



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년09월28일
(11) 등록번호 10-1782733
(24) 등록일자 2017년09월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 31/04 (2014.01) H01L 31/0224 (2006.01)
H01L 31/0236 (2006.01) H01L 31/0392 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 31/04 (2013.01)
H01L 31/022425 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0069191
(22) 출원일자 2016년06월03일
심사청구일자 2016년06월03일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020160127253 A*
KR1020150143010 A*
KR1020140091488 A
KR1020140035284 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
김준호
서울특별시 성북구 안암로 145 BK21Plus 창의부품소재사업단
성태연
서울특별시 서초구 신반포로33길 64 1-506호 (잠원동, 잠원한신로얄아파트)
(74) 대리인
정은열

전체 청구항 수 : 총 11 항

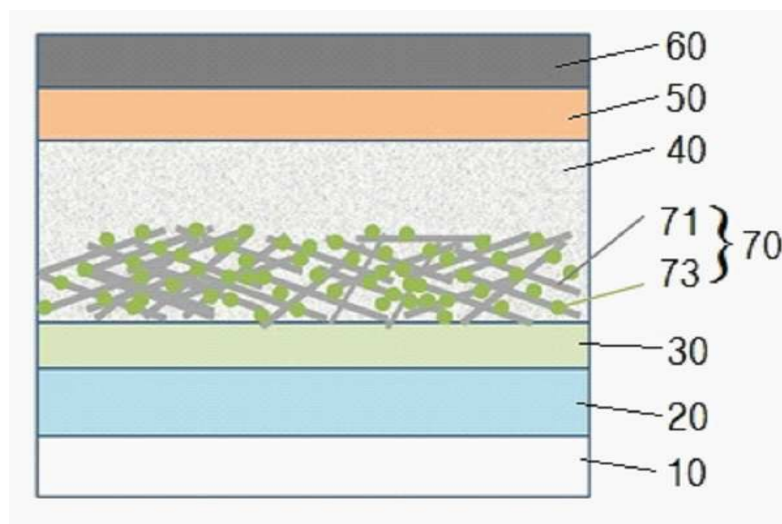
심사관 : 전병식

(54) 발명의 명칭 페로브스카이트 태양전지

(57) 요약

본 발명은 페로브스카이트 태양전지에 관한 것으로서, 본 발명의 제1 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지는 기판(10), 기판(10) 상부에 형성된 투명전극(20), 투명전극(20) 상부에 형성된 전자 추출층(30), 전자 추출층(30) 상부에 형성되고, 페로브스카이트를 포함하는 광 활성층(40), 및 다수의 금속 나노구조체(71), 및 금속 나노구조체(71)의 외면에 배치된 다수의 산화물 입자(73)를 포함하고, 광 활성층(40) 내부에 배치되는 복합구조체(70)를 포함한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H01L 31/022475 (2013.01)

H01L 31/02366 (2013.01)

H01L 31/03926 (2013.01)

Y02E 10/50 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10049601

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 벤처형 전문소재기술개발사업

연구과제명 OLED조명을 위한 flexible 기관용 광추출 효율이 2.0배 향상된 flexible 전도성 광추출 기
관 기술 개발

기 여 율 50/100

주관기관 덕산하이메탈(주)

연구기간 2014.06.01 ~ 2017.05.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 s2317456

부처명 중소기업청

연구관리전문기관 한국산업기술진흥원(KIAT)

연구사업명 WC300 프로젝트 R & D 기술개발지원사업

연구과제명 자동차용 디자인프리 OLED 조명을 위한 100 lm/W 효율 구현이 가능한 일체형 리버스-전사
공정기술 기반의 투명 전도성 광전 복합기관 소재 및 공정 기술 개발

기 여 율 50/100

주관기관 덕산하이메탈(주)

연구기간 2015.07.01 ~ 2018.06.30

명세서

청구범위

청구항 1

기관;

상기 기관 상부에 형성된 투명전극;

상기 투명전극 상부에 형성된 전자 추출층;

상기 전자 추출층 상부에 형성되고, 페로브스카이트를 포함하는 광 활성층; 및

다수의 금속 나노구조체, 및 상기 금속 나노구조체의 외면에 배치된 다수의 산화물 입자를 포함하고, 상기 광 활성층 내부에 배치되는 복합구조체;

를 포함하고,

상기 전자 추출층의 상부면에 분산 배치되어, 상기 전자 추출층의 상부면과 이격된 상기 복합구조체를 연결하는 금속 나노도트(Nanodot, nano-particle);

를 더 포함하는 페로브스카이트 태양전지.

청구항 2

기관;

다수의 금속 나노구조체, 및 상기 금속 나노구조체의 외면에 배치된 다수의 산화물 입자를 포함하는 복합구조체를 포함하고, 상기 기관의 상부에 형성되는 전극층; 및

상기 전극층 상부에 형성되고, 페로브스카이트를 포함하는 광 활성층;

을 포함하고,

상기 금속 나노구조체는 나노와이어, 나노튜브, 및 나노로드 중 어느 하나 이상의 형태로 형성되고,

상기 금속 나노구조체는 메쉬 형태로 교차하는 페로브스카이트 태양전지.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 전극층은

상기 복합구조체의 상부에 배치되어, 상기 복합구조체와 상기 광 활성층의 접촉을 차단하는 차단층;

을 더 포함하는 페로브스카이트 태양전지.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 복합구조체와 상기 기관 사이에 배치되는 투명전극;

을 더 포함하는 페로브스카이트 태양전지.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 금속 나노구조체는 나노와이어, 나노튜브, 및 나노로드 중 어느 하나 이상의 형태로 형성되는 페로브스카이트 태양전지.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 금속 나노구조체는 메쉬 형태로 교차하는 페로브스카이트 태양전지.

청구항 7

청구항 5에 있어서,

상기 금속 나노구조체는 Ag로 이루어지는 페로브스카이트 태양전지.

청구항 8

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 산화물 입자는 TiO_x 입자 또는 ZnO 입자인 페로브스카이트 태양전지.

청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 복합구조체는 상기 전자 추출층에 인접하게 배치되는 페로브스카이트 태양전지.

청구항 10

삭제

청구항 11

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 기판은 플렉서블(flexible) 기판인 페로브스카이트 태양전지.

