



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0135202
(43) 공개일자 2015년12월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/42 (2006.01) H01L 51/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 51/4226 (2013.01)
H01L 51/0036 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-7018975
(22) 출원일자(국제) 2013년12월19일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2015년07월15일
(86) 국제출원번호 PCT/IL2013/051044
(87) 국제공개번호 WO 2014/097299
국제공개일자 2014년06월26일
(30) 우선권주장
61/740,147 2012년12월20일 미국(US)

(71) 출원인
이슈 리서치 디벨롭먼트 컴퍼니 오브 더 히브루
유니버시티 오브 예루살렘, 엘티디.
이스라엘 91390 예루살렘 기베트 람 에드몬드 사
프라 캠퍼스 하이 테크 파크
(72) 발명자
에트가르, 리오즈
이스라엘, 예루살렘 9371570, 모세 쿨 스트리트
68/9
(74) 대리인
허용록

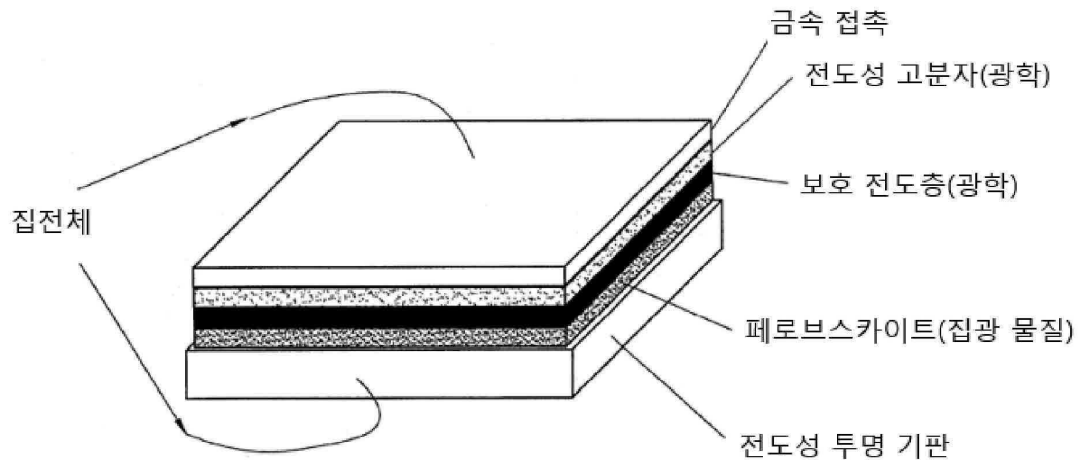
전체 청구항 수 : 총 133 항

(54) 발명의 명칭 페로브스카이트 쇼트키 타입 태양 전지

(57) 요약

본 발명은 지지 구조체 층이 없는 광전지와 같은 장치를 제공한다.

대표도 - 도2a



(52) CPC특허분류

H01L 2251/306 (2013.01)

Y02E 10/549 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

기관, 적어도 하나의 페로브스카이트 층, 전도층, 및 선택적인 적어도 하나의 추가 층을 포함하는 부재로서, 적어도 하나의 페로브스카이트 층은, 기관 상에 직접 또는 상기 기관 상에 위치한 적어도 하나의 추가 층 상에서, 상기 기관 상에 제공되며, 상기 적어도 하나의 추가 층은 지지체 층과 다른, 부재.

청구항 2

기관, 적어도 하나의 페로브스카이트 층, 전도층, 및 선택적인 적어도 하나의 추가 층을 포함하는 부재로서, 상기 부재는 지지체 층이 결여된, 부재.

청구항 3

기관, 적어도 하나의 페로브스카이트 층, 전도층, 선택적인 적어도 하나의 추가 층, 및 추가로 선택적인 적어도 하나의 지지체 층을 포함하는 부재로서, 페로브스카이트 층은 상기 기관 상에 직접 제공되는, 부재.

청구항 4

기관, 적어도 하나의 페로브스카이트 층, 전도층, 및 선택적인 적어도 하나의 추가 층을 포함하는 부재로서, 상기 기관 상의 적어도 하나의 페로브스카이트 층은 평면 접합을 제공하는, 부재.

청구항 5

제1항에 있어서, 적어도 하나의 페로브스카이트 층은 상기 기관 상에 직접 위치하는, 부재.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 페로브스카이트는 유무기 복합 물질인, 부재.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 페로브스카이트 물질은 3차원 물질 또는 2차원 물질인, 부재.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 페로브스카이트 물질은 AMX_3 , AMX_4 , A_2MX_4 , A_3MX_5 , $A_2A' MX_5$, 및 $AMX_{3-n}X'_n$ 로부터 선택된 화학식을 갖는 부재로서,

A 및 A'은 유기 양이온들, 금속 양이온들, 및 이러한 양이온들의 임의의 조합으로부터 독립적으로 선택되고,

M은 금속 양이온 또는 금속 양이온들의 임의의 조합이고,

X 및 X'은 음이온들 및 음이온들의 임의의 조합으로부터 독립적으로 선택되고,

n은 0과 3 사이인, 부재.

청구항 9

제8항에 있어서, 금속 양이온은 원소 주기율표 d 블록의 IIIB족, IVB족, VB족, VIB족, VIIB족, VIIIB족, IB족, IIB족, IIIA족, IVA족, 및 VA족의 금속 원소로부터 선택되는, 부재.

청구항 10

제9항에 있어서, 금속 양이온은 Li, Mg, Na, K, Rb, Cs, Be, Ca, Sr, Ba, Sc, Ti, V, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Y, La, Zr, Nb, Tc, Ru, Mo, Rh, W, Au, Pt, Pd, Ag, Co, Cd, Hf, Ta, Re, Os, Ir, Hg, B, Al, Ga, In, Tl, C,

Si, Ge, Sn, Pb, P, As, Sb, Bi, O, S, Se, Te, Po, 또는 이들의 임의의 조합인, 부재.

청구항 11

제9항에 있어서, 금속 양이온은 주기율표 d 블록의 IIIB족, IVB족, VB족, VIB족, VIIB족, VIIIB족, IB족, 및 IIB족으로부터 선택된 전이금속인, 부재.

청구항 12

제11항에 있어서, 전이금속은 Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Y, Zr, Nb, Tc, Ru, Mo, Rh, W, Au, Pt, Pd, Ag, Mn, Co, Cd, Hf, Ta, Re, Os, Ir, 및 Hg, 또는 이들의 임의의 조합으로부터 선택된 금속인, 부재.

청구항 13

제9항에 있어서, 금속 양이온은 IIIA족, IVA족, 및 VA족으로부터 선택된 전이후 금속인, 부재.

청구항 14

제13항에 있어서, 금속 양이온은 Al, Ga, In, Tl, Sn, Pb, Bi, 또는 이들의 임의의 조합인, 부재.

청구항 15

제9항에 있어서, 금속 양이온은 IIIA족, IVA족, VA족 및 VIA족으로부터 선택된 반금속인, 부재.

청구항 16

제15항에 있어서, 금속 양이온은 B, Si, Ge, As, Sb, Po, 또는 이들의 임의의 조합인, 부재.

청구항 17

제9항에 있어서, 금속 양이온은 IA족으로부터 선택된 알칼리 금속인, 부재.

청구항 18

제17항에 있어서, 금속 양이온은 알칼리 금속 Li, Mg, Na, K, Rb, 또는 Cs인 부재.

청구항 19

제9항에 있어서, 금속 양이온은 IIA족으로부터 선택된 알칼리 토금속인, 부재.

청구항 20

제19항에 있어서, 금속 양이온은 Be, Ca, Sr, 또는 Ba인, 부재.

청구항 21

제9항에 있어서, 금속 양이온은 란탄족 원소인, 부재.

청구항 22

제21항에 있어서, 원소는 Ce, Pr, Gd, Eu, Tb, Dy, Er, Tm, Nd, Yb, 또는 이들의 임의의 조합인, 부재.

청구항 23

제9항에 있어서, 금속 양이온은 악티늄족 원소인, 부재.

청구항 24

제23항에 있어서, 악티늄족 원소는 Ac, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No, Lr, 또는 이들의 임의의 조합인, 부재.

청구항 25

제9항에 있어서, 금속 양이온은 2가 금속 양이온인, 부재.

청구항 26

제25항에 있어서, 2가 금속은 Cu^{+2} , Ni^{+2} , Co^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+2} , Cr^{+2} , Pd^{+2} , Cd^{+2} , Ge^{+2} , Sn^{+2} , Pb^{+2} , Eu^{+2} 및 Yb^{+2} 로부터 선택되는, 부재.

청구항 27

제9항에 있어서, 금속 양이온은 3가 금속 양이온인, 부재.

청구항 28

제27항에 있어서, 3가 금속은 Bi^{+3} 또는 Sb^{+3} 인, 부재.

청구항 29

제26항에 있어서, 금속 양이온은 Pb^{+2} 인, 부재.

청구항 30

제8항에 있어서, 유기 양이온은 적어도 하나의 유기 모이어티를 포함하는, 부재.

청구항 31

제9항에 있어서, 유기 모이어티는 치환 또는 비치환 알킬, 치환 또는 비치환 알케닐, 치환 또는 비치환 알키닐, 치환 또는 비치환 사이클로알킬, 치환 또는 비치환 사이클로알케닐, 치환 또는 비치환 사이클로알키닐, 치환 또는 비치환 아릴, 치환 또는 비치환 헤테로아릴, 치환 또는 비치환 헤테로사이클릴, 치환 또는 비치환 $-\text{NR}_1\text{R}_2$, 치환 또는 비치환 $-\text{OR}_3$, 치환 또는 비치환 $-\text{SR}_4$, 치환 또는 비치환 $-\text{S(O)}\text{R}_5$, 치환 또는 비치환 알킬렌- COOH , 및 치환 또는 비치환 에스테르로부터 선택되는, 부재.

청구항 32

제1항 내지 제31항 중 어느 한 항에 있어서, 페로브스카이트는 페로브스카이트 물질의 하나의 종인, 부재.

청구항 33

제1항 내지 제31항 중 어느 한 항에 있어서, 페로브스카이트는 복수의 상이한 종의 상이한 페로브스카이트 물질들의 조합인, 부재.

청구항 34

제1항 내지 제31항 중 어느 한 항에 있어서, 상이한 페로브스카이트 물질의 상이한 종의 수는 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 또는 10개의 상이한 페로브스카이트 종인, 부재.

청구항 35

제1항 내지 제34항 중 어느 한 항에 있어서, 페로브스카이트 층은 층상 페로브스카이트 물질들의 다층 구조로서, 각 층은 상이하고, 상이한 종의 페로브스카이트 물질 또는 수개의 상이한 종의 페로브스카이트 물질들의 상이한 혼합물을 포함하는, 부재.

청구항 36

제35항에 있어서, 페로브스카이트 다층의 각 층은 상이한 조합 또는 동일한 조합으로 이루어지지만 페로브스카이트 물질들의 비는 서로 다른, 부재.

청구항 37

제35항에 있어서, 다층 페로브스카이트는 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 또는 10개의 페로브스카이트 층을 포함하는, 부재.

청구항 38

제8항에 있어서, 음이온은 할로젠화물 음이온, 칼코젠화물 음이온, 유기 음이온, 옥소 음이온, 또는 이들의 임의의 조합인, 부재.

청구항 39

제8항에 있어서, 음이온은 O^{-2} , N^{-3} , S^{-2} , 및 이들의 임의의 조합으로부터 선택되는, 부재.

청구항 40

제38항에 있어서, 음이온은 할로젠화물 음이온인, 부재.

청구항 41

제38항에 있어서, 음이온은 S, Se, Te, 및 이들의 임의의 조합으로부터 선택된 원자의 음이온들로부터 선택되는, 부재.

청구항 42

제38항에 있어서, 음이온은 초산염(CH_3COO^{-}), 폼산염($HCOO^{-}$), 옥살산염($C_2O_4^{-2}$), 사이안화물(CN^{-}), 및 이들의 임의의 조합 중에서 선택되는, 부재.

청구항 43

제38항에 있어서, 음이온은 AsO_4^{-3} , AsO_3^{-3} , CO_3^{-2} , HCO_3^{-} , OH^{-} , NO_3^{-} , NO_2^{-} , PO_4^{-3} , HPO_4^{-2} , SO_4^{-2} , HSO_4^{-} , $S_2O_3^{-2}$, SO_3^{-2} , ClO_4^{-} , ClO_3^{-} , ClO_2^{-} , OCl^{-} , IO_3^{-} , BrO_3^{-} , OBr^{-} , CrO_4^{-2} , $Cr_2O_7^{-2}$ 및 이들의 임의의 조합으로부터 선택된 옥소 음이온인, 부재.

청구항 44

제38항에 있어서, 음이온은 Br^{-} , I^{-} , NCS^{-} , CN^{-} 및 NCO^{-} 로부터 선택되는, 부재.

청구항 45

제38항에 있어서, 음이온은 IBr^{-3} , Cl_2I^{-3} , Br_2I^{-3} 및 I_2Cl^{-3} 로부터 선택되는, 부재.

청구항 46

제8항 내지 제45항 중 어느 한 항에 있어서, 페로브스카이트 물질은 유무기 복합 페로브스카이트인, 부재.

청구항 47

제46항에 있어서, 유무기 복합 페로브스카이트 내의 유기 양이온은 유기 1가 양이온인, 부재.

청구항 48

제46항에 있어서, 유무기 복합 페로브스카이트 내의 유기 양이온은 1급, 2급, 3급, 또는 4급 유기 암모늄 화합물인, 부재.

청구항 49

제46항에 있어서, 유무기 복합 페로브스카이트 내의 유기 양이온은 N, O, 및 S로부터 선택된 하나 이상의 이중 원자를 포함하는 탄소(탄화수소) 사슬인, 부재.

청구항 50

제49항에 있어서, 이중 원자는 질소 원자인, 부재.

청구항 51

제49항에 있어서, 탄소 사슬은 하나 이상의 할로젠을 포함하는, 부재.

청구항 52

제49항에 있어서, 탄소 사슬은 헤테로사이클릴 및/또는 헤테로아릴을 포함하는, 부재.

청구항 53

제49항에 있어서, 유기 양이온은 2개의 양전하 질소 원자를 가진 1급, 2급, 3급, 또는 4급 유기 암모늄 화합물인, 부재.

청구항 54

제53항에 있어서, 유기 양이온은 $(RR'R''N)^+$ 로부터 선택되며, 상기 R, R', R'', 및 R''' 각각은 수소, 알킬, 알케닐, 알키닐, 사이클로알킬, 사이클로알케닐, 사이클로알키닐, 아릴, 헤테로아릴, 헤테로사이클릴, 할로젠, 알킬렌-COOH, 에스터, -OH, -SH, 및 -NH로부터 서로 독립적으로 선택되는, 부재.

청구항 55

제54항에 있어서, 양이온은 RNH_3 , $RR'NH_2$, $RR'R''NH$, NH_3RNH_3 , 또는 이들의 임의의 조합으로부터 선택되며, R, R', R'', 및 R''' 각각은 제54항에서 정의된 바와 같이 선택되는, 부재.

