



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년09월07일
(11) 등록번호 10-1062789
(24) 등록일자 2011년08월31일

(51) Int. Cl.

H01L 33/50 (2010.01)

(21) 출원번호 10-2009-0055629

(22) 출원일자 2009년06월22일

심사청구일자 2009년06월22일

(65) 공개번호 10-2010-0137284

(43) 공개일자 2010년12월30일

(56) 선행기술조사문헌

KR100659900 B1*

KR100819337 B1*

KR1020090105114 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

한국과학기술원

대전 유성구 구성동 373-1

(72) 발명자

최경철

대전광역시 유성구 구성동 한국과학기술원 5-5223

이성민

대전광역시 유성구 구성동 한국과학기술원 영상처리동 E3-3 1328호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인명문

전체 청구항 수 : 총 9 항

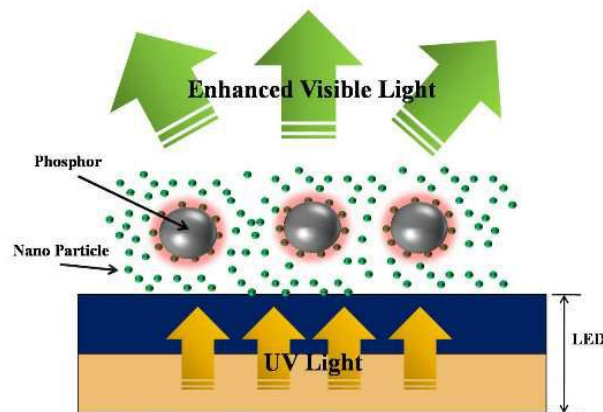
심사관 : 문태진

(54) 표면 플라즈몬 공명 현상을 이용한 자외선 발광 다이오드 소자

(57) 요약

본 발명은 형광체의 발광 특성을 향상시켜 LED의 전력 소비를 줄이고 휘도를 증가시켜 효율을 크게 향상시킬 수 있도록 하는 새로운 구조의 자외선 발광 다이오드에 관한 것으로서, 자외선 영역의 광이 방출되는 LED 칩; 및 상기 LED 칩으로부터 방출된 자외선 광에 의해 여기되면서 발광하는 형광체층을 포함하며, 상기 형광체층에는 형광체의 발광 특성을 향상시키기 위한 금속 나노체들이 구비되어 금속 나노체의 표면 플라즈몬 공명 현상에 의해 형광체의 여기 및 발광 특성을 강화시켜 전력 소비를 줄이고 휘도 특성이 크게 증가할 수 있도록 한다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

조관현

대전광역시 서구 월평동 218 주공아파트 210-606

양기열

경상북도 포항시 북구 용흥동 쌍용아파트 102동
1304호

김우현

충청남도 계룡시 남선면 부남리 장군관사 302동
203호

특허청구의 범위

청구항 1

자외선 영역의 광이 방출되는 LED 칩; 및

상기 LED 칩으로부터 방출된 자외선 광에 의해 여기되면서 발광하는 형광체층을 포함하고,

상기 형광체층에는 금속 나노체들이 구비되어 상기 자외선 영역의 광의 입사에 의해 상기 금속 나노체 표면에 표면 플라즈몬 공명 현상이 발생하도록 하며,

상기 금속 나노체는 배열화된 금속 구조물인 자외선 발광 다이오드 소자.

청구항 2

자외선 영역의 광이 방출되는 LED 칩; 및

상기 LED 칩으로부터 방출된 자외선 광에 의해 여기되면서 발광하는 형광체층을 포함하며,

상기 형광체층을 구성하는 각 형광체 내부에 적어도 하나 이상의 금속 나노체가 구비되어 상기 자외선 영역의 광의 입사에 의해 상기 금속 나노체 표면에 표면 플라즈몬 공명 현상이 발생하도록 하는 자외선 발광 다이오드 소자.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 형광체층은 단색의 가시광선을 방출하는 형광체로 이루어지는 것을 특징으로 하는 자외선 발광 다이오드 소자.