청구항 12

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 기판은 글라스(glass), 실리콘(Si), 폴리에테르술폰(PES), 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 폴리카보네이트(PC), 폴리이미드(PI), 및 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN) 중 적어도 어느 하나 이상으로 이루어지는 페로브스카이트 태양전지.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 페로브스카이트 태양전지에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 태양전지는 태양에너지를 전기에너지로 변환하는 장치로서, 태양에너지를 흡수하여 전자와 정공을 발생하는 광기전 효과를 이용하여 전류-전압을 생성한다. 이러한 태양전지는 자원의 고갈 및 환경문제에 직면한 화석 에너지의 대체 에너지로 세계적인 관심을 받고 있다. 다만, 태양전지는 고효율화를 위해 매우 순도가 높은 소재를 사용해야 하므로, 원소재의 정제에 많은 에너지가 소모된다. 또한, 원소재를 이용하여 단결정 혹은 박막화하는 과정에서 고가의 공정 장비가 사용되므로, 태양전지의 제조에 상당한 비용이 소요되고, 이는 태양전지의 활용에 장애요인으로 작용하고 있다.

[0003] 이러한 태양전지의 제조비용을 낮추기 위해서 고안된 것 중 하나가 하기 선행기술문헌의 특허문헌에 개시된 유무기 하이브리드 페로브스카이트 태양전지이다. 유무기 하이브리드 페로브스카이트 태양전지는 무기물과 유기물이 결합하여, 페로브스카이트 결정 구조를 가지는 소재를 활용한 태양전지이다. 이러한 태양전지에 사용되는 페로브스카이트는 부도체·반도체·도체 성질과 함께 초전도 현상까지 보이는 매우 특별한 구조를 갖는다.

[0004] 유무기 하이브리드 페로브스카이트 태양전지는 제조비용이 저렴하고 용액공정으로 박막제작이 가능하므로, 다양한 분야에 응용될 수 있어 차세대 박막 태양전지로 각광받고 있다. 도 1에 도시된 바와 같이, 종래 페로브스카이트 태양전지는 기관(1), 투명전극(2), 전자 추출층(3), 광 활성층(4), 정공 추출층(5), 및 금속전극(6)이 순차적으로 적층된 구조로 이루어진다. 여기서, 투명전극(2)으로는 일함수가 낮은 ITO(Indium Tin Oxide) 또는 FTO(Fluorine doped Tin Oxide)가, 금속전극(6)으로는 높은 일함수를 갖는 Au 또는 Ag 등이 사용된다.

[0005] 최근에는 유연 태양전지의 제조에 관심이 증대되어, 유연한 페로브스카이트 소자 제작에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 이때, 유연 태양전지에 사용되는 기관은 폴리머 기관으로, 열에 매우 취약하기 때문에, 유연 페로브스카이트 소자 제작은 저온 공정으로 진행되어야 한다. 그러나, 종래 페로브스카이트 태양전지의 경우에는 다공성 TiO_2 페이스트를 사용해 페로브스카이트 소자를 제작할 때에, 전자 추출층 코팅은 스핀코팅과 같은 간단한 공정으로 가능하지만, 다공성 입자 내부의 유기결합체(바인더)를 제거하기 위해서는 500 °C 이상의 고온 열처리가 필수적이므로, 고온 열처리 공정이 유연 태양전지의 제조에 큰 걸림돌로 작용한다.

[0006] 또한, 투명전극으로 사용되는 ITO 및 FTO도 높은 열처리를 통하여 광학적, 전기적 특성을 나타내므로, 유연한 폴리머 기관을 사용한 대량 생산이 실질적으로 불가능하다.

[0007] 따라서, 종래 페로브스카이트 태양전지의 문제점을 해결하기 위한 방안이 절실히 요구되고 있는 상황이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) KR 2016-0015723 A

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 상술한 종래기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 일 측면은 다수의 금속 나노구조체의 외면에 다수의 산화물 입자가 배치된 복합구조체가 광 활성층 내부에 배치되어, 저온 공정에서 제조 가능하고, 효율이 우수한 페로브스카이트 태양전지를 제공하는 것이다.

[0010] 또한, 본 발명의 다른 측면은 종래의 고가인 ITO 및 FTO 투명전극을 대체하고, 열처리 과정 없이도 높은 투과도와 우수한 전기적 특성을 가지며, 전자 추출층의 역할을 동시에 수행하는 산화물층/금속층/산화물층 구조의 다층 투명전극이 배치된 페로브스카이트 태양전지를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0011] 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지는 기관; 상기 기관 상부에 형성된 투명전극; 상기 투명전극 상부에 형성된 전자 추출층; 상기 전자 추출층 상부에 형성되고, 페로브스카이트를 포함하는 광 활성층; 및 다수의 금속 나노구조체, 및 상기 금속 나노구조체의 외면에 배치된 다수의 산화물 입자를 포함하고, 상기 광 활성층 내부에 배치되는 복합구조체;를 포함한다.
- [0012] 한편, 본 발명의 다른 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지는 기관; 다수의 금속 나노구조체, 및 상기 금속 나노구조체의 외면에 배치된 다수의 산화물 입자를 포함하는 복합구조체를 포함하고, 상기 기관의 상부에 형성되는 전극층; 및 상기 전극층 상부에 형성되고, 페로브스카이트를 포함하는 광 활성층;을 포함한다.
- [0013] 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지에 있어서, 상기 전극층은 상기 복합구조체의 상부에 배치되어, 상기 복합구조체와 상기 광 활성층의 접촉을 차단하는 차단층;을 더 포함한다.
- [0014] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지에 있어서, 상기 금속 나노구조체는 나노와이어, 나노 튜브, 및 나노로드 중 어느 하나 이상의 형태로 형성된다.
- [0015] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지에 있어서, 상기 금속 나노구조체는 메쉬 형태로 교차한다.
- [0016] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지에 있어서, 상기 금속 나노구조체는 Ag로 이루어진다.
- [0017] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지에 있어서, 상기 산화물 입자는 TiO_x 입자 또는 ZnO 입자이다.
- [0018] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지에 있어서, 상기 복합구조체는 상기 전자 추출층에 인접하게 배치된다.
- [0019] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지에 있어서, 상기 광 활성층 내부에 분산 배치되는 금속 나노도트(Nanodot or nano-particle);를 더 포함한다.
- [0020] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지에 있어서, 상기 금속 나노도트(Nanodot or nano-particle)는 상기 전자 추출층에 인접하게 배치된다.
- [0021] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지에 있어서, 상기 기관은 플렉서블(flexible) 기관이다.
- [0022] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지에 있어서, 상기 기관은 글라스(glass), 실리콘(Si), 폴리에테르술폰(PES), 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 폴리카보네이트(PC), 폴리이미드(PI), 및 폴리에틸렌프탈레이트(PEN) 중 적어도 어느 하나 이상으로 이루어진다.
- [0023] 본 발명의 특징 및 이점들은 첨부도면에 의거한 다음의 상세한 설명으로 더욱 명백해질 것이다.
- [0024] 이에 앞서 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이고 사전적인 의미로 해석되어서는 아니되며, 발명자가 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

