



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년03월14일

(11) 등록번호 10-1602922

(24) 등록일자 2016년03월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 31/04 (2014.01) H01L 31/054 (2014.01)

(21) 출원번호 10-2014-0155609

(22) 출원일자 2014년11월10일

심사청구일자 2014년11월10일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020140001729 A

KR1020120012324 A

KR1020120137945 A

KR1020120128543 A

(73) 특허권자

한밭대학교 산학협력단

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

(72) 발명자

이승윤

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

(74) 대리인

특허법인충정

전체 청구항 수 : 총 12 항

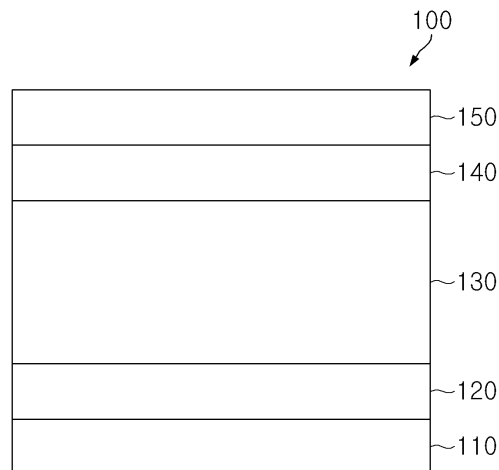
심사관 : 고재현

(54) 발명의 명칭 투명 컬러 태양전지

(57) 요약

본 발명은 원색 구현이 용이하고 컬러를 정밀하게 조절하는 것이 용이한 투명 컬러 태양전지에 관한 것으로, 투명기판 및 제1투명전극 상부에 형성된 광 흡수층, 상기 광 흡수층 상부에 형성된 반복 패턴층을 포함하고, 상기 반복 패턴층은 매질 및 상기 매질보다 광학적 투과도가 높은 패턴부를 포함하여 특이 광투과 현상에 의해 특정 파장을 투과시키는 것을 특징으로 한다. 본 발명에 따르면 특정 파장의 가시광선을 강하게 투과시킬 수 있으므로 선명한 원색 구현이 가능하고, 나노 패터닝 기술에 의해 패턴부를 형성할 경우 컬러를 정밀하게 조절할 수 있는 효과가 있다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2013058709

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단(교육부)

연구사업명 일반연구자지원사업

연구과제명 실리콘 박막 태양전지의 투명화 및 컬러화를 위한 파장선택 다층구조 연구

기 여 율 1/1

주관기관 연구사업지원팀

연구기간 2013.11.01 ~ 2014.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

투명기관;

상기 투명기관 상부에 형성된 제1 투명전극;

상기 제1 투명전극 상부에 형성된 광 흡수층;

상기 광 흡수층 상부에 형성되어 특정 파장영역의 가시광선을 외부로 투과시키는 반복 패턴층;

을 포함하며,

상기 반복 패턴층은 매질 및 상기 매질보다 광학적 투과도가 높은 패턴부를 포함하는 것을 특징으로 하는 투명 컬러 태양전지.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 반복 패턴층은 상기 특정 파장영역을 제외한 나머지 파장영역의 가시광선은 상기 광 흡수층으로 반사하는 것을 특징으로 하는 투명 컬러 태양전지.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 패턴부는 홀(hole)인 것을 특징으로 하는 투명 컬러 태양전지.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 반복 패턴층은 특이 광투과 현상에 의해 특정 파장영역의 가시광선을 투과시키는 것을 특징으로 하는 투명 컬러 태양전지.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 반복 패턴층 상부 또는 하부에 형성되는 제2 투명전극을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 투명 컬러 태양전지.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 특정 파장영역은 반복 패턴층의 지오메트리(geometry)에 의존하는 것을 특징으로 하는 투명 컬러 태양전지.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 지오메트리는 상기 패턴부의 크기, 형상, 간격 중 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 투명 컬러 태양전지.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 매질은 은(Ag), 금(Au), 구리(Cu), 전이금속, 칼코겐화물 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 투명 컬러 태양전지.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 패턴부는 나노 패턴닝 기술로 형성되는 것을 특징으로 하는 투명 컬러 태양전지.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 매질은 금속층이고,