청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 형광체층은 적어도 두 가지 이상의 형광체가 혼합되어 백색광이 방출되도록 하며,

상기 형광체는 청색을 발광하는 형광체 및 황록색이나 황색을 발광하는 형광체를 포함하는 것을 특징으로 하는 자외선 발광 다이오드 소자.

청구항 5

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 형광체층은 적어도 두 가지 이상의 형광체가 혼합되어 백색광이 방출되도록 하며,

상기 형광체 중 일부는 양자점(quantum dot) 구조로 포함되는 것을 특징으로 하는 자외선 발광 다이오드 소자.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 금속 나노체는 상기 형광체층의 상면에 배열되는 것을 특징으로 하는 자외선 발광 다이오드 소자.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 금속 나노체는 상기 LED 칩과 형광체층 사이에 배열되는 것을 특징으로 하는 자외선 발광 다이오드 소자.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 금속 나노체는 상기 LED 칩과 형광체층 사이, 및 상기 형광체층 상면에 각각 배열되는 것을 특징으로 하는 자외선 발광 다이오드 소자.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 금속 나노체는 상기 형광체층의 형광체와 혼합되어 형광체층 내부에 위치하는 것을 특징으로 하는 자외선 발광 다이오드 소자.

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 자외선 발광 다이오드 소자에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 형광체의 발광 특성을 향상시켜 LED의 발광 휘도 및 효율이 향상될 수 있도록 하는 자외선 발광 다이오드 소자에 관한 것이다.

배경기술

[0002] LED 소자는 최근 휴대폰 및 모니터 LCD, 및 LCD TV 백라이트에서부터 조명기기까지 널리 사용될 수 있어 각광받고 있는 디스플레이 소자이다.

[0003] LED 소자는 빛을 방출하는 반도체 칩 위에 반도체 칩으로부터 발생하는 자외선 광 또는 청색 광을 여기 파장으로 사용할 수 있는 형광체가 도포되는데, LED 소자의 발광 효율을 높이기 위한 방법으로서, 반도체 칩이 위치한 방향으로 금속 재질로 이루어진 반사판을 배치하여 후면 측(반도체 칩 방향)으로 방출되면서 손실되는 광이 반사판을 통해 전면으로 나갈 수 있도록 하거나, 높은 휘도 특성을 갖는 새로운 조성의 형광체를 개발하여 LED에 적용하는 기술이 개발되어왔다.

[0004] 또한, 백색광을 내는 백색LED의 경우에는 컬러 필름이나 염료 등을 사용하여 색 순도를 좋게 하는 기술들이 개발되어 왔는데, 특히 최근에는 형광체에 CdSe와 같은 양자점을 섞어 형광체층을 형성함으로써 고휘도의 백색 LED를 구현하는 방법이 제안되어 왔다.

발명의 내용

[0005] 본 발명은 상술한 바와 같은 요구에 따라 안출된 것으로서, 형광체의 발광 특성을 향상시켜 LED의 전력 소비를 줄이고 휘도를 증가시켜 효율을 크게 향상시킬 수 있도록 하는 새로운 구조의 자외선 발광 다이오드를 제안하는 것을 목적으로 한다.

[0006] 이를 위한 본 발명의 일실시예에 따른 자외선 발광 다이오드 소자는, 자외선 영역의 광이 방출되는 LED 칩; 및 상기 LED 칩으로부터 방출된 자외선 광에 의해 여기되면서 발광하는 형광체층을 포함하며, 상기 형광체층에는 형광체의 발광 및 흡수 파장에서 플라즈몬 공명을 보이는 금속 나노체들이 구비되어 상기 자외선이 상기 금속 나노체에 입사되면 상기 금속 나노체 표면에서 발생하는 표면 플라즈몬이 공명하면서 상기 금속 나노체 주위에 있는 형광체가 더 효율적으로 여기 및 발광되도록 하며, 이에 따라 형광체의 휘도 특성이 크게 증가할 수 있도록 한다.