발명의 효과

- [0025] 본 발명에 따르면, 기존의 다공성 TiO_x 페이스트를 대신하여 다수의 금속 나노구조체의 외면에 다수의 산화물 입자가 배치된 복합구조체를 사용하고, 나노 크기의 복합구조체가 광 활성층 내부에 배치됨으로써 표면적을 극대화하여 고효율의 태양전지를 구현하고, 저온 공정에서 유연 기관을 사용한 유연 태양전지를 대량생산할 수 있어 제조비용이 감소하고, 전도성이 향상되어 태양전지의 효율이 증대되는 효과가 있다.
- [0026] 또한, 본 발명에 따르면, 종래의 ITO 및 FTO 투명전극을 대체하는 산화물층/금속층/산화물층의 다층 투명전극이 배치되어, 제조단가가 하락하고, 고온 열처리 공정이 불필요하여 유연 태양전지의 대량생산이 가능해진다. 또한, 전자 추출층의 역할을 동시에 수행하므로 태양전지 제조공정이 간단해지고, 스퍼터링 방식에 의한 제조가 가능하여 대면적의 평탄하고 안정한 표면을 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 도 1은 종래의 유무기 하이브리드 페로브스카이트 태양전지의 분해 사시도이다.

도 2 내지 도 3은 본 발명의 제1 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지의 단면도이다.

도 4a 내지 도 4b는 본 발명의 제2 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지의 단면도이다.

도 5 내지 도 7은 본 발명의 제3 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지의 단면도이다.

도 8은 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지의 제조방법의 순서도이다.

도 9는 도 5 내지 도 7에 도시된 복합 투명전극의 TEM 이미지이다.

도 10은 도 5 내지 도 7에 도시된 복합 투명전극의 투과도를 나타내는 그래프이다.

도 11은 도 5 내지 도 7에 도시된 복합 투명전극의 산화물층 두께에 따른 전기적 특성을 나타내는 그래프이다.

도 12는 도 5 내지 도 7에 도시된 복합 투명전극의 굽힘 테스트 사진 및 그 결과 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 본 발명의 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부된 도면들과 연관되어지는 이하의 상세한 설명과 바람직한 실시예들로부터 더욱 명백해질 것이다. 본 명세서에서 각 도면의 구성요소들에 참조번호를 부가함에 있어서, 동일한 구성 요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 번호를 가지도록 하고 있음에 유의하여야 한다. 또한, "제1", "제2" 등의 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위해 사용되는 것으로, 구성요소가 상기 용어들에 의해 제한되는 것은 아니다. 이하, 본 발명을 설명함에 있어서, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 관련된 공지 기술에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0029] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시형태를 상세히 설명하기로 한다.
- [0030] 도 2 내지 도 3은 본 발명의 제1 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지의 단면도이다.
- [0031] 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제1 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지는 기판(10), 기판(10) 상부에 형성된 투명전극(20), 투명전극(20) 상부에 형성된 전자 추출층(30), 전자 추출층(30) 상부에 형성되고, 페로브스카이트를 포함하는 광 활성층(40), 및 다수의 금속 나노구조체(71), 및 금속 나노구조체(71)의 외면에 배치된 다수의 산화물 입자(73)를 포함하고, 광 활성층(40) 내부에 배치되는 복합구조체(70)를 포함한다.
- [0032] 본 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지는 기판(10), 투명전극(20), 전자 추출층(30), 광 활성층(40), 및 복합구조체(70)를 포함한다.
- [0033] 본 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지는 무기물과 유기물이 결합하여, 페로브스카이트 결정 구조를 가지는 소재를 활용한 태양전지이다. 여기서, 기판(10), 투명전극(20), 전자 추출층(30), 및 광 활성층(40) 등은 일반적인 페로브스카이트 태양전지의 구성이므로, 당해 기술분야의 통상의 기술자가 알 수 있는 일반적인 내용에 대해서는 설명을 생략하거나 간단하게만 기술하고, 특징적인 내용 위주로 자세하게 설명한다.
- [0034] 여기서, 기판(10)은 지지체로서, 투명전극(20), 전자 추출층(30), 광 활성층(40) 등을 지지한다. 이때, 기판(10)은 리지드(rigid) 기판(10) 또는 유연하게 휘어지는 플렉서블(flexible) 기판(10)일 수 있다. 플렉서블 기판(10)의 경우, 유연한 태양전지를 구현하고, 롤투롤 공정 등을 통해 단시간에 태양전지를 대량생산할 수 있다. 이때, 기판(10)은 폴리머 기판(10)으로서, 예를 들어, 폴리에테르술폰(PES), 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 폴리카보네이트(PC), 폴리이미드(PI), 및 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN) 중 어느 하나 이상으로 이루어질 수 있다. 다만, 폴리머 기판(10)의 재료가 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 또한, 기판(10)이 반드시 플렉서블 기판(10)에 한정되는 것도 아니므로, 글라스(glass), 및 실리콘(Si) 중 적어도 어느 하나 이상으로 제조될 수도 있다. 이러한 기판(10) 상에는 투명전극(20)이 형성된다.
- [0035] 여기서, 투명전극(20)은 기판(10)의 상부에 형성된다. 이때, 기판(10)의 상부는 기판(10)의 일면으로서, 기판(10) 상에 투명전극(20)이 상향으로 적층되는 경우를 가정하여 기판(10)의 상대적 위치를 정한 것이다. 따라서, 기판(10)을 기준으로 투명전극(20), 전자 추출층(30), 광 활성층(40) 순으로 인접 배치되는 한, 기판(10)보다 상향, 또는 하향에 투명전극(20)이 위치하거나, 기판(10)의 측방향에 위치하더라도, 본 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지의 보호범위에 속한다. 이하에서도, "상부"는 상술한 바와 같이, 인접하는 구성이 상향으로 적층되는 경우를 가정하여 상대적 위치를 정한 것으로 사용한다.
- [0036] 투명전극(20)에는 투명 전도성 산화물의 일종인 인듐주석 산화물(ITO) 또는 불소산화주석(FTO) 등을 사용할 수 있다. ITO 또는 FTO는 광투과도와 전도성이 우수하여 투명전극(20)에 널리 활용되고 있다. 다만, 투명전극(20)

의 재료가 반드시 ITO 또는 FTO 한정되는 것은 아니고, 그 이외의 재료 또는 다양한 재료의 조합으로서 투명전극(20)을 제조할 수 있다. 이와 관련해서는 후술한다.

