



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0085946
(43) 공개일자 2017년07월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 6/12 (2006.01) F21V 8/00 (2016.01)
(52) CPC특허분류
G02B 6/12 (2013.01)
G02B 6/0073 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0165722
(22) 출원일자 2016년12월07일
심사청구일자 2016년12월07일
(30) 우선권주장
1020160005073 2016년01월15일 대한민국(KR)

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경
희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
고두현
경기도 성남시 분당구 판교원로 237, 709동 902
호(판교동, 판교원마을7단지아파트)
(74) 대리인
김연권

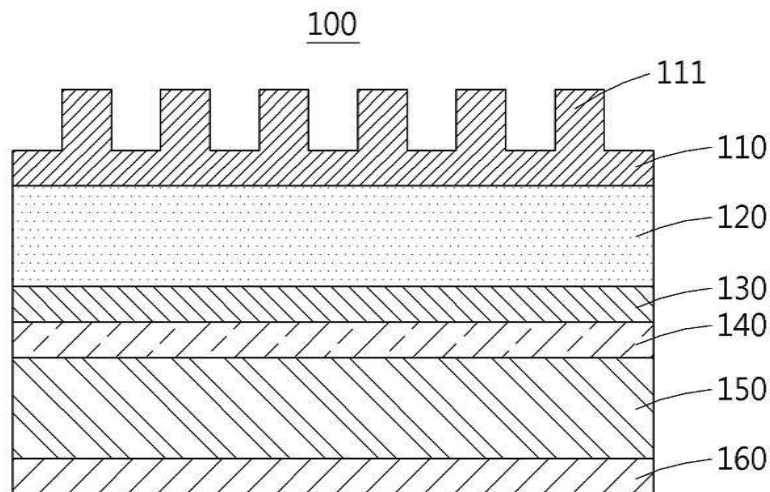
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 에너지 변환층, 이의 제조방법 및 이를 포함하는 광전 소자

(57) 요약

본 발명은 에너지 변환층, 이의 제조방법 및 이를 포함하는 광전 소자를 개시한다. 본 발명의 실시예에 따른 에너지 변환층은 투명 기판 상에 형성되고, 복수의 나노 구조물을 가지며, 란탄계열 복합체를 포함하여 자외선 영역의 광 에너지를 다운시키는 것을 특징으로 한다. 또한, 본 발명의 실시예에 따른 광전 소자는 투명 기판; 상기 투명 기판의 일 면에 형성된 제1 전극; 상기 제1 전극 상에 형성된 광전 변환층; 상기 광전 변환층 상에 형성된 제2 전극; 및 상기 투명 기판의 타 면에 형성되고, 광 입사면에 이중 프린팅 방식에 의해 형성된 복수의 나노 구조물을 가지며, 란탄계열 복합체를 포함하여 자외선 영역의 광 에너지를 다운시키는 에너지 변환층을 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G02B 2006/12126 (2013.01)

G02B 2207/101 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

투명 기관 상에 형성되고,
복수의 나노 구조물을 가지며,
란탄계열 복합체를 포함하여 자외선 영역의 광 에너지를 다운시키는 것을 특징으로 하는 에너지 변환층.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 복수의 나노 구조물은,
상기 자외선 영역의 광을 흡수하여 녹색광을 발광하는 테르븀(Tb)을 포함하는 복수의 제1 나노 구조물 및 상기 자외선 영역의 광을 흡수하여 적색광을 발광하는 유로퓸(Eu)을 포함하는 복수의 제2 나노 구조물을 포함하는 것을 특징으로 하는 에너지 변환층.

청구항 3

제2항에 있어서,
상기 복수의 제1 및 제2 나노 구조물은,
일 평면 상에 혼합되어 모아레(Moire) 패턴을 형성하는 것을 특징으로 하는 에너지 변환층.

청구항 4

제2항에 있어서,
상기 복수의 제1 나노 구조물은 임프린팅 몰드를 이용한 1차 프린팅에 의해 형성되며,
상기 복수의 제2 나노 구조물은 회전된 상기 임프린팅 몰드를 이용한 2차 프린팅에 의해 형성되는 것을 특징으로 하는 에너지 변환층.

청구항 5

제4항에 있어서,
상기 2차 프린팅시, 상기 임프린팅 몰드는 상기 1차 프린팅시에 적용된 임프린팅 몰드의 위치를 기준으로 5도 내지 30도 범위로 회전되는 것을 특징으로 하는 에너지 변환층.

청구항 6

제1항에 있어서,
상기 복수의 나노 구조물은,

나노 원기둥 패턴 또는 나노 원뿔 패턴인 것을 특징으로 하는 에너지 변환층.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 에너지 변환층은,

테르븀(Tb) 및 유로퓸(Eu)이 혼합된 퍼하이드로폴리실라잔(PHPS)인 것을 특징으로 하는 에너지 변환층.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 에너지 변환층은,

상기 에너지 변환층 내에서 상기 테르븀(Tb)을 $r(0 < r < 1)$ 만큼 포함하고, 상기 유로퓸(Eu)을 $1-r$ 만큼 포함하며, 상기 r 값을 변경하여 상기 에너지 변환층에서 발광되는 색을 조절하는 것을 특징으로 하는 에너지 변환층.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 복수의 나노 구조물은,

그 표면이 소수성 처리(hydrophobic treatment)되어 셀프 클리닝 기능을 갖는 것을 특징으로 하는 에너지 변환층.

청구항 10

자외선 영역의 광 에너지를 다운시키는 란타넘계열 복합체를 포함하는 고분자 기반의 세라믹 매트릭스를 투명 기판 상에 형성하는 단계;

상기 고분자 기반의 세라믹 매트릭스를 임프린팅 몰드로 1차 프린팅하여 복수의 제1 나노 구조물을 형성하는 단계; 및

상기 임프린팅 몰드를 회전시켜 상기 복수의 제1 나노 구조물이 형성된 상기 고분자 기반의 세라믹 매트릭스를 2차 프린팅하여 복수의 제2 나노 구조물을 형성하는 단계

를 포함하는 에너지 변환층의 제조방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 복수의 제1 나노 구조물은 상기 자외선 영역의 광을 흡수하여 녹색광을 발광하는 테르븀(Tb)을 포함하고,

상기 복수의 제2 나노 구조물은 상기 자외선 영역의 광을 흡수하여 적색광을 발광하는 유로퓸(Eu)을 포함하는 것을 특징으로 하는 에너지 변환층의 제조방법.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 복수의 제1 및 제2 나노 구조물은,
일 평면 상에 혼합되어 모아레(Moire) 패턴을 형성하는 것을 특징으로 하는 에너지 변환층의 제조방법.

청구항 13

제10항에 있어서,
상기 복수의 제2 나노 구조물을 형성하는 단계는,
상기 1차 프린팅시에 적용된 임프린팅 몰드의 위치를 기준으로 5도 내지 30도 범위로 회전시켜 상기 2차 프린팅하는 것을 특징으로 하는 에너지 변환층의 제조방법.

청구항 14

제10항에 있어서,
상기 고분자 기반의 세라믹 매트릭스를 제조하는 단계는,
퍼하이드로폴리실라잔(PHPS)에 테르븀(Tb)을 $r(0 < r < 1)$ 만큼 포함하고 유로퓸(Eu)을 $1-r$ 만큼 포함하되, 상기 에너지 변환층에서 발광될 색을 조절하기 위하여 상기 r 값을 변경하는 것을 특징으로 하는 에너지 변환층의 제조방법.

청구항 15

제10항에 있어서,
상기 복수의 제1 및 제2 나노 구조물 표면을 소수성 처리(hydrophobic treatment)하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 에너지 변환층의 제조방법.

청구항 16

투명 기판;
상기 투명 기판의 일 면에 형성된 제1 전극;
상기 제1 전극 상에 형성된 광전 변환층;
상기 광전 변환층 상에 형성된 제2 전극; 및
상기 투명 기판의 타 면에 형성되고, 광 입사면에 이중 프린팅 방식에 의해 형성된 복수의 나노 구조물을 가지며, 란탄계열 복합체를 포함하여 자외선 영역의 광 에너지를 다운시키는 에너지 변환층을 포함하는 광전 소자.

청구항 17

투명 기판의 일 면에 제1 전극을 형성하는 단계;
상기 투명 기판의 타 면에, 란탄계열 복합체를 포함하는 고분자 기반의 세라믹 매트릭스를 이중 프린팅하여 복수의 나노 구조물을 가지며, 자외선 영역의 광 에너지를 다운시키는 에너지 변환층을 형성하는 단계;
상기 제1 전극 상에 광전 변환층을 형성하는 단계; 및
상기 광전 변환층 상에 제2 전극을 형성하는 단계

