



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년09월08일

(11) 등록번호 10-1551098

(24) 등록일자 2015년09월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G02B 1/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0070841

(22) 출원일자 2014년06월11일

심사청구일자 2014년06월11일

(56) 선행기술조사문헌

Stephane Larouche et al., Infrared metamaterial phase holograms, NATURE MATERIALS, Vol.11, MAY 2012, pp. 450-454.\*

JP2013134350 A

KR1020110117963 A\*

US20130314765 A1\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

이현

서울 서초구 동광로22길 23, 그랑시엘방배 302호 (방배동)

조중연

서울 성북구 정릉로 402-16, 102동 1606호 (돈암동, 범양아파트)

(74) 대리인

이동건

전체 청구항 수 : 총 7 항

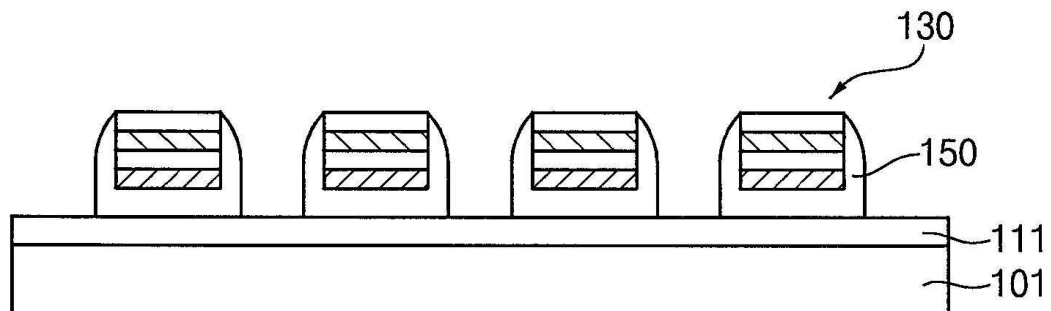
심사관 : 오균규

(54) 발명의 명칭 나노 메타 구조물 및 이의 제조 방법

### (57) 요약

나노 메탈 구조물의 제조 방법에 있어서, 기판 상에 제1 리프트 오프 박막을 형성하고, 상기 제1 리프트 오프 박막 상에, 상호 이격되어 상기 제1 리프트 오프 박막을 부분적으로 노출된 제2 리프트 오프 패턴들을 형성한다. 상기 노출된 제1 리프트 오프 박막 상에, 상호 평행한 제1 금속 박막 패턴과 제2 금속 박막 패턴 및 상기 제1 및 제2 금속 박막 패턴들 사이에 개재된 유전체 박막 패턴을 각각 갖는 메타 단위체들을 형성한다. 이후, 상기 제2 리프트 오프 패턴을 제거하여 상기 메타 단위체들 각각의 측벽을 노출시키고, 상기 메타 단위체들 각각의 측벽에 스페이서를 형성한다.

대표도 - 도6



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

기관 상에 제1 리프트 오프 박막을 형성하는 단계;

상기 제1 리프트 오프 박막 상에, 상호 이격되어 상기 제1 리프트 오프 박막을 부분적으로 노출된 제2 리프트 오프 패턴들을 형성하는 단계;

상기 노출된 제1 리프트 오프 박막 상에, 상호 평행한 제1 금속 박막 패턴과 제2 금속 박막 패턴 및 상기 제1 및 제2 금속 박막 패턴들 사이에 개재된 유전체 박막 패턴을 각각 갖는 메타 단위체들을 형성하는 단계;

상기 제2 리프트 오프 패턴을 제거하여 상기 메타 단위체들 각각의 측벽을 노출시키는 단계;

상기 메타 단위체들 각각의 측벽에 스페이서를 형성하는 단계;

상기 제1 리프트 오프 박막을 상기 기관으로부터 박리(lift off)시키는 단계; 및

상기 메타 단위체들 사이에 상기 스페이서를 정렬시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 메타 구조물의 제조 방법.

### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 스페이서를 형성하는 단계는,

상기 메타 단위체들 및 상기 제1 리프트 오프 박막 상에 스페이서용 박막을 등사적(conformal)으로 형성하는 단계; 및

상기 스페이서용 박막을 이방성 식각하는 단계를 포함하는 나노 메타 구조물의 제조 방법.

### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 스페이서는 산화물 또는 질화물로 이루어질 것을 특징으로 하는 나노 메타 구조물의 제조 방법.

### 청구항 4

삭제

### 청구항 5

제1항에 있어서, 상기 스페이서를 형성하는 단계는,

상기 제1 리프트 오프 박막을 상기 기관으로부터 박리(lift off)시켜 상기 메타 단위체들을 개별화시키는 단계;

상기 메타 단위체들에 대하여 딥 코팅 공정을 통하여 상기 메타 단위체들 각각을 감싸는 스페이서를 형성하는 단계; 및

상기 메타 단위체들 사이에 스페이서를 정렬시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 메타 구조물의 제조 방법.

### 청구항 6

제5항에 있어서, 상기 딥 코팅 공정은 나노 입자가 분산된 분산 용액 또는 졸-겔 용액을 이용하여 수행되는 것을 특징으로 하는 나노 메타 구조물의 제조 방법.

### 청구항 7

제6항에 있어서, 상기 나노 입자는 산화물 또는 질화물을 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 메타 구조물의 제조 방법.

## 청구항 8

제1항 내지 제3항 및 제5항 내지 제7항 중 어느 한 항에 따른 메타물질 제조 방법에 의해 제조되는 나노 메타 구조물.

## 명세서

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 나노 메타 구조물 및 이의 제조 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 메타 원자들의 주기적인 배열을 통하여 초고굴절률 또는 음굴절률을 구현하는 나노 메타 구조물 및 상기 나노 메타 구조물의 제조 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 나노 메타 구조물은 금속이나 유전 물질을 포함하는 메타 원자들이 주기적으로 배열된 구조를 갖는다. 이로써 상기 나노 메타 구조물은 초고굴절률 또는 음굴절률 등과 같이 자연계에서는 존재하지 않는 특성을 가질 수 있다.

[0003] 상기 나노 메타 구조물은 10이상의 굴절률을 갖거나, 음수의 굴절률 가짐에 따라 기존 회절 특성의 한계에 의하여 성능 향상의 제약의 문제를 해결할 수 있는 기대와 함께 다양한 기술 분야에 적용될 수 있다.

[0004] 특히, 바이오 이미징 기술은 세포 내에서 발생하는 분자 수준의 변화를 영상화하는 기술이다.

[0005] 상기 바이오 이미징 기술과 관련하여 현재 임상에 쓰이는 기술로서 공초점 현미경(confocal microscopy)은 살아 있는 생체의 3차원 이미징(표면으로부터 수백마이크론 깊이)이 가능하며 회절 한계 수준(수백 nm 수준)의 분해능도 확보할 수 있다. 또한 기존의 대표적인 이미징 시스템인 광현미경은, 그 회절 한계로 인하여 200nm 이하의 물질 관찰은 육안으로 불가능한 상태이다. 따라서 바이러스와 같은 살아있는 미세 조직의 관찰이 필요한 바이오·의료분야에서는 주로 간접적인 방식의 이미징 시스템이 이용되고 있다. 이로써, 기존 광학 소재, 광학 장비의 기술적 한계를 극복하기 위해서는 회절 한계의 법칙을 깨뜨리는 바이오 이미징 기술이 요구되고 있다.

[0006] 예를 들면, 이머전 리소그래피 기술은 현재는 굴절률이 큰 이머전 오일을 사용하여 공기중 회절 한계 대비 조금이라도 분해능을 높이는 기술이다. 하지만, 이머전 오일의 굴절률이 1.5~1.7 수준에 머무르고 있어서 분해능이 1.5~1.7배 향상되는데 그친다.

[0007] 따라서, 금속이나 유전 물질을 포함하는 메타 원자(meta atom)가 주기적인 배열된 나노 메타 구조물에 대한 적용이 연구되고 있다. 특히 상기 메타 원자는 초고굴절률, 음굴절률 등 자연계에 존재하지 않는 특성을 진다. 따라서 상기 메타 원자를 이용하여 굴절률이 10 이상인 물질을 구현하거나 굴절률이음수인 물질을 구현하면 회절 한계에 의하여 성능 향상의 제약이 있는 모든 분야의 기술적 장애를 해결할 수 있을 것으로 기대되고 있다. 이와 관련된 선행 기술로는 한국특허공개번호 제2012-0094418호(발명의 명칭 : 고 굴절률 메타물질)가 있다.