[0037] 전자 추출층(30)은 투명전극(20)의 상부에 형성되는 층이다. 여기서, 전자 추출층(30)은 예를 들어, Ti 산화물 또는 Zn 산화물을 이용해, 박막 형태로 형성된다. 이때, Ti 산화물은 TiO_x , Zn 산화물은 ZnO일 수 있는데, 각각의 산화물이 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 나아가 전자 추출층(30) 재료도 반드시 Ti 산화물 또는 Zn 산화물에 한정될 필요는 없다.

[0038] 광 활성층(40)은 페로브스카이트를 포함하고, 전자 추출층(30) 상부에 형성된다. 여기서, 페로브스카이트는 부도체·반도체·도체 성질과 함께 초전도 현상까지 보이는 매우 특별한 구조로 이루어지는데, 이러한 구조로 인해 높은 전하 운반 이동성과 긴 확산거리를 가지게 되어, 생성된 전자와 정공이 에너지 손실 없이 장거리를 이동할 수 있게 한다. 결과적으로, 전자와 정공이 더 두꺼운 태양전지를 통과할 수 있어서, 더 많은 광을 흡수한다. 광 활성층(40) 내부에는 복합구조체(70)가 배치된다.

[0039] 여기서, 복합구조체(70)는 다수의 금속 나노구조체(71), 및 산화물 입자(73)를 포함한다. 금속 나노구조체(71)는 나노와이어, 나노튜브, 및 나노로드 중 어느 하나 이상의 형태로 형성될 수 있다. 즉, 나노와이어, 나노튜브, 또는 나노로드 중 어느 하나의 형태를 갖거나, 또는 서로 다른 형태끼리 결합되어 또 다른 구조체의 형태를 가질 수 있다. 또한, 금속 나노구조체(71)는 다수 개이므로, 그 중 일부와 다른 일부가 서로 다른 형태로 형성되어도 무방하다.

[0040] 한편, 다수의 금속 나노구조체(71)는, 광 활성층(40) 내부에 배치되는 때에, 일부 또는 전체가 메쉬 형태로 서로 교차하여 배열될 수 있다. 메쉬 형태로 배열되는 경우, 광 활성층(40) 내부에서 복합구조체(70)가 넓은 범위에 걸쳐 분산되고, 금속 나노구조체(71)가 단속되지 않고 서로 이어져, 인접한 금속 나노구조체(71)를 따라 전자가 자유롭게 이동할 수 있다. 다만, 금속 나노구조체(71)가 반드시 메쉬 형태로 배열되어야 하는 것은 아니고, 서로 소정의 간격으로 이격 배치될 수도 있다(도 6 참조). 이때, 금속 나노구조체(71)는 전도성이 우수한 은(Ag)으로 이루어질 수 있는데, 그 재료가 반드시 은에 한정되어야 하는 것은 아니고, 전도성이 있는 한 모든 공지의 금속을 포함한다.

[0041] 산화물 입자(73)는 금속 나노구조체(71)의 외면에 배치된다. 여기서, 산화물 입자(73)는 나노 사이즈의 미세한 산화물로서, 금속 나노구조체(71)에 다수 개가 코팅되어, 복합구조체(70)의 비표면적을 확장시킨다. 이때, 산화물 입자(73)를 이루는 산화물은 전자 추출층(30)을 구성하는 산화물일 수 있다. 예를 들어, 전자 추출층(30)이 TiO_x 인 경우에는 산화물 입자(73)도 TiO_x 입자이고, 전자 추출층(30)이 ZnO일 때에는 산화물 입자(73)도 ZnO 입자일 수 있다. 다만, 반드시 전자 추출층(30) 산화물과 복합구조체(70)의 산화물 입자(73)가 동일해야 하는 것은 아니다.

[0042] 이렇게 금속 나노구조체(71)와 산화물 입자(73)가 결합된 복합구조체(70)가 광 활성층(40) 내부 전체에 걸쳐, 넓은 범위에 배치됨으로써, 광 활성층(40)에서 생성된 전자를 효과적으로 이동시킬 수 있다. 다만, 복합구조체(70)가 반드시 광 활성층(40)의 내부 전 범위에 걸쳐 분산되어야 하는 것은 아니고, 전자 추출층(30) 쪽으로 치우쳐서 배치될 수 있다.

[0043] 이때, 복합구조체(70)는 전자 추출층(30)에 인접할 수도 있다. 이러한 경우에, 복합구조체(70)는 전자 추출층(30) 상부에 배치되고, 광 활성층(40)이 그 복합구조체(70)를 감싸면서 커버하는 구조가 된다. 이렇게 전자 추출층(30)에 연결된 전도성 복합구조체(70)가, 넓은 비표면적을 가지고, 광 활성층(40) 내부에서 광범위하게 분산되어, 전자 전달효율을 향상시키므로, 본 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지의 효율이 상승한다.

[0044] 또한, 다공성 TiO_2 를 사용하는 종래의 전자 추출층(30)의 경우에는 그 다공성 입자 내부의 유기결합체(바인더)를 제거하기 위해 고온 열처리 공정이 필수적으로 요구되기 때문에, 열에 취약한 폴리머 재료의 플렉서블 기판(10)을 사용하여 유연 태양전지를 제조하는 것이 곤란하였으나, 복합구조체(70)를 활용함으로써, 저온 공정을 통해서도 전자 추출층(30)을 형성할 수 있고, 이로 인해 롤투롤 기법 등을 적용하여 저렴한 비용으로 태양전지를 대량생산할 수 있다.

[0045] 본 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지는 상술한 기판(10), 전자 추출층(30), 광 활성층(40), 및 복합구조체(70) 이외에도, 일반적으로 요구되는 정공 추출층(50), 및 금속전극(60)을 더 포함할 수 있다. 이때, 정공 추출층(50)은 광 활성층(40)의 상부에, 금속전극(60)은 정공 추출층(50)의 상부에 각각 형성된다. 여기서, 정공 추출층(50) 및 금속전극(60)은 일반적인 페로브스카이트 태양전지의 구성이므로, 통상의 기술자에게 자명한 내

용에 해당하여 구체적인 설명은 생략한다.