를 포함하는 광전 소자의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 에너지 변환층, 이의 제조방법 및 이를 포함하는 광전 소자에 관한 것으로, 보다 상세하게는 나노 구조물로 이루어진 에너지 변환층, 이의 제조방법 및 이를 포함하는 광전 소자에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 광을 흡수하여 동작하는 태양전지 및 포토 다이오드와 같은 광전 소자 분야에서 에너지 효율을 극대화를 위해서는, 먼저 광 흡수량을 증가시켜야 한다.
- [0004] 일반적으로, 광전 소자는 가시광선 영역과 자외선 영역의 광을 이용하여 동작한다. 그러나, 자외선 영역의 광은 단파장 고에너지의 광으로, 표면 재결합 속도가 빠르고 유리나 봉지 물질에서 흡수되기 때문에 광 흡수량이 떨어진다.
- [0005] 따라서, 자외선 영역의 광 흡수량을 증가시키기 위하여, 광전 소자에 입사된 자외선 영역의 광 에너지를 다운(down)시키기 위한 에너지 변환층(예를 들어, LDS(Luminescent Down Shifting 구성))을 광전 소자의 상부에 배열하였다.
- [0006] 그러나, 에너지 변환층은 이의 제조 비용에 대비하여 LDS 효율이 좋지 못하다. 또한, 에너지의 제조 공정이 복잡하고, 고온에서 어닐링 공정을 수행해야 하므로, 열에 의한 손상으로 인해 상업화가 가능한 수준의 성능을 갖지 못한다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0008] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제2009-7020169호(2007.09.03), "액정 디스플레이에서 사용되는 낮은 표면 에너지 고분자 물질"
- (특허문헌 0002) 한국공개특허 제2012-0046342호(2012.05.02), "나노 임프린트 몰드 제조방법, 그것에 의해 제조된 나노 임프린트 몰드 및 그것을 이용한 발광 다이오드 제조방법"
- (특허문헌 0003) 미국공개특허 제2012/0046342호(2012.05.24), "COMPOSITION FOR FORMING RESIST UNDERLAYER FILM FOR NANOIMPRINT"

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명의 실시예들은 이중 프린팅 방식을 이용하여 복수의 나노 구조물로 이루어진 에너지 변환층을 제조함으로써, LDS 효율이 향상된 광전 소자 및 이의 제조방법을 제공한다.
- [0010] 또한, 본 발명의 실시예들은 이중 프린팅 방식을 이용하여 복수의 나노 구조물로 이루어진 에너지 변환층을 제조함으로써, 서로 다른 공간에 유로퓸(Eu) 및 테르븀(Tb)을 분리시켜 에너지 변환층을 통해 발광되는 색을 조절할 수 있는 광전 소자 및 이의 제조방법을 제공한다.
- [0011] 또한, 본 발명의 실시예들은 복수의 나노 구조물의 표면을 소수성 처리함으로써, 셀프 클리닝 기능을 갖는 광전 소자 및 이의 제조방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0013] 본 발명의 실시예에 따른 에너지 변환층은, 투명 기판 상에 형성되고, 복수의 나노 구조물을 가지며, 란탄계열 복합체를 포함하여 자외선 영역의 광 에너지를 다운시키는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 본 발명의 실시예에 따른 에너지 변환층에 있어서, 상기 복수의 나노 구조물은, 상기 자외선 영역의 광을 흡수하여 녹색광을 발광하는 테르븀(Tb)을 포함하는 복수의 제1 나노 구조물 및 상기 자외선 영역의 광을 흡수하여 적색광을 발광하는 유로퓸(Eu)을 포함하는 복수의 제2 나노 구조물을 포함할 수 있다.
- [0015] 상기 복수의 제1 및 제2 나노 구조물은, 일 평면 상에 혼합되어 모아레(Moire) 패턴을 형성할 수 있다.
- [0016] 상기 복수의 제1 나노 구조물은 임프린팅 몰드를 이용한 1차 프린팅에 의해 형성되며, 상기 복수의 제2 나노 구조물은 회전된 상기 임프린팅 몰드를 이용한 2차 프린팅에 의해 형성될 수 있다.
- [0017] 상기 2차 프린팅시, 상기 임프린팅 몰드는 상기 1차 프린팅시에 적용된 임프린팅 몰드의 위치를 기준으로 5도 내지 30도 범위로 회전될 수 있다.
- [0018] 본 발명의 실시예에 따른 에너지 변환층에 있어서, 상기 복수의 나노 구조물은, 나노 원기둥 패턴 또는 나노 원뿔 패턴일 수 있다.
- [0019] 본 발명의 실시예에 따른 에너지 변환층은, 테르븀(Tb) 및 유로퓸(Eu)이 혼합된 피하이드로폴리실라잔(PHPS)일 수 있다.
- [0020] 상기 에너지 변환층은 상기 에너지 변환층 내에서 상기 테르븀(Tb)을 $r(0 < r < 1)$ 만큼 포함하고, 상기 유로퓸(Eu)을 $1-r$ 만큼 포함하며, 상기 r 값을 변경하여 상기 에너지 변환층에서 발광되는 색을 조절할 수 있다.
- [0021] 본 발명의 실시예에 따른 에너지 변환층에 있어서, 상기 복수의 나노 구조물은, 그 표면이 소수성 처리(hydrophobic treatment)되어 셀프 크리닝 기능을 가질 수 있다.
- [0022] 본 발명의 실시예에 따른 에너지 변환층의 제조방법은, 자외선 영역의 광 에너지를 다운시키는 란탄계열 복합체를 포함하는 고분자 기반의 세라믹 매트릭스를 투명 기판 상에 형성하는 단계; 상기 고분자 기반의 세라믹 매트릭스를 임프린팅 몰드로 1차 프린팅하여 복수의 제1 나노 구조물을 형성하는 단계; 및 상기 임프린팅 몰드를 회전시켜 상기 복수의 제1 나노 구조물이 형성된 상기 고분자 기반의 세라믹 매트릭스를 2차 프린팅하여 복수의 제2 나노 구조물을 형성하는 단계를 포함한다.
- [0023] 본 발명의 실시예에 따른 에너지 변환층의 제조방법에 있어서, 상기 복수의 제1 나노 구조물은 상기 자외선 영역의 광을 흡수하여 녹색광을 발광하는 테르븀(Tb)을 포함하고, 상기 복수의 제2 나노 구조물은 상기 자외선 영역의 광을 흡수하여 적색광을 발광하는 유로퓸(Eu)을 포함할 수 있다.
- [0024] 본 발명의 실시예에 따른 에너지 변환층의 제조방법에 있어서, 상기 복수의 제1 및 제2 나노 구조물은, 일 평면 상에 혼합되어 모아레(Moire) 패턴을 형성할 수 있다.
- [0025] 본 발명의 실시예에 따른 에너지 변환층의 제조방법에 있어서, 상기 복수의 제2 나노 구조물을 형성하는 단계는, 상기 1차 프린팅시에 적용된 임프린팅 몰드의 위치를 기준으로 5도 내지 30도 범위로 회전시켜 상기 2차 프린팅할 수 있다.
- [0026] 본 발명의 실시예에 따른 에너지 변환층의 제조방법에 있어서, 상기 고분자 기반의 세라믹 매트릭스를 제조하는 단계는, 피하이드로폴리실라잔(PHPS)에 테르븀(Tb)을 $r(0 < r < 1)$ 만큼 포함하고 유로퓸(Eu)을 $1-r$ 만큼 포함하되, 상기 에너지 변환층에서 발광될 색을 조절하기 위하여 상기 r 값을 변경할 수 있다.
- [0027] 본 발명의 실시예에 따른 에너지 변환층의 제조방법은, 상기 복수의 제1 및 제2 나노 구조물 표면을 소수성 처리(hydrophobic treatment)하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0028] 본 발명의 실시예에 따른 광전 소자는, 투명 기판; 상기 투명 기판의 일 면에 형성된 제1 전극; 상기 제1 전극 상에 형성된 광전 변환층; 상기 광전 변환층 상에 형성된 제2 전극; 및 상기 투명 기판의 타 면에 형성되고, 광 입사면에 이중 프린팅 방식에 의해 형성된 복수의 나노 구조물을 가지며, 란탄계열 복합체를 포함하여 자외선 영역의 광 에너지를 다운시키는 에너지 변환층을 포함한다.
- [0029] 본 발명의 실시예에 따른 광전 소자의 제조방법은, 투명 기판의 일 면에 제1 전극을 형성하는 단계; 상기 투명 기판의 타 면에, 란탄계열 복합체를 포함하는 고분자 기반의 세라믹 매트릭스를 이중 프린팅하여 복수의 나노

구조물을 가지며, 자외선 영역의 광 에너지를 다운시키는 에너지 변환층을 형성하는 단계; 상기 제1 전극 상에 광전 변환층을 형성하는 단계; 및 상기 광전 변환층 상에 제2 전극을 형성하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

