



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0029370
(43) 공개일자 2017년03월15일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01T 1/02 (2006.01) *A61B 6/14* (2006.01)
C08L 39/04 (2006.01) *C09K 3/10* (2006.01)
H01L 31/08 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G01T 1/026 (2013.01)
A61B 6/14 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2016-0055463
 (22) 출원일자 2016년05월04일
 심사청구일자 없음
- (30) 우선권주장
 1020150126401 2015년09월07일 대한민국(KR)

- (71) 출원인
 주식회사 레이언스
 경기도 화성시 삼성1로1길 14 (석우동)
 (주)바텍이우홀딩스
 경기도 화성시 삼성1로2길 13 (석우동)
- (72) 발명자
 신동희
 경기도 화성시 삼성1로2길 13(석우동)
 김태우
 경기도 화성시 삼성1로2길 13 (석우동)
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인
 특허법인네이트

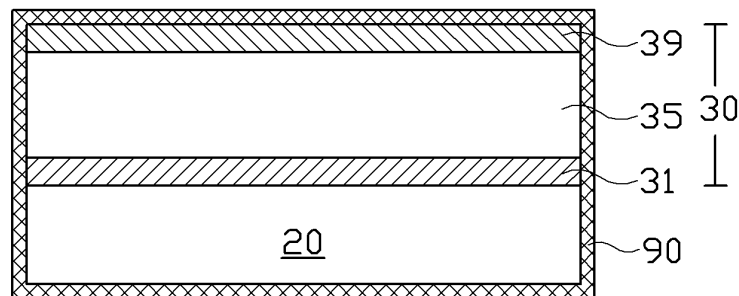
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 X선 디텍터

(57) 요약

본 발명은 기관 상의 제1전극과; 상기 제1전극 상의 페로브스카이트(perovskite) 물질을 사용한 광전물질을 포함하는 반도체구조물과; 상기 반도체구조물 상의 제2전극을 포함하는 직접 변환방식의 X선 디텍터를 제공한다.

대표도 - 도1a



10

(52) CPC특허분류

C08L 39/04 (2013.01)

C09K 3/1006 (2013.01)

H01L 31/085 (2013.01)

C01P 2002/34 (2013.01)

(72) 발명자

윤민석

경기도 화성시 삼성1로2길 13 (석우동)

허성근

경기도 화성시 삼성1로2길 13 (석우동)

명세서

청구범위

청구항 1

기관 상의 제1전극과;

상기 제1전극 상의 페로브스카이트(perovskite) 물질을 사용한 광전물질을 포함하는 반도체구조물과;

상기 반도체구조물 상의 제2전극

을 포함하는 직접 변환방식의 X선 디텍터.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 페로브스카이트 물질은 ABX_3 화학식으로 표현되고,

상기 A는 Cs, 메틸암모늄(CH_3NH_3), 또는 폼아미디니움($NH_2CH=NH_2$)이며,

상기 B는 Pb, Sn, Cu, Ni, Bi, Co, Fe, Mn, Cr, Cd, Ge, 또는 Yb이며,

상기 X는 $I_xBr_{(1-x)}$, $I_xCl_{(1-x)}$, 또는 $Br_xCl_{(1-x)}$ ($0.2 \leq x \leq 1$ 인 실수)인

직접 변환방식의 X선 디텍터.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 반도체구조물은 정공수송층과 전자수송층을 포함하고,

상기 광전물질은 상기 정공수송층과 전자수송층 사이에 막 형태로 형성된

직접 변환방식의 X선 디텍터.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 정공수송층은 제1 및 2정공수송층을 포함하는

직접 변환방식의 X선 디텍터.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 반도체구조물은, 전자수송층 및 정공수송층 중 하나와 이와 반대되는 타입을 가지며 상기 광전물질이 막 형태로 형성된 광전물질막을 포함하거나, 전자수송층 및 정공수송층을 포함하고,

상기 반도체구조물이 상기 전자수송층 및 정공수송층을 포함하는 경우에, 상기 광전물질은 상기 전자수송층 및 정공수송층 중 하나 내부에 입자 형태로 형성된

직접 변환방식의 X선 디텍터.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 반도체구조물은, 정공수송층과 전자수송층과 이들 사이에 P 타입을 가지며 상기 광전물질이 막 형태로 형성된 광전물질막을 포함하거나, 정공수송층과 전자수송층과 이들 사이에 상기 광전물질이 입자 형태로 내부에 형성된 다른 정공수송층을 포함하는

직접 변환방식의 X선 디텍터.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 기판은 CMOS 기판이나 플라스틱 기판이고,

상기 제1전극과 광전물질 사이에 형성된 접착폴리머를 더 포함하는

직접 변환방식의 X선 디텍터.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 접착폴리머는 PVP(polyacryloyl piperidine)인

직접 변환방식의 X선 디텍터.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 기판과 제1전극과 반도체구조물과 제2전극으로 구성된 적층 구조물 전체를 밀봉하거나, 상기 기판과 제1전극과 반도체구조물로 구성된 적층 구조물 전체를 밀봉하는 밀봉부재

를 더 포함하는 직접 변환방식의 X선 디텍터.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 밀봉부재는 폴리에틸렌계 수지, 폴리프로필렌계 수지, 고리형 폴리올레핀계 수지, 폴리스티렌계 수지, 아크릴로니트릴-스티렌 공중합체, 아크릴로니트릴-부타디엔-스티렌 공중합체, 폴리염화비닐계 수지, 불소계 수지, 폴리(메타)아크릴계 수지, 폴리카보네이트계 수지 중 하나 또는 이들 중 적어도 2개의 혼합물이나, 패럴린으로 형성된

직접 변환방식의 X선 디텍터.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 광전물질막의 두께는,

상기 X선 디텍터가 치과용(dental) CT 또는 세팔로(cephalo) 센서로 사용되는 경우에 200um~800um이며,

상기 X선 디텍터가 치과용 파노라마(panorama) 센서로 사용되는 경우에 150um~600um이며,

상기 X선 디텍터가 치과용 구강내(I/O: intraoral) 센서로 사용되는 경우에 100um~450um이며,

상기 X선 디텍터가 맘모그래피(mammography) 센서로 사용되는 경우에 60um~300um이며,

상기 X선 디텍터가 의료용 투시촬영용(fluoroscopy) X선 센서로 사용되는 경우에 90um~1000um인

직접 변환방식의 X선 디텍터.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 X선 디텍터에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 페로브스카이트 물질을 사용한 X선 디텍터에 대한 것이다.