상기 패턴부는 상기 금속층을 열처리하여 형성되는 것을 특징으로 하는 투명 컬러 태양전지.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 패턴부는 규칙적인 반복 패턴인 것을 특징으로 하는 투명 컬러 태양전지.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 매질은 결정상 칼코겐화물, 상기 패턴부는 비정질상 칼코겐화물인 것을 특징으로 하는 투명 컬러 태양전지.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 컬러를 가진 투명 태양전지로서, 특히 반복 패턴층에 의한 특이 광투과 현상을 이용하여 원하는 특정 파장의 빛을 투과시키는 투명 컬러 태양전지에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 태양전지(Solar Cell)는 태양으로부터 방출되는 빛 에너지를 전기에너지로 변환시키는 소자로서, 에너지 부족 문제가 점점 심각해짐에 따라 그 활용이 늘어나는 추세이다. 특히 최근에는 건물의 외벽 마감재나 유리창에 태양전지 모듈을 사용함으로써 건설비용을 줄이고 건물의 가치를 높이는 건물일체형 태양광발전(BIPV; Building Integrated Photovoltaic) 시스템이 주목 받고 있다. 건물이나 자동차 등의 유리창에 태양전지를 적용하기 위해서는 태양전지가 투명해야 하며, 또한 태양전지 자체를 디자인적인 요소로 활용하기 위해서는 투명도뿐만 아니라 특정한 컬러를 가지는 투명 컬러 태양전지가 요구된다.

[0003] 투명 컬러 태양전지로는 아직 공개된 기술은 아니지만 본 출원인에 의해 선출원된 한국특허출원 제2013-0114894호가 있다. 이 기술은 광 흡수층 상부에 금속 나노입자층 및 선택적 투과막을 형성하는 것을 특징으로 하는 것으로, 금속 나노입자층은 금속 나노입자의 표면 플라즈몬 스캐터링 현상에 의해 특정 파장영역의 가시광선을 반사하고 나머지 파장영역의 가시광선은 투과하며, 이와 같이 투과된 파장에 의해 컬러가 결정된다. 이 기술은 투명 태양전지에 컬러를 구현할 수 있는 기술이긴 하나, 특정 파장을 반사시키고 나머지 투과된 파장들의 혼합에 의해 컬러를 구현하는 방식이어서 원색을 구현하는 것이 용이하지 않다. 또한, 반사되는 특정 파장영역은 금속 나노입자층의 지오메트리(geometry)에 의존하는데 금속 나노입자층의 지오메트리를 정밀하게 조절하는 것은 현실적으로 쉽지 않아 설계한 대로 컬러를 구현하는 것이 쉽지 않은 문제가 있다.

[0004] 따라서, 원색을 구현하는 것이 용이하고, 구현하고자 하는 컬러를 정밀하게 조절하는 것이 용이한 투명 컬러 태양전지 기술이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 본 발명은 상기한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 원색을 구현하는 것이 용이한 투명 컬러 태양전지를 제공하는 데에 그 목적이 있다.
- [0006] 또한 본 발명은 구현하고자 하는 컬러를 정밀하게 조절하는 것이 용이한 투명 컬러 태양전지를 제공하는 데에 또 다른 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0007] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 투명 컬러 태양전지는, 투명기관, 상기 투명기관 상부에 형성된 제1 투명전극, 상기 제1 투명전극 상부에 형성된 광 흡수층, 상기 광 흡수층 상부에 형성되어 특정 파장영역의 가시광선을 투과하는 반복 패턴층을 포함하고, 상기 반복 패턴층은 매질 및 상기 매질보다 광학적 투과도가 높은 패턴부를 포함하는 것을 특징으로 한다. 상기 반복 패턴층은 상기 특정 파장영역을 제외한 나머지 파장영역의 가시광선은 상기 광 흡수층으로 반사하는 것일 수 있고, 상기 반복 패턴층 상부 또는 하부에 제2 투명전극이 형성될 수 있다.
- [0008] 이때, 상기 패턴부는 홀(hole)일 수 있고, 상기 반복 패턴층은 특이 광투과 현상에 의해 특정 파장영역의 가시광선을 투과하는 것일 수 있다.
- [0009] 또한, 상기 특정 파장영역은 반복 패턴층의 지오메트리(geometry)에 의존할 수 있으며, 상기 지오메트리는 상기 패턴부의 크기, 형상, 간격 중 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0010] 또한, 상기 매질은 은(Ag), 금(Au), 구리(Cu), 전이금속, 칼코겐화물 중 적어도 하나를 포함할 수 있고, 상기 패턴부는 나노 패터닝 기술로 형성되거나 금속층 매질을 열처리하여 형성될 수 있다.
- [0011] 또한, 상기 패턴부는 규칙적인 반복 패턴일 수 있다.
- [0012] 또한, 상기 매질은 결정상 칼코겐화물, 상기 패턴부는 비정질상 칼코겐화물일 수 있다.