- [0031] 본 발명의 실시예에 따르면, 이중 프린팅 방식을 이용하여 형성된 복수의 나노 구조물로 이루어진 에너지 변환층에 의해 광전 소자의 LDS 효율이 향상될 수 있다.
- [0032] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 에너지 변환층은 복수의 나노 구조물을 통해 서로 다른 공간에 유로퓸(Eu) 및 테르븀(Tb)을 분리시킴으로써, 발광되는 색을 조절할 수 있다.
- [0033] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 에너지 변환층은 소수성 처리된 복수의 나노 구조물에 의해 셀프 클리닝 기능을 가질 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0035] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 광전 소자의 단면도이다.
- 도 2a 내지 도 2g는 본 발명의 실시예에 따른 광전 소자의 제조방법을 나타내는 도면이다.
- 도 3a 내지 도 3c는 본 발명의 실시예에 따른 에너지 변환층 형성에 이용되는 임프린팅 몰드의 제조방법을 나타내는 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 에너지 변환층의 상부면 및 단면을 촬영한 SEM 사진이다.
- 도 5a 내지 도 5f는 이중 프린팅시 임프린팅 몰드의 회전 각도에 따라 복수의 나노 구조물에 의해 다양하게 형성되는 모아레 패턴을 나타내는 도면이다.
- 도 6은 비교예에 따른 에너지 변환층과 본 발명의 실시예에 따른 에너지 변환층의 PL 세기 및 상대적 PL 세기를 나타내는 그래프이다.
- 도 7a 및 도 7b는 본 발명의 실시예에 따른 에너지 변환층에 대한 광 방출 프로파일을 나타내는 그래프이다.
- 도 8은 에너지 변환층에 포함된 란타넘계열 복합체 비율에 따른 광 방출 프로파일을 나타내는 그래프이다.
- 도 9a 및 도 9b는 자연광에 의한 LDS 윈도우와, 다양한 에너지 변환층을 활용한 예를 나타내는 사진이다.
- 도 10a 및 도 10b는 에너지 변환층의 소수성 처리 전과, 후의 물방울(droplet) 변화를 촬영한 SEM 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0036] 이하 첨부 도면들 및 첨부 도면들에 기재된 내용들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다.
- [0037] 소자(elements) 또는 층이 다른 소자 또는 층의 "위(on)" 또는 "상(on)"으로 지칭되는 것은 다른 소자 또는 층의 바로 위뿐만 아니라 중간에 다른 층 또는 다른 소자를 개재한 경우를 모두 포함한다. 반면, 소자가 "직접 위(directly on)" 또는 "바로 위"로 지칭되는 것은 중간에 다른 소자 또는 층을 개재하지 않은 것을 나타낸다.
- [0038] 공간적으로 상대적인 용어인 "아래(below)", "아래(beneath)", "하부(lower)", "위(above)", "상부(upper)" 등은 도면에 도시되어 있는 바와 같이 하나의 소자 또는 구성 요소들과 다른 소자 또는 구성 요소들과의 상관관계를 용이하게 기술하기 위해 사용될 수 있다. 공간적으로 상대적인 용어는 도면에 도시되어 있는 방향에 더하여 사용시 또는 동작시 소자의 서로 다른 방향을 포함하는 용어로 이해되어야 한다. 예를 들면, 도면에 도시되어 있는 소자를 뒤집을 경우, 다른 소자의 "아래(below 또는 beneath)"로 기술된 소자는 다른 소자의 "위(above)"에 놓여질 수 있다. 따라서, 예시적인 용어인 "아래"는 아래와 위의 방향을 모두 포함할 수 있다. 소자는 다른 방향으로도 배향될 수 있으며, 이 경우 공간적으로 상대적인 용어들은 배향에 따라 해석될 수 있다.
- [0039] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다

(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

- [0040] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또한 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [0041] 한편, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는, 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 용어(terminology)들은 본 발명의 실시예를 적절히 표현하기 위해 사용된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 본 발명이 속하는 분야의 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 본 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0042] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 에너지 변환층, 이의 제조방법 및 이를 포함하는 광전 소자를 상세히 설명하기로 한다.
- [0044] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 광전 소자의 단면도이다.
- [0045] 도 1을 참조하면, 광전 소자(100)는 광 입사면을 갖는 에너지 변환층(110), 투명 기관(120), 제1 전극(130), 정공 수송층(140), 활성층(150) 및 제2 전극(160)을 포함한다. 여기서, 광전 소자(100)는 예를 들어, 태양 전지일 수 있다.
- [0046] 광은 에너지 변환층(110)을 통해 광전 소자(100)에 입사된다. 본 발명의 실시예에 따른 에너지 변환층(110)은 광 흡수량을 증가시키기 위하여, 자외선 영역의 광 에너지를 다운시켜 가시광선 영역의 광으로 변환하기 위한 LDS(Luminescent Down Shifting) 구성이 될 수 있다.
- [0047] 에너지 변환층(110)은 투명 기관(120)의 상부면(타 면)에 형성되고, 광 입사면에 란타넘계열 복합체를 포함하는 복수의 나노 구조물(111)을 갖는다. 여기서, 나노 구조물은 나노 원기둥 패턴 또는 나노 원뿔 패턴이 될 수 있다.
- [0048] 복수의 나노 구조물(111)은 자외선 영역의 광을 흡수하여 녹색광을 발광하는 테르븀(Tb)을 포함하는 복수의 제1 나노 구조물과, 자외선 영역의 광을 흡수하여 적색광을 발광하는 유로퓸(Eu)을 포함하는 복수의 제2 나노 구조물을 포함한다.
- [0049] 이와 같이, 테르븀(Tb)과 유로퓸(Eu)이 서로 다른 나노 구조물에 포함됨에 따라, 서로 다른 공간에 위치하게 됨으로써, 자외선 영역의 광을 흡수하여 각각 녹색광과 적색광을 발광하게 된다.
- [0050] 여기서, 복수의 제1 및 제2 나노 구조물(111)은 이중 프린팅 방식에 의해 형성되는 것으로, 복수의 제1 나노 구조물은 임프린팅 몰드(미도시)를 이용한 1차 프린팅에 의해 형성되고, 복수의 제2 나노 구조물은 회전된 임프린팅 몰드를 이용한 2차 프린팅에 의해 형성될 수 있다. 이에 따라, 복수의 제1 및 제2 나노 구조물(111)은 일 평면 상에 혼합되어 모아레(Moire) 패턴을 형성할 수 있다.
- [0051] 한편, 에너지 변환층(110)은 고분자 기반의 세라믹 매트릭스로 이루어지며, 구체적으로, 테르븀(Tb) 및 유로퓸(Eu)이 혼합된 퍼하이드로폴리실라잔(PHPS, perhydropolysilazane)으로 이루어질 수 있다.
- [0052] 퍼하이드로폴리실라잔(PHPS)은 유리와 같은 고투명성, 고강도, 고온 안정성 및 높은 열저항을 갖는 물질로, 공정 과정에서 물성이 변화가 적으며 대면적 공정이 가능하다. 또한, 퍼하이드로폴리실라잔(PHPS)은 란타넘계열 복합체 도핑시, 란타넘계열 복합체가 균일하게 분산되어 도핑 효율을 높일 수 있다.
- [0053] 에너지 변환층(110)은 그 내부에 포함된 테르븀(Tb)과 유로퓸(Eu)의 비율에 따라 자외선 영역의 광에 의해 발광되는 색이 조절될 수 있다.
- [0054] 구체적으로, 에너지 변환층(110)에 포함되는 란타넘계열 복합체를 1이라 할 때, 테르븀(Tb)이 $r(0 < r < 1)$ 만큼 포함되고, 유로퓸(Eu)이 $1-r$ 만큼 포함될 수 있다. 따라서, 상기 r 값을 변경하여 테르븀(Tb)과 유로퓸(Eu)의 상대적 비율을 조절함으로써, 녹색광과 적색광을 혼합하여 원하는 색이 발광되도록 할 수 있다.
- [0055] 투명 기관(120)은 절연성 무기물 또는 절연성 유기물로 이루어진다.

- [0056] 절연성 무기물은 Si, GaAs, InP, InSb, AlAs, AlSb, CdTe, ZnTe, ZnS, CdSe, CdSb, GaP, SiC, Al₂O₃, ZnO, 유리(glass) 및 석영(quartz) 중 어느 하나가 이용될 수 있다. 또한, 절연성 유기물은 PET(poly ethylene terephthalate), PS(poly styrene), PI(poly imide), PVC(poly vinyl chloride), PVP(poly vinyl pyrrolidone), PMMA(poly methyl methacrylate) 및 PE(poly ethylene) 중 어느 하나가 이용될 수 있다.
- [0057] 제1 전극(130)은 투명 기관(120)의 하부면(일 면)에 형성된 도전성 투명 전극(transparent conductive oxide, TCO)(120)이 될 수 있다. 투명 전극(130)은 에너지 변환층(110)을 거쳐 입사된 대부분의 광을 통과시키고, 전기가 잘 흐를 수 있도록 높은 광 투과도와 높은 전기 전도도를 가질 수 있다.
- [0058] 예를 들어, 인듐 틴 옥사이드(indium tin oxide: ITO), 주석계 산화물(SnO₂ 등), AgO, ZnO-(Ga₂O₃ 또는 Al₂O₃), 플루오린 틴 옥사이드(fluorine tin oxide: FTO) 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택된 물질이 제1 전극(130)으로 형성될 수 있다.
- [0059] 정공 수송층(140) 및 활성층(150)은 광전 변환층으로 기능한다.
- [0060] 정공 수송층(140)은 제1 전극(130) 상에 형성되며, PEDOT:PSS(poly(3,4-ethylenedioxy-thiophene)-poly(styrene sulfonate))와 같은 물질로 이루어질 수 있다. 정공 수송층(140)은 태양광이 조사될 때 활성층(150)에서 생성되는 정공을 수송하는 역할을 한다.
- [0061] 활성층(150)은 정공 수송층(140) 상에 형성되며, 전자 또는 정공을 생성한다.
- [0062] 제2 전극(160)은 활성층(140, 150) 상에 형성된다.
- [0063] 도 1에 도시된 광전 소자(100)에 따르면, 란타게열 복합체가 도핑된 페하이드로폴리실라잔(PHPS)을 이용하여 에너지 변환층(110)을 구성하고, 그 에너지 변환층(110) 상에 복수의 나노 구조물(111)을 형성하여 서로 다른 공간에서 자외선 영역을 광을 녹색광과 적색광으로 발광시킴으로써, 대면적의 에너지 변환층(110)을 구현할 수 있으며, 광학적 특성 및 LDS 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0065] 도 2a 내지 도 2g는 본 발명의 실시예에 따른 광전 소자의 제조방법을 나타내는 도면이다.
- [0066] 광전 소자의 제조를 위하여, 도 2a에 도시된 바와 같이, 투명 기관(210)의 일 면에 제1 전극(220)을 형성한다. 이후, 도 2b 내지 도 2f에 도시된 방법으로 투명 기관(210)의 타 면에 에너지 변환층(230')을 형성할 수 있다.
- [0067] 먼저, 도 2b에 도시된 바와 같이, 울트라 소닉을 이용하여 란타게열 복합체를 포함하는 고분자 기반의 세라믹 매트릭스(230)를 도포시킨다. 여기서, 고분자 기반의 세라믹 매트릭스(230)는 페하이드로폴리실라잔(PHPS)일 수 있으며, 란타게열 복합체는 테르븀(Tb) 및 유로퓸(Eu)이 될 수 있다.
- [0068] 즉, 테르븀(Tb) 및 유로퓸(Eu) 파우더를 페하이드로폴리실라잔(PHPS)에 넣어 울트라 소닉으로 1시간 가량 혼합한 후, 이를 투명 기관(210) 상에 일정 두께로 도포할 수 있다.
- [0069] 이후, 도 2c에서와 같이, PET 필름(330)에 접합된 임프린팅 몰드(320')를 이용하여, 고분자 기반의 세라믹 매트릭스(230)를 1차 프린팅할 수 있다.
- [0070] 이중 프린팅 방식에 이용되는 임프린팅 몰드(320')는 도 3a 내지 도 3c에 도시된 방법으로 제조될 수 있다.
- [0071] 먼저, 도 3a에 도시된 바와 같이, 실리콘 마스터 몰드(310) 상에 PFPE(Perfluoropolyether)(320)를 드롭 캐스팅한다.
- [0072] 도 3b에 도시된 바와 같이, 약 100 μ m 두께의 PET 필름(330)을 질소 분위기에서 약 15분 간 UV 경화시킨 후에, 이 PET 필름(330)을 경화되지 않은 상태의 PFPE(320) 상부에 적층하고, 도 3c에 도시된 바와 같이, 실리콘 마스터 몰드(310)로부터 PFPE(320) 및 PET 필름(330)을 분리시켜, 임프린팅 몰드(320')를 제조할 수 있다. 이 과정에 의해, 실리콘 마스터 몰드(310)에 포함된 나노 구조물들이 임프린팅 몰드(320')에 음각(negative) 형태로 전사될 수 있다.
- [0073] 따라서, 음각 형태의 나노 패턴을 갖는 임프린팅 몰드(320')를 이용하여 도 2c에서와 같이 고분자 기반의 세라믹 매트릭스(230)를 1차 프린팅할 경우, 도 2d와 같이 음각 형태의 나노 패턴에 대응하는 복수의 제1 나노 구조물(231)이 고분자 기반의 세라믹 매트릭스(230) 상에 형성될 수 있다.
- [0074] 한편, 도 2e에서와 같이, 임프린팅 몰드(320')를 일정 각도로 회전시킨 후, 에너지 변환층(230)을 2차 프린팅할