청구항 56

제54항에 있어서, 양이온은 $RNH=R'$, $NH_2=R$, $RN=R'R''$, $R'=N=R$, $RR'N=R=NR''R'''$, $H_2N=R=NH_2$, 및 $RR'N=CHNR''R'''$ 로부터 선택되며, R, R', R'', 및 R''' 각각은 제54항에서 정의된 바와 같이 선택되는, 부재.

청구항 57

제54항에 있어서, 양이온은 $(H_2N=CHNH_2)^+$ 인, 부재.

청구항 58

제8항에 있어서, 페로브스카이트 물질은 AMX_3 화학식을 가지되, A, M, 및 X 각각은 제8항에서 정의된 바와 같은, 부재.

청구항 59

제8항에 있어서, 페로브스카이트 물질은 AMX_2 화학식을 가지되, A, M, X, 및 X' 각각은 제8항에서 정의된 바와 같은, 부재.

청구항 60

제8항에 있어서, 페로브스카이트 물질은 $RNH_3MX'_2$ 화학식을 가지되, R은 수소, 알킬, 알케닐, 알키닐, 사이클로알킬, 사이클로알케닐, 사이클로알키닐, 아릴, 헤테로아릴, 헤테로사이클릴, 할로젠, 알킬렌-COOH, 에스터, -OH, -SH, 및 -NH로부터 선택되는, 부재.

청구항 61

제60항에 있어서, 페로브스카이트 물질은 $CH_3NH_3PbF_3$, $CH_3NH_3PbCl_3$, $CH_3NH_3PbI_3$, $CH_3NH_3PbBr_3$, $CH_3NH_3PbBrI_2$, $CH_3NH_3PbBrCl_2$, $CH_3NH_3PbIBr_2$, $CH_3NH_3PbICl_2$, $CH_3NH_3PbClBr_2$ 및 $CH_3NH_3PbI_2Cl$ 을 포함하거나 또는 이들로부터 선택되는, 부재.

청구항 62

제60항에 있어서, 페로브스카이트 물질은 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnICl}_2$, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnBrI}_2$, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnBrCl}_2$, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnF}_2\text{Br}$, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnIBr}_2$, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnF}_2\text{I}$, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnClBr}_2$, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_2\text{Cl}$ 및 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnF}_2\text{Cl}$ 을 포함하거나 또는 이들로부터 선택되는, 부재.

청구항 63

제8항에 있어서, 페로브스카이트 물질은 RNH_3MX_3 화학식을 가지되, R은 수소, 알킬, 알케닐, 알키닐, 사이클로알킬, 사이클로알케닐, 사이클로알키닐, 아릴, 헤테로아릴, 헤테로사이클릴, 할로젠, 알킬렌-COOH, 에스터, -OH, -SH, 및 -NH로부터 선택되는, 부재.

청구항 64

제63항에 있어서, 페로브스카이트 물질은 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbF}_3$, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbCl}_3$, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 및 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ 을 포함하거나 또는 이들로부터 선택되는, 부재.

청구항 65

제63항에 있어서, 페로브스카이트 물질은 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 인, 부재.

청구항 66

제8항에 있어서, 페로브스카이트 물질은 $(\text{NH}_2=\text{CH}-\text{NH}_2)\text{MX}_3$ 화학식을 갖는, 부재.

청구항 67

제66항에 있어서, 페로브스카이트 물질은 $(\text{NH}_2=\text{CH}-\text{NH}_2)\text{PbBr}_3$, $(\text{NH}_2=\text{CH}-\text{NH}_2)\text{PbI}_3$, $(\text{NH}_2=\text{CH}-\text{NH}_2)\text{PbCl}_3$, $(\text{NH}_2=\text{CH}-\text{NH}_2)\text{PbFCl}_2$, $(\text{NH}_2=\text{CH}-\text{NH}_2)\text{PbBrCl}_2$, $(\text{NH}_2=\text{CH}-\text{NH}_2)\text{PbICl}_2$, $(\text{NH}_2=\text{CH}-\text{NH}_2)\text{PbFCl}_2$, $(\text{NH}_2=\text{CH}-\text{NH}_2)\text{PbFBr}_2$, $(\text{NH}_2=\text{CH}-\text{NH}_2)\text{PbFI}_2$ 및 $(\text{NH}_2=\text{CH}-\text{NH}_2)\text{PbIBr}_2$ 을 포함하거나 또는 이들로부터 선택되는, 부재.

청구항 68

제8항에 있어서, 페로브스카이트 물질은 AMX_3 화학식을 가지되, M은 금속 양이온인, 부재.

청구항 69

제68항에 있어서, 페로브스카이트 물질은 $\text{M}'\text{MX}'\text{X}_2$ 화학식을 갖는, 부재.

청구항 70

제69항에 있어서, 페로브스카이트 물질은 CsPbI_2Cl , CsPbICl_2 , CsPbI_2F , CsPbIF_2 , CsPbI_2Br 및 CsPbIBr_2 을 포함하거나 또는 이들로부터 선택되는, 부재.

청구항 71

제69항에 있어서, 페로브스카이트 물질은 CsSnI_2F , CsSnIF_2 , CsSnI_2Cl , CsSnICl_2 , CsSnI_2Br 및 CsSnIBr_2 을 포함하거나 또는 이들로부터 선택되는, 부재.

청구항 72

제1항 내지 제71항 중 어느 한 항에 있어서, 기판은 2차원 및 3차원 표면 중에서 선택된 가요성 또는 강성 기판인, 부재.

청구항 73

제72항에 있어서, 기판은 유리, 종이, 무기 또는 유기 반도체 물질, 고분자 물질, 및 세라믹 표면으로부터 선택된 고체 물질로 이루어진, 부재.

청구항 74

제1항 내지 제73항 중 어느 한 항에 있어서, 기관은 가요성인, 부재.

청구항 75

제1항 내지 제74항 중 어느 한 항에 있어서, 기관은 전도성인, 부재.

청구항 76

제1항 내지 제75항 중 어느 한 항에 있어서, 기관은 투명한, 부재.

청구항 77

제1항 내지 제76항 중 어느 한 항에 있어서, 기관은 전도성이며 투명한, 부재.

청구항 78

제72항에 있어서, 기관은 규소, 주석, 붕소 화합물, 텔루륨, 저마늄, 갈륨, 비소화 갈륨(GaAs), 인화 갈륨(GaP), 텔루륨화 카드뮴(CdTe), 비소화 갈륨 알루미늄(GaAlAs), 인화 인듐(InP), 인화 갈륨 비소(GaAsP), 황화 카드뮴(CdS), 구리 인듐 갈륨 다이셀레나이드(CIGS), 텔루륨화 수은 카드뮴(HgCdTe), 및 황화 구리 인듐 또는 셀레늄화 구리 인듐으로부터 선택된 무기 반도체 물질인, 부재.

청구항 79

제72항에 있어서, 기관은 유리, 다공성 유리, 석영, 인듐 주석 산화물(ITO), 플루오린화 주석 산화물(FTO), 안티모니 도핑 주석 산화물(ATO), 운모, SrGeO_3 , 및 아연 산화물로부터 선택되는, 부재.

청구항 80

제72항에 있어서, 기관은 $\text{SnO}_2:\text{F}$, $\text{SnO}_2:\text{Sb}$, $\text{In}_2\text{SO}_3:\text{Sn}$, $\text{ZnO}:\text{Al}$, $\text{ZnO}:\text{Al}_2\text{O}_3$, 및 $\text{ZnO}:\text{Ga}_2\text{O}_3$ 로부터 선택되는, 부재.

청구항 81

제72항에 있어서, 기관은 인듐 주석 산화물(ITO) 또는 플루오린화 주석 산화물(FTO)인, 부재.

청구항 82

제72항에 있어서, 기관은 폴리아줄렌, 폴리페닐렌, 폴리피렌, 폴리나프탈렌, 폴리에스터(PET), 폴리이미드, 폴리피롤(PPY), 폴리싸이오펜(PT), 폴리(3,4-에틸렌다이옥시싸이오펜)(PEDOT), 폴리아세핀, 폴리인돌, 폴리카바졸, 폴리(p-페닐렌 비닐렌)(PPV), 폴리아세틸렌(PAC), 폴리(p-페닐렌 설파이드)(PPS), 폴리-3-헥실 싸이오펜(P3HT), 및 폴리아닐린으로부터 선택된 고분자 물질(전도성 고분자)로 형성된, 부재.

청구항 83

제72항에 있어서, 기관은 탄소 기관 또는 흑연(HOPG)인, 부재.

청구항 84

제72항에 있어서, 기관은 금속이거나 또는 금속을 포함하는, 부재.

청구항 85

제72항에 있어서, 기관은 Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Y, Zr, Nb, Tc, Ru, Mo, Rh, W, Au, Pt, Pd, Ag, Mn, Co, Cd, Hf, Ta, Re, Os, Ir, Hg 및 이들의 임의의 조합으로부터 선택된 전이금속을 포함하는, 부재.

청구항 86

제84항에 있어서, 금속은 금, 은, 구리, 백금, 니켈, 팔라듐, 타이타늄, 이리듐, 및 이들의 임의의 조합으로부터 선택되는, 부재.

청구항 87

제72항에 있어서, 기관은 전도성 물질 또는 금속 나노 입자로 코팅된 유리 물질로 이루어진 유리 또는 플라스틱 기관인, 부재.

청구항 88

제1항 내지 제87항 중 어느 한 항에 있어서, 전도층은 금속, 전이금속, 또는 금속합금이거나 또는 이들을 포함하는, 부재.

청구항 89

제88항에 있어서, 전도층은 Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Y, Zr, Nb, Tc, Ru, Mo, Rh, W, Au, Pt, Pd, Ag, Mn, Co, Cd, Hf, Ta, Re, Os, Ir, Hg 및 이들의 임의의 조합으로부터 선택된 전이금속을 포함하는, 부재.

청구항 90

제88항에 있어서, 금속은 금, 은, 구리, 백금, 니켈, 팔라듐, 타이타늄, 이리듐, 및 이들의 임의의 조합으로부터 선택되는, 부재.

청구항 91

제88항에 있어서, 금속은 Au 및/또는 Ag인, 부재.

청구항 92

제1항 내지 제87항 중 어느 한 항에 있어서, 전도층은 탄소 기관 또는 흑연(HOPG)이거나 탄소 기관 또는 흑연(HOPG)을 포함하는, 부재.

청구항 93

제1항 내지 제87항 중 어느 한 항에 있어서, 전도층은 규소, 주석, 붕소 화합물, 텔루륨, 저마늄, 갈륨, 비소화 갈륨(GaAs), 인화 갈륨(GaP), 텔루륨화 카드뮴(CdTe), 비소화 갈륨 알루미늄(GaAlAs), 인화 인듐(InP), 인화 갈륨 비소(GaAsP), 황화 카드뮴(CdS), 구리 인듐 갈륨 다이셀레나이드(CIGS), 텔루륨화 수은 카드뮴(HgCdTe), 및 황화 구리 인듐 또는 셀레늄화 구리 인듐을 비제한적으로 포함하는 무기 반도체 물질이거나 또는 이러한 무기 반도체 물질을 포함하는, 부재.

청구항 94

제1항 내지 제87항 중 어느 한 항에 있어서, 전도층은 폴리아줄렌, 폴리페닐렌, 폴리피렌, 폴리나프탈렌, 폴리에스터(PET), 폴리이미드, 폴리피롤(PPY), 폴리싸이오펜(PT), 폴리(3,4-에틸렌다이옥시싸이오펜)(PEDOT), 폴리아제핀, 폴리인돌, 폴리카바졸, 폴리(p-페닐렌 비닐렌)(PPV), 폴리아세틸렌(PAC), 폴리(p-페닐렌 설파이드)(PPS), 폴리-3-헥실 싸이오펜(P3HT), 및 폴리아닐린과 같은 고분자(전도성 고분자)이거나 또는 이러한 고분자(전도성 고분자)를 포함하는, 부재.

청구항 95

제1항 내지 제94항 중 어느 한 항에 있어서, 추가 층은 지지체 층이 아닌, 부재.

청구항 96

제1항 내지 제95항 중 어느 한 항에 있어서, 적어도 하나의 추가 층은 (a) 페로브스카이트 층과 기관 사이, 및/또는 (b) 페로브스카이트 층과 전도층 사이, 및/또는 (c) 적어도 두 개의 페로브스카이트 층들 사이에 위치하는, 부재.

청구항 97

제1항 내지 제96항 중 어느 한 항에 있어서, 추가 층은 보호층인, 부재.

청구항 98

제97항에 있어서, 보호층은 무기 물질 또는 금속 산화물 층인, 부재.

청구항 99

제97항에 있어서, 보호층은 반사 방지층인, 부재.

청구항 100

제97항에 있어서, 보호층은 유전체로 이루어진, 부재.

청구항 101

제97항에 있어서, 보호층은 ITO 또는 FTO인, 부재.

청구항 102

제97항에 있어서, 금속 산화물은 SiO , SiO_2 , Si_3N_4 , TiO_2 , Ta_2O_5 , Al_2O_3 , ZrO_2 , Nd_2O_3 , MgF_2 , MgO , SrF_2 , ZnO , MoO_3 , In-ZnO , 및 Hf_2O 로부터 선택되는, 부재.

청구항 103

제97항에 있어서, 보호층은 수분 차단층인, 부재.

청구항 104

제97항에 있어서, 보호층은 플루오린화 고분자를 포함하는, 부재.

청구항 105

제1항 내지 제104항 중 어느 한 항에 있어서, 적어도 하나의 추가 층은 정공 전달 물질인, 부재.

청구항 106

제105항에 있어서, 정공 전달 물질은 전도성 고분자로 만들어진, 부재.

청구항 107

제1항 내지 제106항 중 어느 한 항에 있어서, 부재는 가요성인, 부재.

청구항 108

제1항 내지 제107항 중 어느 한 항에 있어서, 기판을 제외한 부재는 가요성인, 부재.

청구항 109

제1항 내지 제108항 중 어느 한 항에 있어서, 부재는 고체 상태인, 부재.

청구항 110

본 발명의 부재를 형성하는 방법으로서,

기판을 획득하는 단계;

선택적으로 기판 상에 적어도 하나의 추가 층을 배치(또는 도포 또는 증착) 시키는 단계;

기판 상에 또는 적어도 하나의 추가 층 상에 적어도 하나의 페로브스카이트 층을 배치(또는 도포 또는 증착) 시키는 단계; 및

상기 페로브스카이트 층의 상단에 또는 적어도 하나의 추가 층 상에 전도층을 배치(또는 도포 또는 증착) 시키는 단계를 포함함으로써, 정의된 바와 같은, 본 발명의 부재를 획득하는, 방법.

청구항 111

제110항의 방법에 따라 제조된 부재.

청구항 112

저온에서 형성된, 제111항에 따른 부재.

청구항 113

제1항 내지 제109항 중 어느 한 항에 따른 부재를 포함하거나 이러한 부재로 이루어진 이중접합체.