[0008] 이러한 특성이 실제 가시광 영역대에서 구현되기 위해서는 작용 파장대의 약 1/5 이하의 직경, 간격 또는 두께를 가져야 한다. 메타 물질에 대한 이론적인 연구는 다양하게 진행되었지만, 이론적 구조를 실제로 구현하기 위한 나노급 공정 기술의 부재로 실험적 연구는 거의 전무한 상태이다. 가시광선 영역에서 메타 물질을 구현하기 위해서는 수십 나노 크기의 셀이 정교하게 정렬된 구조를 제작해야 하지만 현재의 planar technology (광 리소그래피, 전자빔 리소그래피등)로 구현하기가 매우 어렵다. 메타 원자의 두께, 사이즈, 간격을 나노급으로 제어해야 하지만, 현 기술로는 대면적(테라스케일)으로 메타 원자의 두께, 사이즈, 간격을 동시에 나노급으로 제어하는데 한계가 있다. 특히, 메타 원자의 간격을 나노급으로 제어하는 공정에 많은 어려움이 있다.

### 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 일 목적은, 메타 단위체의 간격을 용이하게 제어할 수 있는 나노 메타 구조물의 제조 방법을 제공하는 것이다.

[0010] 또한 본 발명의 일 목적은, 상술된 나노 메타 구조물의 제조 방법에 의하여 제조된 나노 메타 구조물을 제공하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

- [0011] 본 발명의 실시예들에 따른 나노 메탈 구조물의 제조 방법에 있어서, 기판 상에 제1 리프트 오프 박막을 형성하고, 상기 제1 리프트 오프 박막 상에, 상호 이격되어 상기 제1 리프트 오프 박막을 부분적으로 노출된 제2 리프트 오프 패턴들을 형성한다. 상기 노출된 제1 리프트 오프 박막 상에, 상호 평행한 제1 금속 박막 패턴과 제2 금속 박막 패턴 및 상기 제1 및 제2 금속 박막 패턴들 사이에 개재된 유전체 박막 패턴을 각각 갖는 메타 단위체들을 형성한다. 이후, 상기 제2 리프트 오프 패턴을 제거하여 상기 메타 단위체들 각각의 측벽을 노출시키고, 상기 메타 단위체들 각각의 측벽에 스페이서를 형성한다.
- [0012] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 스페이서는, 상기 메타 단위체들 및 상기 제1 리프트 오프 박막 상에 스페이서용 박막을 등사적(conformal)으로 형성하고, 상기 스페이서용 박막을 이방성 식각함으로써 형성될 수 있다.
- [0013] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 스페이서는 산화물 또는 질화물로 이루어질 수 있다.
- [0014] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 리프트 오프 박막을 상기 기판으로부터 박리(lift off)시키고, 상기 메타 단위체들 사이에 상기 스페이서를 정렬시키는 공정이 추가적으로 수행될 수 있다.
- [0015] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 스페이서는, 상기 제1 리프트 오프 박막을 상기 기판으로부터 박리(lift off)시켜 상기 메타 단위체들을 개별화시키고, 상기 메타 단위체들에 대하여 딥 코팅 공정을 통하여 상기 메타 단위체들 각각을 감싸는 스페이서를 형성하고, 상기 메타 단위체들 사이에 스페이서를 정렬시킴으로써 형성될 수 있다. 여기서, 상기 딥 코팅 공정은 나노 입자가 분산된 분산 용액 또는 졸-겔 용액을 이용하여 수행될 수 있다. 또한, 상기 나노 입자는 산화물 또는 질화물을 포함할 수 있다.