발명의 효과

- [0013] 본 발명에 의한 투명 컬러 태양전지에 따르면, 반복 패턴층에 의한 특이 광투과 현상을 이용하여 원하는 특정 파장의 광을 투과시킴으로써, 원색을 구현하는 것이 용이한 효과가 있다.
- [0014] 또한, 본 발명은 패터닝 기술에 의해 반복 패턴층을 형성할 수 있으므로 컬러를 정밀하게 조절하는 것이 용이한 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1은 본 발명에 따른 투명 컬러 태양전지의 개략적인 단면도이다.
- 도 2는 반복 패턴층의 예시적인 평면도(a) 및 단면도(b)이다.
- 도 3는 본 발명에 따른 투명 컬러 태양전지의 원리에 대한 개념도이다.
- 도 4는 반복 패턴부의 지오메트리 변경에 따른 투과 파장 변화에 대한 개념도이다.
- 도 5는 구리 박막을 열처리하여 패턴부를 형성한 예이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예들에 의해 한정되거나 제한되는 것은 아니다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0017] 도 1은 본 발명에 따른 투명 컬러 태양전지의 개략적인 단면도이다. 도 1을 참조하여 설명하면, 본 발명에 따른 투명 컬러 태양전지(100)는, 투명기관(110), 상기 투명기관(110) 상부에 형성된 제1 투명전극(120), 상기 제1 투명전극(120) 상부에 형성된 광 흡수층(130), 상기 광 흡수층(130) 상부에 형성된 반복 패턴층(140) 및 상기

반복 패턴층(140) 상부에 형성된 제2 투명전극(150)을 포함하여 구성된다.