청구항 114

제113항에 있어서, 이중접합체는 고체 상태인, 이중접합체.

청구항 115

제1항 내지 제109항 중 어느 한 항에 따른 적어도 하나의 부재를 구현하거나 포함하는 장치.

청구항 116

기관, 적어도 하나의 페로브스카이트 층, 전도층, 및 선택적인 적어도 하나의 추가 층으로 이루어진 활성 구성 요소를 포함하는 장치로서, 적어도 하나의 페로브스카이트 층은, 기관 상에 직접 또는 상기 적어도 하나의 추가 층 상에서, 상기 기관 상에 제공되며, 상기 적어도 하나의 추가 층은 지지체 층과 다른, 장치.

청구항 117

기관, 적어도 하나의 페로브스카이트 층, 전도층, 및 선택적인 적어도 하나의 추가 층으로 이루어진 활성 구성 요소를 포함하는 장치로서, 상기 부재는 지지체 층이 결여된, 장치.

청구항 118

기관, 적어도 하나의 페로브스카이트 층, 전도층, 및 선택적인 적어도 하나의 추가 층으로 이루어진 활성 구성 요소를 포함하는 장치로서, 상기 부재는 기관과 페로브스카이트 층 사이에 지지체 층이 결여된, 장치.

청구항 119

기관, 적어도 하나의 페로브스카이트 층, 전도층, 및 선택적인 적어도 하나의 추가 층으로 이루어진 활성 구성 요소를 포함하는 장치로서, 적어도 하나의 페로브스카이트 층은 상기 기관 상에 직접 위치하는, 장치.

청구항 120

제115항 내지 제119항 중 어느 한 항에 있어서, 장치는 전자 장치 또는 광전자 장치인, 장치.

청구항 121

제115항 내지 제120항 중 어느 한 항에 있어서, 장치는 전광 변환기 및/또는 광전 변화기인, 장치.

청구항 122

제115항 내지 제121항 중 어느 한 항에 있어서, 장치는 광 전도체 및/또는 광 다이오드 및/또는 태양 전지 및/또는 발광 집광기, 및/또는 유기발광 다이오드 및 레이저를 포함하는 발광 다이오드(LED) 및/또는 광 센서 및/또는 픽셀 센서, 및/또는 유기 트랜지스터 및/또는 무기 트랜지스터 및/또는 복합 트랜지스터를 포함하는 특수 트랜지스터인, 장치.

청구항 123

제115항 내지 제122항 중 어느 한 항에 있어서, 장치는 인쇄전자 및/또는 터치 스크린 및/또는 디스플레이 백플레인 및/또는 대면적 또는 소면적 플렉서블 응용에서 사용을 위한, 장치.

청구항 124

제115항 내지 제122항 중 어느 한 항에 있어서, 장치는 광전자 응용 및/또는 RF 무선통신 및/또는 전력 변환기 및/또는 포토레지스터(LDR) 및/또는 그 외에서 사용을 위한, 장치.

청구항 125

제115항 내지 제122항 중 어느 한 항에 있어서, 장치는 광전지 장치에서 사용을 위한, 장치.

청구항 126

기관, 적어도 하나의 페로브스카이트 층, 전도층, 및 선택적인 적어도 하나의 추가 층을 포함하는 광전지로서, 적어도 하나의 페로브스카이트 층은, 기관 상에 직접 또는 상기 적어도 하나의 추가 층 상에서, 상기 기관 상에 제공되며, 상기 적어도 하나의 추가 층은 지지체 층과 다른, 광전지.

청구항 127

제126항에 있어서, 전도층은 전지의 상대 전극인, 광전지.

청구항 128

제127항에 있어서, 상대 전극은 직접, 또는 외부 전류에 연결된 집전체를 통해 전도성 지지층에 연결되는, 광전지.

청구항 129

지지 구조체 층이 없는 광전지.

청구항 130

제126항 내지 제129항 중 어느 한 항에 있어서, 광전지는 전도성 유리 기관 상에 증착된, 광전지.

청구항 131

제126항 내지 제130항 중 어느 한 항에 있어서, 광전지는 태양 전지인, 광전지.

청구항 132

제1항 내지 제109항 중 어느 한 항에 따른 부재를 포함하는 태양 전지.

청구항 133

지지 구조체 층이 없는 태양 전지.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 새로운 타입의 태양 전지에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 유무기 페로브스카이트는 태양 전지에서 광 회수 장치로 사용하기에 매력적인 물질이다. 태양 전지에 사용하기에 유망한 유무기 페로브스카이트는 유기 할로젠화 납 페로브스카이트이다. 유기 할로젠화 납 페로브스카이트는 직접 천이 밴드 갭, 큰 흡수 계수[1,2], 및 높은 캐리어 이동도[3]를 가진다. 유기 할로젠화 납 페로브스카이트의 전기적 특성은, 층상 물질의 형성을 가능케 하면서, 사용된 유기 구성요소의 구조에 따라 무기 시트들 간의 거리 및 전자 결합을 제어하도록 조정될 수 있다. 층상 페로브스카이트는 건조 공기 중에서 안정성이 높다.

[0003] 몇몇 연구들은 액체 전해질을 지닌 광전자 화학 전지에서 감응체로서 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 페로브스카이트 나노 결정을 사용하는 것에 대해 보고하고 있다[4-6]. 그러나, 이러한 시스템의 성능은 페로브스카이트의 용출로 인해 급격히 감소한다.

[0004] Snaith 등[7] 및 Graetzel 등[8]은 미소-초구조체로 된 유기 할로젠화물 페로브스카이트를 기반으로, 전력 변환 효율이 10 %를 초과하는 효율적인 유무기 복합 태양 전지에 관해 보고하였다.

[0005] 또한, Etgar 등[9]은 정공 전도체가 없는 페로브스카이트 이중접합 태양 전지의 사용에 관해 보고하였다. 이 저

자들은 할로젠화 납 페로브스카이트가, 흡수체로서의 기능뿐만 아니라 낮은 광도 하에서 전력 변환 효율이 7 %를 초과하는 우수한 광전지 성능을 달성하면서, 정공을 전달할 수 있다는 것을 밝혀냈다. Etgar 등은 또한 γ -부티롤락톤 내의 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I}$ 및 PbI_2 용액으로부터 얻어진 페로브스카이트 나노 입자들을 400 nm 두께의 TiO_2 (예추석) 나노 시트 필름 상에 증착함으로써 만들어진, 미소 메틸암모늄 아이오딘화 납 ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$) 페로브스카이트/ TiO_2 를 포함하는 미소 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3/\text{TiO}_2$ 이중접합 태양 전지를 개시하고 있다. 이 저자들이 주장하는 바에 따라 주로 표면적을 증가시키기 위해 지지체(scaffold)로써 TiO_2 가 필요하므로 TiO_2 의 존재는 결정적인 것으로 밝혀졌다.

선행기술문헌

비특허문헌

[0006]

(비특허문헌 0001) Akihiro Kojima; Masashi Ikegami; Kenjiro Teshima; 및 Tsutomu Miyasaka. Highly Luminescent Lead Bromide Perovskite Nanoparticles Synthesized with Porous Alumina Media Chem. Lett. 2012, 41, 397.

(비특허문헌 0002) C.R. Kagan; D. B. Mitzi; C. D. Dimitrakopoulos. Organic-Inorganic Hybrid Materials as Semiconducting Channels in Thin-Film Field-Effect Transistors. Science, 1999, 286, 945.

(비특허문헌 0003) D.B Mitzi; C.A. Feild; Z. Schlesinger; R.B. Laibowitz. Transport Optical and Magnetic properties of the conducting Halide Perovskite $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$. J.Solid State Chem. 1995, 114, 159.

(비특허문헌 0004) Kojima, A.; Teshima K.; Shirai, Y.; Miyasaka, T. Organometal Halide Perovskites as Visible-Light Sensitizers for Photovoltaic Cells. J.Am. Chem. Soc. 2009, 131, 6050-6051.

(비특허문헌 0005) HyoekIm, J.; Chung, J.; Kim, S.-J.; Park, N.-G. Synthesis, structure, and photovoltaic property of a nanocrystalline 2H perovskite-type novel sensitizer ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_3$) PbI_3 . Nanoscale Research Letters, 2012, 7, 353.

(비특허문헌 0006) HyoekIm, J.; Lee, C.-R.; Lee, J.-W.; Park, S.-W.; Park, N.-G. 6.5% efficient perovskite quantum-dot-sensitized solar cell. Nanoscale. 2011, 3, 4088.

(비특허문헌 0007) Lee, M.; Teuscher, M. J.; Miyasaka, T.; Murakami, T. N.; Snaith, H. J. Efficient Hybrid Solar Cells Based on Meso-Superstructured Organometal Halide Perovskites. Science 2012, 338, 643-644.

(비특허문헌 0008) Kim, H.-S.; Lee, C.-R.; Im, J.-H.; Lee, K.-B.; Moehl, T.; Marchioro, A.; Moon, S.-J.; Baker, R. Humphry; Yum, J.H.; Moser, J. E.; Graetzel, M.; Park, N.-G. Lead Iodide Perovskite Sensitized All-Solid-State Submicron Thin Film Mesoscopic Solar Cell with Efficiency Exceeding 9%. Nature Scientific Reports 2012, 2, 591.

(비특허문헌 0009) Etgar, L.; Gao, P.; Xue, Z.; Peng, Q.; Chandiran, A. K.; Liu, B.; Nazeeruddin, Md.K.; Graetzel, M. Mesoscopic $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3/\text{TiO}_2$ Heterojunction Solar Cells. J. Am. Chem. Soc. 2012, 134, 17396-17399.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007]

유무기 페로브스카이트를 기반으로 한 현재 공지된 태양 전지 또는 이중접합체는 그러한 전지에서 중요한 구성 요소로 간주되는 지지체 층(예컨대 TiO_2 층)을 이용한다. 지지체 층은 일반적으로 페로브스카이트 층과 유리 기판 사이에 위치한다. 이는 지지체 층이 표면적을 증가시키고 그로 인해 재결합 과정을 줄이거나 약화시키는데 도움을 줌으로써 장치 효율을 증가시킨다는 사실에 주로 기인한다.

- [0008] 본 발명은 태양 전지에서 표면적을 증가시키는 지지 구조체 층을 포함시킬 필요 없이 페로브스카이트 물질들로부터 효율적인 페로브스카이트 태양 전지를 만들 수 있다는 놀라운 발견에 기반을 두고 있다.
- [0009] 따라서, 본 발명의 목적은 표면적을 증가시키는 지지 구조체/층이 없는 광전자 장치에서 이용될 수 있는 새로운 적층체(stacked layer) 부재를 제공하는 데 있다. 이러한 장치는 개선된 광전자 장치/이종접합체/광전지이다. 본 발명의 적층체는, 이하에서 더 설명되는 바와 같이, 다음과 같은 하나 이상의 특징을 나타낸다.
- [0010] 1. 적층체는 구조가 간단하며, 표면적을 증가시키는 지지체 구성요소의 제거 결과에 따라 비용 효율적이고 용이하게 구성할 수 있는 장치를 구성할 수 있도록 한다.
- [0011] 2. 저온에서 그리고/또는 간단한 증착 단계(들)로 적층체를 형성하면, 표면적을 증가시키는 지지 구조체를 적용하지 않아도 되는 공정으로 인해, 비용 효율적인 장치를 제공한다.
- [0012] 3. 따라서, 가용성 기관 및/또는 감열성 표면 상에 증착되고/되거나 가요성인 적층체는 사용될 수 있는 기관의 선택 및 최종 응용의 범위를 넓힌다.
- [0013] 4. 이종접합체/광전지/장치의 공핍층이 표면에 매우 가깝기 때문에, 적층체는 전하 캐리어 재결합 영향을 덜 받는다.
- [0014] 5. 적층체는 전류 밀도가 높은 장치를 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0015] 따라서, 본 발명은 일 양태에서, 기관, 적어도 하나의 (예컨대, 유무기) 페로브스카이트 층, 전도층, 및 선택적인 적어도 하나의 추가 층을 포함하는(또는 이들로 이루어진) 부재로서, 적어도 하나의 페로브스카이트 층은, 기관 상에 직접 또는 상기 기관 상에 위치한 적어도 하나의 추가 층 상에서, 상기 기관 상에 제공되고, 상기 적어도 하나의 추가 층은 지지 구조체 층과 다른, 부재를 제공한다.
- [0016] 일부 실시예들에서, 기관은 그 상단에 페로브스카이트 층이 제공되는 최하단 층이며, 페로브스카이트 층의 상단에 전도층이 제공된다. 지지 구조체 층이 아닌 적어도 하나의 추가 층은 전술한 기관, 페로브스카이트, 및 전도층 중 어느 하나 사이의 개재층일 수 있거나, 또는 상기 전도층의 상단에 있는 최상단 층일 수 있다.
- [0017] 본 발명은 또한 기관, 적어도 하나의 페로브스카이트 층, 전도층, 및 선택적인 적어도 하나의 추가 층을 포함하는 부재로서, 지지 구조체 층이 결여된(또는 없는) 부재를 제공한다.
- [0018] 본 발명은 또한 기관, 적어도 하나의 페로브스카이트 층, 전도층, 선택적인 적어도 하나의 추가 층, 및 추가로 선택적인 적어도 하나의 지지 구조체 층을 포함하는 부재로서, 페로브스카이트 층이 상기 기관 상에 직접 제공되는, 부재를 제공한다.
- [0019] 본 발명은 또한 기관, 적어도 하나의 페로브스카이트 층, 전도층, 및 선택적인 적어도 하나의 추가 층을 포함하는 부재로서, 상기 기관 상의 적어도 하나의 페로브스카이트 층이 평면 접합을 제공하는, 부재를 제공한다. 즉 지지 구조체 층이 기관과 페로브스카이트 층 사이에 제공되지 않는다.
- [0020] 본 발명은 또한 기관, 적어도 하나의 페로브스카이트 층, 전도층, 및 선택적인 적어도 하나의 추가 층을 포함하는 부재로서, 적어도 하나의 페로브스카이트 층이 상기 기관 상에 직접 위치하는, 부재를 제공한다.
- [0021] 본원에서 제공되는 개시로부터 이해될 수 있는 바와 같이, 본 발명의 요지는 광전자 장치로서 사용되거나 광전자 장치로 구현될 수 있는 부재로서, 지지 구조체 층이 없는 부재를 제공하는 것이다. 본 발명의 기술 분야에서 공지된 바와 같이, 지지 구조체 층은 광전자 전지(예컨대, 태양 전지)의 표면적을 증가시키므로 비평면 접합을 제공할 수 있다. 따라서, 지지체 층이 없는 전지를 구현할 수 있다는 것은 놀라운 일이다. 페로브스카이트를 기반으로 한 전지에서, 지지체 층은 일반적으로 기관 표면과 페로브스카이트 층 사이에 위치한다. 따라서, 이러한 지지체 층이 필요 없는 본 발명의 부재 및 장치에서, 부재 또는 장치는 페로브스카이트 층이 도포되는 층의 유효 표면을 증가시키는(즉, 표면적을 증가시키는) 층이 없다.
- [0022] 일부 실시예들에서, 적어도 하나의 추가 층은 기관과 페로브스카이트 층 사이에 존재하며, 추가 층은 기관의 유효 표면적을 증가시키는 층이 아니다. 즉, 적어도 하나의 추가 층은 다음과 같은 하나 이상의 특징을 가진다.
- [0023] - 이러한 층은 다공성 층 또는 미분을 포함하는 층이 아니다.
- [0024] - 이러한 층은 나노 구조 및/또는 나노 다공성이 아니다.