### 발명의 효과

- [0016] 본 발명의 실시예들에 따르면, 메타 단위체들 사이에 스페이서를 형성함으로써 상기 메타 단위체들 사이의 간격이 용이하게 제어될 수 있다. 이로써 메타 단위체들 및 스페이서를 포함하는 나노 메타 구조물은 가시광선 영역대에서 메타 특성을 구현할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1 내지 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 나노 메타 구조물의 제조 방법을 설명하기 위한 단면도들이다. 도 8 내지 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노 메타 구조물의 제조 방법을 설명하기 위한 단면도들이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들에 대해 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 첨부된 도면에 있어서, 대상물들의 크기와 양은 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대 또는 축소하여 도시한 것이다.
- [0019] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.
- [0020] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "구비하다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 다른 특징들이나 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0021] 한편, 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형

식적인 의미로 해석되지 않는다.

- [0022] 도 1 내지 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 나노 메타 구조물의 제조 방법을 설명하기 위한 단면도들이다.
- [0023] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 나노 메타 구조물의 제조 방법에 있어서, 기판(101) 상에 제1 리프트 오프막(111)을 형성한다. 상기 제1 리프트 오프막(111)은 후속하는 리프트 오프 공정에서 용이하게 기판(101)으로부터 제거될 수 있다.
- [0024] 한편, 상기 제1 리프트 오프막(111) 상에는 보호막(116)이 추가적으로 형성될 수 있다. 상기 보호막(116)은 후속하는 스페이서(150, 도 6 참조)와 동일한 물질로 이루어질 수 있다. 이로써 상기 스페이서(150)를 형성하기 위한 식각 공정에서 상기 보호막(116)은 상기 리프트 오프막의 손상을 억제할 수 있다. 예를 들면, 상기 스페이서(150)가 산화물로 이루어질 경우, 상기 보호막(116)은 산화물로 이루어질 수 있다.
- [0025] 도 2를 참조하면, 상기 제1 리프트 오프막(111)의 상부에 제2 리프트 오프막 패턴(121)을 형성한다.
- [0026] 상기 제2 리프트 오프막 패턴(121)은 예를 들면 고분자 물질로 이루어질 수 있다. 즉, 상기 제1 리프트 오프막(111) 상에 제2 리프트 오프막(미도시)이 형성된다. 이후, 상기 제2 리프트 오프막은 나노 임프린트 리소그래피 공정을 통하여 패터닝됨으로써 상기 제2 리프트 오프막 패턴(121)이 형성될 수 있다.