- [0018] 투명기관(110)은 태양전지(100) 전체를 지지하면서 태양광이 투과할 수 있도록 투명한 재질로 형성된 구성으로, 투명한 재질이면 특별히 한정하는 것은 아니나 유리 또는 투명한 고분자 재질로 형성하는 것이 바람직하다. 투명기관(110)은 외부 광을 최대한 광 흡수층(130) 쪽으로 투과시키는 것이 광전 변환효율 측면에서 유리하므로 전 파장 대역의 가시광선은 물론 적외선까지 투과시키는 것이 바람직하다. 또한 곡면의 건물 외벽이나 유리창 등에 적용될 수 있도록 플렉서블(flexible)한 기관일 수 있다.
- [0019] 제1 투명전극(120)은 투명기관(110)의 상부, 광 흡수층(130)의 하부에 형성되어 광 흡수층(130)에서 발생한 전기를 외부로 인출하기 위한 구성이며, 투명한 전기전도성 재질이면 특별히 한정하는 것은 아니나 ITO(Indium Tin Oxide), ZnO, SnO₂ 등의 투명한 금속산화물 전극이 사용될 수 있다. 제1 투명전극(120)은 스퍼터링 등의 박막 증착법을 이용하여 형성할 수 있다.
- [0020] 광 흡수층(130)은 제1 투명전극(120)의 상부에 형성되어 투명기관(110) 및 제1 투명전극(120)을 투과한 태양광을 흡수하여 전기에너지로 변환하는 층으로, p-형 실리콘 반도체 및 n-형 실리콘 반도체를 기반으로 하는 박막의 적층으로 이루어질 수 있다. 이때 실리콘 반도체는 결정질 또는 비정질일 수 있으나, 비정질 실리콘이 불규칙한 배열로 인해 광 흡수계수가 단결정 실리콘에 비해 약 40배 큰 특성이 있어 단결정 또는 다결정 실리콘의 경우에 비해 광 흡수층의 두께를 얇게 만드는 것이 가능하므로, 광 흡수층(130)은 비정질 실리콘 기반으로 형성하는 것이 바람직하다. 다결정 실리콘을 사용할 경우 입자(grain) 크기는 나노 또는 마이크로 크기인 것이 바람직하다.
- [0021] 광 흡수층(130)은 화학기상증착법(CVD; chemical vapor deposition)을 이용하여 형성할 수 있는데, 광 흡수층(130)으로 다결정 실리콘 박막을 사용할 경우 반응기체로 사용되는 수소(H₂) 가스와 실란(SiH₄) 가스의 유량비를 조절하여 입자 크기를 조절할 수 있다. p-형 실리콘(Si) 반도체 및 n-형 실리콘 반도체층의 경우 플라즈마 화학기상증착법(PECVD; plasma enhanced chemical vapor deposition) 등의 박막 증착법을 이용하여 국부적으로 불순물을 주입하는 방법으로 형성할 수 있다.
- [0022] 물론 광 흡수층(130)의 재질은 실리콘으로 한정되는 것은 아니며, 실리콘 게르마늄(SiGe), InP, CIGS, CdTe 재질 기반의 광 흡수층을 사용할 수도 있다. 또한, 태양광에 포함된 적외선을 광전 변환에 이용할 수 있도록 하기 위하여 실리콘에 비해 밴드갭(band gap)이 작은 실리콘-게르마늄(SiGe) 합금을 광 흡수층에 포함시켜 Si/SiGe 이중접합 형태의 흡수층을 사용할 수 있다. 태양전지의 광 흡수층 구조에 대해서는 널리 알려져 있으므로 더 이상의 상세한 설명은 생략하나, 본 발명의 기술사상에 반하지 않는 범위 내에서 어떠한 형태의 광 흡수층도 사용될 수 있음은 통상의 기술자에게는 자명할 것이다.
- [0023] 광 흡수층(130) 상부에 구비되는 반복 패턴층(140)은 입사되는 가시광선 중 특정 파장의 광을 투과시키는 층으로, 불투명한 매질에 나노 스케일의 반복 패턴이 형성된 구조를 갖는 층이다. 도 2(a)의 평면도 및 A-A' 선 단면도인 도 2(b)를 참조하여 좀더 구체적으로 설명하면, 반복 패턴층(140)은 매질(141) 및 매질(141)에 비해 광학적 투과도가 현저히 높은 패턴부(142)를 포함하여 구성된다. 여기서 매질(141)은 패턴부(142)에 비해 광학적 투과도가 현저히 낮아야 하며, 입사광이 광 흡수층(130)으로 반사되어 광전 변환에 기여할 수 있도록 하기 위해서는 반사도가 높은 재질인 것이 바람직하다. 매질(141) 소재로는 표면 플라즈몬(surface plasmon) 효과가 큰 금속으로 알려져 있는 은(Ag), 금(Au) 또는 구리(Cu)를 사용할 수 있으며, 또는 백금(Pt), 니켈(Ni) 등의 기타 전이금속이나 상변화 특성을 갖는 칼코겐화물(chalcogenide)도 사용할 수 있다. 불투명한 재질이라도 매우 얇은 두께에서는 투과도가 클 수 있으므로, 매질(141)은 투과도가 충분히 낮은 두께, 예를 들어 200nm 이상의 두께로 형성할 수 있다.
- [0024] 매질(141) 내에 반복 형성되는 패턴부(142)는 매질(141)보다 광학적 투과도가 현저히 높은 부분으로, 예를 들어 매질(141)이 제거된 홀(hole)일 수 있다. 또는 칼코겐화물의 경우 비정질상은 상대적으로 투과도가 높고 결정상은 상대적으로 투과도가 낮으므로, 매질(141)은 결정상 칼코겐화물, 패턴부(142)는 비정질상 칼코겐화물로 형성할 수 있다. 패턴부(142)의 크기는 가시광선의 파장보다 작을 수 있으며, 구현하고자 하는 컬러에 따라 달라질 수 있으나 700nm 이하일 수 있다.
- [0025] 반복 패턴층(140)은 매질(141) 물질, 예를 들어 은(Ag), 구리(Cu) 등의 금속층을 스퍼터링 등의 박막 증착법을 사용하여 형성한 후, 레이저, 전자빔(E-beam), 집속이온빔(FIB; Focused Ion Beam), 나노압입(Nanoindentation) 등 나노기술을 이용한 패터닝 기술을 사용하여 패턴부(142)를 형성할 수 있다. 패턴부(142)를 정밀한 공정이 가능한 나노 패터닝 기술로 형성할 경우, 매질(141) 내에 설계대로의 정밀한 구조로 형성하

는 것이 가능하다. 패턴부(142)는 도 2(a)와 같이 매질(141)에 반복적으로 배열되는데, 여기서 반복은 반드시 규칙적인 반복을 의미하는 것은 아니다.