경우, 도 2f에서와 같이, 복수의 제1 나노 구조물(231) 사이로 복수의 제2 나노 구조물(232)이 추가로 형성될 수 있다.

- [0075] 복수의 제2 나노 구조물(232) 형성시, 1차 프린팅시에 적용된 임프린팅 몰드(320')의 위치를 기준으로 5도 내지 30도 범위로 회전시켜 2차 프린팅할 수 있다. 따라서, 에너지 변환층(230') 상에 형성된 복수의 제1 및 제2 나노 구조물(231, 232)은 일 평면 상에 혼합되어 모아레(Moire) 패턴을 이룰 수 있다.
- [0076] 또한, 복수의 제1 나노 구조물(231)은 자외선 영역의 광을 흡수하여 녹색광을 발광하는 테르븀(Tb)을 포함하고, 복수의 제2 나노 구조물(232)은 자외선 영역의 광을 흡수하여 적색광을 발광하는 유로퓸(Eu)을 포함함으로써, 녹색광과 적색광을 이용하여 색을 조절할 수 있게 된다.
- [0077] 보다 구체적으로, 에너지 변환층(230')에 포함되는 란타넘계열 복합체를 1이라 할 때, 테르븀(Tb)을 $r(0 < r < 1)$ 만큼 포함시키고, 유로퓸(Eu)을 $1-r$ 만큼 포함시킬 수 있다. 따라서, 이 r 값을 변경하여 테르븀(Tb)과 유로퓸(Eu)의 상대적 비율을 조절함으로써, 녹색광과 적색광을 혼합하여 원하는 색이 발광되도록 할 수 있다.
- [0078] 한편, 에너지 변환층(230')이 형성된 후에, 에너지 변환층(230')에서 복수의 나노 구조물 표면을 소수성 처리하는 공정을 수행할 수 있다. 소수성 처리에 의해 복수의 나노 구조물 표면에 물 방울이 맺힐 경우, 물방울 롤링(droplet rolling) 현상에 의해 복수의 나노 구조물이 셀프 크리닝될 수 있다.
- [0079] 이후, 도 2g에 도시된 바와 같이, 제1 전극(220) 상에 정공 수송층(240), 활성층(250) 및 제2 전극(260)을 차례로 형성하여 광전 소자(200)를 제조할 수 있다. 이 같은 광전 소자(200)에 따르면, 페하이드로폴리실라잔(PHPS)을 이용하여 에너지 변환층(230')을 형성함으로써, 공정이 용이하고, 특히, 대면적 공정이 가능해진다.
- [0080] 또한, 에너지 변환층(230')에 포함된 테르븀(Tb)과 유로퓸(Eu)의 비율을 조절함으로써, 에너지 변환층(230')에서 발광되는 색을 조절할 수 있다. 따라서, 색 조절이 필요한 각종 디스플레이, 창호형 소자(예를 들어, 감성형 윈도우), 차량용 소자, 태양전지 또는 센서 등에 적용될 수 있다.
- [0082] 도 4는 도 2c 내지 도 2f에 도시된 방법과 같이 이중 프린팅 방식으로 제조된 에너지 변환층(230')을 촬영한 SEM(주사전자현미경) 사진으로, 에너지 변환층(230')의 상부면은 1차 프린팅시 형성된 복수의 제1 나노 구조물과, 2차 프린팅시 형성된 복수의 제2 나노 구조물에 의해 형성된 모아레 패턴을 갖는다. 또한, 에너지 변환층(230')의 단면은 복수의 나노 구조물이 상호 이격되어 형성된 형태를 갖는다.
- [0084] 도 5a 내지 도 5f는 이중 프린팅시 임프린팅 몰드의 회전 각도에 따라 복수의 나노 구조물에 의해 다양하게 형성되는 모아레 패턴을 나타내는 도면이다.
- [0085] 본 발명의 실시예에 따른 에너지 변환층(230')은 도 2c 내지 도 2f에 도시된 방법과 같이 이중 프린팅 방식으로 제조될 수 있다. 여기서, 2차 프린팅시, 임프린팅 몰드(320')를 회전시켜 프린팅함으로써, 복수의 제1 나노 구조물(231) 패턴 사이로 복수의 제2 나노 구조물 패턴(232)이 추가로 형성될 수 있다.
- [0086] 이때, 에너지 변환층(230') 상에 형성된 복수의 제1 및 제2 나노 구조물(231, 232)은 일 평면 상에서 혼합되어 모아레(Moire) 패턴을 이룰 수 있다. 이 모아레 패턴은 2차 프린팅시 임프린팅 몰드(320')의 회전 각도에 따라 달라질 수 있다.
- [0087] 임프린팅 몰드(320')에 형성된 나노 패턴들이 육각형 패턴을 갖는다고 가정할 경우, 5도, 10도, 15도, 20도, 25도 및 30도로 임프린팅 몰드(320')를 각각 회전시켜 2차 프린팅하게 되면, 도 5a 내지 도 5f에 도시된 것과 같은 복수의 나노 구조물들이 모아레 패턴이 형성될 수 있다. 그러나, 도 5a 내지 도 5f에 도시된 모아레 패턴들은 일 예에 불과한 것으로, 임프린팅 몰드(320')에 형성된 나노 패턴들에 따라 달라질 수 있다.
- [0089] 도 6은 비교예에 따른 에너지 변환층과 본 발명의 실시예에 따른 에너지 변환층의 PL 세기 및 상대적 PL 세기를 나타내는 그래프이다.
- [0090] 도 6을 참조하면, 비교예에 따른 에너지 변환층(Bilayer)는 유로퓸(Eu)을 포함하는 제1 에너지 변환층과 테르븀(Tb)을 포함하는 제2 에너지 변환층, 즉 2층 구조를 갖는다.
- [0091] 반면, 본 발명의 실시예에 따른 에너지 변환층(Double print)은 이중 프린팅 방식에 의해 형성된 것으로, 일 평

면 상에서 서로 다른 나노 구조물에 유로퐁(Eu)과 테르븀(Tb)이 포함된 구조를 갖는다.