[0007] 이때, 상기 형광체는 가시광선 파장에서 발광 스펙트럼을 갖는 발광체로서 단색광을 위한 한가지 형광체, 또는 백색광을 위한 두 가지 이상의 형광체가 혼합되어 형광체층이 형성될 수 있으며, 형광체와 양자점이 혼합된 형광체층이 형성됨에 따라 백색광이 나타날 수도 있다.

[0008] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 자외선 발광 다이오드 소자는 형광체의 조성을 변화시키지 않고 금속 나노입자 또는 금속 나노 구조물을 이용하여 표면 플라즈몬 공명 현상이 일어날 수 있도록 함으로써 생산 비용을 절감할 수 있을 뿐 아니라 디스플레이 소자의 발광효율을 향상시켜 LED 소자의 전력 소모를 줄이면서도 고휘도의 특성을 얻을 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0009] 이하 첨부된 도면을 참조로 하여 본 발명의 실시예를 설명한다.

[0010] 도 1 은 본 발명의 실시예에 따른 자외선 발광 다이오드 소자의 구성이 도시된 도이다.

[0011] 본 발명의 실시예에 따른 자외선 발광 다이오드 소자(UV LED; UltraViolet Light Emitting Diode)는 도 1에 도시된 바와 같이, PN 접합 구조를 갖는 반도체 칩(LED 칩, 10) 및 상기 LED 칩(10)에 각각 연결되는 음극(C)과 양극(A)을 포함하여 구성된다.

[0012] LED 칩(10)은 다양한 화합물 반도체로 이루어져, 전자와 정공의 재결합으로 인해 자외선 영역의 빛을 방출하는 접합 구조로 형성되며, 음극(C)위에 배치되고 양극(A)과 금속으로 형성된 와이어(30)를 통해 연결됨으로써 빛을 방출하게 된다.

[0013] LED 칩(10)의 상면에는 형광체층(20)이 도포되는데, LED 칩(10)의 접합부에서 발생하는 200nm ~ 400nm 부근의 자외선 광이 형광체에 조사되면 형광체가 여기되며, 여기된 형광체가 다시 안정한 상태로 돌아갈 때 가시광선이 방출됨으로써 LED가 점등하게 된다.

[0014] 따라서, 상기 형광체층(20)을 이루는 형광체 물질의 종류에 따라 다양한 종류의 색을 가진 빛이 방출될 수 있는데, 한가지 색의 빛을 방출하는 형광체 물질로 이루어진 형광체층을 도포하면 단색광을 얻을 수 있으며, 서로 다른 빛을 방출하는 두가지 이상의 형광체 물질이 혼합된 경우에는 각각의 빛이 혼합된 색으로 나타나게 된다.

[0015] 특히, 백색광을 방출하는 백색 LED의 경우에는 백색광을 발광하기 위해 적어도 2가지 이상의 형광체를 혼합하여 도포하는데, 예를 들면 청색 발광을 위한 형광체와 황록색/황색 발광을 위한 형광체를 섞어 LED 칩(10) 위에 도포함으로써 혼합된 색이 백색으로 나타날 수 있도록 한다. 또한, 다수 종류의 형광체 중 일부를 특정 파장 영역에서 발광하는 양자점(quantum dot) 구조로 대체되어 백색광이 나타나게 할 수도 있다.

[0016] 이때, 특정 색을 나타내기 위한 형광체 물질이나 배합에 대한 구체적인 예는 본 발명에 따른 발광 다이오드의 특징을 설명하는 데에는 직접적인 관련이 없으므로 이에 대한 보다 구체적인 설명은 생략하도록 한다.

[0017] 본 발명의 일실시예에 따른 자외선 발광 다이오드 소자는 상술한 구성에 더하여 형광체의 휘도 특성을 개선하기 위한 방법으로서 도 2에 도시된 바와 같이 금속 나노체(40)를 형광체층(20)에 위치시켜 금속 나노체(40)의 표면 플라즈몬 공명 현상에 의해 형광체의 여기 특성을 강화시키는 것을 주된 특징으로 한다.