- [0046] 한편, 도 3에 도시된 바와 같이, 본 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지는 금속 나노도트(nanodot, 80)를 더 포함할 수 있다. 이러한 금속 나노도트(80)는 광 활성층(40) 내부에 분산 배치된다. 금속 나노도트(80)를 이루는 금속은 은(Ag)일 수 있는데, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 이때, 금속 나노도트(80)는 전자 추출층(30)에 인접하도록 배치될 수 있는데, 이러한 경우 복합구조체(70)의 부분 중 전자 추출층(30)에 직접 접촉하지 않는 부분도, 금속 나노도트(80)에 접촉하여, 전자 추출층(30)에 연결될 수 있다. 또한, 금속 나노도트(80)로 의해 표면 플라즈몬(surface plasmon) 효과도 기대할 수 있다.
- [0047] 도 4a 내지 도 4b는 본 발명의 제2 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지의 단면도이다.
- [0048] 도 4a에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제2 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지는 기판(10a), 다수의 금속 나노구조체(71a), 및 금속 나노구조체(71a)의 외면에 배치된 다수의 산화물 입자(73a)를 포함하는 복합구조체(70a)를 포함하고, 상기 기판(10a)의 상부에 형성되는 전극층(100), 및 전극층(100) 상부에 형성되고, 페로브스카이트를 포함하는 광 활성층(40a)을 포함한다.
- [0049] 본 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지는 기판(10a), 전극층(100), 및 광 활성층(40a)을 포함한다.
- [0050] 여기서, 기판(10a), 및 광 활성층(40a)은 각각 상술한 제1 실시예의 본 발명에 따른 페로브스카이트 태양전지(도 2)의 기판(10), 및 광 활성층(40)에 대응하므로, 중복되는 내용에 대한 설명은 생략하고, 차이점 중심으로 설명한다. 또한, 본 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지의 경우에도 광 활성층(40a)의 상부에 정공 추출층(50a), 및 금속전극(60a)이 순차적으로 형성될 수 있는데, 일반적인 페로브스카이트 태양전지의 구성이므로 구체적인 설명은 생략한다.
- [0051] 본 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지의 전극층(100)은 기판(10a)의 상부에 형성되는 층(layer)으로서, 복합구조체(70a)를 포함하는데, 복합구조체(70a)는 다수의 금속 나노구조체(71a)의 외면에 다수의 산화물 입자(73a)가 배치되는 구조로 형성된다. 금속 나노구조체(71a) 및 산화물 입자(73a)에 대해서는 상술한 제1 실시예의 본 발명에 따른 페로브스카이트 태양전지(도 2)의 금속 나노구조체(71) 및 산화물 입자(73)와 동일하므로, 이에 대한 구체적 설명은 생략한다.
- [0052] 다만, 제1 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지(도 2)는 기판(10)과 전자 추출층(30) 사이에 투명전극(20)이 배치되고, 복합구조체(70)가 광 활성층(40) 내부에 배치되는 반면, 본 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지는 복합구조체(70a)가 기판(10a)과 광 활성층(40a) 사이에 배치되어, 광 활성층(40a)의 전자를 전달받아 수송하고, 전극의 역할을 수행할 수 있다. 이때, 전자의 수송 효율을 증대시키기 위해서, 복합구조체(70a)는 광 활성층(40a)과 넓은 면적에서 접하도록 분산 배치된다.
- [0053] 또한, 본 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지의 전극층(100)은 차단층(110)을 더 포함할 수 있다. 여기서, 차단층(110)은 복합구조체(70a)의 상부에 배치되어, 광 활성층(40a)에서 생성된 전자와 정공의 재결합을 방지하므로, 태양전지의 효율을 더 높일 수 있도록 한다. 또한, 차단층(110)은 복합구조체(70a)의 계면을 매끄럽게 메워서 전자의 이동성을 향상시키므로, 궁극적으로 태양전지의 효율이 증대된다.
- [0054] 여기서, 차단층(110)은 TiO_2 또는 ZnO 로 형성될 수 있는데, 반드시 이러한 소재로 한정되어야 하는 것은 아니다. 또한, 차단층(110)의 소재는 금속 나노구조체(71a)의 소재와 동일한 소재를 사용할 수도 있다. 다만, 반드시 소재가 동일해야 하는 것은 아니고, 제조공정 및 효율 등을 고려하여 서로 다른 소재를 사용해도 무방하다.
- [0055] 도 4b에 도시된 바와 같이, 본 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지의 전극층(100)은 투명전극(20a)을 더 포함할 수 있다. 여기서, 투명전극(20a)은 상술한 제1 실시예(도 2)의 투명전극(20a)과 동일하므로, 자세한 설명은 생략한다. 이때, 복합구조체(70a)는 광 활성층(40a)의 전자를 투명전극(20a)으로 이동시킨다.
- [0056] 한편, 본 발명의 다른 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지는 상술한 제2 실시예의 복합구조체(70a) 대신에, 페로브스카이트 구조의 투명전극을 사용할 수도 있다(도시되지 않음). 이때, 페로브스카이트 구조의 투명전극은 SrVO_3 또는 CaVO_3 일 수 있는데, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0057] 도 5 내지 도 7은 본 발명의 제3 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지의 단면도이다.
- [0058] 도 5에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제3 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지는 기판(10b), 금속층(91), 및 금속층(91)의 상부 및 하부 각각에 하나씩 형성된 한 쌍의 산화물층(93, 95)을 포함하고, 기판(10b)의 상부에 배치되는 복합 투명전극(90), 및 복합 투명전극(90) 상부에 형성되고, 페로브스카이트를 포함하는 광 활성층

(40b)을 포함한다.