배경 기술

[0002] 디지털 방식의 X선 디텍터는 간접 변환방식과 직접 변환방식으로 구분된다.

[0003] 간접 변환방식에서는, 형광체를 이용하여 X선을 가시광선으로 전환하고 가시광선을 포토다이오드를 사용하여 전기적 신호로 변환하여 검출하게 된다. 반면에, 직접 변환방식에서는, X선 흡수에 의해 직접 전기적 신호를 발생시키는 광전물질(photoconductor)을 사용하게 된다.

[0004] 이처럼, 직접 변환방식의 디텍터는 X선을 직접 전기적 신호로 변환하여 검출하게 되므로, 분해능이 우수하고 변환효율 및 수집효율이 우수하여, 방사선 피폭을 감소시킬 수 있는 장점이 있으나, 현재로서는 상용화 비율이 매우 낮은 문제가 있다.

[0005] 이와 관련하여, 직접 변환방식에 사용되는 광전물질에 대해서는 다양한 특성등이 만족될 필요가 있으며, 현재까지 제안된 광전물질들인 a-Se, CdTe, HgI₂, PbI₂, PbO는 여러 가지 단점이 존재한다.

[0006] a-Se는 높은 인가전압과 낮은 감도(sensitivity)와 전하 트랩(trap) 현상이 발생하는 단점이 있어, 광전물질로 사용하는 데 한계가 있다.

[0007] 또한, CdTe, HgI₂, PbI₂, PbO는 공정이 복잡하고 단가가 높으며 대면적 디텍터를 제작하는 것이 어렵고 대량생산에 장시간이 소요되고, 재현성 있게 제작하기 위한 기술이 현재로서는 부족한 단점이 있다.

[0008] 따라서, 현재까지 연구된 물질들 외에, 광전물질로서 요구되는 여러 특성을 충족시키면서 저비용으로 디텍터를 대량생산 가능하게 할 수 있는 광전물질이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 광전물질로서 요구되는 여러 특성을 충족시키면서 저비용으로 디텍터를 대량생산 가능하게 할 수 있는 광전물질을 사용한 직접 변환방식 X선 디텍터를 제공하는 것을 과제로 한다.

[0010] 또한, 기존 투명전도성 전극(ITO, SnO)/Glass 기판 외에 CMOS 및 플렉서블 플라스틱 기판에도 접착(adhesive) 문제 없이 증착이 가능한 기술을 제공하는 것을 과제로 한다.

과제의 해결 수단

- [0011] 기술한 과제를 달성하기 위해, 본 발명은 기관 상의 제1전극과; 상기 제1전극 상의 페로브스카이트(perovskite) 물질을 사용한 광전물질을 포함하는 반도체구조물과; 상기 반도체구조물 상의 제2전극을 포함하는 직접 변환방식의 X선 디텍터를 제공한다.
- [0012] 여기서, 상기 페로브스카이트 물질은 ABX_3 화학식으로 표현되고, 상기 A는 Cs, 메틸암모늄(CH_3NH_3), 또는 폼아미디늄($NH_2CH=NH_2$)이며, 상기 B는 Pb, Sn, Cu, Ni, Bi, Co, Fe, Mn, Cr, Cd, Ge, 또는 Yb이며, 상기 X는 $I_xBr_{(1-x)}$, $I_xCl_{(1-x)}$, 또는 $Br_xCl_{(1-x)}$ ($0.2 \leq x \leq 1$ 인 실수)일 수 있다.
- [0013] 상기 반도체구조물은 정공수송층과 전자수송층을 포함하고, 상기 광전물질은 상기 정공수송층과 전자수송층 사이에 막 형태로 형성될 수 있다.
- [0014] 상기 정공수송층은 제1 및 2정공수송층을 포함할 수 있다.
- [0015] 상기 반도체구조물은, 전자수송층 및 정공수송층 중 하나와 이와 반대되는 타입을 가지며 상기 광전물질이 막 형태로 형성된 광전물질막을 포함하거나, 전자수송층 및 정공수송층을 포함하고, 상기 반도체구조물이 상기 전자수송층 및 정공수송층을 포함하는 경우에, 상기 광전물질은 상기 전자수송층 및 정공수송층 중 하나 내부에 입자 형태로 형성될 수 있다.
- [0016] 상기 반도체구조물은, 정공수송층과 전자수송층과 이들 사이에 P 타입을 가지며 상기 광전물질이 막 형태로 형성된 광전물질막을 포함하거나, 정공수송층과 전자수송층과 이들 사이에 상기 광전물질이 입자 형태로 내부에 형성된 다른 정공수송층을 포함할 수 있다.
- [0017] 상기 기관은 CMOS 기관이나 플라스틱 기관이고, 상기 제1전극과 광전물질 사이에 형성된 접착폴리머를 더 포함할 수 있다.
- [0018] 상기 접착폴리머는 PVP(polyacryloyl piperidine)일 수 있다.
- [0019] 상기 기관과 제1전극과 반도체구조물과 제2전극으로 구성된 적층 구조물 전체를 밀봉하거나, 상기 기관과 제1전극과 반도체구조물로 구성된 적층 구조물 전체를 밀봉하는 밀봉부재를 더 포함할 수 있다.
- [0020] 상기 밀봉부재는 폴리에틸렌계 수지, 폴리프로필렌계 수지, 고리형 폴리올레핀계 수지, 폴리스티렌계 수지, 아크릴로니트릴-스티렌 공중합체, 아크릴로니트릴-부타디엔-스티렌 공중합체, 폴리염화비닐계 수지, 불소계 수지, 폴리(메타)아크릴계 수지, 폴리카보네이트계 수지 중 하나 또는 이들 중 적어도 2개의 혼합물이나, 패럴린으로 형성될 수 있다.
- [0021] 상기 광전물질막의 두께는, 상기 X선 디텍터가 치과용(dental) CT 또는 세팔로(cephalo) 센서로 사용되는 경우에 200um~800um이며, 상기 X선 디텍터가 치과용 파노라마(panorama) 센서로 사용되는 경우에 150um~600um이며, 상기 X선 디텍터가 치과용 구강내(I/O: intraoral) 센서로 사용되는 경우에 100um~450um이며, 상기 X선 디텍터가 맘모그래피(mammography) 센서로 사용되는 경우에 60um~300um이며, 상기 X선 디텍터가 의료용 투시촬영용(fluoroscopy) X선 센서로 사용되는 경우에 90um~1000um일 수 있다.