[0018] 따라서, 상기 자외선 발광 다이오드는 형광체층(20)에 금속 나노체(40)를 더하여 구비되는 것이므로 단색 LED 또는 백색 LED 등에 한정되지 않고 적용될 수 있다.

[0019] 이때, 표면 플라즈몬 공명 현상에 따른 형광체와 금속 나노체의 상호작용에 대해 설명하면 다음과 같다. 도 2 는 본 발명의 실시예에 있어서, 형광체와 금속 나노체의 상호작용이 도시된 개념도이다.

[0020] 표면 플라즈몬 공명 현상은 금속 박막 표면의 가까운 거리에서 발생하는 형광이 표면 플라즈몬에 의해 강화되는 현상을 나타내는 것으로, 표면 플라즈몬(surface plasmon)은 금속 입자 표면에 존재하는 전자들의 집단적인 진동을 나타낸다.

[0021] 본 발명의 실시예에서, 자외선 광이 금속 나노체가 구비된 형광체층에 입사하게 되면 금속 나노체의 표면 전자 진동에 영향을 주면서 금속 나노체 주위에 표면 플라즈몬 공명현상이 일어난다. 이에 따라 금속 나노체의 근접 영역에는 국부화된 강한 전자기장이 유도되며 유도된 전자기장이 상기 근접 영역 내 존재하는 형광체들에 영향을 주어 형광체의 에너지 흡수 강도 및 여기 강도가 증가하는 데 도움을 주게 된다. 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 금속 나노체로는 형광체층을 구성하는 해당 형광체의 발광 영역 및 흡광 영역에서 표면 플라즈몬 공명 특성을 보이는 물질이 적용될 수 있다.