[0026]

제2 투명전극(150)은 반복 패턴층(140)의 상부에 형성되어 광 흡수층에서 발생한 전기를 외부로 인출하기 위한 구성이며, 투명한 전기전도성 재질이면 특별히 한정하는 것은 아니나 ITO(Indium Tin Oxide), ZnO, SnO₂ 등의 투명한 금속산화물 전극이 사용될 수 있다. 제2 투명전극(150)은 제1 투명전극(120)과 마찬가지로 스퍼터링 등의 박막 증착법으로 형성할 수 있다. 한편 제2 투명전극(150)이 반복 패턴층(140)의 하부, 즉 광 흡수층(130)과 반복 패턴층(140)의 사이에 위치할 수도 있으며, 매질(141)이 전기전도도가 우수한 금속인 경우 반복 패턴층(140) 자체를 전극으로 활용하고 제2 투명전극(150)은 생략할 수도 있다.

[0027]

본 발명에 따른 투명 컬러 태양전지의 원리를 도 3의 개념도를 참조하여 설명한다. 도 3과 같이, 투명기관(110) 하부로부터 입사된 입사광은 입사 파장(λ_{in}) 중 일부 파장(λ_{out})에 해당하는 광만이 반복 패턴층(140)을 투과하고, 매질(141)로 반사도가 높은 재질이 사용된 경우 나머지 파장(λ_R)은 다시 광 흡수층(130)으로 반사된다. 이처럼 반복 패턴층(140)에서 특정 파장의 광만이 투과되는 것은 불투명한 매질(141)에 나노 스케일의 패턴부(142)가 반복 형성된 것에 의해 특이 광투과(EOT; Extraordinary optical transmission) 현상이 발생하는 것에 기인하는 것일 수 있다. 특이 광투과 현상은 불투명한 매질 내에 매질보다 투과도가 높고 입사광의 파장보다 작은 크기의 반복 패턴이 형성되어 있을 경우, 표면 플라즈몬 공명(surface plasmon resonance) 효과에 의한 보강 간섭이 발생하여 특정 파장의 광의 투과가 매우 크게 발생하는 현상이다. 따라서 본 발명에 따른 투명 컬러 태양전지(100)의 구조에 의하면, 입사된 가시광선 파장 범위 중 특정 파장(λ_{out})만이 반복 패턴층(140)을 투과하면서 그 투과 파장에 의한 컬러가 나타나게 된다. 또한, 매질(141)로 반사도가 높은 재질을 사용한 경우 나머지 파장의 광들은 반복 패턴층(140)에서 다시 광 흡수층(130)으로 반사되어 광전 변환 효율 향상에 기여하게 된다.

[0028]

특히 본 발명에 따르면 투과된 특정 파장에 의해 컬러가 구현되고 이때 특이 광투과 현상에 의한 보강간섭 효과가 발생하므로, 선명한 원색을 구현할 수 있다는 장점이 있다. 특이 광투과 현상에 의해 투과되는 파장, 즉 본 발명에 따른 투명 컬러 태양전지에서 구현되는 컬러는 반복 패턴층(140)의 지오메트리(geometry)에 의존하므로, 본 발명에 따르면 반복 패턴층(140)의 지오메트리를 조절함으로써 구현되는 컬러를 변경할 수 있다. 반복 패턴층(140)의 지오메트리 변경에 따른 투과 파장 변화 현상을 도 4에 개념적으로 도시하였다. 본 발명에서 반복 패턴층(140)의 지오메트리라고 함은 패턴부(142)의 크기, 형상, 배열, 간격 등 특이 광투과 현상에 영향을 미치는 기하학적인 구조를 통칭하는 의미로 사용된 것임을 이해하여야 한다.

[0029]

본 발명의 반복 패턴층(140)의 패턴부(142) 형성에는 레이저, 전자빔(E-beam), 집속이온빔(FIB; Focused Ion Beam), 나노압입(Nanoindentation) 등 나노 패터닝 기술을 이용할 수 있다. 나노 패터닝 기술을 이용할 경우 반복 패턴층(140)의 지오메트리를 정밀하게 구현할 수 있으므로, 원하는 컬러를 용이하게 구현할 수 있는 효과가 있다.

