(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0127307
(43) 공개일자 2011년11월25일

(51) Int. Cl.
H01L 31/042 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0046708
(22) 출원일자 2010년05월19일
심사청구일자 2010년05월19일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 서천동 1 경희대학교 국제캠퍼스내
(72) 발명자
장진
서울특별시 서초구 잠원동 5번지 신반포아파트 302동 908호
이연일
서울특별시 성북구 석관동 135-2번지 스톤브록오피스텔 311호
윤준호
서울특별시 양천구 신정2동 아이파크아파트 102동 1304호
(74) 대리인
김인한, 김희곤, 박용순

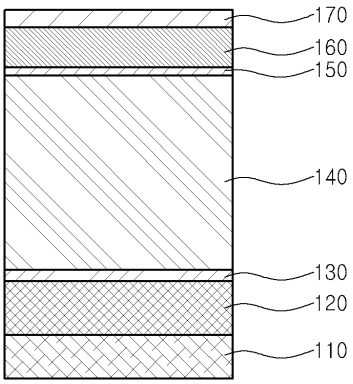
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 인버티드 전극 구조를 갖는 유기 박막 태양전지 및 그 제조 방법

(57) 요 약

본 발명은 기판, 상기 기판상에 형성되는 하부 전극, 상기 하부 전극 상에 형성되는 Cs_2CO_3층과 상기 Cs_2CO_3층 상에 형성되는 활성층(Active Layer), 상기 활성층 상에 진공 증착된 MoO_3층 및 상기 MoO_3층 상에 형성되는 상부 전극으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 인버티드 전극 구조를 갖는 유기 박막 태양전지 및 그 제조 방법에 관한 것이다. 이에 의해 유기 박막 태양 전지의 전력 변환 효율을 향상시킬 수 있고, 수명과 안정성을 보다 증대시킬 수 있다.

대 표 도 - 도1a



특허청구의 범위

청구항 1

기판;

상기 기판상에 형성되는 하부 전극;

상기 하부 전극 상에 형성되는 Cs_2CO_3층;

상기 Cs_2CO_3층 상에 형성되는 활성층(Active Layer);

상기 활성층 상에 진공 증착된 MoO_3층;

상기 MoO_3층 상에 형성되는 상부 전극;

으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 인버티드 전극 구조를 갖는 유기 박막 태양전지.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 하부 전극은,

ITO(Indium Tin Oxide)전극인 것을 특징으로 하는 인버티드 전극 구조를 갖는 유기 박막 태양전지.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 활성층은,

P3HT:PCBM인 것을 특징으로 하는 인버티드 전극 구조를 갖는 유기 박막 태양전지.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 MoO_3층의 두께는,

1 내지 3nm인 것을 특징으로 하는 인버티드 전극 구조를 갖는 유기 박막 태양전지.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 상부 전극은,

Al 또는 Ag 전극인 것을 특징으로 하는 인버티드 전극 구조를 갖는 유기 박막 태양전지.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 상부 전극 상에 소자 보호를 위해 형성된 패시베이션(Passivation)층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 인버티드 전극 구조를 갖는 유기 박막 태양전지.

청구항 7

청구항 1 내지 청구항 6에 있어서,

상기 기판은,

연성(Flexible)기판인 것을 특징으로 하는 인버티드 전극 구조를 갖는 유기 박막 태양전지.

청구항 8

(A) 기판상에 하부 전극을 형성하는 단계;

(B) 상기 하부 전극 상에 Cs_2CO_3층을 형성하는 단계;

(C) 상기 Cs_2CO_3층 상에 P3HT:PCBM 물질을 혼합하여 활성층(Active Layer)을 형성하는 단계;

(D) 상기 활성층 상에 진공 증착을 통해 MoO_3층을 형성하는 단계;

(E) 상기 MoO_3층 상에 상부 전극을 형성하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 인버티드 전극 구조를 갖는 유기 박막 태양전지 제조 방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 (A) 단계의 상부 전극은,

ITO(Indium Tin Oxide) 전극인 것을 특징으로 하는 인버티드 전극 구조를 갖는 유기 박막 태양전지 제조 방법.