- [0022] 또한 표면 플라즈몬 공명 현상이 발생함에 따라 형광체의 여기된 전자들이 광자를 방출하면서 바닥상태로 돌아가는데 걸리는 시간이 감소하게 되며, 이에 따라 형광체가 다시 여기되는 데 걸리는 시간이 줄어들어 발광 강도가 증가되는 효과를 얻을 수 있는 것이다.
- [0023] 따라서, 상술한 바와 같이 UV LED 소자의 형광체층에 금속 나노체를 구비하게 되면 형광체의 조성을 변화시키지 않고 그대로 사용하면서도 형광체의 발광 특성을 개선하여 발광 효율을 증가시킬 수 있게 되므로 큰 공정상의 변화없이 용이하게 적용될 수 있으며 이에 따라 저비용으로 고효도/고효율의 자외선 발광 다이오드 소자를 구현할 수 있다.
- [0024] 여기서, 상기 금속 나노체는 금속 나노입자들 또는 금속 나노구조물을 통칭하는 것으로, 각각에 대한 구체적인 실시예는 후술한다.
- [0025] 금속 나노입자들은 금, 은, 니켈, 알루미늄 등의 금속이나 구리, 철 등 표면에 전자를 다수 가지고 있는 전이 금속 물질로 이루어질 수 있다.
- [0026] 금속 나노입자는 수nm~ 수백nm의 크기로 형성될 수 있는데, 열 증착 방식이나 전자빔 증착 방식으로 형광체층에 위치시킬 수 있다. 이러한 경우 나노입자의 모양이 클러스터 형상을 갖는 것으로 나타나며, 입자 합성을 통해 형성될 경우 금속 나노입자의 형태는 원자단위가 모여있는 클러스터부터 구형, 4면체, 6면체, 8면체 및 막대 기둥 등 다양한 형상으로 이루어질 수 있다. 또한, 표면 플라즈몬 공명 현상이 강하게 발생하는 것으로 알려져 있는 보우-타이 형상으로 이루어질 수도 있다.
- [0027] 따라서, 형광체층에 구비되는 금속 나노입자는 하나의 형상을 갖는 나노 입자만이 구비되거나 서로 다른 형상과 크기의 나노 입자들이 혼합되어 구비될 수도 있다.
- [0028] 금속 나노입자가 알갱이 모양으로 형성되어 불규칙적으로 비배열화되어 있는 데 반해, 금속 나노구조물은 일정한 모양으로 형성되어 형광체층에 규칙적으로 배열된다.
- [0029] 금속 나노구조물의 모양 및 배열 형태는 실시 조건에 따라 다양하게 형성하여 구성될 수 있는데, 본 발명의 실시예에서는 도 7 내지 도 10에 도시된 바와 같이 삼각형 또는 역삼각형 형상의 단위 나노구조물이 연속적으로 일정하게 배열된 형태가 도시되어 있다. 이러한 금속 나노구조물은 상술한 금속 나노입자와 동일한 물질로 이루어지는 것이 바람직하며, 단위 구조물의 크기도 수nm~ 수백nm 크기로 형성되는 것이 바람직하다.
- [0030] 도 3 내지 도 6 은 본 발명에 있어서, 금속 나노입자가 형광체층에 형성된 여러가지 실시예가 도시된 단면도이다.
- [0031] 도시된 바와 같이, 도 3 은 금속 나노입자(40a)가 형광체층(20) 위의 표면에 위치한 구조를 보여준다. LED 칩(10)으로부터 자외선 영역의 광이 형광체층(20)으로 입사되면 입사된 자외선 광이 형광체층(20)의 다수 형광체를 여기시키며, 여기된 형광체가 바닥상태로 돌아가면서 가시광선을 방출하게 된다. 따라서 입사된 자외선 광 중 일부 또는 형광체층(20)의 상면으로 진행하는 가시광선이 형광체층 표면의 금속 나노입자(40a)에 입사하면서 금속 나노입자 주위에 표면 플라즈몬 공명 현상이 발생하게 되며, 그에 따라 금속 나노입자들(40a)과 형광체층(20)이 근접한 영역 내 존재하는 형광체들의 여기 및 발광 특성이 강화된다.
- [0032] 도 4 는 도시된 바와 같이, 금속 나노입자(40b)가 LED 칩(10)과 형광체층(20) 사이, 즉 형광체층(20) 아래에 위치한 구조를 보여준다. 이러한 경우 금속 나노입자(40b)가 LED 칩(10)에 거의 근접하여 위치하므로 LED 칩(10)에서 방출된 자외선 영역의 광은 대부분의 금속 나노입자(40b)에 입사되어 표면 플라즈몬 공명 현상이 일어나며, 그에 따라 금속 나노입자(40b) 주위 영역에 존재하는 형광체들이 보다 강하게 자주 여기될 수 있도록 한다.
- [0033] 또한, 도시된 바와 같이, 도 5 는 금속 나노입자(40c)가 형광체층(20)의 위, 아래에 모두 위치한 구조를 보여주며, 금속 나노입자(40c)가 형광체층(20) 위, 아래 양쪽에서 모두 표면 플라즈몬 공명 현상을 일으켜 주위 형광체의 여기 및 발광 특성이 강화되도록 한다.
- [0034] 도 6 은 도시된 바와 같이, 금속 나노입자(40d)가 형광체와 같이 혼합되어 형광체층(20) 내에 분포되어 있는 구조를 보여준다. 금속 나노입자(40d)가 형광체층(20) 내에 분포함에 따라 LED 칩(10)으로부터 입사되는 자외선 및 상기 자외선에 의해 여기된 형광체로부터 방출되는 가시광선에 의해 표면 플라즈마 공명 현상이 일어날 수 있으며 금속 나노입자(40d) 주위 전체에 존재하는 형광체에 영향을 미치게 된다.
- [0035] 형광체층(20) 내 분포하는 상기 금속 나노입자(40d)는 여러 형태로 형광체층(20)을 구성하는 각 형광체와 혼합

될 수 있는데, 각 형광체 입자의 표면에 다수 부착되어 형광체에 자외선 영역의 광이 입사할 때 함께 반응하여 표면 플라즈몬 공명 현상이 일어나도록 하거나, 형광체 입자의 주위를 둘러싸는 셸(shell) 형상으로 이루어져 각 형광체와 혼합됨으로써 해당 형광체의 여기 및 발광 특성을 강화시킬 수 있다.