- [0059] 본 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지는 기관(10b), 복합 투명전극(90), 및 광 활성층(40b)을 포함한다.
- [0060] 여기서, 기관(10b)은 상술한 제1 실시예의 본 발명에 따른 페로브스카이트 태양전지(도 2)의 기관(10)에 대응하여 동일하므로, 중복된 설명은 생략한다. 다만, 본 실시예에 따른 기관(10b)의 상부에는 복합 투명전극(90)이 형성된다.
- [0061] 복합 투명전극(90)은 제1 실시예(도 2)에 따른 투명전극(20)과 전자 추출층(30)의 역할을 동시에 수행하는 전극이다. 구체적으로, 복합 투명전극(90)은 금속층(91), 및 한 쌍의 산화물층(93, 95)을 포함하여, 금속층(91)의 상부 및 하부에 각각 하나씩 산화물층(93, 95)이 형성되는 산화물층(93)/금속층(91)/산화물층(95)의 다층 구조로 이루어진다.
- [0062] 종래 투명전극으로 사용되는 ITO 또는 FTO의 경우에는 높은 열처리를 통해 광학적, 전기적 특성을 가지므로, 열에 약한 플렉서블 기관을 사용하여 유연 태양전지 소자를 대량생산하는데 문제가 있었다. 그러나, 본 실시예에 따른 복합 투명전극(90)은 다층 구조의 제조과정에서 열처리가 필요하지 않아서, 유연 태양전지의 대량생산이 가능하다.
- [0063] 여기서, 복합 투명전극(90)에 사용되는 금속층(91)은 Ag, Au, Ti, Ni, Mo, Cu, Pt, 및 Al 중 적어도 어느 하나 이상으로 이루어질 수 있다. 즉, 상술한 단일 금속 또는 어느 하나의 금속에 다른 금속이 첨가된 합금으로 금속층(91)이 형성될 수 있다. 다만, 금속층(91)이 반드시 상술한 금속에 한정되는 것은 아니다.
- [0064] 산화물층(93, 95)은 Ti-O, Zn-O, Ni-O, Mo-O, V-O, W-O, Mg-O, Si-O, Sn-O, Ta-O, Hf-O, Al-O, Ni-In-O, Zn-In-O, Cu-In-O, Mo-In-O, Ge-In-O, Si-In-O, Sn-In-O, Mn-In-O, Mg-In-O, Ga-In-O, Al-In-O, B-In-O, V-In-O, In-O-Cl, In-O-F, W-In-O, Ta-In-O, Hf-In-O, Re-In-O, Mg-Sn-O, Ga-Zn-In-O, Sr-V-O, Ca-V-O, 및 Ga-Sn-Zn-In-O 중 적어도 어느 하나 이상으로 이루어질 수 있다. 이때, 한 쌍의 산화물층(93, 95) 중 상부 산화물층(95)과 하부 산화물층(93)은 서로 동일할 수 있지만, 반드시 동일해야 하는 것은 아니고 서로 다를 수도 있다. 즉, 하부 및 상부 산화물층(93, 95)은 그 소재, 및 두께 등의 형태가 서로 동일하거나, 또는 상이할 수 있다. 여기서, 산화물층(93, 95)은 1 ~ 100 nm 정도로 성막될 수 있는데, 그 두께도 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0065] 이러한 금속층(91)과 한 쌍의 산화물층(93, 95)으로 형성된 복합 투명전극(90)은 예를 들어, $TiO_2/Ag/TiO_2$ (TAT), 또는 $ZnO/Ag/ZnO$ (ZAZ) 다층 구조로 형성될 수 있다. 이때, 복합 투명전극(90)은 기존의 ITO 만큼의 높은 투과도를 나타내며, 낮은 면저항을 가지므로, 높은 효율의 태양전지를 제조할 수 있다. 다만, 복합 투명전극(90)이 반드시 TAT, 또는 ZAZ 구조에 한정되는 것은 아니다.
- [0066] 또한, 복합 투명전극(90)은 상부 산화물층(95)이 제1 실시예에 따른 전자 추출층(30)의 역할을 수행하므로, 태양전지의 구조가 간단해지고, 공정의 단순화를 통해 제조비용 절감 및 대량생산을 가능케 한다.
- [0067] 뿐만 아니라, 복합 투명전극(90)의 하부 산화물층(93)이 기관(10)에 형성되고, 순차적으로 금속층(91) 및 상부 산화물층(95)이 형성되는 과정에서, 스퍼터링법(sputtering) 기법을 이용할 수 있으므로, 종래 졸-겔 기법 및 스핀 코팅법으로 성막한 전자 추출층에 비해 상대적으로 대면적의 평탄하고 안정한 표면을 확보할 수 있다.
- [0068] 이러한 복합 투명전극(90)에는 광 활성층(40b)이 형성되고, 추가적으로, 광 활성층(40b) 상부에 순차적으로, 정공 추출층(50b), 및 금속전극(60b)이 더 형성될 수 있는데, 이에 대해서는 제1 실시예에서 설명하였고, 일반적인 페로브스카이트 태양전지의 구성이므로 자세한 설명은 생략한다.
- [0069] 또한, 본 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지는 광 활성층(40b) 내부에 배치되고, 다수의 금속 나노구조체(71b)의 외면에 다수의 산화물 입자(73b)가 배치된 복합구조체(70b)를 더 포함할 수 있다. 이때, 복합구조체(70b)는 제1 실시예에 따른 복합구조체(70b)와 동일하고, 단지 제1 실시예(도 2)에서는 복합구조체(70)가 전자 추출층(30)에 인접하게 배치될 수 있는 반면, 본 실시예에 따른 복합구조체(70b)는 복합 투명전극(90)에 인접하게 배치될 수 있다. 이때, 복합구조체(70b)의 금속 나노구조체(71b)가 나노로드의 형태인 경우에, 복합 투명전극(90)의 씨드(seed) 역할을 수행하여, 고품위의 나노로드의 성장이 가능해진다(도 6 참조).
- [0070] 결론적으로, 복합 투명전극(90) 및 복합구조체(70b)를 포함하는 본 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지의 경우, 플렉서블 기관(10b)을 사용한 유연 태양전지를 저렴하게 단순한 공정을 통해 대량생산할 수 있는 효과를 갖는다.
- [0071] 또한, 도 7에 도시된 바와 같이, 본 실시예에 따른 페로브스카이트 태양전지는 금속 나노도트(80b)를 더 포함할

수 있다. 여기서, 금속 나노도트(80)는 상부 산화물층(95b)에 인접하게 배치될 수 있는 것 이외에는, 제1 실시예에 따른 금속 나노도트(도 3, 80)와 동일하므로, 구체적 설명은 생략한다.