발명의 효과

- [0022] 본 발명의 페로브스카이트 물질은 직접 변환방식의 X선 디텍터용 광전물질로서 적합한 특성을 구비하며, 이에 더하여 단가가 저렴하고 기관에 대한 증착 특성이 우수하며 그 제조가 용이한 장점 또한 갖고 있다. 이에 따라, 직접 변환방식의 X선 디텍터를 저렴한 비용과 짧은 공정시간으로 대량 생산할 수 있게 된다.
- [0023] 또한 직접 변환방식의 X선 디텍터를 개발함으로써 환자가 받는 방사선 피폭 선량을 최소화 하면서 해상도가 우수한 영상 이미지를 구현할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1 내지 5는 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 물질을 사용한 X선 디텍터들의 여러 구조를 개략적으로 도시한 단면도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명한다.
- [0026] 본 발명의 실시예에 따른 직접 변환방식의 X선 디텍터는 광전물질로서 페로브스카이트(perovskite) 물질을 사용하게 된다.
- [0027] 페로브스카이트는 ABX₃ 화학식의 결정구조로서 부도체, 반도체, 도체의 성질은 물론 초전도 현상까지 보이는 특별한 구조의 물질로 알려져 있는데, 본 실시예에서는 이와 같은 구조의 페로브스카이트 물질을 광전물질로 사용하게 된다.
- [0028] 이때, 본 실시예에서 사용되는 페로브스카이트 물질에 대해 보다 상세하게 설명하면, ABX₃ 화학식을 구성하는 물질들은 다음과 같다.
- [0029] A: 유기물질로서 예를 들어 메틸암모늄(CH₃NH₃), 폼아미디니움(NH₂CH=NH₂), 또는 무기물질로서 예를 들어 세슘(Cs);
- [0030] B: 금속물질로서 예를 들어 Pb, Sn, Cu, Ni, Bi, Co, Fe, Mn, Cr, Cd, Ge, Yb 등의 2가의 전이 금속물질;
- [0031] X: 할로젠물질로서 예를 들어 I_xBr_(1-x), I_xCl_(1-x), Br_xCl_(1-x) (0.2 ≤ x ≤ 1인 실수).
- [0032] 이처럼, 본 실시예에서는 위와 같은 구조의 페로브스카이트 물질을 사용함으로써, 우수한 특성의 광전물질이 구현될 수 있게 된다.
- [0033] 이때, B 물질로서는 위 열거된 물질들 중 Pb, Bi, Cd가 다른 물질들에 비해 보다 바람직한 물질로 사용될 수 있다.
- [0034] 이하, A 물질로서 유기물을 사용한 페로브스카이트 물질을 사용하는 경우에 대해 설명한다.
- [0035] 한편, 아래 [표 1]에서는 A 물질로서 유기물이 사용되는 경우의 페로브스카이트물질의 예로서 (CH₃NH₃)PbI₃와 기존에 제안된 물질들의 물성을 보여주고 있다.
- [0036] 이를 참조하면, 본 실시예의 페로브스카이트 물질은 높은 원자번호(atomic number)를 갖고 낮은 에너지 밴드갭(energy band gap)을 가진다. 또한, 낮은 이온화 에너지(ionization energy)를 갖고, 트랩(trap) 밀도가 작기 때문에 양자효율을 높일 수 있다. 현재 직접 변환방식 디텍터에 널리 적용되고 있는 a-Se 보다 높은 이동도 특성을 가지는 것을 알 수 있다.

표 1

광전물질	a-Se	CdTe	Poly-HgI ₂	Poly-PbI ₂	Poly-PbO	Poly-(CH ₃ NH ₃)PbI ₃	
원자번호(Z)	34	48/62	80/53	82/53	82/8	82/53	
에너지밴드갭(eV)	2.2	1.44	2.1	2.4	1.9	1.55	
밀도(g/cm ³)	4.3	5.85	6.36	6.16	9.6	4.28	
트랩 밀도(cm ⁻³)	10 ¹⁶	10 ¹³ ~10 ¹⁴	~10 ¹³	~10 ¹³	-	~10 ¹⁰	
이온화에너지(W±)	45	5	5	5	8	<5	
이동도 (cm ² /Vs)	전자	~ 10 ⁻³	10 ³	10 ²	-	50	~ 6
	홀	~ 10 ⁻²	~ 90	4	0.01~0.1	-	19
비저항(Ω)	10 ¹⁴ ~10 ¹⁵	10 ⁹	~ 10 ¹³	10 ¹¹ ~10 ¹²	~ 10 ¹²	10 ⁷	

[0038] 이처럼, 본 실시예의 페로브스카이트 물질은 CH₃NH₃Pb(I_xBr_{1-x})₃ 제작을 통해 충분히 요구 조건을 만족 시킬 수 있다.