[0036] 또한, 상기 금속 나노입자(40d)는 각 형광체의 입자 내에 위치하여 형광체 입자를 구성하는 분자와 표면 플라즈몬 공명을 일으킬 수 있다. 일반적으로 형광체 입자의 크기는 적어도 1 μ m 이상인데 반해, 나노 입자는 수백nm 이하로 형성되며, 형광체 입자는 다수의 형광체 분자에 의한 입방체 구조를 가지고 있으므로 입방체 구조 내의 빈 공간에 적어도 하나 이상의 금속 나노입자(40d)가 존재하도록 형광체 입자를 형성하고, 이러한 형광체 입자를 도포하여 형광체층(20)을 형성하면 입자를 구성하는 분자 단위에서 표면 플라즈몬 공명 현상이 일어날 수 있으므로 형광체의 여기 및 발광 특성이 보다 강화될 수 있게 된다.

[0037] 다음, 도 7 내지 도 10 은 본 발명에 있어서, 금속 나노구조물이 형광체층에 형성된 여러가지 실시예가 도시된 단면도로서, 도시된 바와 같이 도 7 은 금속 나노구조물(40a')이 형광체층(20) 위에 위치한 구조를 보여주며, 도 8 은 금속 나노구조물(40b')이 형광체층(20) 아래에 위치한 구조를 보여준다.

[0038] 또한, 도 9 는 금속 나노구조물(40c')이 형광체층(20)의 위, 아래에 위치한 구조를 보여주고 있으며, 도 10 은 금속 나노구조물(40d')이 형광체와 같이 혼합되어 있는 구조를 보여준다. 상술한 도 7 내지 10에서 도시된 여러 실시예는 도 3 내지 도 6에 도시된 실시예에서의 배치 및 동작과 유사하게 이루어질 수 있다.

[0039] 이러한 금속 나노구조물은 상술한 바와 같이 각각의 개체가 일정한 모양으로 형성되어 규칙적으로 배열되도록 이루어지는 것이 바람직하며, 상술한 금속 나노입자와 같이 형광체의 흡수 및 발광 특성을 강화시킴으로써 발광 효율을 높여 전력소모를 줄이면서도 고휘도의 LED를 구현할 수 있도록 한다.

[0040] 이상과 같이 본 발명에 따른 표면 플라즈몬 공명을 이용한 자외선 발광 다이오드 소자를 예시된 도면을 참조로 하여 설명하였으나, 본 발명은 본 명세서에 개시된 실시예와 도면에 의해 한정되지 않으며 형광체층에 금속 나노체를 구비하여 표면 플라즈몬 공명 현상을 통해 형광체의 발광 특성을 강화시키도록 하는 본 발명의 기술사상은 보호되는 범위 이내에서 당업자에 의해 용이하게 응용될 수 있음은 자명하다.

도면의 간단한 설명

[0041] 도 1 은 본 발명의 실시예에 따른 자외선 발광 다이오드 소자의 구성이 도시된 도,

[0042] 도 2 는 본 발명의 실시예에 있어서, 형광체와 금속 나노체의 상호작용이 도시된 개념도,

[0043] 도 3 내지 도 6 은 본 발명에 있어서, 금속 나노입자가 형광체층에 형성된 여러가지 실시예가 도시된 단면도로서,

[0044] 도 3 은 금속 나노입자가 형광체층 위에 위치한 구조,

[0045] 도 4 는 금속 나노입자가 형광체층 아래에 위치한 구조,

[0046] 도 5 는 금속 나노입자가 형광체층의 위, 아래에 위치한 구조,

[0047] 도 6 은 금속 나노입자가 형광체와 같이 혼합되어 있는 구조가 도시된 단면도이며,

[0048] 도 7 내지 도 10 은 본 발명에 있어서, 금속 나노구조물이 형광체층에 형성된 여러가지 실시예가 도시된 단면도로서,

[0049] 도 7 은 금속 나노구조물이 형광체층 위에 위치한 구조,

[0050] 도 8 은 금속 나노구조물이 형광체층 아래에 위치한 구조,

[0051] 도 9 는 금속 나노구조물이 형광체층의 위, 아래에 위치한 구조, 및

[0052] 도 10 은 금속 나노구조물이 형광체와 같이 혼합되어 있는 구조가 도시된 단면도이다.