- [0025] - 이러한 층은 일반적으로 수백 내지 수 나노미터(일부 실시예들에서 나노 입자 크기는 1 nm 내지 500 nm이고, 일부 실시예들에서 나노 입자의 크기는 1 nm 내지 300 nm이고, 일부 실시예들에서, 나노 입자의 크기는 3 nm 내지 300 nm이고, 일부 실시예들에서 나노 입자의 크기는 3 nm 내지 200 nm이다) 범위의 직경을 가진 나노 입자 형태의 분말(입자)을 포함하지 않는다.
- [0026] - 이러한 층은 기판 표면 또는 페로브스카이트 층과 (직접) 접하는 표면의 부피당 표면적을 1.1, 1.2, 1.25, 1.5, 1.75, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 또는 5 미만으로 증가시킨다.
- [0027] 적어도 하나의 추가 층은 그것이 놓여진 기판의 "**표면적을 증가**"시키지 않는 것을 말한다. 마찬가지로, 본 발명의 부재는 기판의 "표면적을 증가"시키는 지지체 층이 없다. 다시 말해, 기판을 페로브스카이트 층과 분리시키는 개재층(예컨대, 적어도 하나의 추가 층)으로 본 발명의 부재의 기판이 코팅되거나 또는 적층된 실시예에서, 개재층은 부재 기판의 전체 표면적을 증가시키는 층이 아닐 수 있다. 일부 실시예들에서, 표면적은 기판 또는 추가 층의 전체 표면적이다. 일부 실시예들에서 표면적은 기판 또는 추가 층의 하나 이상의 면(예컨대 상단)으로서, 하나 이상의 면은 그 위에 페로브스카이트 층이 제공되는 면이다. 일부 실시예들에서, 표면적은 페로브스카이트 층과 (직접) 접하는 표면이다. 면적은 기판 표면의 전체, 일부, 또는 연속적이거나 이격된 영역을 의미한다.
- [0028] 일부 실시예들에서, 적어도 하나의 추가 층은 기판과 페로브스카이트 층 사이에 위치하며, 적어도 하나의 추가 층은 기판 표면의 표면적을 증가시키지 않는 반도체 또는 금속 산화물 물질로 구성된다.
- [0029] 본 발명의 기술 분야에서 공지된 바와 같이, "**페로브스카이트 층**" 또는 "**페로브스카이트 물질**"은, 본 발명의 기술 분야에서 공지된 모든 페로브스카이트 구조를 포괄하는, 하나 이상의 페로브스카이트 종을 포함하거나 또는 그러한 페로브스카이트 종들로 이루어진 물질을 의미한다.
- [0030] 페로브스카이트 물질은 일반적으로 모서리 공유 MX₆8면체 3차원 네트워크를 가진 AMX₃구조 모티프를 특징으로 하며, 여기서 M은 X 음이온의 8면 배위체를 수용할 수 있는 금속 양이온이고, A는 일반적으로 MX₆8면체 사이에서 12중 배위 정공들에 위치하는 양이온이다.
- [0031] 일부 실시예들에서, A 및 M은 금속 양이온이다. 즉, 페로브스카이트 물질은 금속 산화물 페로브스카이트 물질이다. 다른 실시예들에서, A는 유기 양이온이고 M은 금속 양이온이다. 즉, 페로브스카이트 물질은 유무기 페로브스카이트 물질이다.
- [0032] 유무기 페로브스카이트 물질은 유무기 복합 구조이다. 유무기 물질은 교호 시트(alternate sheet)로서의 자기 조립 배열을 포괄하며, 시트들 간의 전자 결합 및 시트들 간의 거리가 전기적 특성을 제어한다. 본 발명의 유무기 페로브스카이트 구조는 본 발명의 기술 분야에서 공지된 그러한 모든 구조를 포괄한다.
- [0033] 유기 구성요소는 각각이 유기 양이온을 포함하는 하나 이상의 복수의 시트로 이루어질 수 있다. 일부 실시예들에서, 유기 구성요소는, 양이온들과 할로젠들이 하나의 무기 시트 내에 있고, 유기 기들이 무기 시트들 사이의 공간으로 확장되는, 단일 유기 시트(예컨대, 모노-암모늄)로 구성된다. 다른 실시예들에서, 유기 구성요소는, 분자들이 유기 시트들 사이의 거리 내로 확장되는(시트들 간에 반데르발스 힘이 존재하지 않음을 의미함) 두 개의 시트(예컨대, 다이-암모늄 양이온)로 구성된다.
- [0034] 유기 기들은 알킬 사슬 또는 단일 고리 방향족 기를 포함할 수 있다. 이러한 단순한 유기 층들은 무기 시트들 간 상호 작용도를 한정하는 데 도움이 되며, 그 특성은 무기 시트들에서 발생한다. 이러한 중요한 변형은 필름 또는 결정층을 성장시키는데 사용되는 전구체 용액에서 유기 및 무기 염들의 화학양론 또는 조성을 변경한 결과일 수 있다. 기술된 층상(다중 시트) 페로브스카이트는 무기 시트들이, 더 높은 이동도(더 높은 전자 및 정공 이동도)를 달성할, 단결정 층들의 형성을 결정할 수 있다는 것을 보여준다.
- [0035] 일부 실시예들에서, 유무기 페로브스카이트의 구조는 반도체 무기 시트들이 유기 시트들과 교대로 적층된 다층 구조와 유사하다. 유기 시트들은 큰 에너지 갭을 가질 수 있다.
- [0036] 일부 실시예들에서, 무기 시트들의 전도대(conduction band)는 유기 시트들의 전도대보다 상당히 낮고, 무기 시트들의 가전자대(valence band)는 마찬가지로 유기 시트들의 가전자대보다 높을 수 있어, I 타입의 밴드 구조를 형성한다. 일부 실시예들에서, 유기 및 무기 시트들의 밴드 갭은 II 타입의 밴드 구조를 형성하는 지그재그 구성일 수 있다.
- [0037] 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 물질은 3차원 물질이다. 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 물질은 2차원

물질이다.

- [0038] 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 물질은 AMX_3 , AMX_4 , A_2MX_4 , A_3MX_5 , $A_2A'MX_5$, 또는 $AMX_{3-n}X'_n$ 화학식을 가지며, 여기서,
- [0039] A 및 A'은 유기 양이온들, 금속 양이온들, 및 이러한 양이온들의 임의의 조합으로부터 독립적으로 선택되고,
- [0040] M은 금속 양이온 또는 금속 양이온들의 임의의 조합이고,
- [0041] X 및 X'은 음이온들 및 음이온들의 임의의 조합으로부터 독립적으로 선택되고,
- [0042] n은 0과 3 사이이다.
- [0043] 상기 임의의 페로브스카이트 화학식에서 반복되는 원소들 또는 다중 원소들(예컨대, A_2MX_4 에서 A_2 또는 X_4)은 동일하거나 또는 다를 수 있다. 예를 들어, A_2MX_4 는 실제 $AA'MXX'X''X'''$ 구조를 가질 수 있다.
- [0044] 양이온 및 음이온 모이어티는 임의의 원자가 수일 수 있다. 일부 실시예들에서, 양이온 및/또는 음이온은 1, 2, 3, 4, 5, 6, 또는 7의 원자가 수를 가진다. 일부 실시예들에서, 양이온 및/또는 음이온은 1가 원자이다. 일부 실시예들에서, 양이온 및/또는 음이온은 2가 원자이다. 일부 실시예들에서, 양이온 및/또는 음이온은 3가 원자이다.
- [0045] 금속 양이온들은 원소 주기율표 d 블록의 IIIB족, IVB족, VB족, VIB족, VIIB족, VIIIB족, IB족, IIB족, IIIA족, IVA족, 및 VA족의 금속 원소로부터 선택될 수 있다.
- [0046] 일부 실시예들에서, 금속 양이온은 Li, Mg, Na, K, Rb, Cs, Be, Ca, Sr, Ba, Sc, Ti, V, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Y, La, Zr, Nb, Tc, Ru, Mo, Rh, W, Au, Pt, Pd, Ag, Co, Cd, Hf, Ta, Re, Os, Ir, Hg, B, Al, Ga, In, Tl, C, Si, Ge, Sn, Pb, P, As, Sb, Bi, O, S, Se, Te, Po, 또는 이들의 임의의 조합이다.
- [0047] 일부 실시예들에서, 금속 양이온은 주기율표 d 블록의 IIIB족, IVB족, VB족, VIB족, VIIB족, VIIIB족, IB족, 및 IIB족으로부터 선택된 전이금속이다. 일부 실시예들에서, 전이금속은 Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Y, Zr, Nb, Tc, Ru, Mo, Rh, W, Au, Pt, Pd, Ag, Mn, Co, Cd, Hf, Ta, Re, Os, Ir, 및 Hg, 또는 이들의 임의의 조합으로부터 선택된 금속이다.
- [0048] 일부 실시예들에서, 금속 양이온은 IIIA족, IVA족, 및 VA족으로부터 선택된 전이후 금속이다. 일부 실시예들에서, 금속 양이온은 Al, Ga, In, Tl, Sn, Pb, Bi, 또는 이들의 임의의 조합이다.
- [0049] 일부 실시예들에서, 금속 양이온은 IIIA족, IVA족, VA족 및 VIA족으로부터 선택된 반금속이다. 일부 실시예들에서, 금속 양이온은 B, Si, Ge, As, Sb, Po, 또는 이들의 임의의 조합이다.
- [0050] 일부 실시예들에서, 금속 양이온은 IA족으로부터 선택된 알칼리 금속이다. 일부 실시예들에서, 금속 양이온은 알칼리 금속 Li, Mg, Na, K, Rb, 또는 Cs이다.
- [0051] 일부 실시예들에서, 금속 양이온은 IIA족으로부터 선택된 알칼리 토금속이다. 일부 실시예들에서, 금속 양이온은 Be, Ca, Sr, 또는 Ba이다.
- [0052] 일부 실시예들에서, 금속 양이온은 Ce, Pr, Gd, Eu, Tb, Dy, Er, Tm, Nd, Yb, 또는 이들의 임의의 조합과 같은 란타넘족 원소이다.
- [0053] 일부 실시예들에서, 금속 양이온은 Ac, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No, Lr, 또는 이들의 임의의 조합과 같은 악티늄족 원소이다.
- [0054] 일부 실시예들에서, 금속 양이온은 2가 금속 양이온이다. 2가 금속의 비제한적인 예는 Cu^{+2} , Ni^{+2} , Co^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+2} , Cr^{+2} , Pd^{+2} , Cd^{+2} , Ge^{+2} , Sn^{+2} , Pb^{+2} , Eu^{+2} 및 Yb^{+2} 를 포함한다.
- [0055] 일부 실시예들에서, 금속 양이온은 3가 금속 양이온이다. 3가 금속의 비제한적인 예는 Bi^{+3} 및 Sb^{+3} 를 포함한다.
- [0056] 일부 실시예들에서, 금속 양이온은 Pb^{+2} 이다.
- [0057] 유기 양이온은 (하나 이상의 탄소 사슬 또는 탄화수소 사슬 또는 하나 이상의 유기 기를 포함하는) 적어도 하나의 유기 모이어티를 포함하는 양이온이다.

- [0058] 유기 모이어티는 치환 또는 비치환 알킬, 치환 또는 비치환 알케닐, 치환 또는 비치환 알키닐, 치환 또는 비치환 사이클로알킬, 치환 또는 비치환 사이클로알케닐, 치환 또는 비치환 사이클로알키닐, 치환 또는 비치환 아릴, 치환 또는 비치환 헤테로아릴, 치환 또는 비치환 헤테로사이클릴, 치환 또는 비치환 $-NR_2$, 치환 또는 비치환 $-OR_3$, 치환 또는 비치환 $-SR_4$, 치환 또는 비치환 $-S(O)R_5$, 치환 또는 비치환 알킬렌-COOH, 및 치환 또는 비치환 에스테르로부터 선택될 수 있다.
- [0059] "**R**"로 표기된 가변 기는 본원에서 정의된 바와 같이, 수소, 알킬, 알케닐, 알키닐, 사이클로알킬, 사이클로알케닐, 사이클로알키닐, 아릴, 헤테로아릴, 헤테로사이클릴, 할로젠, 알킬렌-COOH, 에스테르, -OH, -SH, 및 -NH, 또는 이들의 임의의 조합으로부터 선택된 하나 이상의 기를 의미한다. 일부 실시예들에서, R 기들의 수는 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 또는 20일 수 있다. 본원에서 사용된 바와 같이, 특별한 정의가 없으면 R 기는 본원에서 사용된 임의의 특정 R을 총칭하여 의미한다. 다시 말해, 특별히 다른 언급이 없으면, 전술한 정의는 임의의 R 기들, 예컨대, R', R'', R''', R''', R₂, R₃, R₄, R₅, R₆, R₇, R₈ 등을 의미한다.
- [0060] 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 물질은 페로브스카이트 물질의 하나의 종이다. 다른 실시예들에서, 페로브스카이트 물질은 둘 이상(수개)의 상이한 종의 상이한 페로브스카이트 물질의 조합이다. 일부 실시예들에서, 상이한 페로브스카이트 물질의 상이한 종의 수는 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 또는 10개의 상이한 페로브스카이트 종일 수 있다.
- [0061] 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층은 층상 페로브스카이트 물질들의 다층 구조이며, 각 층은 상이하고, 상이한 종의 페로브스카이트 물질 또는 수개의 상이한 종의 페로브스카이트 물질들의 상이한 혼합물을 포함한다. 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 다층의 각 층은 상이한 조합 또는 동일한 조합으로 이루어지지만 페로브스카이트 물질들의 비는 서로 다르다.
- [0062] 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층은 다층 페로브스카이트 물질의 형태이며, 각각의 페로브스카이트 층은 동일한 페로브스카이트 물질 또는 상이한 페로브스카이트 물질들로 이루어질 수 있다. 일부 실시예들에서, 다층 페로브스카이트는 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 또는 10개의 페로브스카이트 층을 포함한다.
- [0063] 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층은 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 또는 10개의 상이한 페로브스카이트 층을 포함하며, 각각은 상기한 바와 같이 선택되고 정의된다.
- [0064] 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층은 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 또는 1:5 비율의 두 개의 페로브스카이트 물질을 포함한다.
- [0065] 유무기 복합 물질을 포함하는 유기 모이어티에서, 다음의 정의들이 적용될 수 있다.
- [0066] - "**알킬**", "**알케닐**", 및 "**알키닐**" 탄소 사슬은, 특정되지 않았으면, 각각이 1 내지 20개의 탄소, 또는 1 또는 2 내지 16개의 탄소를 포함하는 탄소 사슬을 의미하며, 직쇄 또는 분기 사슬이다. 이러한 각각의 기는 치환될 수 있다. 일부 실시예들에서, 탄소 사슬은 1 내지 10개의 탄소 원자를 포함한다. 일부 실시예들에서, 탄소 사슬은 1 내지 6개의 탄소 원자를 포함한다. 일부 실시예들에서, 탄소 사슬은 2 내지 6개의 탄소 원자를 포함한다. 알케닐 탄소 사슬은 2 내지 20개의 탄소, 2 내지 18개의 탄소, 2 내지 16개의 탄소, 2 내지 14개의 탄소, 2 내지 12개의 탄소, 2 내지 10개의 탄소, 2 내지 8개의 탄소, 2 내지 6개의 탄소, 또는 2 내지 4개의 탄소를 포함할 수 있다. 알케닐 탄소 사슬은 마찬가지로 1 내지 8개의 이중 결합, 1 내지 7개의 이중 결합, 1 내지 6개의 이중 결합, 1 내지 5개의 이중 결합, 1 내지 4개의 이중 결합, 1 내지 3개의 이중 결합, 1개의 이중 결합, 또는 2개의 이중 결합을 포함할 수 있다. 알키닐 탄소 사슬은 2 내지 20개의 탄소, 2 내지 18개의 탄소, 2 내지 16개의 탄소, 2 내지 14개의 탄소, 2 내지 12개의 탄소, 2 내지 10개의 탄소, 2 내지 8개의 탄소, 2 내지 6개의 탄소, 또는 2 내지 4개의 탄소를 포함할 수 있다. 알키닐 탄소 사슬은 마찬가지로 1 내지 8개의 3중 결합, 1 내지 7개의 3중 결합, 1 내지 6개의 3중 결합, 1 내지 5개의 3중 결합, 1 내지 4개의 3중 결합, 1 내지 3개의 3중 결합, 1개의 3중 결합, 또는 2개의 3중 결합을 포함할 수 있다. 예시적인 알킬, 알케닐, 및 알키닐 기들은 메틸, 에틸, 프로필, 아이소프로필, 아이소뷰틸, n-뷰틸, 2차 뷰틸, 3차 뷰틸, 아이소헥실, 알릴(프로페닐), 및 프로파질(프로피닐)을 포함하지만, 이들로 한정되는 것은 아니다.
- [0067] - "**사이클로알킬**"은 포화 단환 또는 다환 고리 시스템을 의미하며, 특정 실시예들에서는 3 내지 10개의 탄소 원자수, 다른 실시예들에서는 3 내지 6개의 탄소 원자수를 가진다. **사이클로알케닐** 및 **사이클로알키닐**은 적어도 하나의 이중결합 및 적어도 하나의 삼중결합을 각각 포함하는 단환 또는 다환 고리 시스템을 의미한다. 사이클로알케닐 및 사이클로알키닐 기들은, 일부 실시예들에서 3 내지 10개의 탄소 원자수, 추가 실시예들에서 4 내지