[0039] 더욱이, A 물질로서 유기물을 사용한 페로브스카이트 물질은 기존 물질들에 비해 단가가 저렴하며, 유무기물의

합성을 통해 손쉽게 형성 가능하므로, 저비용으로 대면적의 디텍터를 단시간에 대량 생산 가능하게 된다.

- [0040] 또한, A 물질로서 유기물을 사용한 페로브스카이트 물질은 기존 물질들에 비해 기판 증착이 우수하며, 이에 따라 CMOS 기판 등과의 계면 특성을 향상시킬 수 있게 되어 디텍터의 검출 효율을 향상시킬 수 있게 된다.
- [0041] 한편, A 물질로서 유기물을 사용한 페로브스카이트 물질은 농도에 따라 페로브스카이트 결정 크기가 결정되는데, 유기물의 농도가 커지면 결정이 작아지고 반대로 유기물의 농도가 작아지면 결정이 커지게 된다. 한편, 결정의 크기는 X선의 흡수량과 관계되는데, 결정 크기가 작아지면 X선 흡수량은 증가하게 된다. 따라서, 유기물 농도를 조절함에 따라 광 흡수율 측정 결과 태양광에서와 같이 유기물 농도가 35mM~45mM, 바람직하게는 38mM 일 때 광흡수율이 가장 최적화된 조건임을 알 수 있다.
- [0042] 한편, 직접변환 방식 X선 디텍터의 광전물질로 사용되는 페로브스카이트 물질은 X선 흡수 특성을 고려하여 일정 두께 이상의 상대적으로 두꺼운 두께의 후막(厚膜)으로 형성될 필요가 있는데, ~100 μ m 부터 1mm 이상의 두께를 갖는 막으로 형성되는 것이 바람직하다.
- [0043] 이러한 광전물질 제작 방법으로서, 스프레이 코팅(spray coating) 방법, 졸-겔(sol-gel) 코팅 방법, 스핀(spin) 코팅 방법, 슬롯-다이(slot-die) 코팅 방법, 열증착법, 순차 기상 증착(sequential vapor deposition) 방법, 기상 솔루션(vapor-assisted solution process) 방법 등이 사용될 수 있다.
- [0044] 이들 방법들 중, 스프레이 코팅(spray coating) 방법, 졸-겔(sol-gel) 코팅 방법, 기상 증착(vapor deposition) 방법, 기상 솔루션(vapor-assisted solution process) 방법이 바람직하다.
- [0045] 이때, 기상 증착 방법으로서 다양한 방식의 기상 증착 방법이 사용될 수 있으며, 일례로 열증착법이 사용될 수 있다. 열증착법은 다른 증착법에 비해 균일한 양질의 후막을 제작 할 수 있으며, 공기 중 불순물 도핑을 최대한 억제 할 수 있다는 장점이 있다.
- [0046] 이하, 본 발명의 실시예에 따라 페로브스카이트 물질을 광전물질로 사용한 X선 디텍터의 여러 예들을 도면을 참조하여 설명한다.
- [0047] 도 1 내지 5는 본 발명의 실시예에 따른 페로브스카이트 물질을 사용한 X선 디텍터들의 여러 구조를 개략적으로 도시한 단면도이다.
- [0048] 먼저, 도 1의 X선 디텍터(10)는, 기판(20) 상에 쇼트키(shottky) 구조의 광전소자(30)를 사용한다.
- [0049] 기판(20)은 광전소자에서 발생된 전기신호를 독출하는 복수의 감지 픽셀을 포함한다. 기판(20)으로서는 다양한 형태의 기판이 사용될 수 있는데, 예를 들면, CMOS 기판, 유리 기판, 플렉서블 특성의 플라스틱 기판 등이 사용될 수 있다. 여기서, 플라스틱 기판은, 예를 들면, 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN), 폴리이미드(PI), 폴리카보네이트(PC), 폴리프로필렌(PP), 트리아세틸셀룰로오스(TAC), 폴리에테르술폰(PES) 등이 사용될 수 있다.
- [0050] 광전소자(30)는 기판(20) 상에 형성된 하부전극인 제1전극(31)과, 제1전극(31) 상에 위치하는 상부전극인 제2전극(39)과, 제1 및 2전극(31, 39) 사이에 배치되어 광전 기능을 수행하는 반도체구조물을 포함하며, 이때 반도체구조물은 광전물질막(35)으로 구성될 수 있다.
- [0051] 광전물질막(35)은 페로브스카이트 물질로 형성된다. 그리고, 제1 및 2전극(31, 39) 중 하나는 캐소드(cathode)에 해당되고 나머지 하나는 애노드(anode)에 해당된다.
- [0052] 여기서, 제1,2전극(31,39)을 형성하는 물질로서는, 예를 들면, ITO, F-SnO, 금, 은, 백금, 팔라듐, 구리, 알루미늄, 탄소, 황화코발트, 황화구리, 산화니켈 중 하나 또는 적어도 2개의 혼합물이나, 싱글 또는 멀티 탄소나노튜브(carbon nanotube)나 그래핀(graphene)과 같은 무기계 전도성 전극 물질이나, PEDOT:PSS와 같은 유기계 전도성 전극 물질이나, 은 나노와이어(Ag Nanowire) 금속 물질과 같은 나노와이어 전극 물질이 사용될 수 있다.
- [0053] 한편, 제1전극(31)과 페로브스카이트의 광전물질막(35) 사이에는 접착폴리머(adhesive polymer)를 형성할 수 있으며, 이 접착 폴리머는 PVP(polyacryloyl piperidine)로 형성될 수 있다.
- [0054] 이때, 광전물질막(35)은 외부로부터 유입되는 습기나 산소 등에 취약한 특성을 갖게 된다. 광전물질막(35)을 외부로부터 보호하기 위해, X선 디텍터(10)는 밀봉부재(90)를 구비하게 된다.
- [0055] 이와 관련하여 예를 들면, 도 1a의 X선 디텍터(10)의 경우에는, 기판(20) 및 광전소자(30)로 구성된 적층 구조

물 전체를 외부로부터 밀봉하도록 밀봉부재(90)가 형성된다.