- [0092] 비교예 및 실시예에 따른 에너지 변환층(Bilayer, Double print)에 400nm 내지 800nm 파장의 광을 조사할 경우, 비교예에 따른 에너지 변환층(Bilayer)은 400nm 내지 800nm 파장에 걸쳐 PL 세기가 약하게 나타나는 것을 알 수 있다.
- [0093] 반면, 실시예에 따른 에너지 변환층(Double print)은 녹색광과 적색광 파장에서 PL 세기가 높게 나타나는 것을 알 수 있다.
- [0094] 또한, 비교예에 따른 에너지 변환층(Bilayer)의 PL 세기와 비교할 경우, 실시예에 따른 에너지 변환층(Double print)은 400nm 내지 800nm 파장에 걸쳐 상대적으로 높은 PL 세기를 갖는 것을 알 수 있다.
- [0096] 도 7a 및 도 7b는 본 발명의 실시예에 따른 에너지 변환층에 대한 광 방출 프로파일을 나타내는 그래프이다. 앞서 설명한 바와 같이, 에너지 변환층에 포함된 테르븀(Tb)과 유로퐁(Eu)의 비율에 따라 자외선 영역의 광에 의해 발광되는 색을 조절할 수 있다.
- [0097] 테르븀(Tb)의 r 값이 0.5589라고 가정할 때, 에너지 변환층 내에서 유로퐁(Eu)은 $0.4511(=1-r)$ 의 비율로 포함될 수 있으며, 이 경우, 이론적으로 예측된 파장에 따른 정규화된 PL 세기는 도 7a와 같다. 또한, 도 7b는 테르븀(Tb)을 0.5589, 유로퐁(Eu)을 0.4511의 비율로 포함하는 에너지 변환층을 제조하여 실제 PL 세기를 측정하여 정규화한 그래프이다.
- [0098] 도 7a와 도 7b를 비교해보면, 이론에 따른 에너지 변환층과, 실제 에너지 변환층 간의 파장에 따른 PL 세기는 그 양상이 비슷하게 나타난 것을 알 수 있다.
- [0100] 도 8은 에너지 변환층에 포함된 란타넘계열 복합체 비율에 따른 광 방출 프로파일을 나타내는 그래프이다.
- [0101] 실시예에 따른 에너지 변환층 내에서 테르븀(Tb)이 r 의 비율로 포함되고, 유로퐁(Eu)이 $1-r$ 의 비율로 포함될 수 있다. 여기서, r 값을 0, 0.10, 0.20, 0.30, 0.40, 0.50, 0.57, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90, 1.00으로 각각 변경하여 제조한 에너지 변환층의 발광 색 및 PL 세기를 측정하여 정규화한 그래프들이다. 참고로, 발광 색은 그래프의 색으로 나타났다. 이처럼, 에너지 변환층에 포함된 테르븀(Tb)과 유로퐁(Eu)의 비율을 변경함으로써, 에너지 변환층을 통해 발광할 색을 조절할 수 있다.
- [0103] 도 9a 및 도 9b는 자연광에 의한 LDS 윈도우와, 다양한 에너지 변환층을 활용한 예를 나타내는 사진이다.
- [0104] 도 9a를 참조하면, 4인치의 석영(quartz) 기판 상에 본 발명의 실시예에 따른 에너지 변환층을 형성한 LDS 윈도우(1000)는 자연광(day light)에서 거의 투명한 상태가 된다.
- [0105] 또한, 도 9b를 참조하면, 다양한 에너지 변환층을 활용하여 꽃과 잎을 표현한 것으로, 꽃 영역은 자외선 영역의 광에 의해 적색광을 발광하는 유로퐁(Eu)을 포함하고, 잎 영역은 자외선 영역의 광에 의해 녹색광을 발광하는 테르븀(Tb)을 포함한다. 또한, 꽃의 중앙 영역은 유로퐁(Eu)과 테르븀(Tb)을 포함하여 노란색광을 발광한다.
- [0106] 한편, 도 9b에서, "1"번으로 표시된 영역은 유로퐁(Eu)이나 테르븀(Tb)을 포함하는 플랫폼 형태의 에너지 변환층으로 형성된 영역이다. 또한, "2"번으로 표시된 영역은 단일 프린팅 방식에 의해 형성되어, 유로퐁(Eu)이나 테르븀(Tb)만을 포함하는 나노 구조물 형태의 에너지 변환층으로 형성된 영역이다. 또한, "3"번으로 표시된 영역은 이중 프린팅 방식에 의해 형성되어, 복수의 나노 구조물에 의해 서로 분리된 공간을 갖는 에너지 변환층으로 형성된 영역이다.
- [0107] 이처럼, 이중 프린팅 방식을 이용함으로써, 서로 다른 색을 혼합시켜 원하는 색을 발광시킬 수 있어, 각종 디스플레이, 창호형 소자(예를 들어, 감성형 윈도우), 차량용 소자, 태양전지 또는 센서 등에 적용될 수 있다.
- [0109] 도 10a 및 도 10b는 에너지 변환층의 소수성 처리 전과, 후의 물방울(droplet) 변화를 촬영한 SEM 사진이다.
- [0110] 도 10a 및 도 10b는 에너지 변환층에 포함된 복수의 나노 구조물 상에 물 방울을 떨어뜨려 촬영한 것이다. 도 10a는 복수의 나노 구조물을 소수성 처리하기 전으로, 나노 구조물의 표면과 물방울이 78.2도의 접촉각을 갖는

다.

[0111] 반면, 도 10b는 복수의 나노 구조물을 소수성 처리한 것으로 나노 구조물의 표면과 물방울이 131.5도의 접촉각을 갖는다. 이는 소수성을 처리하기 전에 비해, 나노 구조물의 표면 에너지가 낮아져 소수성을 갖는 것으로, 이 같은 소수성 처리에 의해 나노 구조물은 셀프 클리닝 기능을 할 수 있게 된다.

[0113] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

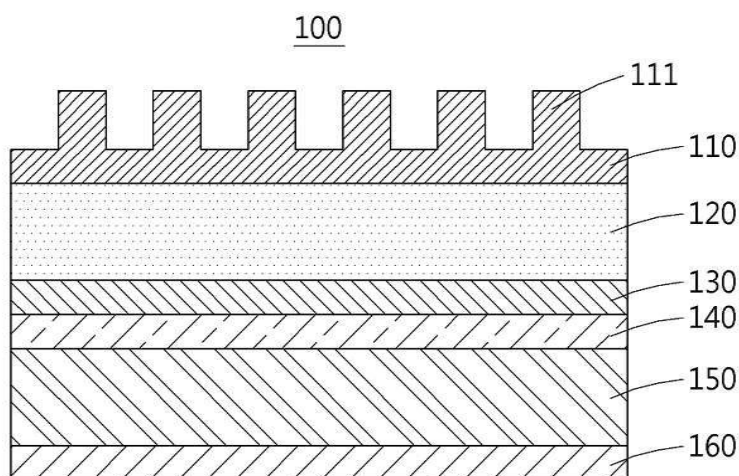
[0114] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

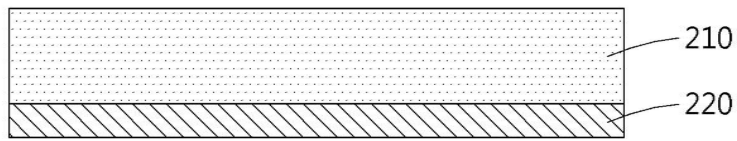
- [0116]
- 100: 광전 소자
 - 110: 에너지 변환층
 - 111: 복수의 나노 구조물
 - 120: 투명 기판
 - 130: 제1 전극
 - 140: 정공 수송층
 - 150: 활성층
 - 160: 제2 전극

도면

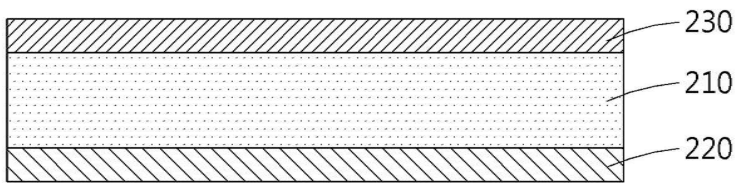
도면1



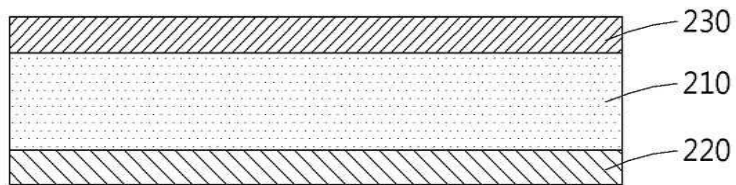
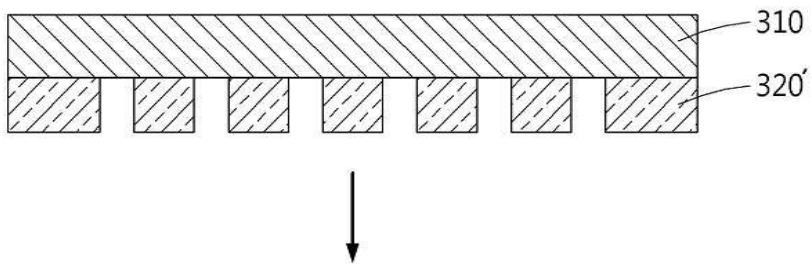
도면2a