청구항 10

청구항 8에 있어서,

상기 (B) 단계는,

용액 공정을 통해 스핀 코팅(Spin Coating)된 Cs_2CO_3층을 형성하는 단계인 것을 특징으로 하는 인버티드 전극 구조를 갖는 유기 박막 태양전지 제조 방법.

청구항 11

청구항 8에 있어서,

상기 (D) 단계는,

1 내지 3nm의 두께로 MoO_3층을 형성하는 단계인 것을 특징으로 하는 인버티드 전극 구조를 갖는 유기 박막 태양전지 제조 방법.

청구항 12

청구항 8에 있어서,

상기 (E) 단계는,

Al 또는 Ag 전극으로 하부 전극을 형성하는 단계인 것을 특징으로 하는 인버티드 전극 구조를 갖는 유기 박막 태양전지 제조 방법.

청구항 13

청구항 8에 있어서,

상기 (E) 단계 이후에,

(F) 상기 상부 전극 상에 소자 보호를 위한 패시베이션(Passivation)층을 형성하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 인버티드 전극 구조를 갖는 유기 박막 태양전지 제조 방법.

청구항 14

청구항 8 내지 청구항 13에 있어서,

상기 (A) 단계의 기판은,

연성(Flexible)기판인 것을 특징으로 하는 인버티드 전극 구조를 갖는 유기 박막 태양전지 제조 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 인버티드 전극 구조를 갖는 유기 박막 태양전지 및 그 제조 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 Cs_2CO_3층과 MoO_3층을 이용하여 전극의 극성을 바꾼 인버티드 구조를 구현하여 소자의 안정성과 수명을 개선할 뿐만 아니라, 전력 변환 효율을 향상시키는 유기 박막 태양전지 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 치솟는 유가 상승과 지구환경문제와 화석에너지의 고갈, 원자력발전의 폐기물 처리 및 신규 발전소 건설에 따른 위치선정 등의 문제로 인하여 신·재생에너지에 대한 관심이 고조되고 있으며, 그 중에서도 무공해 에너지원인 태양전지에 대한 연구개발이 활발하게 진행되어 지고 있다.

[0003] 태양전지란 반도체의 p-n접합부나 정류작용이 있는 금속과 반도체의 경계면에 강한 빛을 입사시키면, 반도체 중에 만들어진 전자와 정공이 접촉전위차 때문에 분리되어 양쪽 물질에서 서로 다른 종류의 전기가 나타나는 광기전력 효과(Photovoltaic Effect)를 이용하여 빛 에너지를 전기 에너지로 변환시키는 소자이다. 태양전지는 크게 무기 태양전지와 유기 태양전지로 구분되는데, 실리콘을 중심으로 한 무기 박막 태양전지는 높은 변환 효율을 갖지만, 제작공전 과정에 높은 비용이 들며, 무게 및 유연성에 한계를 지닌다. 이에 비해 유기 박막 태양전지는 간단하고, 공정 비용이 적게 들며, 대면적 및 플렉서블(flexible) 소자에 적용 가능하여 무기 태양전지가 사용될 수 없는 시장을 중심으로 유기 태양전지의 수요가 예상되며, 유기 태양전지의 단점인 에너지 변환 효율을 높이기 위한 연구가 활발하다. 최근 polymer와 fullerence를 혼합하여 Bulk Hetero Junction 구조를 만들어 3-5%의 효율을 가지는 유기 박막 소자들이 보고되고 있다. 이러한 유기 박막 태양전지의 경우, Al전극의 확산 현상과 PEDOT:PSS의 산성에 의한 ITO 기판의 손상 등으로 인해 소자의 전력 변환 효율이 시간에 따라 비교적 빠르게 감소하는 문제점을 가지고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명은 상술한 문제를 해결하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 상·하부 전극과 활성층 사이에