- [0056] 다른 예로서, 도 1b의 X선 디텍터(10)의 경우에는, 기관(20) 및 광전소자(30) 중 제2전극(39)을 제외한 구성(즉, 제1전극(31)과 광전물질막(35)의 반도체층)으로 구성된 적층 구조물 전체를 밀봉하는 밀봉부재(90)가 형성된다.
- [0057] 밀봉부재(90)를 형성하는 물질로서는, 예를 들면, 폴리에틸렌계 수지, 폴리프로필렌계 수지, 고리형 폴리올레핀계 수지, 폴리스티렌계 수지, 아크릴로니트릴-스티렌 공중합체, 아크릴로니트릴-부타디엔-스티렌 공중합체, 폴리염화비닐계 수지, 불소계 수지, 폴리(메타)아크릴계 수지, 폴리카보네이트계 수지 중 하나 또는 이들 중 적어도 2개의 혼합물이나, 페달린을 사용될 수 있다. 이때, 페달린을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0058] 다음으로, 도 2의 X선 디텍터(10)는, 기관(20) 상에 PIN 구조의 광전소자(30)를 사용한다. 이 PIN 구조의 광전소자(30)는 제1 및 2전극(31, 39) 사이의 반도체구조물로서, I(intrinsic) 타입(type)의 광전물질막(35)과, P(positive) 타입의 정공수송층(hole transporting layer: HTL)과, N(negative) 타입의 전자수송층(electron transporting layer: ETL)으로 구성된 반도체구조물을 사용한다.
- [0059] 여기서, 제1전극(31)이 캐소드이고 제2전극(39)이 애노드인 경우에, 전자수송층(ETL)은 광전물질막(35)과 제1전극(31) 사이에 배치되고, 정공수송층(HTL)은 광전물질막(35)과 제2전극(39) 사이에 배치된다.
- [0060] 그리고, 전자수송층(ETL)을 형성하는 물질로서는, 예를 들면, Ti산화물, Zn산화물, In산화물, Sn산화물, W산화물, Nb산화물, Mo산화물, Mg산화물, Zr산화물, Sr산화물, Yr산화물, La산화물, V산화물, Al산화물, Y산화물, Sc산화물, Sm산화물, Ga산화물, In산화물, SrTi산화물 중 하나 또는 이들 중 적어도 2개의 혼합물이나, PCBM과 같은 유기물반도체가 사용될 있다. 이때, 공정 온도를 감안하여, 공정 온도가 낮은 물질로서 대략 상온(room temperature)인 Zn산화물 또는 Ti산화물을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0061] 또한, 정공수송층(HTL)을 형성하는 물질로서는, 예를 들면, 티오펜계, 파라페닐렌비닐렌계, 카바졸계, 트리페닐아민계 중 하나 또는 이들 중 적어도 2개의 혼합물이 사용될 수 있다. 이때, 페로브스카이트의 광전물질막(35)과의 에너지 매칭 측면에서, 티오펜계와 트리페닐아민계 중 적어도 하나를 사용하는 것이 바람직하며, 더욱이 프리페닐아민계가 보다 더 바람직하다.
- [0062] 이때, 도 1과 유사하게, 도 2의 X선 디텍터(10) 또한 밀봉부재(90)를 구비할 수 있다.
- [0063] 예를 들면, 도 2a의 X선 디텍터(10)의 경우에는, 기관(20) 및 광전소자(30)로 구성된 적층 구조물 전체를 외부로부터 밀봉하도록 밀봉부재(90)가 형성된다.
- [0064] 다른 예로서, 도 2b의 X선 디텍터(10)의 경우에는, 기관(20) 및 광전소자(30) 중 제2전극(39)을 제외한 구성(즉, 제1전극(31)과, 전자수송층(ETL)과 광전물질막(35)과 정공수송층(HTL)의 반도체구조물)으로 구성된 적층 구조물 전체를 밀봉하는 밀봉부재(90)가 형성된다.
- [0065] 다음으로, 도 3의 X선 디텍터(10)는, 기관(20) 상에 PPIN 구조의 광전소자(30)를 사용한다. 이 PPIN 구조의 광전소자(30)는 제1 및 2전극(31, 39) 사이의 반도체구조물로서, I(intrinsic) 타입의 광전물질막(35)과, P 타입의 제1 및 2정공수송층(HTL1, HTL2)과, N 타입의 전자수송층(ETL)으로 구성된 반도체구조물을 사용한다. 여기서, 제1전극(31)이 캐소드이고 제2전극(39)이 애노드인 경우에, 전자수송층(ETL)은 광전물질막(35)과 제1전극(31) 사이에 배치되고, 제1 및 2정공수송층(HTL1, HTL2)은 광전물질막(35)과 제2전극(39) 사이에 배치된다. 이처럼, 도 3의 X선 디텍터(10)는 이중 구조의 정공수송층을 사용함에 따라, 정공 수송 효율이 향상될 수 있다.
- [0066] 이때, 도 1과 유사하게, 도 3의 X선 디텍터(10) 또한 밀봉부재(90)를 구비할 수 있다.
- [0067] 예를 들면, 도 3a의 X선 디텍터(10)의 경우에는, 기관(20) 및 광전소자(30)로 구성된 적층 구조물 전체를 외부로부터 밀봉하도록 밀봉부재(90)가 형성된다.
- [0068] 다른 예로서, 도 3b의 X선 디텍터(10)의 경우에는, 기관(20) 및 광전소자(30) 중 제2전극(39)을 제외한 구성(즉, 제1전극(31)과, 전자수송층(ETL)과 광전물질막(35)과 제1,2정공수송층(HTL1,HTL2)의 반도체구조물)으로 구성된 적층 구조물 전체를 밀봉하는 밀봉부재(90)가 형성된다.
- [0069] 다음으로, 도 4의 X선 디텍터(10)는, 기관(20) 상에 PN 구조의 광전소자(30)를 사용한다. 이 PN 구조의 광전소자(30)는 제1 및 2전극(31, 39) 사이의 반도체구조물로서, P 타입의 정공수송층(HTL)과 N 타입의 전자수송층(ETL) 중 선택된 하나와 이와는 반대되는 타입의 광전물질막(35)으로 구성된 반도체구조물이 사용될 수 있다.