[0030]

이처럼 본 발명에서 반복 패턴층(140)의 패턴부(142)는 나노 패터닝 기술을 이용하여 형성하는 것이 바람직하나, 금속층 증착 후 열처리하는 방법에 의해 형성할 수도 있다. 예를 들어 광 흡수층(130) 상부에 구리 박막을 증착한 후에 소정 온도에서 열처리할 경우, 구리 박막의 표면 에너지와 입계(grain boundary)의 계면 에너지 차이에 의하여 3개의 입자(grain)들이 만나는 삼중점 위치에 홀이 생성될 수 있다. 구리 박막을 열처리하여 삼중점 위치에 홀이 생성된 예를 도 5에 나타내었다. 이러한 방법을 사용하면 패턴부(142), 즉 홀이 랜덤하게 형성되기는 하나, 넓은 면적에서 평균할 경우 패턴부(142)의 지오메트리가 어느 정도 균일해지도록 공정 조건을 설정하는 것이 가능하므로, 원하는 컬러를 구현하는 것이 가능하다. 또한, 이 방법의 경우 반복 패턴층(140)을 보다 간단한 방법으로 형성할 수 있다는 장점이 있다.

[0031]

이상 한정된 실시예 및 도면을 참조하여 설명하였으나, 본 발명의 기술사상의 범위 내에서 다양한 변형 실시가 가능하다는 점은 통상의 기술자에게 자명할 것이다. 따라서, 본 발명의 보호범위는 특허청구범위의 기재 및 그 균등 범위에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

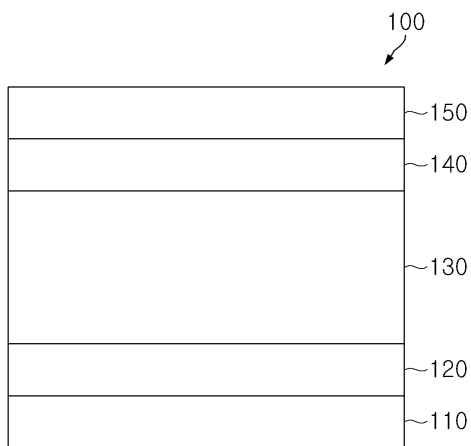
[0032]

100: 투명 컬러 태양전지

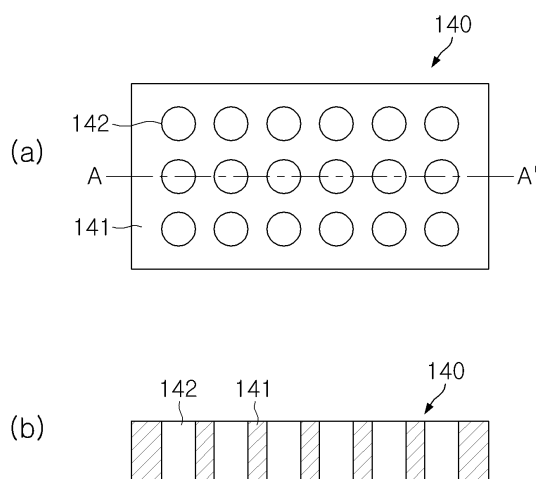
- 110: 투명기관
- 120: 제1 투명전극
- 130: 광 흡수층
- 140: 반복 패턴층
- 141: 매질
- 142: 패턴부
- 150: 제2 투명전극

도면

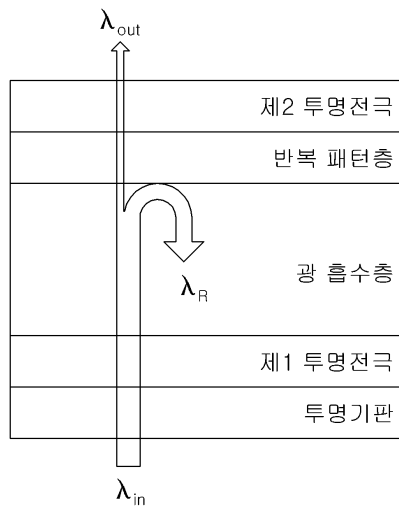
도면1



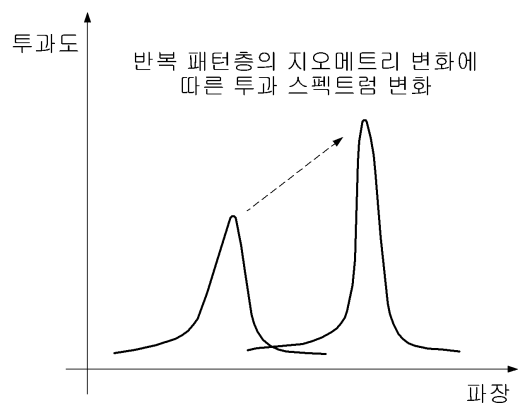
도면2



도면3



도면4



도면5