7개의 탄소 원자수를 포함할 수 있고, 사이클로알킬 기들은 추가 실시예들에서 8 내지 10개의 탄소 원자수를 포함할 수 있다. 사이클로알킬, 사이클로알케닐, 및 사이클로알킬닐 기들의 고리 시스템은 하나의 고리로 구성되거나 또는 서로 융합, 가교, 또는 스피로(spiro)-연결된 방식으로 결합될 수 있는 둘 이상의 고리로 구성될 수 있다.

[0068] - "**아릴**"은 6 내지 10개의 탄소 원자수를 포함하는 방향족 단환 또는 다환 기들을 의미한다. 아릴 기들은 비치환 또는 치환 플루오렌일, 비치환 또는 치환 페닐, 및 비치환 또는 치환 나프틸과 같은 기들을 포함하지만, 이들로 한정되는 것은 아니다.

[0069] - "**헤테로아릴**"은 고리 시스템 내 하나 이상(일부 실시예들에서 1 내지 3개)의 원자가 이종 원자, 즉 예컨대 질소, 산소 또는 황을 포함하는 탄소 이외의 원소인, 단환 또는 다환 방향족 고리 시스템을 의미하며, 특정 실시예들에서 약 5 내지 약 15개의 요소(member)를 가진다. 헤테로아릴 기는 벤젠 고리에 선택적으로 융합될 수 있다. 헤테로아릴 기들은 퓨릴, 이미다졸, 피리미디닐, 테트라졸, 티에닐, 피리딜, 피롤릴, 싸이아졸릴, 아이소싸이아졸릴, 옥사졸릴, 아이소옥사졸릴, 트리아졸릴, 퀴놀리닐, 및 아이소퀴놀리닐을 포함하지만, 이들로 한정되는 것은 아니다.

[0070] - "**헤테로사이클릴**"은 고리 시스템 내 하나 이상(특정 실시예들에서 1 내지 3)의 원자가 이종 원자, 즉 질소, 산소 또는 황을 비제한적으로 포함하는 탄소 이외의 원소인, 포화 단환 또는 다환 고리 시스템을 의미하며, 일 실시예에서 3 내지 10개의 요소, 다른 실시예에서 4 내지 7개의 요소, 또 다른 실시예에서 5 내지 6개의 요소를 가진다. 이종 원자(들)가 질소인 실시예들에서, 질소는 선택적으로 알킬, 알케닐, 알키닐, 아릴, 헤테로아릴, 아랄킬, 헤테로아랄킬, 사이클로알킬, 헤테로사이클릴, 사이클로알킬알킬, 헤테로사이클릴알킬, 아실, 구아니딘으로 치환되거나, 또는 질소는 4차화 반응을 통해 치환기들이 상기와 같이 선택되는 암모늄 기를 형성할 수 있다.

[0071] - "**-NR₁R₂**"는 R₁ 및 R₂가 수소, 알킬, 알케닐, 알케닐, 사이클로알킬, 사이클로알케닐, 사이클로알킬닐, 아릴, 헤테로아릴, 헤테로사이클릴, 에스터, 및 카보닐로부터 독립적으로 선택되는 아민 기를 의미하며, 각각은 본원에서 정의된 바와 같거나 대안적으로 본 발명의 기술 분야에서 공지된 바와 같다.

[0072] - "**-OR₃**"는 R₃가 수소, 알킬, 알케닐, 알케닐, 사이클로알킬, 사이클로알케닐, 사이클로알킬닐, 아릴, 헤테로아릴, 헤테로사이클릴, 할로젠, 술피닐, 에스터, 및 카보닐로부터 선택되는, 하이드록실 기 또는 알콕시 기 또는 유도체를 의미한다.

[0073] - "**-SR₄**"는 R₄가 수소, 알킬, 알케닐, 알케닐, 사이클로알킬, 사이클로알케닐, 사이클로알킬닐, 아릴, 헤테로아릴, 헤테로사이클릴, 할로젠, 술피닐, 에스터, 및 카보닐로부터 선택되는, 싸이올 기 또는 싸이오에터 기 또는 유도체를 의미한다.

[0074] - "**-S(O)R₅**"는 R₅가 수소, 알킬, 알케닐, 알케닐, 사이클로알킬, 사이클로알케닐, 사이클로알킬닐, 아릴, 헤테로아릴, 헤테로사이클릴, 할로젠, 술피닐, 에스터, 및 카보닐로부터 선택되는, 술피닐 기를 의미한다.

[0075] - "**에스터**"는 R₆이 수소, 알킬, 알케닐, 알케닐, 사이클로알킬, 사이클로알케닐, 사이클로알킬닐, 아릴, 헤테로아릴, 헤테로사이클릴, 할로젠, -NR₁R₂, 술피닐, 카보닐, -OR₃, SR₄, -S(O)R₅-OH, -SH, 및 -NH로부터 선택되는, -C(O)OR₆을 의미한다.

[0076] "**치환된**"이란 용어는 상기 본원에서 정의된 바와 같이 (추가로 치환된) 하나 이상의 치환기를 갖는 임의의 기 또는 임의의 리간드를 의미하며, 치환기는 상기 본원에서 정의된 바와 같은 리간드이다. 일부 실시예들에서, 치환기는 알킬, 알케닐, 알키닐, 사이클로알킬, 사이클로알케닐, 사이클로알킬닐, 아릴, 헤테로아릴, 헤테로사이클릴, 할로젠, 알킬렌-COOH, 에스터, -OH, -SH, 및 -NH로부터 선택된다. 일부 실시예들에서, 특정 리간드 상의 치환기 수는 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 또는 20개의 치환기이다.

[0077] 음이온은 단순한 음이온, 할로젠화물 음이온, 칼코젠화물 음이온, 유기 음이온, 옥소 음이온, 또는 이들의 임의의 조합일 수 있다.

[0078] 일부 실시예들에서, 음이온은 O⁻², N⁻³, S⁻², 또는 이들의 임의의 조합과 같은 단순한 음이온이다.

[0079] 일부 실시예들에서, 음이온은 할로젠화물 음이온으로서, 할로젠화물은 F, Cl, Br, I, At, 또는 이들의 임의의

조합일 수 있다.

- [0080] 일부 실시예들에서, 음이온은 S, Se, Te, 및 이들의 임의의 조합으로부터 선택된 원자의 음이온들로부터 선택된다.
- [0081] 일부 실시예들에서, 음이온은 초산염(CH_3COO^-), 폼산염(HCOO^-), 옥살산염($\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$), 사이안화물(CN^-), 또는 이들의 임의의 조합과 같은 유기 음이온들 중에서 선택된다.
- [0082] 일부 실시예들에서, 음이온은 AsO_4^{3-} , AsO_3^{3-} , CO_3^{2-} , HCO_3^- , OH^- , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , SO_4^{2-} , HSO_4^- , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, SO_3^{2-} , ClO_4^- , ClO_3^- , ClO_2^- , OCl^- , IO_3^- , BrO_3^- , OBr^- , CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 또는 이들의 임의의 조합과 같은 옥소 음이온이다.
- [0083] 일부 실시예들에서, 음이온은 Br^- , I^- , NCS^- , CN^- 및 NCO^- 로부터 선택될 수 있다. 추가 실시예들에서, 음이온은 IBr^{3-} , Cl_2I^{3-} , Br_2I^{3-} 및 I_2Cl^{3-} 로부터 선택될 수 있다.
- [0084] 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 구조는 유무기 페로브스카이트 구조이다. 일부 실시예들에서, 유무기 페로브스카이트 구조는 $(\text{R}-\text{NH}_3)_2\text{MX}_4$ 및 $(\text{NH}-\text{R}-\text{NH})\text{MX}$ (여기서, X는 Cl^- , Br^- , 또는 I^- 일 수 있음)로부터 선택되며, 페로브스카이트 구조는 도 1에 개략적으로 도시되었다. 무기 층들은 모서리 공유 금속 할로젠화물 8면체의 시트들로 구성될 수 있다. M 양이온은, 전하 균형을 만족하고 8면체 음이온 배위를 수용하는 2가 또는 3가 금속일 수 있다.
- [0085] 흔히 페로브스카이트 시트들로 불리는 무기 층들은 3차원 AMX_3 페로브스카이트 구조로부터, 일반적으로 3차원 결정 격자의 $\langle 100 \rangle$ 방향을 따라 한 층 두께로 잘라냄으로써, 유도된다. 구조적 변형은, 전기적, 광학적, 자기적 특성을 조절할 수 있는 시작 용액에서 유기 및 무기 염들의 조성을 변화시킴으로써 달성될 수 있다.
- [0086] 일부 실시예들에서, 유기 양이온은 1가 양이온이다.
- [0087] 일부 실시예들에서, 유기 양이온은 N-함유 헤테로고리들 및 고리 시스템들을 포함하는, 1급, 2급, 3급, 또는 4급 유기 암모늄 화합물이다.
- [0088] 일부 실시예들에서, 유기 양이온은 하나 이상의 이종 원자를 포함하는 탄소(탄화수소) 사슬이다. 이종 원자는 N, O, 및 S로부터 선택될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이종 원자의 수는 1, 2, 또는 3이다.
- [0089] 일부 실시예들에서, 이종 원자는 질소 원자이다.
- [0090] 일부 실시예들에서, 탄소 사슬은 하나 이상의 할로젠을 포함한다.
- [0091] 일부 실시예들에서, 탄소 사슬은 헤테로사이클릴 및/또는 헤테로아릴을 포함한다.
- [0092] 일부 실시예들에서, 유기 양이온은 1가, 2가, 또는 임의의 다른 원자가 수이며, 2개의 양전하 질소 원자를 가진 1급, 2급, 3급, 또는 4급 유기 암모늄 화합물일 수 있다.
- [0093] 일부 실시예들에서, 상기 정의된 바와 같은 페로브스카이트 구조에서, 양이온(A 또는 A')은 $(\text{RR}'\text{R}''\text{N})^+$ 로부터 선택된 유기 양이온이며, 각각의 R 기들은 본원에서 정의된 바와 같이 독립적으로 선택될 수 있다. 일부 실시예들에서, 양이온은 RNH_3 , $\text{RR}'\text{NH}_2$, $\text{RR}'\text{R}''\text{NH}$, NH_3RNH_3 , 또는 이들의 임의의 조합으로부터 선택된다. 일부 실시예들에서, 양이온은 $\text{RNH}=\text{R}'$, $\text{NH}_2=\text{R}$, $\text{RN}=\text{R}'\text{R}''$, $\text{R}'=\text{N}=\text{R}$, $\text{RR}'\text{N}=\text{R}=\text{NR}''\text{R}'''$, $\text{H}_2\text{N}=\text{R}=\text{NH}_2$, $\text{RR}'\text{N}=\text{CHNR}''\text{R}'''$ 로부터 선택된다. 일부 실시예들에서 양이온은 $(\text{H}_2\text{N}=\text{CHNH}_2)^+$ 또는 이들의 임의의 조합이다.
- [0094] 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 물질은 AMX_3 화학식을 가진다.
- [0095] 추가 실시예들에서, 페로브스카이트 물질은 $\text{AMX}'\text{X}_2$ 화학식을 가진다.
- [0096] 또 다른 실시예에서, 페로브스카이트 물질은 $\text{RNH}_3\text{MX}'\text{X}_2$ 화학식을 가진다.
- [0097] 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 물질은 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbF}_3$, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbCl}_3$, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBrI}_2$,

$\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBrCl}_2$, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbIBr}_2$, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbICl}_2$, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbClBr}_2$ 및 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_2\text{Cl}$ 을 포함하거나 또는 이들로부터 선택된다. 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 물질은 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnICl}_2$, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnBrI}_2$, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnBrCl}_2$, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnF}_2\text{Br}$, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnIBr}_2$, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnF}_2\text{I}$, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnClBr}_2$, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_2\text{Cl}$ 및 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnF}_2\text{Cl}$ 을 포함하거나 또는 이들로부터 선택된다.