- [0070] 이때, 도 4에서는 P 타입의 정공수송층(HTL)과 N 타입의 전자수송층(ETL) 중 선택된 하나의 수송층이 제1전극(31) 측에 위치하고 그 상부에 광전물질막(35)이 형성된 경우를 예로 들고 있다. 도시하지는 않았지만, 이와 다른 예로서, P 타입의 정공수송층(HTL)과 N 타입의 전자수송층(ETL) 중 선택된 하나의 수송층이 제2전극(39) 측에 위치하고 그 하부에 광전물질막(35)이 형성될 수도 있다.
- [0071] 도시하지는 않았지만, 또 다른 예로서 P 타입의 정공수송층(HTL)과 N 타입의 전자수송층(ETL)을 사용하고, 이들 중 하나의 내부에 입자 형태의 광전물질 즉 광전물질 입자가 분산된 형태로 형성될 수도 있다.
- [0072] 한편, 도 1과 유사하게, 도 4의 X선 디텍터(10) 또한 밀봉부재(90)를 구비할 수 있다.
- [0073] 예를 들면, 도 4a의 X선 디텍터(10)의 경우에는, 기관(20) 및 광전소자(30)로 구성된 적층 구조물 전체를 외부로부터 밀봉하도록 밀봉부재(90)가 형성된다.
- [0074] 다른 예로서, 도 4b의 X선 디텍터(10)의 경우에는, 기관(20) 및 광전소자(30) 중 제2전극(39)을 제외한 구성(즉, 제1전극(31)과, 전자수송층(ETL) 또는 정공수송층(HTL)과 광전물질막(35)의 반도체구조물)으로 구성된 적층 구조물 전체를 밀봉하는 밀봉부재(90)가 형성된다.
- [0075] 다음으로, 도 5의 X선 디텍터(10)는, 기관(20) 상에 PPN 구조의 광전소자(30)를 사용한다. 이 PPN 구조의 광전소자(30)는 제1 및 2전극(31, 39) 사이의 반도체구조물로서, P 타입의 정공수송층(HTL) 및 P 타입의 광전물질막(35)과 N 타입의 전자수송층(ETL)으로 구성된 반도체구조물이 사용될 수 있다. 이때, P 타입의 광전물질막(35)은 전자수송층(ETL)에 접하도록 배치된다.
- [0076] 도시하지는 않았지만, 이와 다른 예로서, P 타입의 광전물질막(35)을 대신하여 P 타입의 다른 정공수송층을 형성하고, 이 다른 정공수송층 내에는 입자 형태의 광전물질 즉 광전물질 입자(35a)가 분산된 형태로 형성될 수 있다.
- [0077] 위와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 X선 디텍터(10)는 다양한 구조로 형성될 수 있으며, 또한 P 타입 및 N 타입의 반도체 물질층을 갖는 PN 접합 구조 또한 손쉽게 제작될 수 있다. 이때, PN 접합 구조는 그 특성상 암전류를 감소시킬 수 있는 효과를 갖게 된다.
- [0078] 전술한 바와 같은 직접변환 방식 X선 디텍터는 다양한 분야에서 다양한 용도의 X선 센서로 사용될 수 있는데, 예를 들면, 치과용(dental) CT 또는 세팔로(cephalo) 센서, 치과용 파노라마(panorama) 센서, 치과용 구강내(intraoral) 센서, 맘모그래피(mammography) 센서, 의료용 투시촬영용(fluoroscopy) X선 센서로 사용될 수 있다.
- [0079] 이와 같은 여러 X선 센서들에 대해서는 요구되는 X선 조사기의 X선 출력 강도 즉 X선 조사기의 관전압은 서로 다르다. 이에 따라, X선 흡수율을 감안할 때, 이들 X선 센서들에서의 페로브스카이트 광전물질막의 요구 두께 범위 또한 차이가 있다.
- [0080] 이와 관련하여 아래 [표 2] 내지 [표 7]을 참조하여 설명한다. [표 2] 내지 [표 7]은 각각 치과용(dental) CT 또는 세팔로(cephalo) 센서, 치과용 파노라마(panorama) 센서, 치과용 구강내(intraoral) 센서, 맘모그래피(mammography) 센서, 의료용 투시촬영용(fluoroscopy) X선 센서에서 광전물질막의 두께 대비 X선 흡수율에 대한 실험 결과를 보여주고 있다.
- [0081] [표 2] 내지 [표 7]을 살펴보면 각 센서에서 60% 이상의 X선 흡수율을 위한 광전물질막의 필요 두께 범위는,
- [0082] - 치과용(dental) CT 또는 세팔로(cephalo) 센서: 200um~800um
- [0083] - 치과용 파노라마(panorama) 센서: 150um~600um
- [0084] - 치과용 구강내(I/O: intraoral) 센서: 100um~450um
- [0085] - 맘모그래피(mammography) 센서: 60um~300um
- [0086] - 의료용 투시촬영용 X선 센서(모바일(mobile) C-arm 및 Mini Mobile C-arm): 90um~1000um
- [0087] 입을 알 수 있다.