- [0027] 상기 나노 임프린트 리소그래피 공정에 따르면, 상기 고분자 물질로 이루어진 상기 제2 리프트 오프막에 대하여 스탬프를 이용하는 가압 공정 및 경화 공정을 통하여 상기 제2 리프트 오프막이 용이하게 패터닝될 수 있다. 상기 경화 공정은 예를 들면, 열경화 공정 또는 자외선 경화 공정을 포함할 수 있다.
- [0028] 이로써 상기 제2 리프트 오프막 패턴들(121) 사이에는 상기 제1 리프트 오프막(111)의 상부 표면이 부분적으로 노출될 수 있다. 또한, 상기 보호막(116)이 추가적으로 형성된 경우에는 상기 보호막(116)의 상부 표면이 부분적으로 노출될 수 있다.
- [0029] 도 3을 참조하면, 상기 제2 리프트 오프막 패턴들(121) 사이의 상기 노출된 제1 리프트 오프막(111) 상에 메타 단위체들(130)이 형성된다.
- [0030] 상기 메타 단위체들(130) 각각은 상호 평행한 제1 금속 박막 패턴(131)과 제2 금속 박막 패턴(135) 및 상기 제1 및 제2 금속 박막 패턴들 사이에 개재된 유전체 박막 패턴(133)을 포함한다. 즉, 도식된 바와 같이 상기 메타 단위체들(130) 각각은 순차적으로 수직 적층된 제1 금속 박막 패턴, 유전체 박막 패턴 및 제2 금속 박막 패턴을 포함할 수 있다. 이와 다르게, 상기 메타 단위체들(130) 각각은 수직 방향으로 형성된 제1 금속 박막 패턴, 유전체 박막 패턴 및 제2 금속 박막 패턴을 포함할 수 있다. 이때, 상기 메타 단위체들(130)은 상기 제2 리프트 오프막 패턴(121) 상부에도 형성될 수 있다.
- [0031] 상기 제1 금속 박막 패턴, 유전체 박막 패턴 및 제2 금속 박막 패턴은 전자빔 증착법(E-beam evaporation), 스퍼터링법(sputtering), 나노입자 코팅 및 화학기상증착법(chemical vapor deposition) 등 다양하게 공정을 통하여 형성될 수 있다.
- [0032] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제2 금속 박막 패턴 상에는 캡핑막 패턴이 추가적으로 형성될 수 있다. 상기 캡핑막 패턴은 후속하는 리프트 오프 공정 또는 이방성 식각 공정에서 상기 제2 금속 박막 패턴의 손상을 억제할 수 있다.
- [0033] 도 4를 참조하면, 상기 제2 리프트 오프막 패턴(121)을 기판(101)으로부터 제거한다. 이로써 상기 제2 리프트 오프막 패턴(121) 상부에 형성된 상기 메타 단위체들(130)은 제거되는 반면에, 상기 노출된 제1 리프트 오프막(111) 상에 메타 단위체들(130)이 잔류한다. 이로써 상호 일정 간격으로 이격된 메타 단위체들(130)이 상기 제1 리프트 오프 막 상에 형성된다. 상기 제2 리프트 오프막 패턴(121)을 기판(101)으로부터 제거하기 위하여, 식각액 또는 탈이온수를 이용하는 리프트 오프 공정이 수행될 수 있다.
- [0034] 도 5를 참조하면, 상기 제1 리프트 오프 막 및 상기 메타 단위체들(130) 상에 스페이서용 박막(151)을 형성한다. 상기 스페이서용 박막(151)은 예를 들면 산화물 또는 질화물로 이루어질 수 있다. 상기 스페이서용 박막(151)은 플라즈마 증대 화학적 기상 증착 공정 또는 원자층 적층 공정을 통하여 형성될 수 있다. 상기 스페이서용 박막(151)의 두께는 용이하게 조절될 수 있다. 이로써 상기 스페이서용 박막(151)의 두께는 후속하는 식각 공정에서 상기 메타 단위체들(130) 사이의 간격을 결정한다. 결과적으로 상기 스페이서용 박막(151)의 두께가 조절됨에 따라 상기 메타 단위체들(130) 사이의 간격이 조절될 수 있다.