Cs_2CO_3층과 MoO_3층을 형성시켜 전극의 극성이 바뀌는 인버티드 구조를 구현함으로써 소자의 안정성과 수명을 개선할 뿐 아니라 전력 변환 효율을 증대시키는 인버티드 전극 구조를 갖는 유기 박막 태양전지 및 그 제조 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0005] 상술한 과제를 해결하기 위하여 제공되는 본 발명의 구성은 기판; 상기 기판상에 형성되는 하부 전극; 상기 하부 전극 상에 형성되는 Cs_2CO_3층; 상기 Cs_2CO_3층 상에 형성되는 활성층(Active Layer); 상기 활성층 상에 진공 증착된 MoO_3층; 상기 MoO_3층 상에 형성되는 상부 전극;으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 인버티드 전극 구조를 갖는 유기 박막 태양전지를 제공하여 전력 변환 효율 및 수명을 향상시킬 수 있다.

[0006] 특히, 상기 하부 전극은 ITO(Indium Tin Oxide)전극인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0007] 또한, 상기 활성층은 P3HT:PCBM인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0008] 또한, 상기 MoO_3층의 두께는 1 내지 3nm인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0009] 아울러, 상기 상부 전극은 Al 또는 Ag 전극인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0010] 또한, 상기 상부 전극 상에 소자 보호를 위해 형성된 패시베이션(Passivation)층을 더 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0011] 또한, 상기 기판은 연성(Flexible)기판인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0012] 본 발명에 따른 김서림 방지 코팅막 제조 방법은, (A) 기판상에 하부 전극을 형성하는 단계; (B) 상기 하부 전극 상에 Cs_2CO_3층을 형성하는 단계; (C) 상기 Cs_2CO_3층 상에 P3HT:PCBM 물질을 혼합하여 활성층(Active Layer)을 형성하는 단계; (D) 상기 활성층 상에 진공 증착을 통해 MoO_3층을 형성하는 단계; (E) 상기 MoO_3층 상에 상부 전극을 형성하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0013] 특히, 상기 (A) 단계의 상부 전극은 ITO(Indium Tin Oxide) 전극인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0014] 또한, 상기 (B) 단계는, 용액 공정을 통해 스핀 코팅(Spin Coating)된 Cs_2CO_3층을 형성하는 단계인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0015] 또한, 상기 (D) 단계는, 1 내지 3nm의 두께로 MoO_3층을 형성하는 단계인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0016] 아울러, 상기 (E) 단계는, Al 또는 Ag 전극으로 하부 전극을 형성하는 단계인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0017] 또한, 상기 (E) 단계 이후에, (F) 상기 상부 전극 상에 소자 보호를 위한 패시베이션(Passivation)층을 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0018] 또한, 상기 (A) 단계의 기판은 연성(Flexible)기판인 것을 특징으로 할 수 있다.

발명의 효과

[0019] 본 발명에 의하면, Cs_2CO_3층과 MoO_3층이 양 전극과 활성층 사이에 삽입되어 전극의 극성이 바뀜으로써 태양전지의 수명과 안정성을 보다 증가시킬 수 있다. 또한, 간편하고 가격이 저렴한 공정이 가능하며, 또한 휘어질 수 있는 유연성을 가진 용액 공정을 이용하여 유기 박막 태양전지의 효율을 향상시킬 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1a 및 도 1b는 본 발명에 따른 인버티드 전극 구조를 갖는 유기 박막 태양전의 단면도와 에너지 준위를 나타낸 도면이다.

도 2는 빛 조사시 MoO_3 층의 두께에 따른 전류 전압 곡선을 도시한 그래프이다.

도 3은 종래의 유기 박막 태양전지와 본 발명인 태양전지의 시간에 따른 특성 변화를 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 이하 첨부도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명한다. 그러나, 본 발명의 실시예들은 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래에서 상술하는 실시예들로 인해 한정되어지는 것으로 해석되어져서는 안 된다. 본 발명의 실시예들은 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해서 제공되어지는 것이다. 따라서, 도면에서의 요소의 형상 등은 보다 명확한 설명을 강조하기 위해서 과장되어진 것이며, 도면상에서 동일한 부호로 표시된 요소는 동일한 요소를 의미한다.

