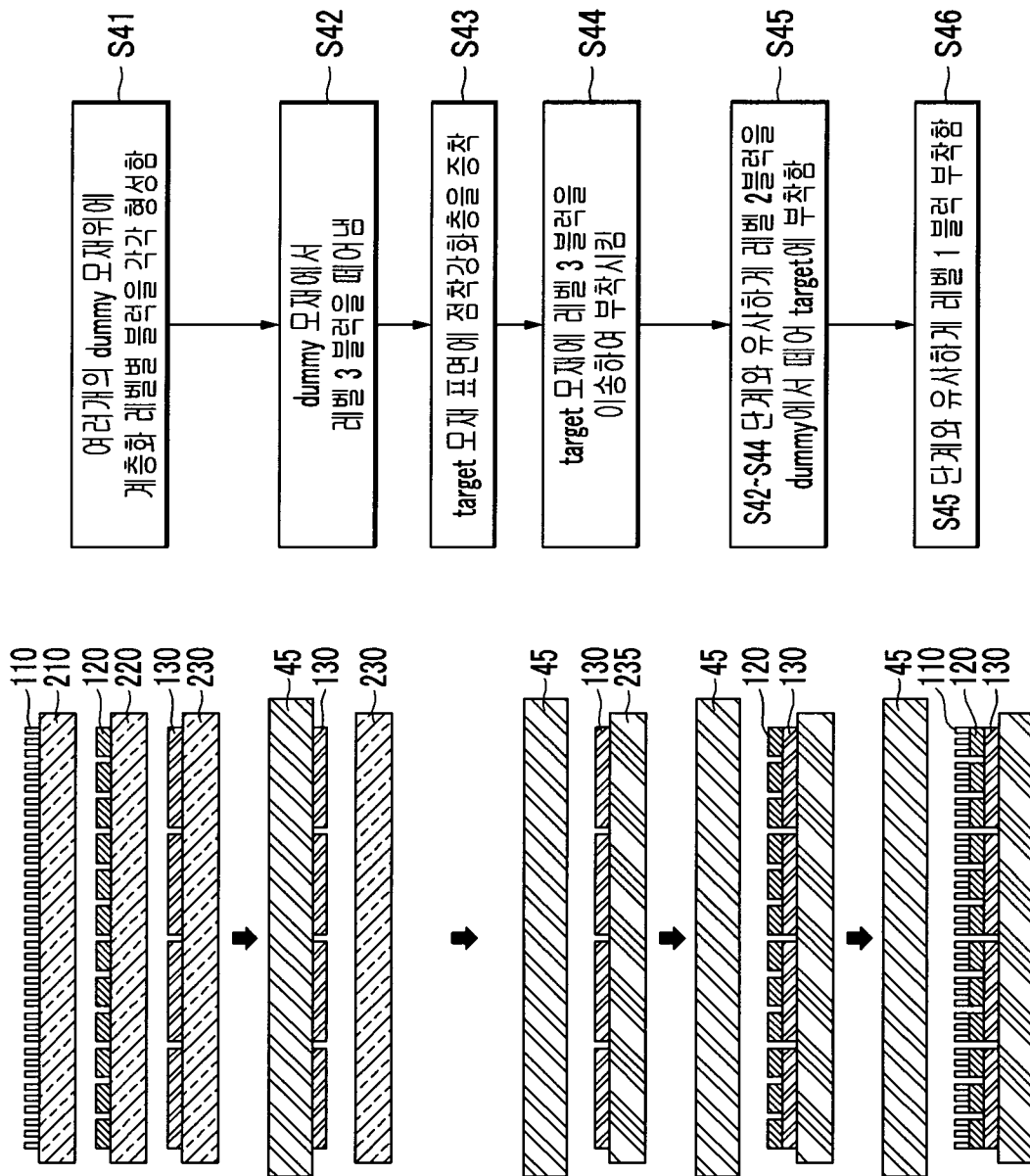
【도 8】