- [0035] 도 6을 참조하면, 상기 스페이서용 박막(151)을 이방성 식각공정을 통하여 식각함으로써 상기 메타 단위체들(130) 각각의 측벽에 스페이서(150)를 형성한다. 상기 스페이서(150)는 상기 메타 단위체들(130) 각각의 측벽에 선택적으로 잔류한다. 상기 이방성 식각 공정의 예로는 플라즈마를 이용한 식각 공정을 들 수 있다. 이때 상기 캡핑막 패턴 및 상기 보호층은 상기 이방성 식각 공정에서 그 하부에 형성된 제2 금속 박막 패턴 및 제1 리프트 오프막(111)의 손상을 억제할 수 있다.
- [0036] 도 7을 참조하면, 상기 제1 리프트 오프막(111)을 상기 기판(101)으로부터 제거한다. 이로써 상기 메타 단위체들(130) 및 상기 메타 단위체들(130) 각각의 측벽을 감싸는 스페이서(150)를 포함하는 금속 메타 구조물이 제조된다. 이때 상기 스페이서(150)의 두께들이 상기 메타 구조물들 사이의 간격을 결정함으로써 메타 구조물들 사이의 간격이 용이하게 조절될 수 있다.
- [0037] 도 8 내지 도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노 메타 구조물의 제조 방법을 설명하기 위한 단면도들이다.
- [0038] 도 8을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 나노 메타 구조물의 제조 방법에 있어서, 기판(201) 상에 제1 리프트 오프막(211)을 형성한다. 상기 제1 리프트 오프막(211)은 후속하는 리프트 오프 공정에서 용이하게 기판(201)으로부터 제거될 수 있다.
- [0039] 한편, 도 1 내지 도 7을 참고로 전수한 나노 메타 구조물의 제조 방법과 다르게, 상기 제1 리프트 오프막(211) 상에 보호막(116, 도1 참조)의 형성이 생략될 수 있다. 이는 스페이서를 형성하기 위한 식각 공정 대신에 딥 코팅 공정이 수행되기 때문이다.
- [0040] 도 9를 참조하면, 상기 제1 리프트 오프막(211)의 상부에 제2 리프트 오프막 패턴(221)을 형성한다.
- [0041] 상기 제2 리프트 오프막 패턴(221)은 예를 들면 고분자 물질로 이루어질 수 있다. 즉, 상기 제1 리프트 오프막(211) 상에 제2 리프트 오프막이 형성된다. 이후, 상기 제2 리프트 오프막은 나노 임프린트 리소그래피 공정을 통하여 패턴닝됨으로써 상기 제2 리프트 오프막 패턴(221)이 형성될 수 있다.
- [0042] 상기 나노 임프린트 리소그래피 공정에 따르면, 상기 고분자 물질로 이루어진 상기 제2 리프트 오프막에 대하여 스탬프를 이용하는 가압 공정 및 경화 공정을 통하여 상기 제2 리프트 오프막이 용이하게 패턴닝될 수 있다. 상기 경화 공정은 예를 들면, 열경화 공정 또는 자외선 경화 공정을 포함할 수 있다.
- [0043] 이로써 상기 제2 리프트 오프막 패턴들(221) 사이에는 상기 제1 리프트 오프막(211)의 상부 표면이 부분적으로 노출될 수 있다.
- [0044] 도 10을 참조하면, 상기 제2 리프트 오프막 패턴들(221) 사이의 상기 노출된 제1 리프트 오프막(211) 상에 메타 단위체들(230)이 형성된다.
- [0045] 상기 메타 단위체들(230) 각각은 상호 평행한 제1 금속 박막 패턴(131)과 제2 금속 박막 패턴(135) 및 상기 제1 및 제2 금속 박막 패턴들 사이에 개재된 유전체 박막 패턴(133)을 포함한다. 즉, 도식된 바와 같이 상기 메타 단위체는 순차적으로 수직 적층된 제1 금속 박막 패턴, 유전체 박막 패턴 및 제2 금속 박막 패턴을 포함할 수 있다. 이와 다르게, 상기 메타 단위체는 수직 방향으로 형성된 제1 금속 박막 패턴, 유전체 박막 패턴 및 제2 금속 박막 패턴을 포함할 수 있다. 이때, 상기 메타 단위체들(230)은 상기 제2 리프트 오프막 패턴(221) 상부에도 형성될 수 있다.
- [0046] 상기 제1 금속 박막 패턴, 유전체 박막 패턴 및 제2 금속 박막 패턴은 전자빔 증착법(E-beam evaporation), 스퍼터링법(sputtering), 나노입자 코팅 및 화학기상증착법(chemical vapor deposition) 등 다양하게 공정을 통하여 형성될 수 있다.
- [0047] 도 11을 참조하면, 상기 제2 리프트 오프막 패턴(221)을 기판(201)으로부터 제거한다. 이로써 상기 제2 리프트 오프막 패턴(221) 상부에 형성된 상기 메타 단위체들(230)은 제거되는 반면에, 상기 노출된 제1 리프트 오프막(211) 상에 메타 단위체들(230)이 잔류한다. 이로써 상호 일정 간격으로 이격된 메타 단위체들(230)이 상기 제1 리프트 오프 박막 상에 형성된다. 상기 제2 리프트 오프막 패턴(221)을 기판(201)으로부터 제거하기 위하여, 식각액 또는 탈이온수를 이용하는 제1 리프트 오프 공정이 수행될 수 있다.
- [0048] 도 12를 참조하면, 상기 제1 리프트 오프막(211)을 상기 기판(201)으로부터 제거한다. 이로써 상기 메타 단위체들(230)이 개별화된다. 상기 제1 리프트 오프막을 기판(201)으로부터 제거하기 위하여, 식각액 또는 탈이온수를