[0098] 추가 실시예들에서, 페로브스카이트 물질은 RNH_3MX_3 화학식을 가진다. 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 물질은 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbF}_3$, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbCl}_3$, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 및 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ 을 포함하거나 또는 이들로부터 선택된다. 일부 실시예들에서 페로브스카이트 물질은 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 이다.

[0099] 추가 실시예들에서, 페로브스카이트 물질은 $(\text{NH}_2=\text{CH}-\text{NH}_2)\text{MX}_3$ 화학식을 가진다. 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 물질은 $(\text{NH}_2=\text{CH}-\text{NH}_2)\text{PbBr}_3$, $(\text{NH}_2=\text{CH}-\text{NH}_2)\text{PbI}_3$, $(\text{NH}_2=\text{CH}-\text{NH}_2)\text{PbCl}_3$, $(\text{NH}_2=\text{CH}-\text{NH}_2)\text{PbFCl}_2$, $(\text{NH}_2=\text{CH}-\text{NH}_2)\text{PbBrCl}_2$, $(\text{NH}_2=\text{CH}-\text{NH}_2)\text{PbICl}_2$, $(\text{NH}_2=\text{CH}-\text{NH}_2)\text{PbFCl}_2$, $(\text{NH}_2=\text{CH}-\text{NH}_2)\text{PbFBr}_2$, $(\text{NH}_2=\text{CH}-\text{NH}_2)\text{PbFI}_2$ 및 $(\text{NH}_2=\text{CH}-\text{NH}_2)\text{PbIBr}_2$ 을 포함하거나 또는 이들로부터 선택된다.

[0100] 추가 실시예들에서, 페로브스카이트 물질은 AMX_3 화학식을 가지며, M은 금속 양이온, 즉 $\text{M}'\text{MX}_3$ 이다. 추가 실시예들에서, 페로브스카이트 물질은 $\text{M}'\text{MX}'\text{X}_2$ 화학식을 가진다. 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 물질은 CsPbI_2Cl , CsPbICl_2 , CsPbI_2F , CsPbIF_2 , CsPbI_2Br 및 CsPbIBr_2 을 포함하거나 또는 이들로부터 선택된다.

[0101] 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 물질은 CsSnI_2F , CsSnIF_2 , CsSnI_2Cl , CsSnICl_2 , CsSnI_2Br 및 CsSnIBr_2 을 포함하거나 또는 이들로부터 선택된다.

[0102] 본 발명에 따른 광전지의 페로브스카이트 층은 최종 응용에 적절한 밴드 갭을 가진다. 일부 실시예들에서, 밴드 갭은 가시 영역이다. 일부 실시예들에서, 밴드 갭은 적외선 영역이다. 일부 실시예들에서, 밴드 갭은 근적외선 영역이다.

[0103] 일부 실시예들에서, 밴드 갭은 3 eV 미만이다. 일부 실시예들에서, 밴드 갭은 2.5 eV 미만이다. 일부 실시예들에서, 밴드 갭은 2 eV 미만이다. 일부 실시예들에서, 밴드 갭은 0.1 내지 3 eV이다. 일부 실시예들에서, 밴드 갭은 0.5 내지 3 eV이다. 일부 실시예들에서, 밴드 갭은 1 내지 3 eV이다. 일부 실시예들에서, 밴드 갭은 1 내지 2.5 eV이다. 일부 실시예들에서, 밴드 갭은 1 내지 2.0 eV이다.

[0104] 페로브스카이트 층의 두께는 특히, 페로브스카이트 물질, 전체 층 내의 층 수, 층들 간 상호 작용도, 및 다른 변수들에 의존한다. 페로브스카이트 층의 두께는 원하는 응용에 의해 결정될 수 있다. 일부 최종 응용에 대해, 페로브스카이트 층의 두께는 마이크로미터 영역(1 내지 1,000 μm)일 수 있다. 일부 응용에 대해, 페로브스카이트 층의 두께는 나노미터 영역(1 내지 1,000 nm)일 수 있다.

[0105] 따라서, 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 10 nm 내지 100 μm 이다. 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 100 nm 내지 10 μm 이다.

[0106] 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 1,000 μm 미만이다. 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 100 μm 미만이다. 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 10 μm 미만이다. 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 10 μm 미만이다. 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 1 미만이다.

[0107] 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 500 μm 미만이다. 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 50 μm 미만이다. 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 5 μm 미만이다.

[0108] 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 1,000 nm 미만이다. 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 100 nm 미만이다. 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 10 nm 미만이다. 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 1 nm 미만이다.

[0109] 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 500 nm 미만이다.

[0110] 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 약 100 nm 내지 500 nm이다.

[0111] 페로브스카이트 층은, 가요성 또는 강성 기판일 수 있는 "**기판**" 상에 직접 또는 간접적으로 제공되며, 기판은

실질적으로 2차원(얇은 평판 기관) 또는 3차원 만곡(비평판) 표면일 수 있다. 기관은 임의의 평활도를 가질 수 있다. 가장 일반적인 용어로, 기관은 유리, 종이, 무기 또는 유기 반도체, 고분자 재료, 또는 세라믹 표면과 같은 고체 물질로 이루어질 수 있다. 페로브스카이트 층이 형성되는 기관인 표면 물질은, 페로브스카이트 층이 생성되는 표면 상의 벌크 물체와 반드시 동일한 물질로 이루어질 필요는 없다.

[0112] 일부 실시예들에서, 기관은 가요성이다.

[0113] 일부 실시예들에서, 기관은 전도성이다.

[0114] 일부 실시예들에서, 기관은 투명하다.

[0115] 일부 실시예들에서, 기관은 최종 응용에서 사용되는 모든 파장에 투명하다. 일부 실시예들에서, 기관은 태양 전지에서 사용되는 모든 파장에 투명하다. 일부 실시예들에서, 기관은 가시 스펙트럼 영역에서 투명하다. 일부 실시예들에서 기관은 근적외선 및/또는 적외선 스펙트럼 영역에서 투명하다. 일부 실시예들에서, 기관은 가시-적외선 스펙트럼 영역에서 투명하다.

[0116] 일부 실시예들에서, 기관은 전도성이며 투명하다.

[0117] 일부 실시예들에서, 기관은 규소, 주석, 붕소 화합물, 텔루륨, 저마늄, 갈륨, 비소화 갈륨(GaAs), 인화 갈륨(GaP), 텔루륨화 카드뮴(CdTe), 비소화 갈륨 알루미늄(GaAlAs), 인화 인듐(InP), 인화 갈륨 비소(GaAsP), 황화 카드뮴(CdS), 구리 인듐 갈륨 다이셀레나이드(CIGS), 텔루륨화 수은 카드뮴(HgCdTe), 및 황화 구리 인듐 또는 셀레늄화 구리 인듐으로부터 선택된 무기 반도체 물질이다.

[0118] 일부 실시예들에서, 기관은 유리, 다공성 유리, 석영, 인듐 주석 산화물(ITO), 플루오린화 주석 산화물(FTO), 안티모니 도핑 주석 산화물(ATO), 운모, SrGeO_3 , 또는 아연 산화물로부터 선택될 수 있다. 추가 실시예들에서, 기관은 $\text{SnO}_2:\text{F}$, $\text{SnO}_2:\text{Sb}$, $\text{In}_2\text{SO}_3:\text{Sn}$, $\text{ZnO}:\text{Al}$, $\text{ZnO}:\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}:\text{Ga}_2\text{O}_3$ 로부터 선택될 수 있다.

[0119] 일부 실시예들에서, 기관은 인듐 주석 산화물(ITO) 또는 플루오린화 주석 산화물(FTO)이다.

[0120] 일부 실시예들에서, 기관은 폴리아줄렌, 폴리페닐렌, 폴리피렌, 폴리나프탈렌, 폴리에스터(PET), 폴리이미드, 폴리피롤(PPY), 폴리싸이오펜(PT), 폴리(3,4-에틸렌다이옥시싸이오펜)(PEDOT), 폴리아제핀, 폴리인돌, 폴리카바졸, 폴리(p-페닐렌 비닐렌)(PPV), 폴리아세틸렌(PAC), 폴리(p-페닐렌 설파이드)(PPS), 폴리-3-헥실 싸이오펜(P3HT), 및 폴리아닐린과 같은 고분자 물질(전도성 고분자)로 형성된다.

[0121] 일부 실시예들에서, 기관은 탄소 기관 또는 흑연(HOPG)이다.

[0122] 일부 실시예들에서, 기관은 금속이거나 또는 금속을 포함한다.

[0123] 일부 실시예들에서, 기관은 Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Y, Zr, Nb, Tc, Ru, Mo, Rh, W, Au, Pt, Pd, Ag, Mn, Co, Cd, Hf, Ta, Re, Os, Ir, Hg 및 이들의 임의의 조합으로부터 선택된 전이금속을 포함한다.

[0124] 일부 실시예들에서, 기관은 금, 은, 구리, 백금, 니켈, 팔라듐, 타이타늄, 이리듐, 및 이들의 임의의 조합으로부터 선택된 금속으로 이루어진 금속 기관이다.

[0125] 일부 실시예들에서, 기관은 $\text{SnO}_2:\text{F}$ (FTO)와 같은 전도성 물질 또는 금속 나노 입자(예컨대, Au 및/또는 Ag 나노 입자)로 코팅된 유리 물질로 이루어진 유리 또는 플라스틱 기관이다.

[0126] 본 발명의 일 실시예에서, 전도층은 페로브스카이트 층의 상단에 제공된다. 일부 실시예들에서, 전도층은 순수한 형태 또는 금속 합금의 금속이거나 또는 이러한 금속을 포함한다.

[0127] 일부 실시예들에서, 전도층은 Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Y, Zr, Nb, Tc, Ru, Mo, Rh, W, Au, Pt, Pd, Ag, Mn, Co, Cd, Hf, Ta, Re, Os, Ir, Hg 및 이들의 임의의 조합으로부터 선택된 전이금속을 포함한다.

[0128] 추가 실시예들에서, 전도층은 금, 은, 구리, 백금, 니켈, 팔라듐, 타이타늄, 이리듐, 또는 이들의 임의의 조합과 같은 금속을 포함한다.

[0129] 또 다른 실시예에서, 전도층은 Au 및/또는 Ag를 포함한다.

[0130] 일부 실시예들에서, 전도층은 탄소 기관 또는 흑연(HOPG)이다.

[0131] 일부 실시예들에서, 전도층은 규소, 주석, 붕소 화합물, 텔루륨, 저마늄, 갈륨, 비소화 갈륨(GaAs), 인화 갈륨(GaP), 텔루륨화 카드뮴(CdTe), 비소화 갈륨 알루미늄(GaAlAs), 인화 인듐(InP), 인화 갈륨 비소(GaAsP), 황화

카드뮴(CdS), 구리 인듐 갈륨 다이셀레나이드(CIGS), 텔루륨화 수은 카드뮴(HgCdTe), 및 황화 구리 인듐 또는 셀레늄화 구리 인듐을 비제한적으로 포함하는 무기 반도체 물질이다.

- [0132] 일부 실시예들에서, 전도층은 가요성이다.
- [0133] 일부 실시예들에서, 전도층은 투명하다.
- [0134] 일부 실시예들에서, 전도층은 최종 응용에서 사용되는 모든 파장에 투명하다. 일부 실시예들에서, 전도층은 태양 전지에서 사용되는 모든 파장에 투명하다. 일부 실시예들에서, 전도층은 가시 스펙트럼 영역에서 투명하다. 일부 실시예들에서 전도층은 근적외선 및/또는 적외선 스펙트럼 영역에서 투명하다. 일부 실시예들에서, 전도층은 가시-적외선 스펙트럼 영역에서 투명하다.
- [0135] 일부 실시예들에서, 기판은 유리, 다공성 유리, 석영, 인듐 주석 산화물(ITO), 플루오린화 주석 산화물(FTO), 및 운모로부터 선택될 수 있다.
- [0136] 일부 실시예들에서, 전도층은 폴리아줄렌, 폴리페닐렌, 폴리피렌, 폴리나프탈렌, 폴리에스터(PET), 폴리이미드, 폴리피롤(PPY), 폴리싸이오펜(PT), 폴리(3,4-에틸렌다이옥시싸이오펜)(PEDOT), 폴리아제핀, 폴리인돌, 폴리카바졸, 폴리(p-페닐렌 비닐렌)(PPV), 폴리아세틸렌(PAC), 폴리(p-페닐렌 설파이드)(PPS), 폴리-3-헥실 싸이오펜(P3HT), 및 폴리아닐린과 같은 고분자(전도성 고분자)이다.
- [0137] 페로브스카이트 층의 두께는 원하는 응용에 의해 결정될 수 있다. 일부 최종 응용에 대해, 페로브스카이트 층의 두께는 마이크로미터 영역(1 내지 1,000 μm)일 수 있다. 일부 응용에 대해, 페로브스카이트 층의 두께는 나노미터 영역(1 내지 1,000 nm)일 수 있다.
- [0138] 따라서, 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 10 nm 내지 100 μm 이다. 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 100 nm 내지 10 μm 이다.
- [0139] 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 1,000 μm 미만이다. 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 100 μm 미만이다. 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 10 μm 미만이다. 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 10 미만이다. 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 1 μm 미만이다.
- [0140] 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 500 μm 미만이다. 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 50 μm 미만이다. 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 5 μm 미만이다.
- [0141] 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 1,000 nm 미만이다. 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 100 nm 미만이다. 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 10 nm 미만이다. 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 1 nm 미만이다.
- [0142] 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 500 nm 미만이다.
- [0143] 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층의 두께는 약 100 nm 내지 500 nm이다.
- [0144] 상기 본원에서 정의된 바와 같이, 본 발명의 부재는 기판, 적어도 하나의 페로브스카이트 층, 및 전도층을 포함하며, 페로브스카이트 층과 전도층은 서로에 대해 그 위에 직접 적층(제공, 도포)된다. 다시 말해, 두 층은 어떠한 개재층 또는 물질 없이 서로 밀착된다. 개재층이 존재하는 경우, 그것은 지지 구조체 층, 예컨대 TiO_2 가 아니다.
- [0145] 지지 구조체 층(예컨대, TiO_2 층)이 아니고, 일부 실시예들에서 페로브스카이트 층과 기판 사이에 위치할 수 있는 (본원에서 "추가 층"으로 언급되는) 개재층은 하나 이상의 추가 층(들)일 수 있고, 일반적으로 (장치에 내장될 경우) 최종 응용에서 부재(태양 전지)의 동작 또는 기능을 최적화하는 데 도움을 주는 하나 이상의 층이다.
- [0146] 일부 실시예들에서, 적어도 하나의 추가 층은 본원에서 정의된 바와 같이 지지 구조체가 아니다.
- [0147] 일부 실시예들에서, 적어도 하나의 추가 층은 금속 산화물 또는 구체적으로 TiO_2 를 포함하고, 적어도 하나의 추가 층은 기판의 유효 표면적을 실질적으로 증가시키는 층이 아니며, 선택적으로 적어도 하나의 추가 층은 기판과 페로브스카이트 층 사이에 존재한다.
- [0148] 일부 실시예들에서, 적어도 하나의 추가 층은 금속 산화물 또는 구체적으로 TiO_2 를 포함하고, 적어도 하나의 추가 층은 다공성 층 또는 미분을 포함하는 층이 아니며, 선택적으로 적어도 하나의 추가 층은 기판과 페로브스카이트

이트 층 사이에 존재한다.