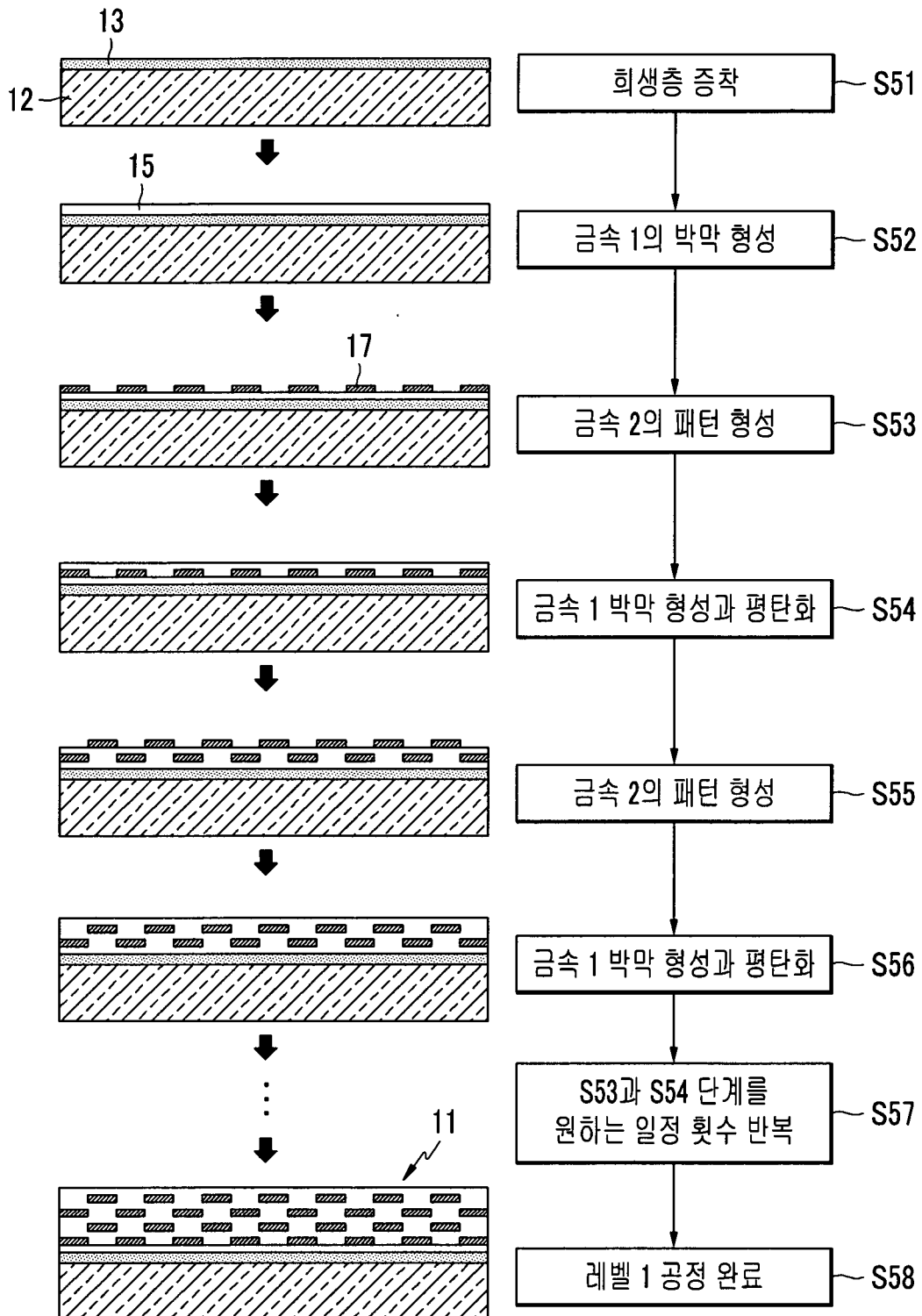
【도 9】