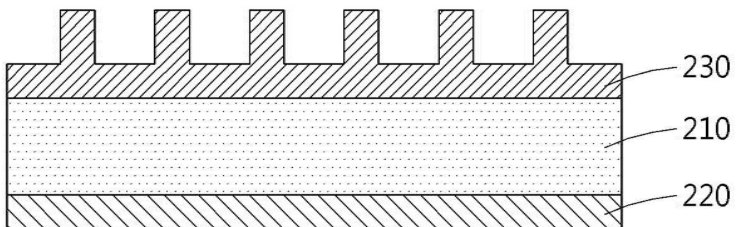
도면2b



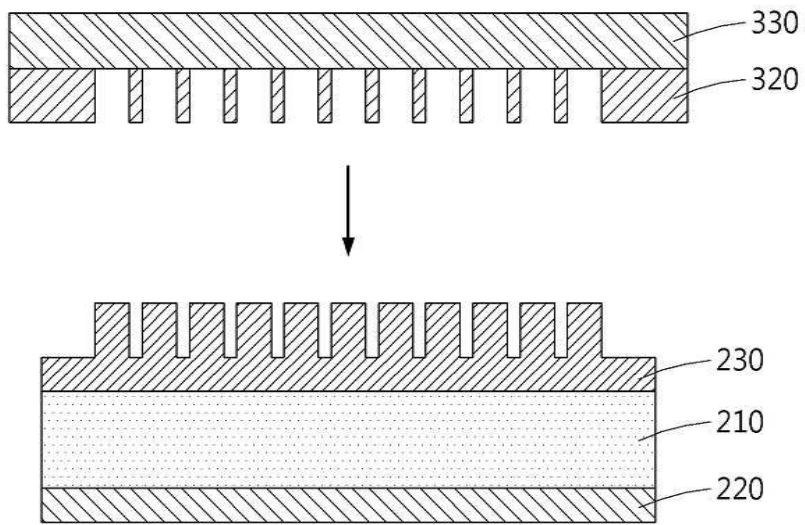
도면2c



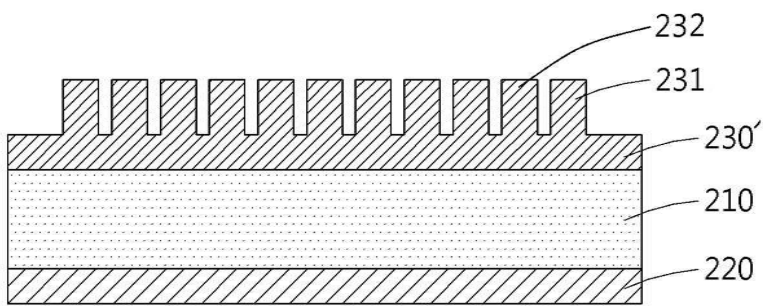
도면2d



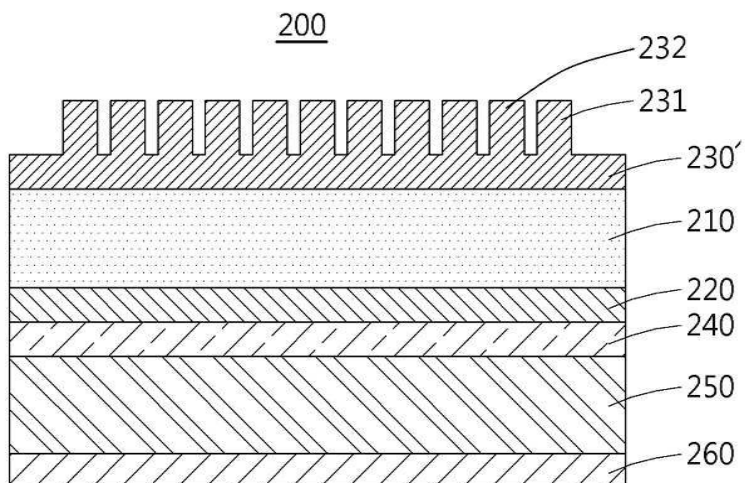
도면2e



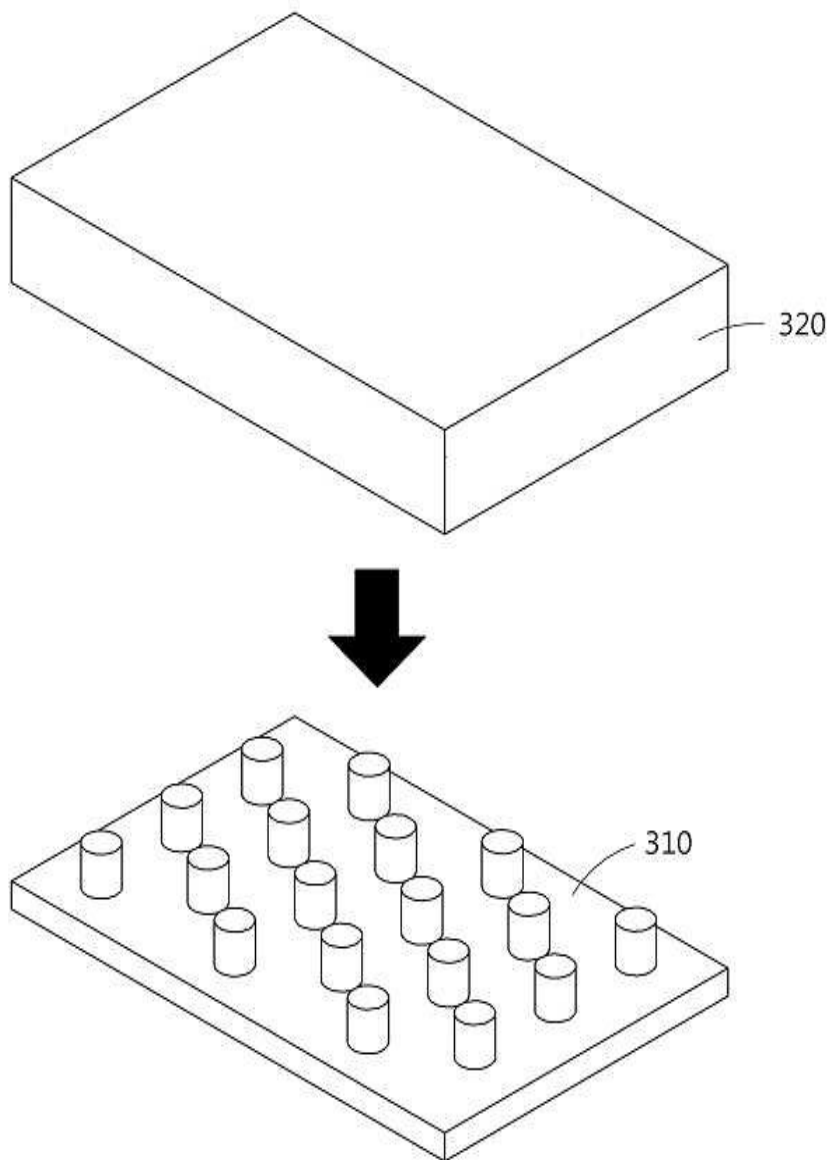
도면2f



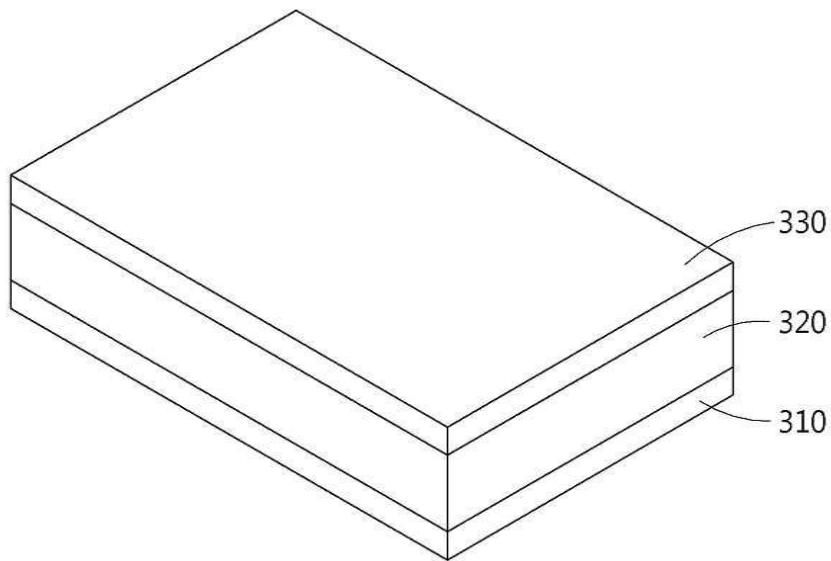
도면2g



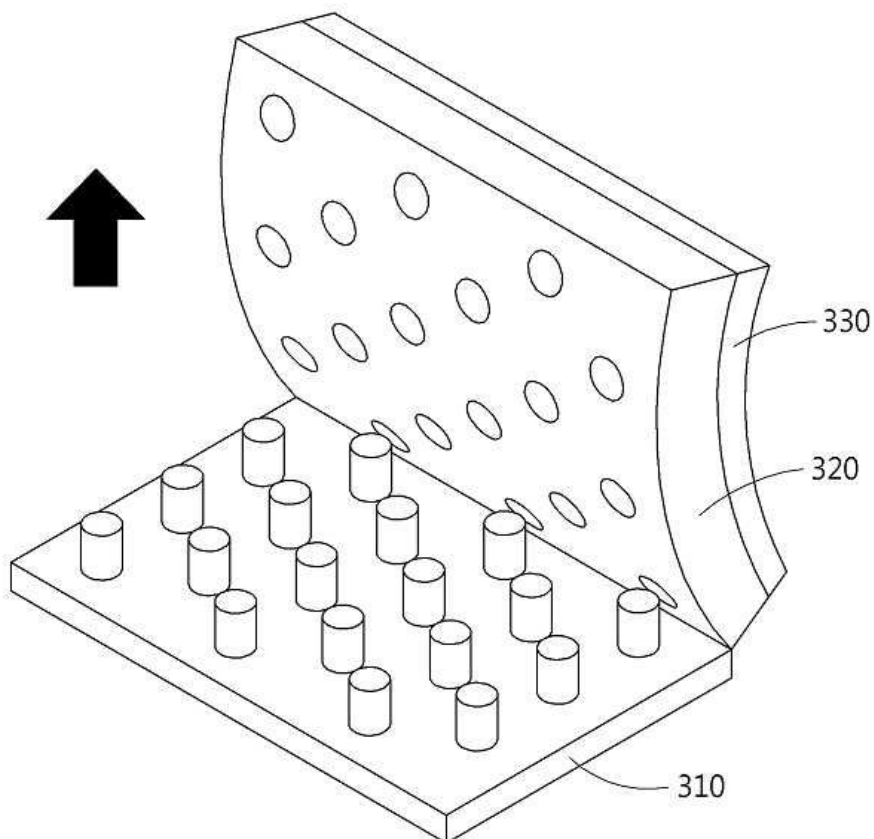
도면3a