- [0149] 일부 실시예들에서, 적어도 하나의 추가 층은 금속 산화물 또는 구체적으로 TiO_2 를 포함하고, 적어도 하나의 추가 층은 나노 구조 및/또는 나노 다공성이 아니며, 선택적으로 적어도 하나의 추가 층은 기판과 페로브스카이트 층 사이에 존재한다.
- [0150] 일부 실시예들에서, 적어도 하나의 추가 층은 금속 산화물 또는 구체적으로 TiO_2 를 포함하고, 적어도 하나의 추가 층은 나노 입자 형태의 분말(입자)을 포함하지 않으며, 선택적으로 적어도 하나의 추가 층은 기판과 페로브스카이트 층 사이에 존재한다.
- [0151] 일부 실시예들에서, 적어도 하나의 추가 층은 금속 산화물 또는 구체적으로 TiO_2 를 포함하고, 적어도 하나의 추가 층은 수백 내지 수 나노미터 범위의 직경을 갖는 나노 입자 형태의 분말(입자)을 포함하지 않으며, 선택적으로 적어도 하나의 추가 층은 기판과 페로브스카이트 층 사이에 존재한다.
- [0152] 일부 실시예들에서, 적어도 하나의 추가 층은 금속 산화물 또는 구체적으로 TiO_2 를 포함하고, 적어도 하나의 추가 층은 1 nm 내지 500 nm의 나노 입자 크기를 갖는 나노 입자 형태의 분말(입자)을 포함하지 않으며, 선택적으로 적어도 하나의 추가 층은 기판과 페로브스카이트 층 사이에 존재한다.
- [0153] 일부 실시예들에서, 적어도 하나의 추가 층은 금속 산화물 또는 구체적으로 TiO_2 를 포함하고, 적어도 하나의 추가 층은 1 nm 내지 300 nm의 나노 입자 크기를 갖는 나노 입자 형태의 분말(입자)을 포함하지 않으며, 선택적으로 적어도 하나의 추가 층은 기판과 페로브스카이트 층 사이에 존재한다.
- [0154] 일부 실시예들에서, 적어도 하나의 추가 층은 금속 산화물 또는 구체적으로 TiO_2 를 포함하고, 적어도 하나의 추가 층은 3 nm 내지 300 nm의 나노 입자 크기를 갖는 나노 입자 형태의 분말(입자)을 포함하지 않으며, 선택적으로 적어도 하나의 추가 층은 기판과 페로브스카이트 층 사이에 존재한다.
- [0155] 일부 실시예들에서, 적어도 하나의 추가 층은 금속 산화물 또는 구체적으로 TiO_2 를 포함하고, 적어도 하나의 추가 층은 3 nm 내지 200 nm의 나노 입자 크기를 갖는 나노 입자 형태의 분말(입자)을 포함하지 않으며, 선택적으로 적어도 하나의 추가 층은 기판과 페로브스카이트 층 사이에 존재한다.
- [0156] 일부 실시예들에서, 적어도 하나의 추가 층은 금속 산화물 또는 구체적으로 TiO_2 를 포함하고, 적어도 하나의 추가 층은 기판 표면 또는 페로브스카이트 층과 (직접) 접하는 표면의 부피당 표면적을 1.1, 1.2, 1.25, 1.5, 1.75, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 또는 5 미만으로 증가시키며, 선택적으로 적어도 하나의 추가 층은 기판과 페로브스카이트 층 사이에 존재한다.
- [0157] 본 발명의 부재에서 추가 층의 수는 제한이 없다. 일부 실시예들에서, 추가 층의 수는 1 내지 100이다. 다른 실시예들에서, 추가 층의 수는 1 내지 50이다. 추가 실시예들에서, 추가 층의 수는 1 내지 10이다. 추가 실시예들에서, 추가 층의 수는 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 또는 10이다.
- [0158] 일부 실시예들에서, 추가 층은 가요성이다.
- [0159] 일부 실시예들에서, 추가 층은 전도성이다.
- [0160] 일부 실시예들에서, 추가 층은 투명하다.
- [0161] 일부 실시예들에서, 추가 층은 최종 응용에서 사용되는 모든 파장에 투명하다. 일부 실시예들에서, 추가 층은 태양 전지에서 사용되는 모든 파장에 투명하다. 일부 실시예들에서, 추가 층은 가시 스펙트럼 영역에서 투명하다. 일부 실시예들에서 추가 층은 근적외선 및/또는 적외선 스펙트럼 영역에서 투명하다. 일부 실시예들에서, 추가 층은 가시-적외선 스펙트럼 영역에서 투명하다.
- [0162] 일부 실시예들에서, 적어도 하나의 추가 층은 페로브스카이트 층과 기판 사이에 위치한다. 일부 실시예들에서, 적어도 하나의 추가 층은 페로브스카이트 층과 전도층 사이에 위치한다. 일부 실시예들에서, 적어도 하나의 추가 층은 (다층 페로브스카이트 층에서) 적어도 두 개의 페로브스카이트 층 사이에 위치한다. 일부 실시예들에서, 각 층 또는 기판 상에 (예컨대, 페로브스카이트 (다)층(들)의 아래, 위, 및 사이에) 적어도 두 개의 추가 층이 제공된다.
- [0163] 일부 실시예들에서, 추가 층은 보호층이다. 보호층은, 페로브스카이트로부터 금속 접촉으로의 반응을 차단할

목적으로 밴드 갭이 넓은, 얇은 무기 물질 또는 다른 금속 산화물 층으로 만들어질 수 있다.

[0164] 일부 실시예들에서, 보호층은 반사 방지층이다. 일부 실시예들에서, 보호층은 유전체로 이루어진다.

[0165] 추가 실시예들에서, 보호층은 SiO_2 , SiO_2 , Si_3N_4 , TiO_2 , Ta_2O_5 , Al_2O_3 , ZrO_2 , Nd_2O_3 , MgF_2 , MgO , SrF_2 , ZnO , MoO_3 , In-ZnO , 및 Hf_2O 와 같은 금속 산화물이다. 보호층이 지지 구조체 물질, 예컨대 TiO_2 로 이루어진 경우, 보호층은 기관과 페로브스카이트 물질 사이에 위치하지 않는다.

[0166] 일부 실시예들에서, 보호층은 수분으로 인한 불안정성을 막기 위한 수분 차단층이다. 다른 실시예들에서, 보호층은 핫 스팟 열 열화의 최소화를 돕기 위한 열전도체이다.

[0167] 일부 실시예들에서, 보호층은 플루오린화 고분자를 포함한다.

[0168] 다른 실시예들에서, 추가 층은 정공 전달 물질이다. 정공 전달 물질은 OMETAD 스피로, 폴리아줄렌, 폴리페닐렌, 폴리피렌, 폴리나프탈렌, 폴리에스터(PET), 폴리이미드, 폴리피롤(PY), 폴리싸이오펜(PT), 폴리(3,4-에틸렌다이옥시싸이오펜)(PEDOT), 폴리아제핀, 폴리인돌, 폴리카바졸, 폴리(p-페닐렌 비닐렌)(PPV), 폴리아세틸렌(PAC), 폴리(p-페닐렌 설파이드)(PPS), 폴리-3-헥실 싸이오펜(P3HT), 및 폴리아닐린과 같은 전도성 고분자로 만들어질 수 있다.

[0169] 일부 실시예들에서, 보호층은 ITO 또는 FTO이다.

[0170] 본원에서 언급된 모든 단일-, 이중- 또는 그 외 다층 구조를 참조하여 사용된 용어 "층"은, 전체 층, 또는 상이한 층 또는 필름의 상단 또는 아래에 있는 필름, 또는 상이한 물질의 상이한 층을 덮고 있는 하나의 물질의 영역들로부터 이격된 하나 이상을 나타낼 의도이다. 이격된 영역은 상이한 물질 또는 다른 층 또는 (예컨대, 상이한 종류의 페로브스카이트 층들 및/또는 페로브스카이트 층들의 배열을 포함하는) 적층체 또는 물질이 없는 영역(들)의 원소들(물질)의 영역(들)에 의해 구분되는 물질(들) (층 및/또는 적층체)의 영역일 수 있다. 일부 실시예들에서, 층은 부분적인 층이다. 일부 실시예들에서, 부분적인 층은 연속적이거나 또는 (이격되고, 연결되지 않은) 별개의 영역들을 포함한다.

[0171] 일부 실시예들에서, 전도층은 페로브스카이트 층 또는 하나 이상의 추가 층(들)을 부분적으로 덮는다. 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층은 기관을 부분적으로 덮는다.

[0172] 적층체를 포함하는 본 발명의 (모든 또는 일부) 층들은 기관 상에서 특정 패턴일 수 있다. 그 패턴은 반복적이거나 불규칙할 수 있다. 그 패턴은 예컨대, 반복적이거나 반복적이지 않은 육면체, 고리, 원, 띠, 그리드와 같은 임의의 형상을 가질 수 있다. 패턴의 크기는 나노미터 크기 또는 마이크로미터 크기 또는 밀리미터 크기일 수 있다.

[0173] 본 발명의 부재의 두께는 각 층 및 기관의 두께에 의존한다. 부재의 두께는 밀리미터 영역 또는 마이크로미터 영역 또는 나노미터 영역일 수 있다. (기관을 포함하여 또는 기관 없이) 부재의 두께는 1 nm 내지 100 nm일 수 있다. 일부 실시예들에서, (기관을 포함하여 또는 기관 없이) 부재의 두께는 1 nm 내지 100 μm 일 수 있다. 일부 실시예들에서, (기관을 포함하여 또는 기관 없이) 부재의 두께는 10 nm 내지 100 μm 일 수 있다. 일부 실시예들에서, (기관을 포함하여 또는 기관 없이) 부재의 두께는 10 nm 내지 10 μm 일 수 있다.

[0174] 일부 실시예들에서, 본 발명의 (기관을 포함한) 부재는 가요성이다. 다른 실시예들에서, 본 발명의 부재는, 기관을 제외하고, 가요성이다.

[0175] 일부 실시예들에서, 본 발명의 부재는 고체 상태이다.

[0176] 다른 양태에서 본 발명은 본 발명의 부재를 형성하는 방법으로서,

[0177] - 기관을 획득하는 단계;

[0178] - 선택적으로 기관 상에 적어도 하나의 추가 층을 배치(또는 도포 또는 증착) 시키는 단계;

[0179] - 기관 상에 또는 적어도 하나의 추가 층 상에 적어도 하나의 페로브스카이트 층을 배치(또는 도포 또는 증착) 시키는 단계; 및

[0180] - 상기 페로브스카이트 층의 상단에 또는 적어도 하나의 추가 층 상에 전도층을 배치(또는 도포 또는 증착) 시키는 단계를 포함함으로써, 정의된 바와 같은, 본 발명의 부재를 획득하는, 방법을 제공한다.

[0181] 본 발명에서 사용된 기관, 페로브스카이트 층, 전도층 및/또는 추가 층을 포함하는 물질들은 이미 만들어진(시

관되는) 것일 수 있거나 또는 기판 상에 배치하기 이전에 합성될 수 있다. 기판 및/또는 적어도 하나의 페로브스카이트 층 및/또는 전도층 및/또는 적어도 하나의 추가 층은 도포 단계에 부수적으로 수반하여 또는 도포 단계 후에 형성될 수 있다. 예를 들어, 페로브스카이트 층은 기판 상에 도포 시 형성될 수 있다. 이러한 형성은 수개의 단계들을 포함할 수 있다. 예컨대, 기판 상에 페로브스카이트 전구체들을 도포한 이후 가열될 수 있다.

[0182] 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층은 기판 상에 페로브스카이트 층을 배치할 때 또는 배치한 후에 형성된다. 일부 실시예들에서, 페로브스카이트 층(페로브스카이트 물질 또는 종)은, 기판 상에 적어도 하나의 금속 전구체 및 적어도 하나의 유기 전구체를 동시에 배치(코팅)함으로써 기판 상에 형성된다. 다른 실시예들에서, 페로브스카이트 층은, 기판 상에 적어도 하나의 금속 전구체를 배치(코팅)하고 난 후 적어도 하나의 유기 전구체를 배치(코팅)하거나, 또는 그 반대로 함으로써 기판 상에 형성된다.

[0183] 일부 실시예들에서, 기판은, 페로브스카이트 전구체들을 (동시에 또는 개별적으로) 배치시키는 적어도 하나의 단계 이후에 또는 그에 부수적으로 수반하여 열처리된다.

[0184] 일부 실시예들에서, 열처리하는 50℃ 초과까지 가열하는 단계를 포함한다. 일부 실시예들에서, 열처리하는 50℃ 내지 400℃ 사이에서 열처리하는 단계를 포함한다. 일부 실시예들에서, 열처리하는 50℃ 내지 200℃ 사이에서 열처리하는 단계를 포함한다. 일부 실시예들에서, 열처리하는 100℃ 내지 200℃ 사이에서 열처리하는 단계를 포함한다. 일부 실시예들에서, 열처리하는 100℃ 내지 150℃ 사이에서 열처리하는 단계를 포함한다. 일부 실시예들에서, 열처리하는 50℃ 내지 100℃ 사이에서 열처리하는 단계를 포함한다. 일부 실시예들에서, 열처리하는 70℃ 까지 열처리하는 단계를 포함한다.

[0185] 일부 실시예들에서, 본 발명의 방법은 기판의 표면 또는 그 위에 있는 임의의 층을 전처리 또는 후처리하는 하나 이상의 단계를 포함한다. 전처리 또는 후처리는 플라즈마 처리, UV-오존 처리, 또는 코로나 방전과 같은 추가 표면처리뿐만 아니라, (예컨대, 가스화 같은 비액체 매질에 의한) 용매 또는 화학적 세척, 에칭, 가열, 선택적으로 패턴화된 중간층의 증착을 비제한적인 방식으로 포함할 수 있다.

[0186] 배치 단계는 본 발명의 기술 분야에서 공지된 임의의 방식 및 수단에 의해 수행될 수 있다. 일부 실시예들에서, 층을 배치하는 수단은 증착에 의한다. 일부 실시예들에서 증착 수단은 딥핑, 스핀 코팅, 롤 코팅, 분무, 분사, 인쇄, 잉크젯 인쇄, 리소그래피, 스탬핑, 드롭 캐스팅, 및 이들의 임의의 조합으로부터 선택된다.

[0187] 일부 실시예들에서, 배치 단계는 인쇄에 의한다. 추가 실시예들에서, 배치 단계는 잉크 젯 방식에 의한다.

[0188] 본 발명의 방법은 다양한 인쇄 단계를 이용할 수 있으므로, 본 발명의 적층체뿐만 아니라 층들은 패턴화될 수 있다.