이용하는 제2 리프트 오프 공정이 수행될 수 있다.

[0049] 도 13을 참조하면, 상기 메타 단위체들(230)에 대하여 딥 디핑 공정을 수행하여 상기 메타 단위체들(230) 각각을 감싸는 스페이서(250)를 형성한다. 상기 스페이서(250)는 상기 메타 단위체들(230) 각각의 상하부 및 측벽을 모두 둘러싸도록 구비될 수 있다.

[0050] 상기 딥 디핑 공정은 나노 입자가 분산된 분산 용액 또는 졸-겔 용액을 이용하여 수행될 수 있다. 이때 나노 입자는 산화물 또는 질화물로 이루어 질 수 있다.

[0051] 도 14를 참조하면 상기 메타 단위체들(230) 사이에 상기 스페이서(250)를 정렬시킴으로써 상기 메타 단위체들(230) 및 상기 메타 단위체들(230) 각각을 감싸는 스페이서(250)를 포함하는 금속 메타 구조물이 제조된다. 이때 상기 스페이서(250)의 두께들이 상기 메타 구조물들 사이의 간격을 결정함으로써 메타 단위체들(230) 사이의 간격이 용이하게 조절될 수 있다.

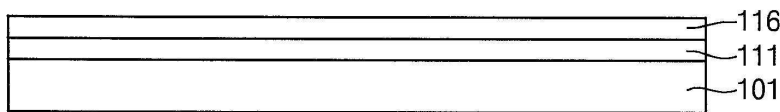
### 산업상 이용가능성

[0052] 본 발명의 실시예들에 따른 나노 메타 구조물에 포함된 메타 단위체들 사이의 간격이 용이하게 조절됨으로써 적용 파장대를 가시광 대역에서 자외선 영역대까지 조절가능하다. 따라서, 상기 나노 메타 구조물은 초고해상도 이미징 시스템, 태양열 완전 흡수체, 태양광기반 수소 생산 시스템 등에 적용될 경우, 그 효율이 개선될 수 있다.

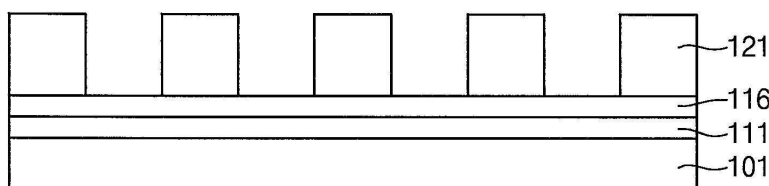
[0053] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시 예를 참조하여 설명하였지만, 당업계에서 통상의 지식을 가진 자라면 이하의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역을 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