[0022] 도 1a 및 도 1b는 본 발명에 따른 인버티드 전극 구조를 갖는 유기 박막 태양전지의 단면도와 본 발명의 에너지 준위를 나타낸 도면이다. 도 1a를 참조하면, 본원 발명인 인버티드 전극 구조를 갖는 유기 박막 태양전지는 기판(110)상에 하부 전극(120), Cs_2CO_3층(130), 활성층(140), MoO_3층(150), 상부 전극(160)이 순차적으로 형성되어 있다. 이때, 상기 하부 전극(120)은 ITO(Indium Tin Oxide)전극, 상기 상부 전극(160)은 Al 또는 Ag 전극인 것이 바람직하며, 상기 활성층(140)은 P3HT:PCBM인 것이 바람직하다. 또한, 상기 기판(110)은 연성(Flexible)기판인 것이 바람직하다. ITO 전극, PEDOT:PSS, 활성층, LIF, Al 전극이 순차적으로 형성된 기존의 태양전지는 긴 시간에 대해 열화가 빠르게 일어나게 되는데 이러한 열화 현상의 원인은 PEDOT:PSS의 산성에 의한 ITO 전극의 부식과 활성층의 손상이 그 주요원인이었다. 따라서 본원 발명에 있어 Cs_2CO_3층(130)은 하부 전극(120)과 활성층(140) 사이에, MoO_3층(150)은 활성층(140)과 상부 전극(160) 사이에 삽입되어 전극의 극성을 변환시켜 태양전지의 전력 변환효율과 수명을 증가시킬 수 있게 된다. 즉, PEDOT:PSS을 MoO_3와 같은 금속 산화물을 이용한 Al 양전극으로 대체하여 MoO_3가 극성을 변환해주면서 Al의 확산을 방지하는 버퍼층으로써 작용하여 Al의 일함수(workfunction)을 증가시킨다. 또한, 얇고 투명한 Cs_2CO_3를 사용함으로써 낮은 일함수를 가지는 Cs화합물에 의해 ITO 전극의 일함수를 작게 하여 상대적으로 안정적인 ITO와 함께 음전극을 구성하게 된다. 이러한 구조를 통해 ITO(양극)/Al(음극)은 ITO(음극)/Al(양극)으로 그 극성이 바뀌어 전하의 수송에 보다 유리하게 되므로 효율 및 수명을 향상시킬 수 있게 된다. 또한,Cs_2CO_3층(130)과 MoO_3층(150)에 의해 기존 전극의 부식을 막고, 전극 물질의 활성층(140)으로의 확산현상을 막아 소자의 열화 현상을 방지할 수 있어 수명을 증가시킬 수 있게 된다. 도 1b를 참조하면, 실선은 P3HT의 에너지 준위로서 P3HT의 HOMO(Highest Occupied Molecular Orbital)는 5.2eV이며, LUMO(Lowest Occupied Molecular Orbital)는 2.7eV이고, 점선은 PCBM의 에너지 준위로서 HOMO는 6.1eV이며, LUMO는 3.8eV이다.

[0023] 아울러 외부 충격 및 수분, 산소와 같은 활성 성분으로부터 소자의 특성을 안정적으로 보호하기 위하여 도면과 같이 상기 상부 전극(160) 상에 패시베이션(Passivation)층(170)을 형성하는 것이 바람직하다. 금속 전극만으로는 핀홀 및 크랙을 통해 수분 및 산소의 침투가 가능하므로 추가적인 패시베이션층(170)이 필요하다. 특히, 유기 전자 소자의 경우 수분과 산소에 매우 취약하므로 상기 패시베이션층(170)을 형성하는 것이 바람직하다.