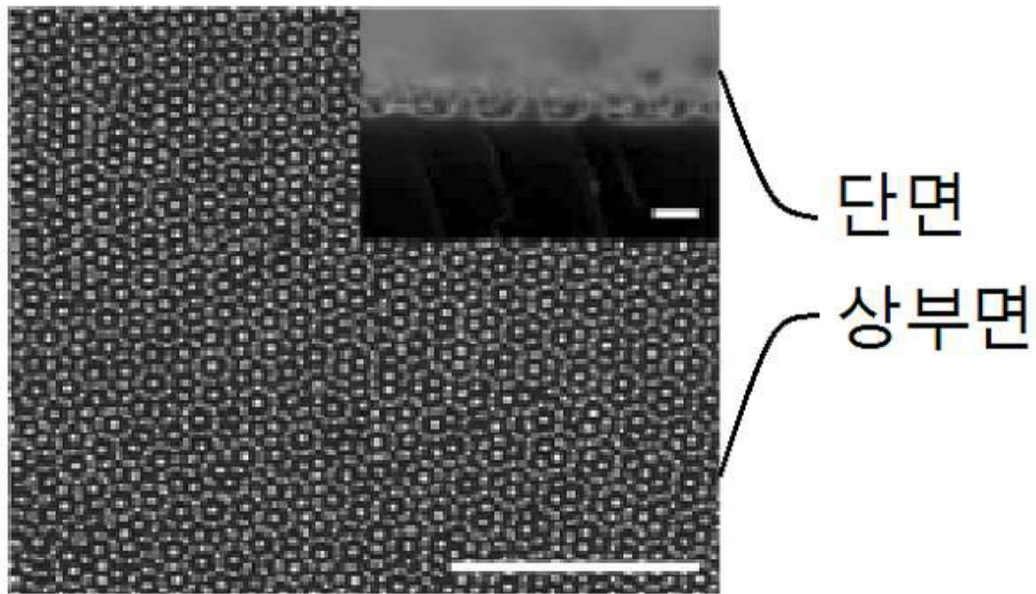
도면3b



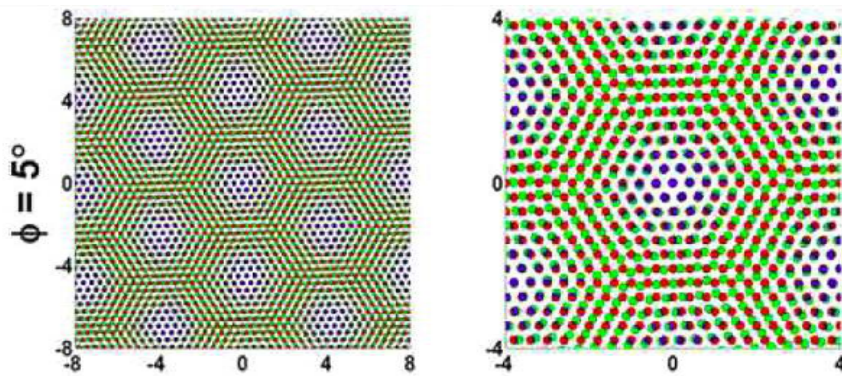
도면3c



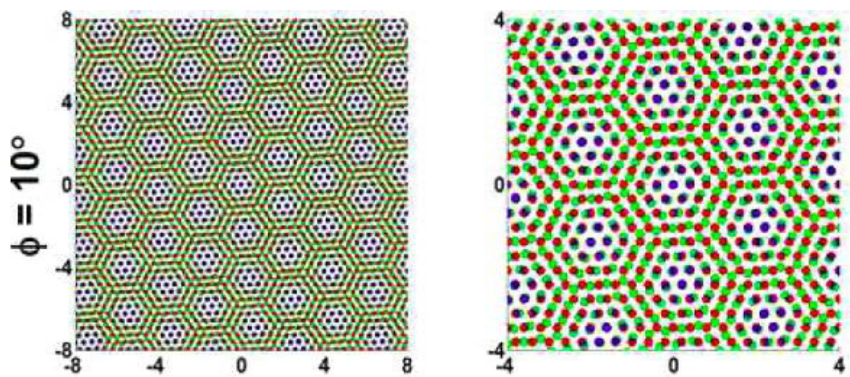
도면4



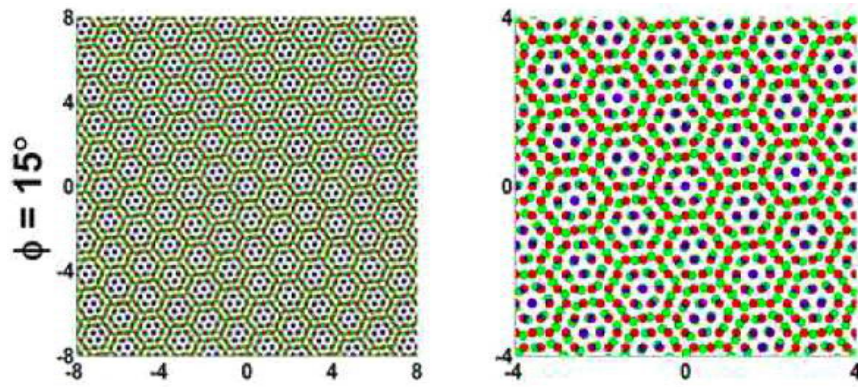
도면5a



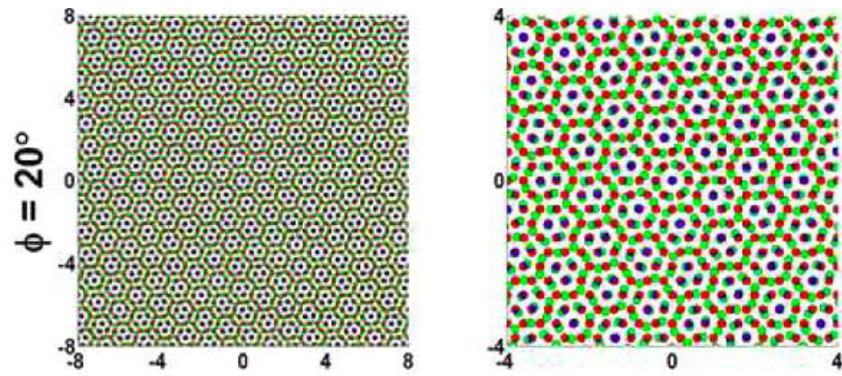
도면5b



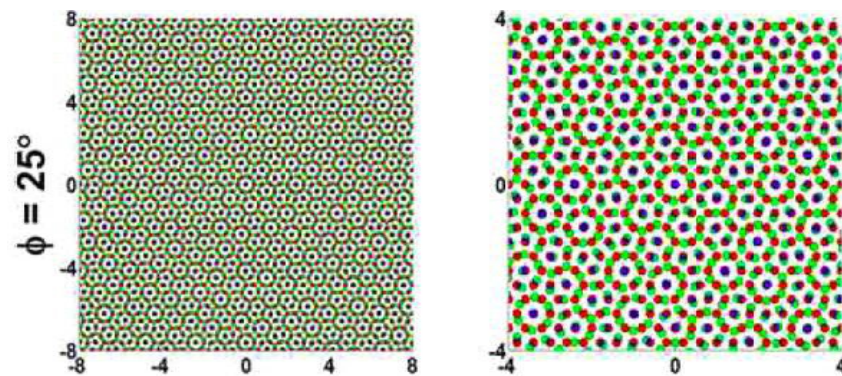
도면5c



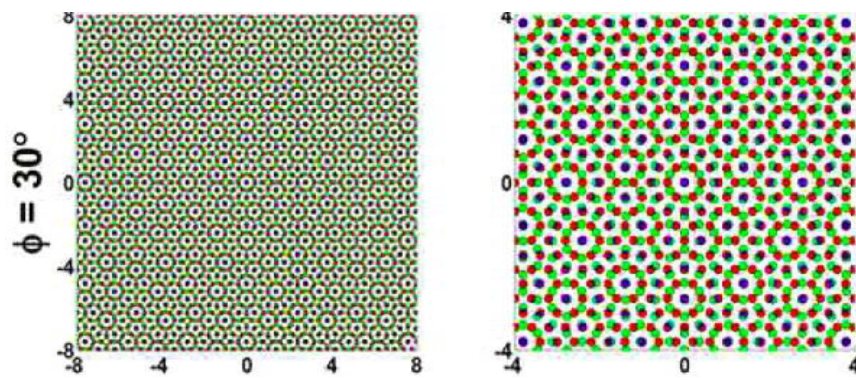
도면5d