표 2

Dental CT & Cephalo (주 사용 관전압 : 90kVp) / 필요 두께 : 200~800um				
Thickness (um)	In	Out	Attenuation	Absorption (%)
100	2.65E-05	1.59E-05	60.09441088	39.90558912
150	2.66E-05	1.28E-05	48.28222013	51.71777987
200	2.66E-05	1.04E-05	39.12373652	60.87626348
250	2.67E-05	8.55E-06	32.05338732	67.94661268
300	2.66E-05	7.09E-06	26.67180451	73.32819549
350	2.66E-05	6.05E-06	22.74398496	77.25601504
400	2.66E-05	5.18E-06	19.47894737	80.52105263
450	2.66E-05	4.50E-06	16.91090226	83.08909774
500	2.66E-05	3.88E-06	14.57293233	85.42706767
550	2.66E-05	3.42E-06	12.85	87.15

[0088]

표 3

Panorama (주 사용 관전압 : 75kVp) / 필요 두께 : 150~600um				
Thickness (um)	In	Out	Attenuation	Absorption (%)
100	4.89E-05	2.65E-05	54.10656642	45.89343358
150	4.91E-05	2.01E-05	40.9693244	59.0306756
200	4.92E-05	1.55E-05	31.4683894	68.5316106
250	4.93E-05	1.22E-05	24.69859955	75.30140045
300	4.93E-05	9.72E-06	19.72167563	80.27832437
350	4.93E-05	7.83E-06	15.87666092	84.12333908
400	4.93E-05	6.44E-06	13.05675528	86.94324472

[0089]

표 4

I/O sensor (주 사용 관전압 : 60kVp) / 필요 두께 : 100~450um				
Thickness (um)	In	Out	Attenuation	Absorption (%)
80	3.16E-05	1.55E-05	49.00875834	50.99124166
90	3.17E-05	1.43E-05	45.30011683	54.69988317
100	3.17E-05	1.34E-05	42.17422879	57.82577121
110	3.17E-05	1.24E-05	39.03107861	60.96892139
130	3.18E-05	1.06E-05	33.3941893	66.6058107
150	3.18E-05	9.25E-06	29.07752791	70.92247209
200	3.18E-05	6.59E-06	20.72369869	79.27630131

[0090]

표 5

Mammo (주 사용 관전압 : 30kVp) / 필요 두께 : 60~300um				
Thickness (um)	In	Out	Attenuation	Absorption (%)
50	7.96E-05	3.61E-05	45.4086058	54.5913942
60	2.52E-05	9.99E-06	39.64057603	60.35942397
70	2.52E-05	8.64E-06	34.27098207	65.72901793
80	2.52E-05	7.55E-06	29.93138188	70.06861812
90	2.52E-05	6.54E-06	25.95605442	74.04394558
100	2.52E-05	5.72E-06	22.68155317	77.31844683
150	2.52E-05	2.98E-06	11.81439619	88.18560381
200	2.52E-05	1.53E-06	6.057421581	93.94257842

[0091]

표 6

Mobile C-arm (주 사용 관전압 : 120kVp) / 필요 두께 : 500um 이상				
Thickness (um)	In	Out	Attenuation	Absorption (%)
100	1.02E-05	7.84E-06	76.56698915	23.43301085
300	1.05E-05	5.64E-06	53.73809524	46.26190476
350	1.06E-05	5.24E-06	49.70616114	50.29383886
500	1.06E-05	4.16E-06	39.22380458	60.77619542
550	1.06E-05	3.92E-06	36.93490566	63.06509434
600	1.06E-05	3.72E-06	35.10660377	65
650	1.06E-05	3.51E-06	33.11415094	67
700	1.06E-05	3.23E-06	30.36793074	69
750	1.06E-05	2.98E-06	28.00526662	71

[0092]

표 7

Mini C-arm (주 사용 관전압 : 65kVp) / 필요 두께 : 90~500um				
Thickness (um)	In	Out	Attenuation	Absorption (%)
80	8.16E-05	3.49E-05	42.79164419	57.20835581
90	8.18E-05	2.95E-05	36.10954816	63
100	8.18E-05	2.72E-05	33.26121237	66.73878763
150	8.20E-05	1.89E-05	23.10337679	76.89662321
200	8.21E-05	1.35E-05	16.466475	83.533525
250	8.21E-05	9.75E-06	11.87029686	88.12970314
300	8.21E-05	7.26E-06	8.842874543	91.15712546

[0093]

[0094]

전술한 바와 같이, 본 실시예의 페로브스카이트 물질은 직접 변환방식의 X선 디텍터용 광전물질로서 적합한 특성을 구비하며, 이에 더하여 단가가 저렴하고 기관에 대한 증착 특성이 우수하며 그 제조가 용이한 장점 또한 갖고 있다. 이에 따라, 직접 변환방식의 X선 디텍터를 저렴한 비용과 짧은 공정시간으로 대량 생산할 수 있게 된다.

[0095]

전술한 본 발명의 실시예는 본 발명의 일예로서, 본 발명의 정신에 포함되는 범위 내에서 자유로운 변형이 가능하다. 따라서, 본 발명은, 첨부된 특허청구범위 및 이와 등가되는 범위 내에서의 본 발명의 변형을 포함한다.