- [0072] 이하에서는, 본 실시예에 따른 페르브스카이트 태양전지의 제조방법에 대해 설명한다.
- [0073] 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 페르브스카이트 태양전지의 제조방법의 순서도이다.
- [0074] 도 8에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 페르브스카이트 태양전지의 제조방법은 기판의 상부에 하부 산화물층을 형성하는 단계(S100), 하부 산화물층의 상부에 금속층을 형성하는 단계(S200), 및 금속층의 상부에 상부 산화물층을 형성하는 단계(S30)를 포함한다.
- [0075] 본 실시예에 따른 페르브스카이트 태양전지의 제조방법은 하부 산화물층 형성 단계(S100), 금속층 형성 단계(S200), 및 상부 산화물층 형성 단계(S300)를 포함한다.
- [0076] 여기서, 순차적으로 이루어지는 하부 산화물층 형성 단계(S100), 금속층 형성 단계(S200), 및 상부 산화물층 형성 단계(S300)를 통해서 복합 투명전극을 제조할 수 있다.
- [0077] 이때, 하부 산화물층은 기판의 상부에, 금속층은 하부 산화물층의 상부에, 상부 산화물층은 금속층의 상부에 형성되는데, 이러한 과정은 무손상 스퍼터링법(damage-free sputtering), 전자빔 증착법, 또는 연속 증발 증착법으로 수행될 수 있어, 물투물 공정 등을 이용하여, 플렉서블 기판을 사용한 유연 태양전지를 대량생산하고, 제조비용을 감소시킬 수 있다.
- [0078] 이하에서는 상술한 복합 투명전극에 대한 투과도 및 전기적 특성 등에 대해 설명한다.
- [0079] 도 9는 도 5 내지 도 7에 도시된 복합 투명전극의 TEM 이미지이고, 도 10은 도 5 내지 도 7에 도시된 복합 투명전극의 투과도를 나타내는 그래프이며, 도 11은 도 5 내지 도 7에 도시된 복합 투명전극의 산화물층 두께에 따른 전기적 특성을 나타내는 그래프이며, 도 12는 도 5 내지 도 7에 도시된 복합 투명전극의 굽힘 테스트 사진 및 그 결과 그래프이다.
- [0080] 도 9는 본 발명에 따른 복합 투명전극으로서, ZAZ 구조(도 9의 (a)) 및 TAT 구조(도 9의 (b))의 TEM 이미지이다.
- [0081] 도 10에서는 종래 통상적인 ITO 투명전극과 대비되도록 ZAZ 구조(도 10의 (a)) 및 TAT 구조(도 10의 (b))의 투과도를 측정하는 실험을 진행했다. 그 결과, 복합 투명전극이 ITO 투명전극과 유사한 투과도를 갖는다는 것을 확인했다.
- [0082] 도 11에서는 ZAZ 구조(도 11의 (a)) 및 TAT 구조(도 11의 (b))의 산화물층 두께에 따른 비저항(resistivity) 및 면저항(sheet resistance)을 측정하였다. 그 결과, 전기적 특성 또한 우수하다는 것을 알 수 있었다.
- [0083] 도 12에서는 ZAZ 구조(도 11의 (a)) 및 TAT 구조(도 11의 (b))의 굽힘 테스트를 실행했다. 그 결과 종래 통상적인 ITO 투명전극에 비해 우수한 굽힘 특성을 나타내었으며, 저항 변화율도 거의 일정하게 유지되었다. TAT의 경우는 ITO 투명전극과 유사한 정도의 굽힘 테스트 결과를 나타내었다.
- [0084] 이상 본 발명을 구체적인 실시예를 통하여 상세히 설명하였으나, 이는 본 발명을 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 그 변형이나 개량이 가능함이 명백하다.
- [0085] 본 발명의 단순한 변형 내지 변경은 모두 본 발명의 영역에 속한 것으로 본 발명의 구체적인 보호 범위는 첨부된 특허청구범위에 의하여 명확해질 것이다.

부호의 설명

- [0086]
- | | |
|-------------------------|------------------------|
| 1, 10, 10a, 10b: 기판 | 2, 20, 20a: 투명전극 |
| 3, 30, 30a: 전자 추출층 | 4, 40, 40a, 40b: 광 활성층 |
| 5, 50, 50a, 50b: 정공 추출층 | 6, 60, 60a, 60b: 금속전극 |
| 70, 70a, 70b: 복합구조체 | 71, 71a, 71b: 금속 나노구조체 |
| 73, 73a, 73b: 산화물 입자 | 80, 80a: 금속 나노도트 |