### 도면

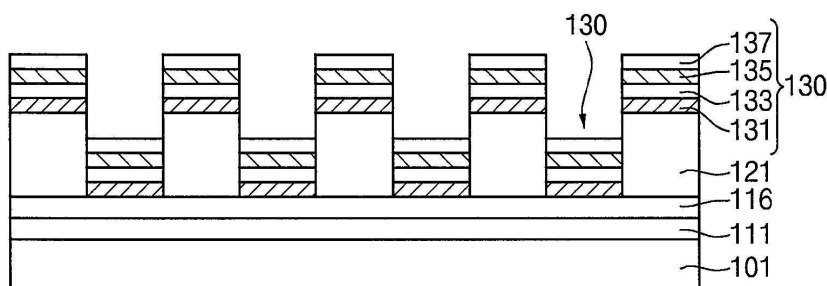
도면1



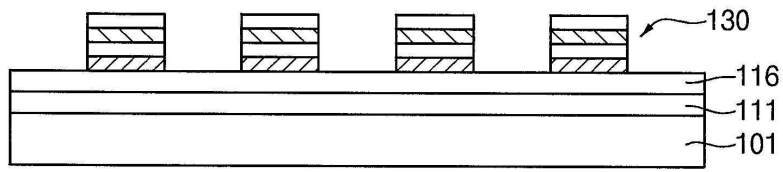
도면2



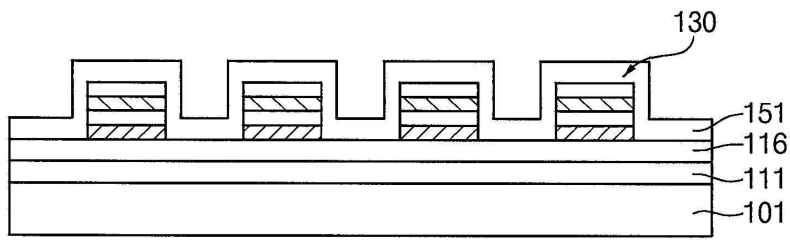
도면3



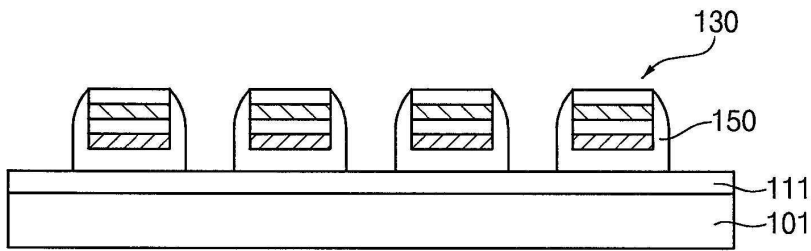
도면4



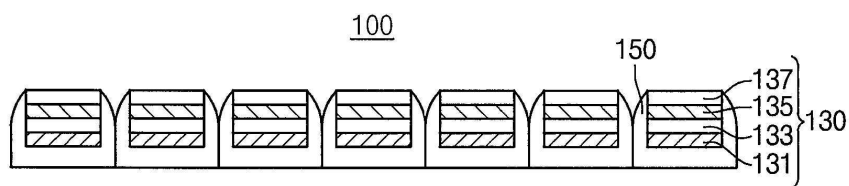
도면5



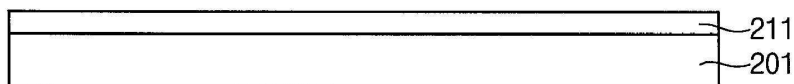
도면6



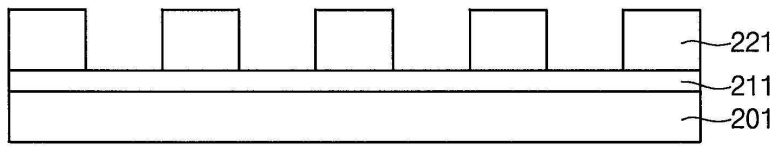
도면7



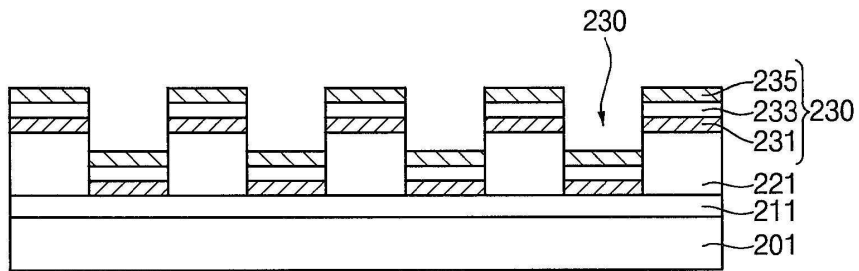
도면8



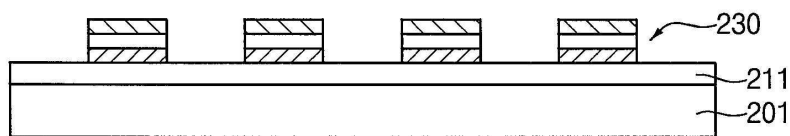
도면9



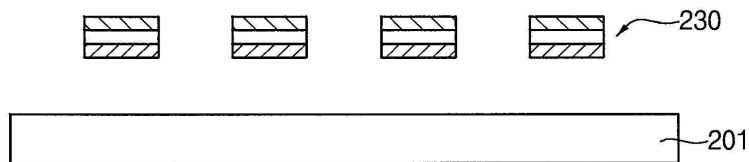
도면10



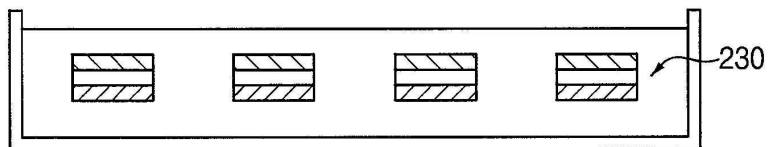
도면11



도면12



도면13



도면14