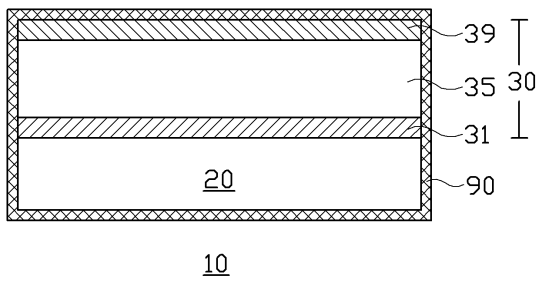
부호의 설명

[0096]

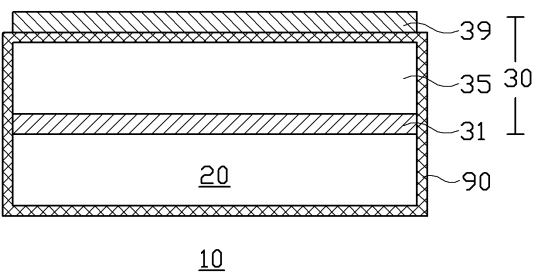
- 10: X선 디텍터 20: 기관
- 30: 광전소자 31: 제1전극
- 35: 광전물질막 39: 제2전극
- 90: 밀봉부재
- HTL: 정공수송층
- ETL: 전자수송층

도면

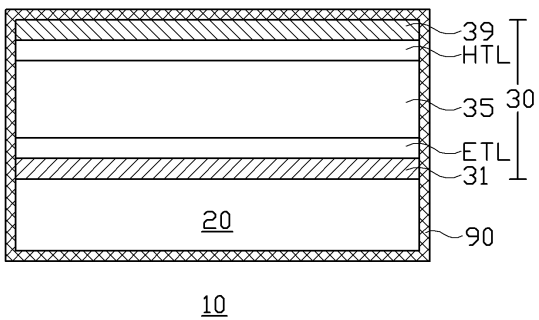
도면1a



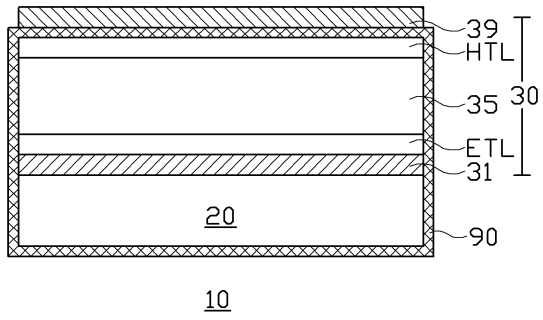
도면1b



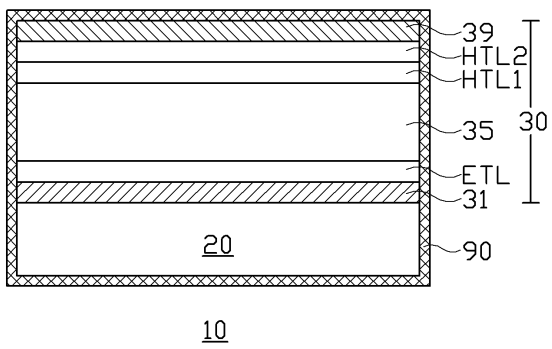
도면2a



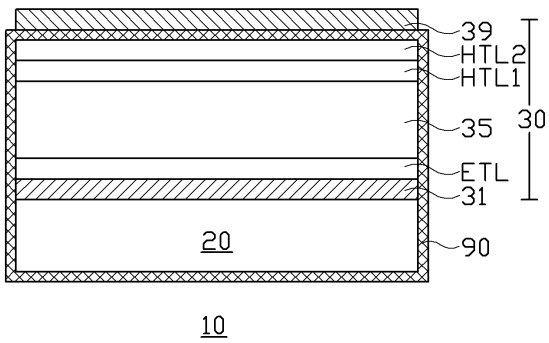
도면2b



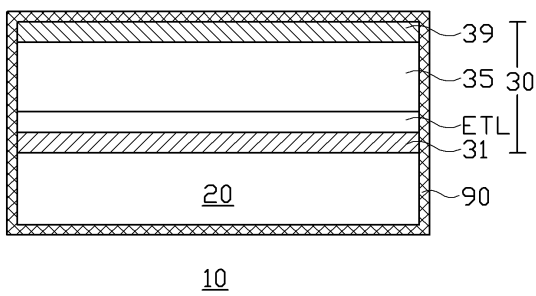
도면3a



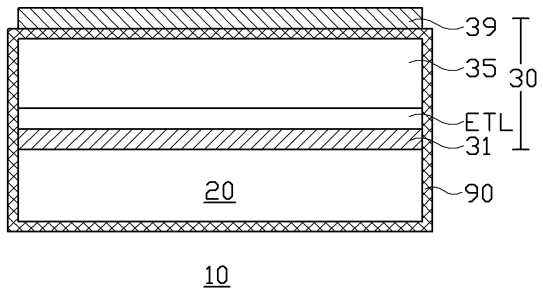
도면3b



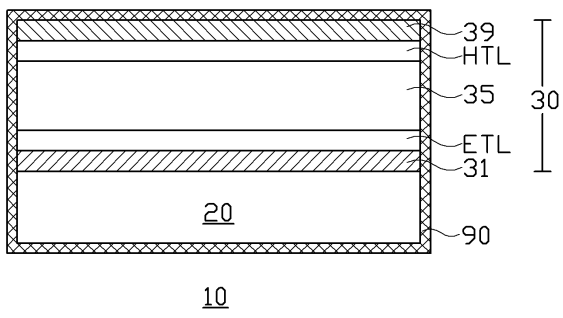
도면4a



도면4b



도면5a



도면5b