표 1

[0024]

	MoO_3 두께(nm)				
	0.75	1.5	2.0	2.5	3.0
V_{OC}(V)	0.478	0.605	0.609	0.605	0.601
J_{SC}(mA/㎠)	9.37	9.14	10.1	9.87	9.82
FF(%)	58.36	64.72	65.37	65.07	64.12
PCE(%)	2.62	3.58	4.01	3.89	3.79
R_S(Ω㎠)	4.17	3.27	3.07	3.24	3.38

[0025] 상기 표 1과 도 2는 MoO_3층(150)의 두께에 따른 본원 발명인 유기 박막 태양전지의 특성과 전류 전압 곡선을 도시한 그래프이다. 상기 표1에서 개방전압은 V_{OC}, 단락전류 밀도는 J_{SC}, 형상인자는 FF(Filling Factor), 전력 변환 효율은 PCE(Power Conversion Efficiency), series resistance는 R_S라 표시한다. 버퍼층이 얇은 경우 박막 특성이 완벽하지 못하고, 또 너무 두꺼운 경우 버퍼층의 저항 때문에 소자의 효율은 감소하게 된다. 상기 표 1과 도 2에서 알 수 있듯이 MoO_3층(150)은 1 내지 3nm의 두께에서 전력 변환 효율 뿐 아니라 개방전압과 단락 전류 밀도 및 형상인자가 향상됨을 알 수 있다. R_S는 소자의 각 층의 이종 접합에서 효율 및 각 파라미터의 손실을 가져오게 되므로 R_S의 값이 작을수록 접합 내에서의 손실이 적음을 나타내게 되는데 표 1에서 알 수 있듯이 1 내

지 3nm의 두께에서 R_s의 값이 감소함을 알 수 있다. 따라서, MoO_3층(150)은 1 내지 3nm의 두께에서 가장 우수하며 안정된 소자 특성을 보이는 것을 알 수 있다.

[0026] 도 3은 종래의 유기 박막 태양전지와 본 발명인 태양전지의 시간에 따른 특성 변화를 도시한 그래프이다. 종래의 유기 박막 태양전지는 A, 본원발명인 인버티드 전극 구조를 갖는 유기 박막 태양전지는 B라 표시하였고, 태양전지의 특성을 나타내는 주요 파라미터인 개방전압은 V_{OC}, 단락전류 밀도는 J_{SC}, 형상인자는 FF, 전력 변환 효율은 PCE라 표시하였다. 도 3을 참조하면, 유기 박막 태양전지는 시간이 지남에 따라 전극 물질의 diffusion과 활성층(140) 내의 물질의 구성 및 구조가 변화하게 된다. 실험을 통해 본원 발명은 4.01%의 높은 변환 효율을 획득하였으며, 40일 동안 대기압, 약 30%의 습도, 그리고 22℃의 온도 조건 하에서 초기 특성 대비 약 93.5% 이상의 전력 변환 효율이 안정적으로 유지되고 있다. 이는 기존의 유기 박막 태양 전지(전력 변환 효율:3.63%, 40일 이후의 전력 변환 효율:초기 특성 대비 약 87%)와 비교하여, 보다 높은 효율과 수명을 가지고 있음을 알 수 있다.

[0027] 본원발명인 인버티드 전극 구조를 갖는 유기 박막 태양전지의 제조 방법을 살펴보면, 기판(110)상에 ITO(Indium Tin Oxide) 전극과 같은 하부 전극(120)을 형성하고 상기 하부 전극(120) 상에 Cs_2CO_3층(130)을 용액 공정을 통해 매우 얇게 스핀 코팅(Spin Coating)하여 형성하여 낮은 일함수를 가진 Cs화합물에 의해 ITO 전극의 일함수를 작게 한다. 이때, 상기 기판(110)은 연성(Flexible)기판인 것이 바람직하다. 이후, 상기 Cs_2CO_3층(130) 상에 활성층(140)을 형성하게 되는데, 상기 활성층(140)은 P3HT:PCBM 물질을 혼합하여 형성하는 것이 바람직하다. 다음으로 상기 활성층(140) 상에 진공 증착을 통해 MoO_3층(150)을 형성한 후, Al 또는 Ag 등과 같은 상부 전극(160)을 순차적으로 형성하게 되는데 상기 MoO_3층(150)은 1 내지 3nm의 두께로 형성되는 것이 바람직하며, 상기 MoO_3층(150)을 통해 하부 전극(120)의 일함수를 증가시키게 되어 ITO(양극)/Al(음극)에서 ITO(음극)/Al(양극)으로 그 극성이 바뀌게 됨으로써 전력 변환 효율과 수명이 향상되게 된다. 상기의 Cs_2CO_3층(130)과 MoO_3층(150)을 통해 기존 전극의 부식을 막고, 전극 물질의 활성층(140)으로의 확산현상을 막아 열화현상을 방지할 수 있어 수명이 증가하게 된다. 아울러, 상기 상부 전극(160) 상에 소자 보호를 위한 패시베이션(Passivation)층(170)을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다. 이러한 패시베이션층(170)의 형성은 소자와 함께 용액 공정으로 이루어 질 때 생산 단가 및 다양한 적용분야에서 유리하다. 따라서 용액 공정이 가능한 CYTOP나 Teflon 등을 이용한 필름 형태의 패시베이션층(170) 형성이 가장 큰 장점을 가진다.