[0053] <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

[0054] A: 양극

C: 음극

[0055] 10: LED 칩

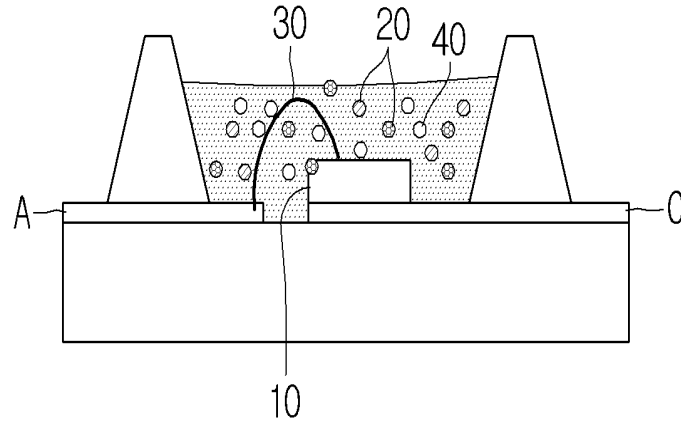
20: 형광체층

[0056] 30: 와이어

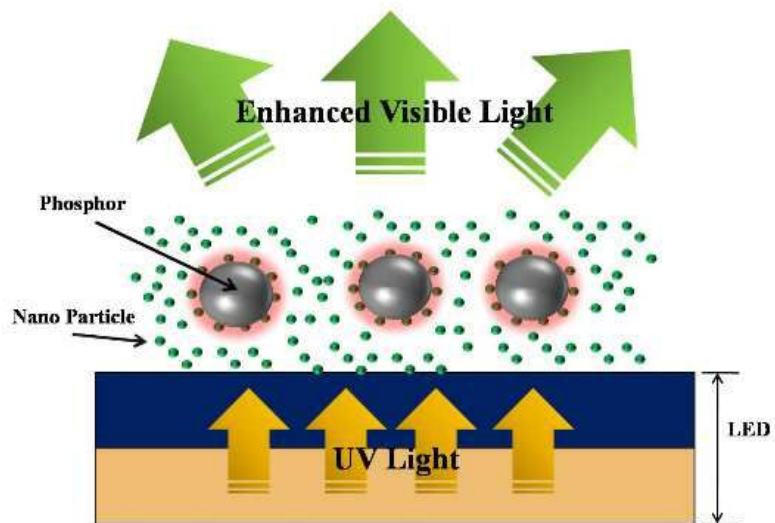
40: 금속 나노체

도면

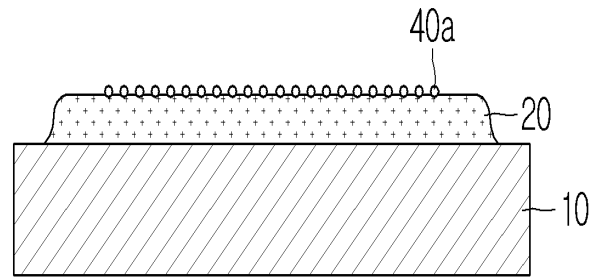
도면1