90: 복합 투명전극

91: 금속층

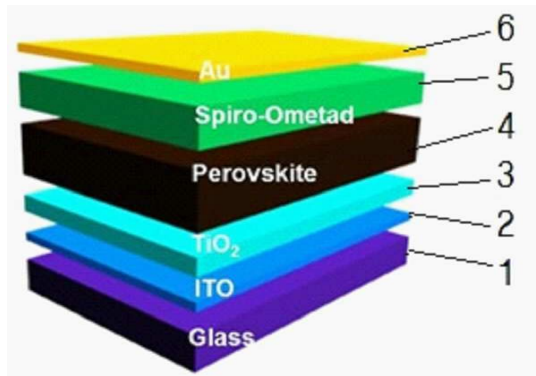
93, 95: 산화물층

100: 전극층

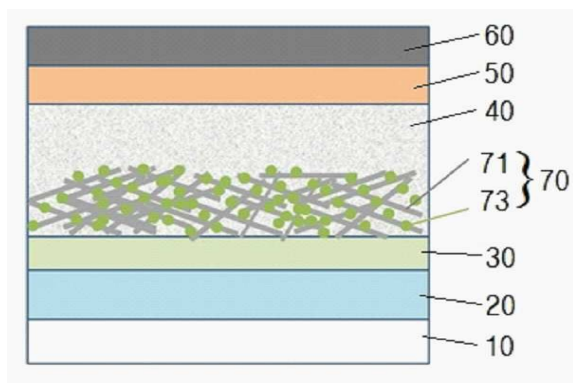
110: 차단층

도면

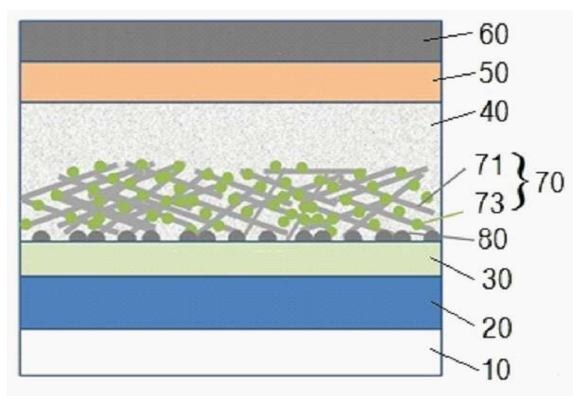
도면1



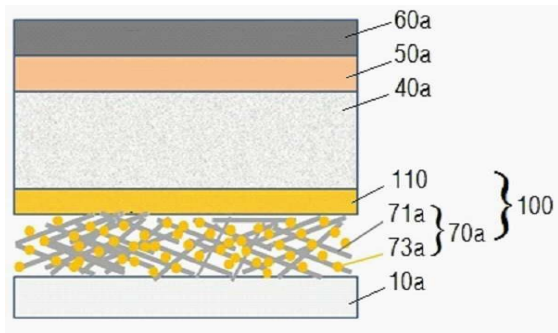
도면2



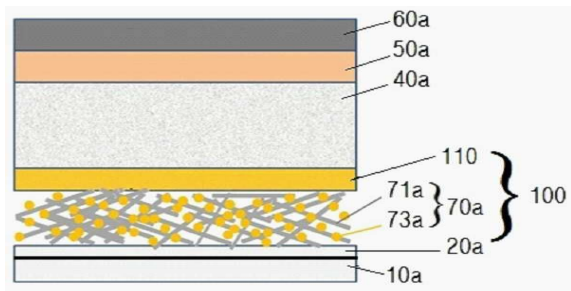
도면3



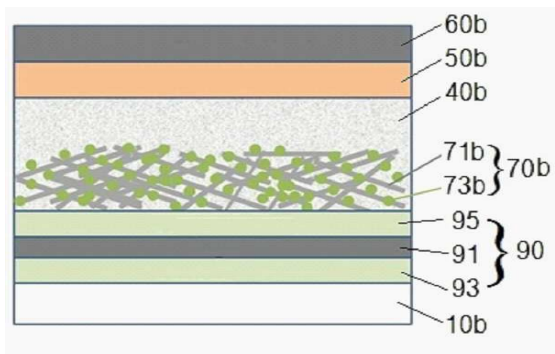
도면4a



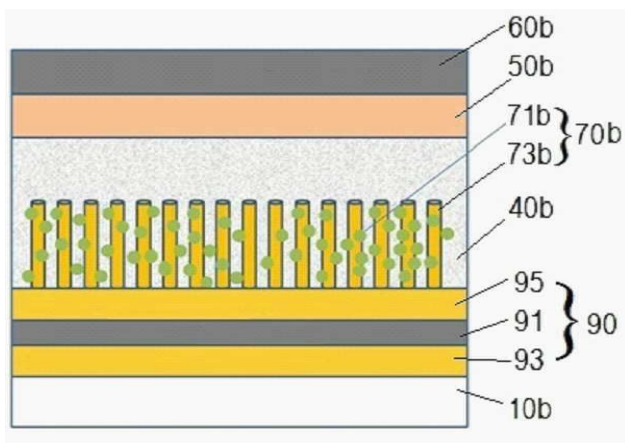
도면4b



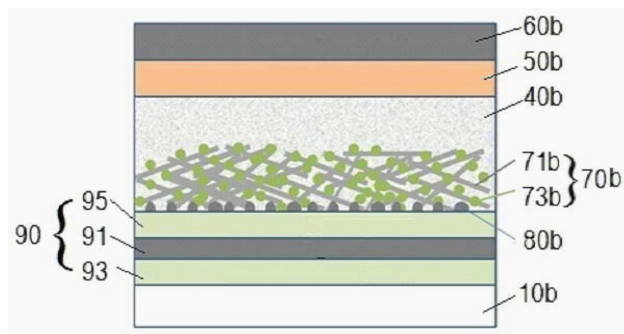
도면5



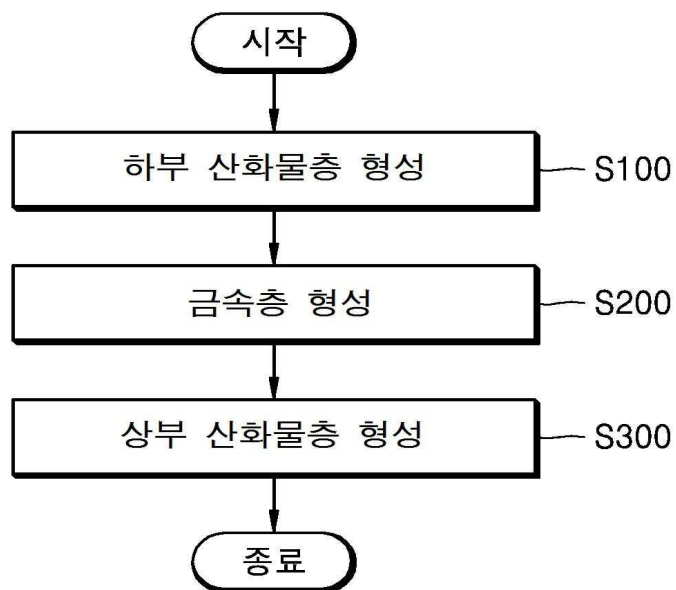
도면6



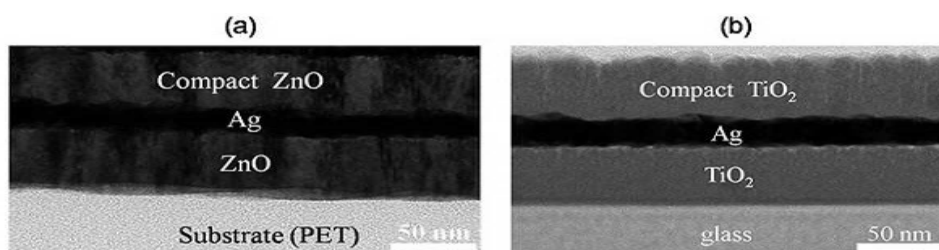
도면7



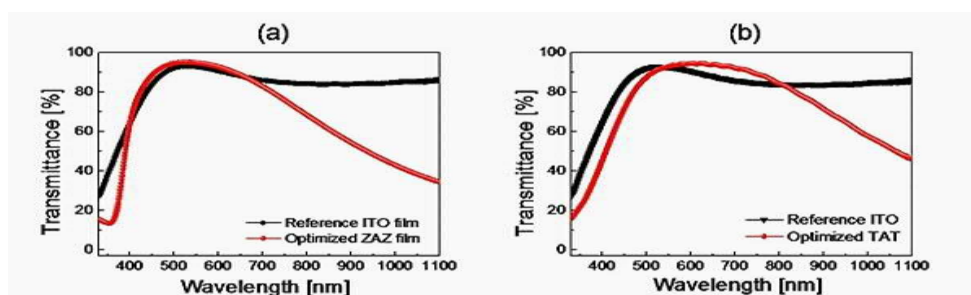
도면8



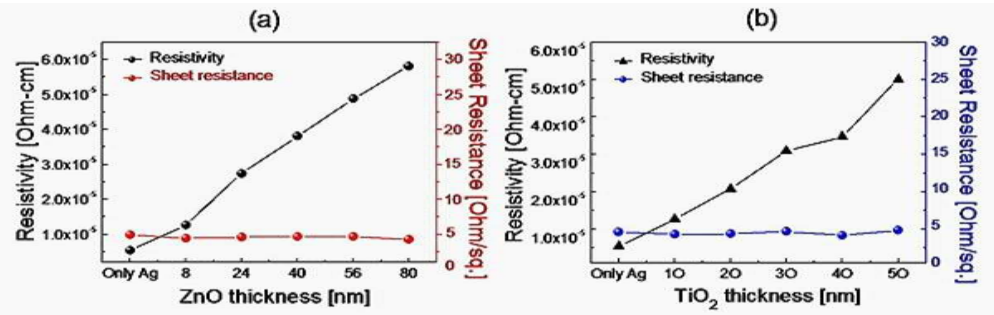
도면9



도면10



도면11



도면12