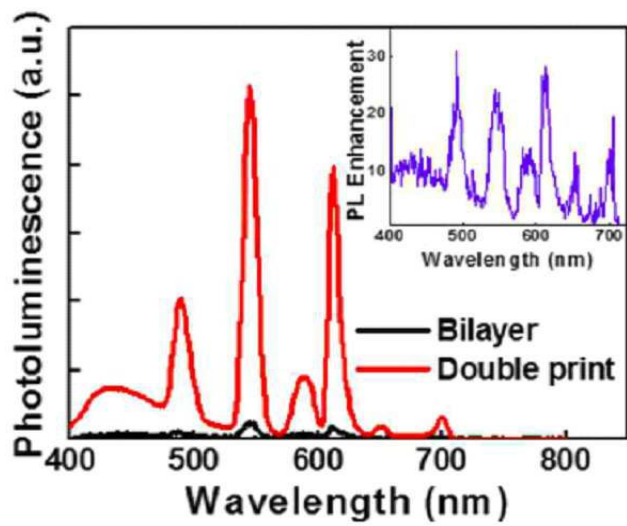
도면5e



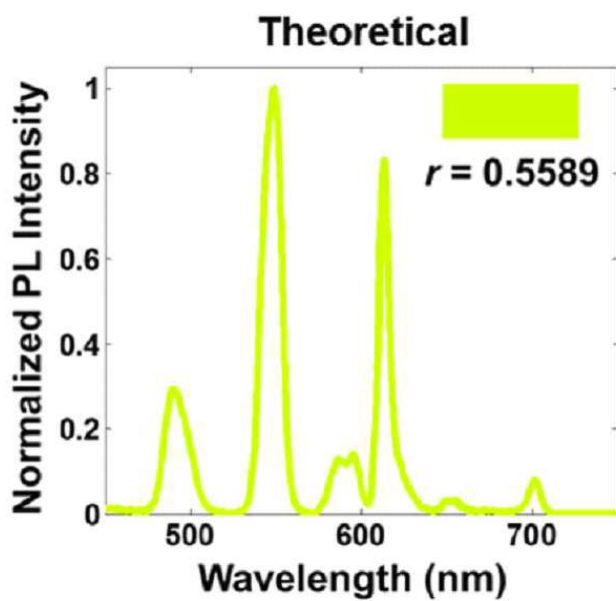
도면5f



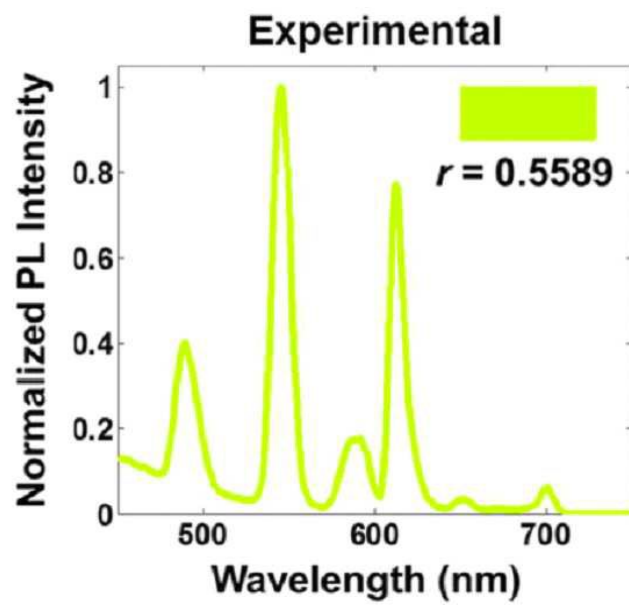
도면6



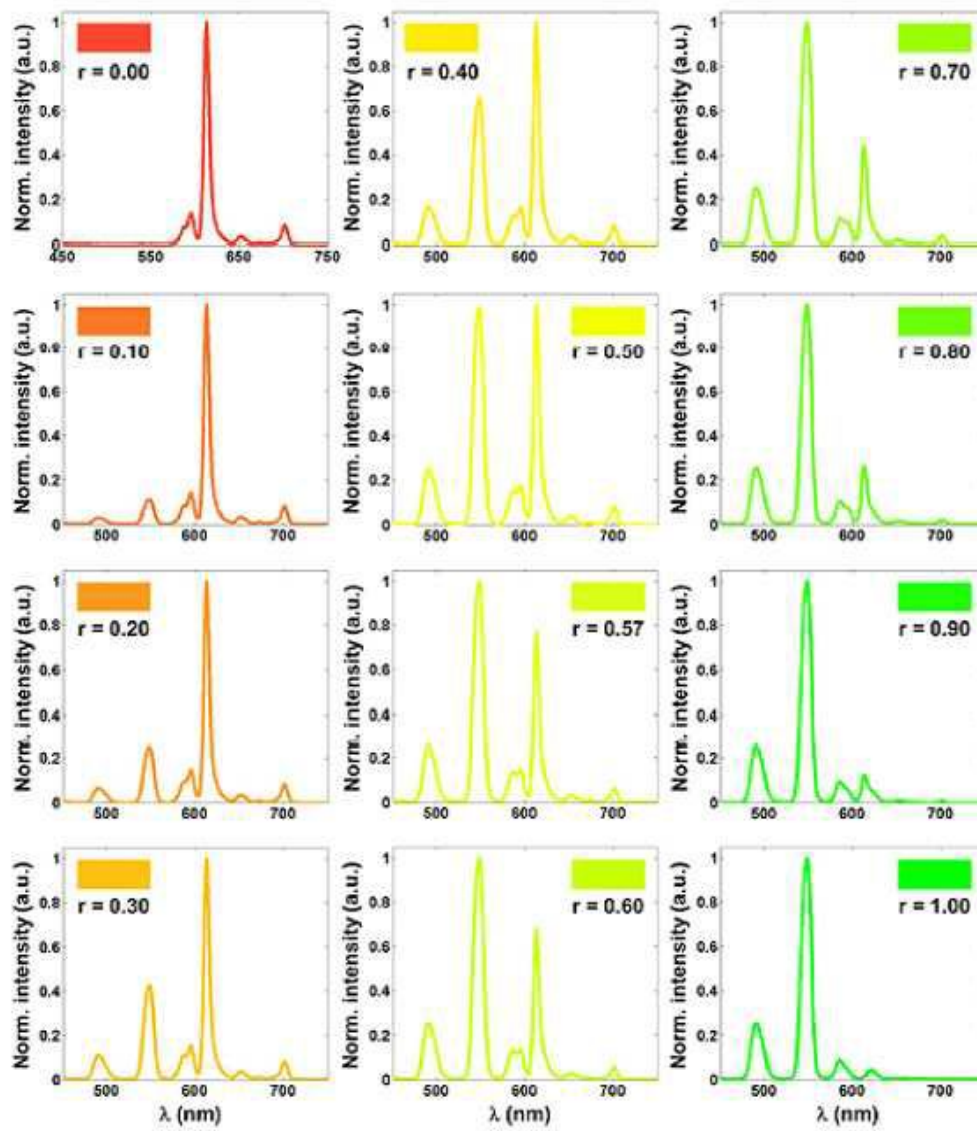
도면7a



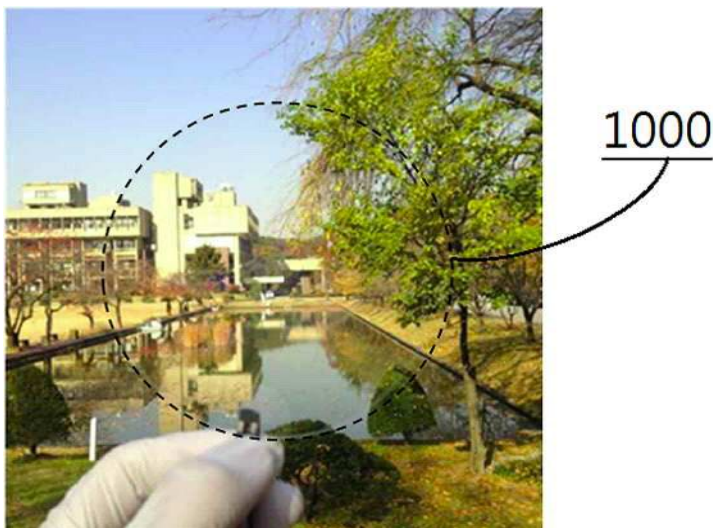
도면7b



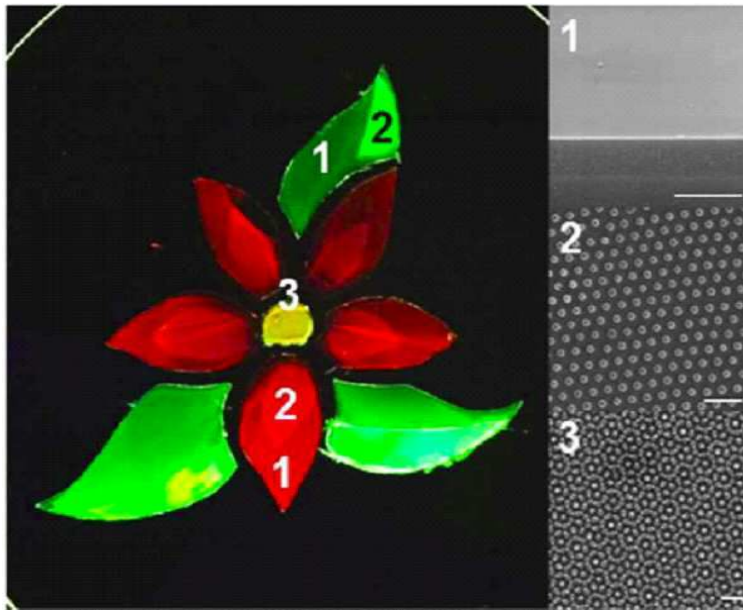
도면8



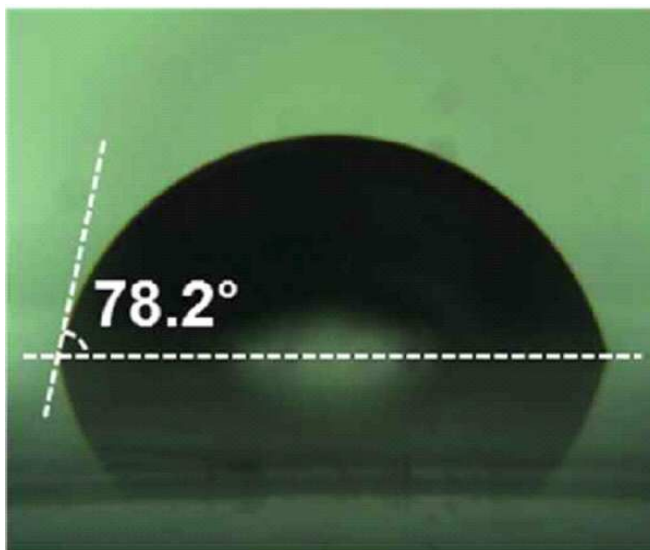
도면9a



도면9b



도면10a



도면10b