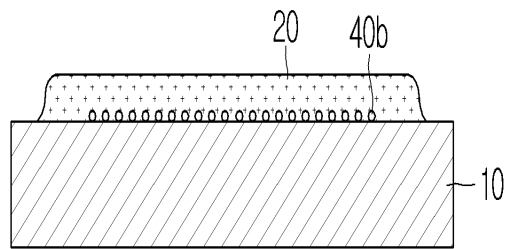
도면2



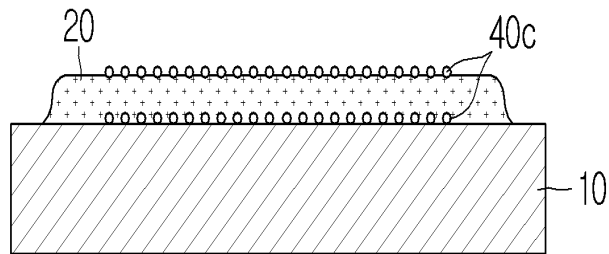
도면3



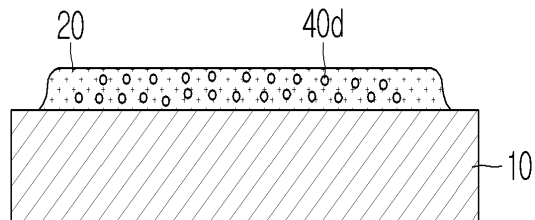
도면4



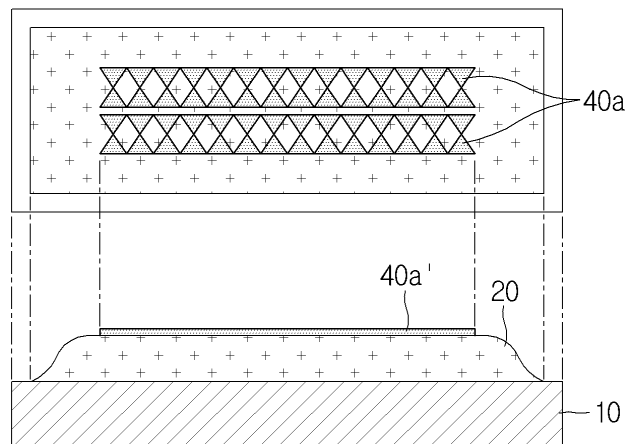
도면5



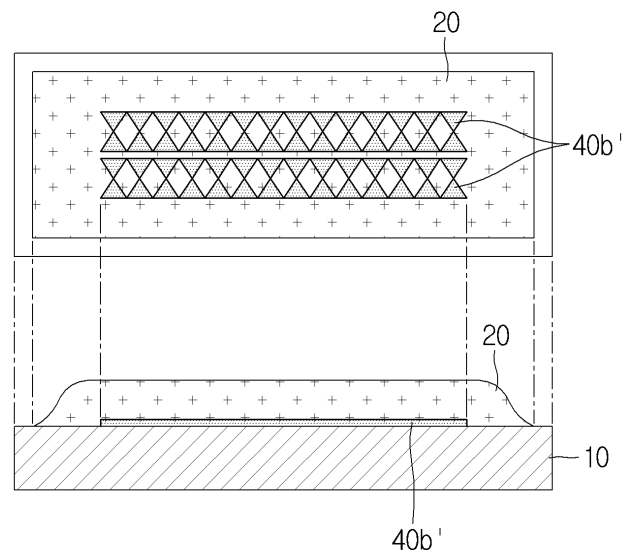
도면6



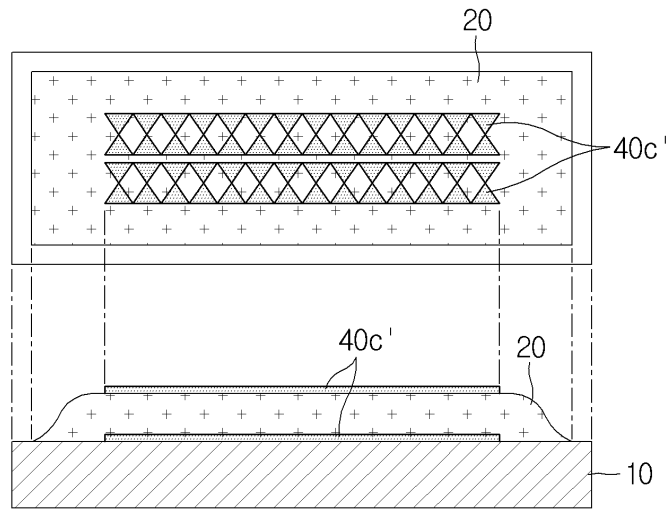
도면7



도면8



도면9



도면10