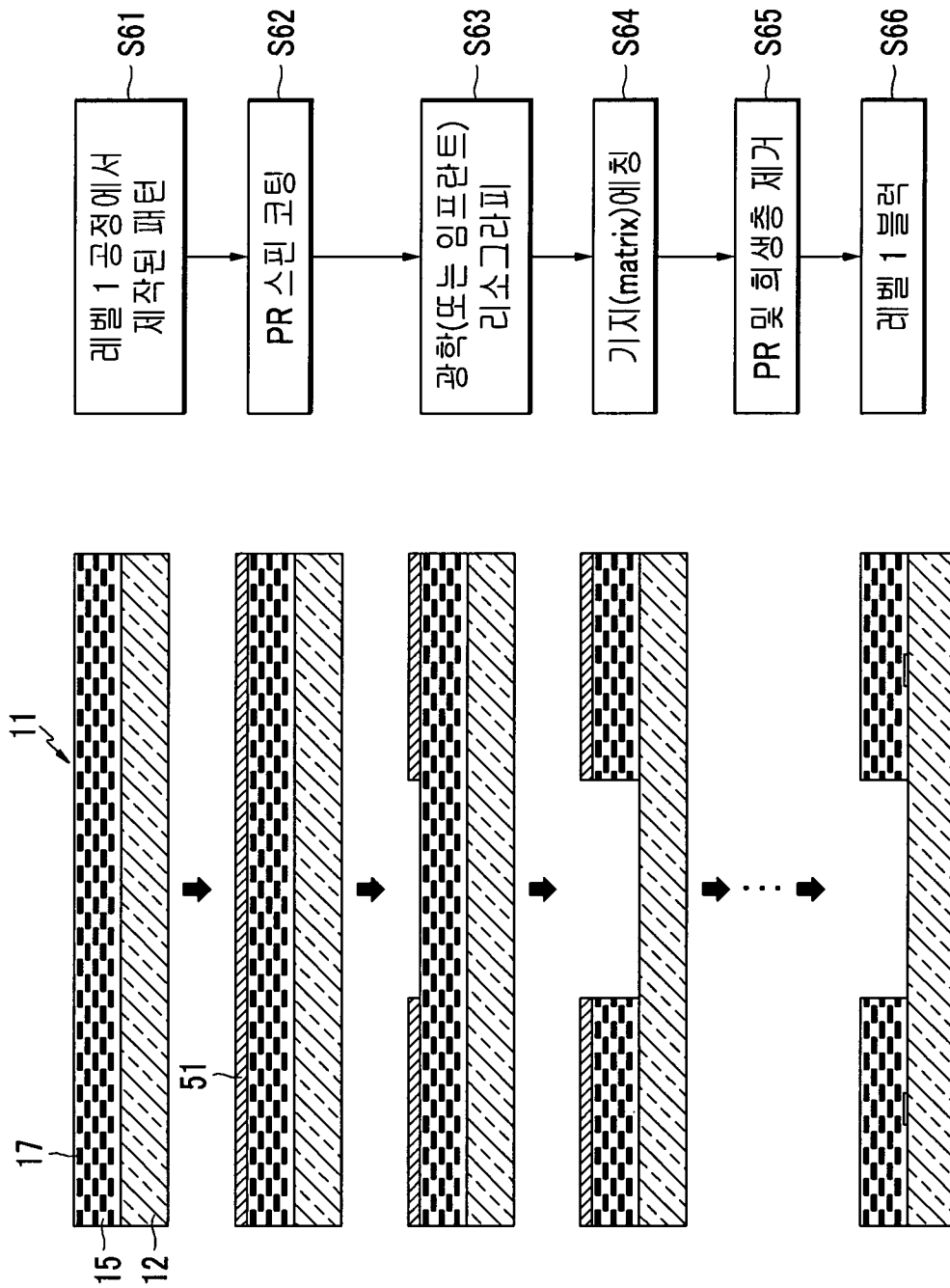
【도 10】



【도 11】



【도 12】



【도 13】