[0028] 이상 도면과 명세서에서 최적 실시예들이 개시되었다. 여기서 특정한 용어들이 사용되었으나, 이는 단지 본 발명을 설명하기 위한 목적에서 사용된 것이지 의미 한정이나 특허청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다. 그러므로 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0029] 110: 기판 120: 하부 전극

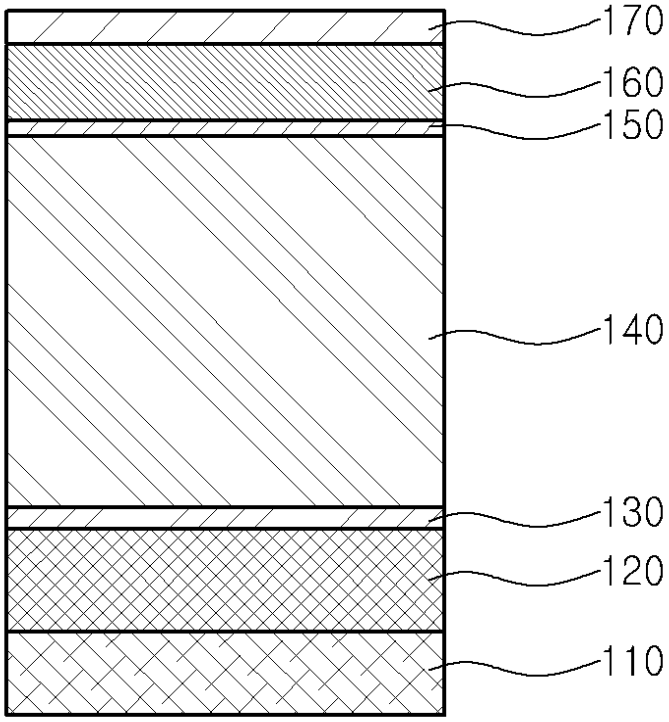
130: Cs_2CO_3층 140: 활성층

150: MoO_3층 160: 상부 전극

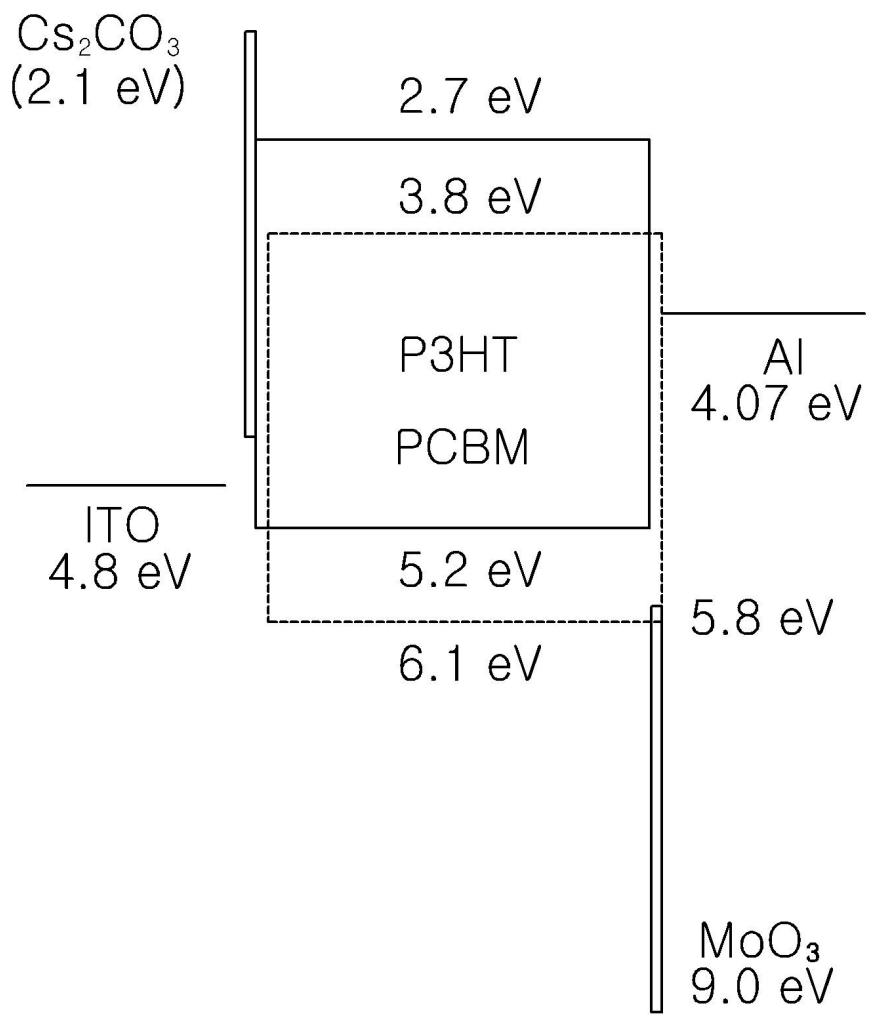
170: 패시베이션층

도면

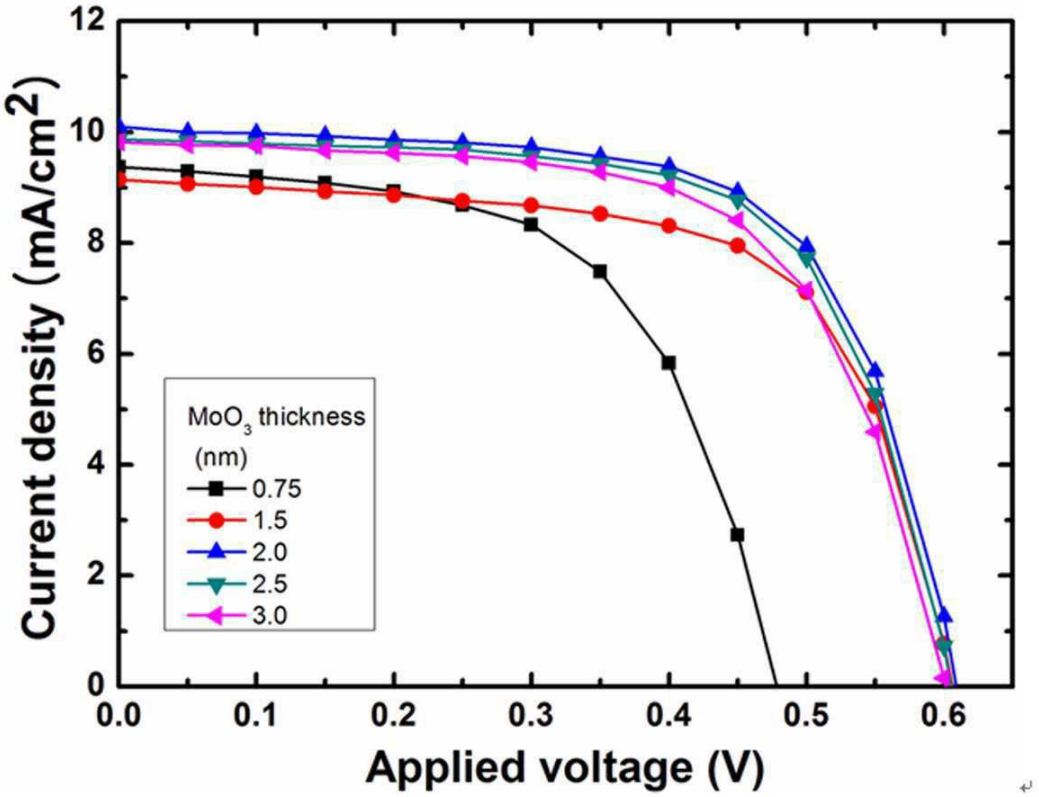
도면1a



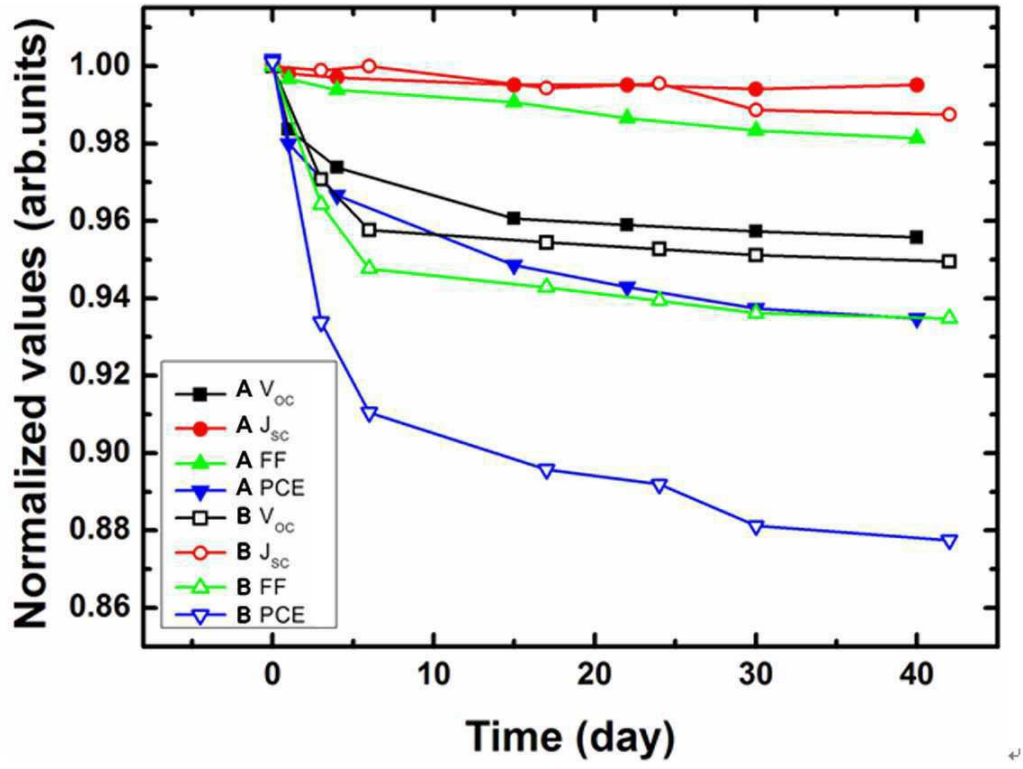
도면1b


Cs_2CO_3
(2.1 eV)
2.7 eV
3.8 eV
P3HT
PCBM
Al
4.07 eV
ITO
4.8 eV
5.2 eV
5.8 eV
6.1 eV
MoO_3
9.0 eV

도면2


Current density (mA/cm2)
Applied voltage (V)
MoO3 thickness
(nm)
0.75
1.5
2.0
2.5
3.0

도면3


Normalized values (arb.units)
Time (day)
A Voc
A Jsc
A FF
A PCE
B Voc
B Jsc
B FF
B PCE