[0189] 다른 양태에서, 본 발명은 기판 상에 페로브스카이트 층을 형성하는 방법으로서,

[0190] - 기판을 획득하는 단계;

[0191] - 기판 상에 금속 원소 (또는 유기 종)를 포함하는 적어도 하나의 페로브스카이트 전구체를 배치시키고, 선택적으로 상기 전구체에 열처리(또는 전처리 또는 후처리)를 가하는 단계; 및

[0192] - 유기 종 (또는 금속 원소)을 포함하는 적어도 하나의 페로브스카이트 전구체를 기판 상에 배치시키는 단계를 포함함으로써, 페로브스카이트 층을 획득하는, 방법을 제공한다.

[0193] 다른 양태에서, 본 발명은 본 발명의 공정에 따라 형성된 본 발명의 부재를 제공한다. 일부 실시예들에서, 본 발명의 부재는 저온에서 형성된다.

[0194] 일부 실시예들에서, 본 발명의 부재는 600℃ 이하의 온도에서 형성된다. 다른 실시예들에서, 본 발명의 부재는 500℃ 이하의 온도에서 형성된다. 또 다른 실시예들에서, 본 발명의 부재는 400℃ 이하의 온도에서 형성된다. 또 다른 실시예들에서, 본 발명의 부재는 300℃ 이하의 온도에서 형성된다. 또 다른 실시예들에서, 본 발명의 부재는 200℃ 이하의 온도에서 형성된다. 또 다른 실시예들에서, 본 발명의 부재는 150℃ 이하의 온도에서 형성된다. 또 다른 실시예들에서, 본 발명의 부재는 100℃ 이하의 온도에서 형성된다.

[0195] 다른 양태에서, 본 발명은 본 발명의 부재를 포함하거나 이러한 부재로 이루어진 이종접합체를 제공한다. 일부 실시예들에서, 이종접합체는 고체 상태이다.

[0196] 본 발명은 또한 본 발명의 적어도 하나의 부재 또는 이종접합체를 구현하거나 포함하는 장치를 제공한다.

[0197] 본 발명의 다른 양태는 기판, 적어도 하나의 페로브스카이트 층, 전도층, 및 선택적인 적어도 하나의 추가 층으

로 이루어진 활성 구성요소(예컨대, 감응제 또는 광 회수 장치 또는 집광기)를 포함하는 장치로서, 적어도 하나의 페로브스카이트 층은, 기판 상에 직접 또는 상기 적어도 하나의 추가 층 상에서, 상기 기판 상에 제공되고, 상기 적어도 하나의 추가 층은 지지 구조체 층과 다른, 장치를 제공한다.

[0198] 본 발명의 다른 양태는 기판, 적어도 하나의 페로브스카이트 층, 전도층, 및 선택적인 적어도 하나의 추가 층으로 이루어진 활성 구성요소를 포함하는 장치로서, 상기 부재는 지지 구조체 층이 결여된(또는 없는), 장치를 제공한다.

[0199] 본 발명의 다른 양태는 기판, 적어도 하나의 페로브스카이트 층, 전도층, 및 선택적인 적어도 하나의 추가 층으로 이루어진 활성 구성요소를 포함하는 장치로서, 상기 부재는 기판과 페로브스카이트 층 사이에 지지 구조체 층이 결여된, 장치를 제공한다.

[0200] 본 발명의 다른 양태는 기판, 적어도 하나의 페로브스카이트 층, 전도층, 및 선택적인 적어도 하나의 추가 층으로 이루어진 활성 구성요소를 포함하는 장치로서, 적어도 하나의 페로브스카이트 층은 상기 기판 상에 직접 위치하는, 장치를 제공한다.

[0201] 상기 실시예들에서, 본 발명의 (기판을 포함하거나 또는 포함하지 않은) 부재는 장치의 필수 부분이거나 또는 상술된 바와 같은 처리 후에 장치 내에서 구현된 기판일 수 있다. 이러한 장치는 전자 장치 또는 광전자 장치일 수 있다.

[0202] 본 발명의 부재 또는 이중접합체는 전자기 스펙트럼의 가시영역, 자외선 영역, 적외선 영역 및/또는 근적외선 영역을 포함한 광의 투과 및/또는 효율적 변환을 필요로 하는 장치에 내장될 수 있다.

[0203] 또한, 이러한 장치는, 예를 들어, 광 전도체 및/또는 광 다이오드 및/또는 태양 전지 및/또는 발광 집광기, 및/또는 유기발광 다이오드 및 레이저를 포함하는 발광 다이오드(LED) 및/또는 광 센서 및/또는 픽셀 센서, 및/또는 유기 트랜지스터 및/또는 무기 트랜지스터 및/또는 복합 트랜지스터를 포함하는 특수 트랜지스터일 수 있다.

[0204] 본 발명의 부재의 활용을 위한 다른 응용들은 인쇄전자 및/또는 터치 스크린 및/또는 디스플레이 백플레인 및/또는 대면적 또는 소면적 플렉서블 응용과 관련될 수 있다.

[0205] 본 발명의 장치는 광전자 응용 및/또는 RF 무선통신 및/또는 전력 변환기 및/또는 포토레지스터(LDR) 및/또는 그 외의 용도로 사용될 수 있다.

[0206] 일부 실시예들에서, 본 발명의 부재 또는 이중접합체는 광전지(태양 전지) 장치이다.

[0207] 따라서, 본 발명은 기판, 적어도 하나의 (예컨대, 유기) 페로브스카이트 층, 전도층, 및 선택적인 적어도 하나의 추가층을 포함하는 태양 전지로서, 적어도 하나의 페로브스카이트 층은, 기판 상에 직접 또는 상기 적어도 하나의 추가 층 상에서, 상기 기판 상에 제공되며, 상기 적어도 하나의 추가 층은 지지 구조체 층과 다른, 태양 전지를 제공한다.

[0208] 본 발명의 태양 전지는, 전지의 상대 전극으로서 금속과 같은 전도성 물질로 이루어진 전도층을 더 포함할 수 있다. 상대 전극은 직접, 또는 외부 전류에 연결된 집전체를 통해 전도성 지지층(전도성 유리 또는 플라스틱)에 연결될 수 있다.

[0209] 본 발명은 지지 구조체 층이 없는 광전지를 더 제공한다.

[0210] 본 발명의 부재 또는 이중접합체는, 유리, 전도성 유리, FTO, ITO, (단결정 또는 다결정) 규소, 전도성 고분자, 금속, 화학 기상 증착(CVD)이나 압력 기상 증착(PVD)과 같은 수단에 의해 증착된 반도체 물질들로 이루어질 수 있는 박막, 및 유기 반도체 기판으로부터 선택된 기판 상에, 본원에서 설명한 바와 같은 부재를 형성함으로써 전자 장치, 구체적으로, 광전지에 내장될 수 있다.

[0211] 일부 실시예들에서, 광전지는 전도성 유리 기판 상에 증착된다.

[0212] 일부 실시예들에서, 본 발명의 부재 또는 이중접합체는 발광 태양(광) 집광기이며, 기판은 규소 또는 유리(또는 임의의 다른 것)일 수 있다. 일부 실시예들에서, 집광기는 광전지 장치의 부재이다.

[0213] 일부 실시예들에서, 본 발명의 부재 또는 이중접합체는 태양 전지 패널 장치를 획득하는 기판 상에 멀티-셀 어레이로 내장될 수 있다.

[0214] 일부 실시예들에서, 본 발명의 장치는 가요성이고/이거나 저온에서 형성된다.

[0215] 일부 실시예들에서, 본 발명의 장치는 고전류에서 동작한다.

도면의 간단한 설명

[0216] 본원에서 개시된 요지를 보다 잘 이해하고 그것이 실제 어떻게 실시될 수 있는지 예시하기 위해, 첨부 도면을 참조하여 단지 비제한적 예로서, 이하 실시예들을 설명한다

도 1은 모노-암모늄($R-NH^{3+}$) 또는 다이-암모늄($NH^{3+}-R-NH^{3+}$) 유기 양이온을 지닌, 단일층 지향 페로브스카이트를 도시한다. $2g(M^{2+})$ 금속은 일반적으로 금속 사이트를 차지한다.

도 2a 및 도 2b는 본 발명에 따른 예시적인 페로브스카이트 쇼트키(schottky) 태양 전지의 개략도이다. 도 2a는 태양 전지 구조의 개략도이고, 도 2b는 에너지 준위도이다. 보는 바와 같이, 층상 페로브스카이트에 의해 빛이 흡수되고, 전도대 및 가전자대는 각각 금속 및 전도성 투명 기관으로의 전자 주입 및 정공 전달을 가능하게 한다.

도 3a 및 도 3b는 FTO 유리 위에 증착된 $CH_3NH_3PbI_3$ 페로브스카이트 결정에 대한 서로 다른 배율에서의 두 개의 고해상도 SEM 이미지이다(도 3a는 20,000배, 도 3b는 100,000배).

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0217] 본 발명의 기술 분야에서 공지된 태양 전지는 일반적으로, 전지의 표면적을 증가시키는 3차원 매트릭스의 지지체 층을 포함하는 전지 구조를 활용하며, 전지의 단위 부피당 흡수되는 광을 증가시키거나 재결합 발생을 감소시킴으로써 전지의 효율을 증가시킨다. 일반적으로 지지 구조체는 금속 산화물(타이타늄 산화물)과 같은 반도체 물질에 의해 제공된다. 지지 구조체는 실질적으로 다공성 층이거나 또는 (수백 나노미터 이하 크기의 입자일 수 있는) 미분을 포함하는 층일 수 있다.

[0218] 공지된 태양 전지와 달리, 본 발명은 동작하는 데 지지 구조체 층을 필요로 하지 않는 태양 전지를 제공한다. 페로브스카이트 층은, TiO_2 와 같은 지지 구조체 층이 전혀 개재되지 않고, 기관 상에 (본원에서 정의된 바와 같이) 직접 또는 간접적으로 존재한다.

제조 방법

[0220] 유무기 페로브스카이트를 전도성 투명 기관 상에 스핀 코팅에 의해 증착하고, 상온에서 건조 시 필름은 고체 상태의 페로브스카이트 형성을 나타내며 변색된다. 증착 후 페로브스카이트 필름을 $100^{\circ}C$ 에서 15분 동안 아르곤 분위기 하에서 열처리한다. 마지막으로, 금속의 열 증발법에 의해 상대 전극을 증착한다.

[0221] 태양 전지 구조를 도 2에 나타내었다. 도 2a는 태양 전지 구조의 개략도이고, 도 2b는 에너지 준위도로서, 층상 페로브스카이트에 의해 빛이 흡수되는 것을 나타내며, 전도대 및 가전자대는 각각 금속 및 전도성 투명 기관으로의 전자 주입 및 정공 전달을 가능하게 해야 한다.

방법 및 장치 제조

[0223] 1. 메틸아민(메탄올 내에 40 %, TCI) 30 mL와 아이오딘 수소산(물 내에 57 wt%, Aldrich) 32.3 mL를 250 mL 둥근 바닥 플라스크에 넣고 0 에서 2시간 동안 교반하면서 반응시켜 전술한 바와 같이 CH_3NH_3I 를 합성하였다. 회전 증발기에 용액을 올려 두고, $50^{\circ}C$ 에서 용매를 조심스럽게 제거함으로써 침전물을 회수하였다. 혼합물을 30분 동안 교반함으로써 메틸암모늄 아이오딘화물(CH_3NH_3I)의 노란 원료 생성물을 에탄올로 세척하였다. 이후, 혼합물을 여과하고 다이에틸에터로 세척하였다. 세척 단계는 3차례 반복하였다. 여과 후에, 고체를 수거하고 $60^{\circ}C$ 의 진공 오븐에서 24시간 동안 건조하였다.

장치 제조

[0225] 1. 장치의 기관은 $SnO_2:F(FTO)$ 전도성 유리($15cm^{-1}$, Pilkington)이었다. 에탄올 내의 타이타늄 다이아이소프로폭사이드비스(아세틸아세톤염)(TiDIP, 아이소프로판올 내에 75%, Aldrich) 용액을 사용하여 FTO 유리 위에 차단층을 증착하였다. TiDIP 용액을 스핀 코팅한 후 $450^{\circ}C$ 에서 35분 동안 열처리하였다.

[0226] 2. 두 단계의 증착법에 의해 기관 표면 상에서 $CH_3NH_3PbI_3$ 의 합성을 실시하였다. 처음에, 기관 상에 PbI_2 를 떨어

뜨리고, 여러 대기 시간(1분, 1.5분, 3분, 또는 5분) 후에 스핀 코팅을 하였고, 이후 70℃ 에서 30분 동안 열처리하였다. 두 번째 단계에서, 70 의 10 mg/ml $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I}$ 용액 내에 전지를 20초 동안 침지한 후, 70℃ 에서 30분 동안 한 차례 더 열처리하였다. 침지 및 열처리를 하는 동안, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 가 형성되었고, 이는 전극의 진한 갈색에 의해 나타났다.

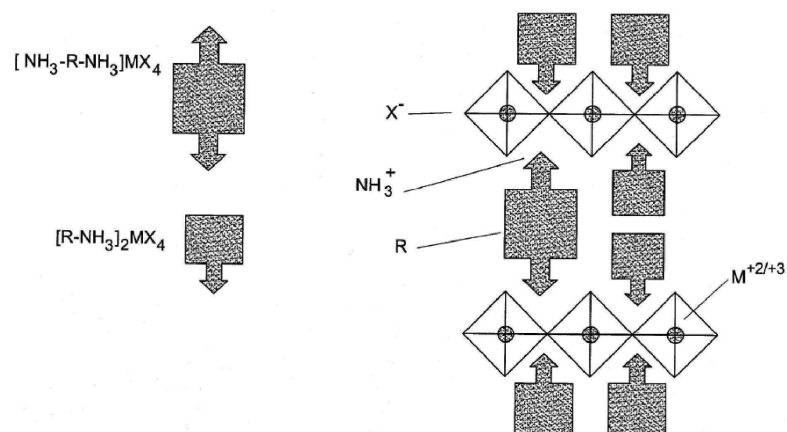
[0227] 3. 마지막으로, 5×10^{-6} Torr의 압력 하에서 50 nm의 금을 증발시켜 후면 전극을 증착하였다. 작용 면적은 0.09 cm^2 이었다.

[0228] 도 3a 및 도 3b는 FTO 유리 위에 증착된 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 페로브스카이트 결정에 대한 고해상도 SEM 이미지를 나타낸다. 도 3a는 저배율 이미지인 반면 도 3b는 고배율에서의 이미지이다. 균일하고 연속적인 페로브스카이트 필름에서 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 결정들을 분명하게 관찰할 수 있었다.

[0229] FTO 유리, $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$, 및 후면 전극인 금으로 구성된 페로브스카이트 전지를 기반으로 한 장치의 광전지 성능을 측정하였고 그 성능은 유망한 결과들을 나타내었다.

도면

도면1



도면2a

