



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0038314
(43) 공개일자 2018년04월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 31/08 (2006.01) G01T 1/161 (2006.01)
H01L 31/0216 (2014.01) H01L 31/0224 (2006.01)
H01L 31/0392 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 31/085 (2013.01)
G01T 1/161 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0129277
(22) 출원일자 2016년10월06일
심사청구일자 2016년10월06일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
임상혁
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 화학공학과(서천동, 경희대학교국제캠퍼스)
신동희
충청남도 천안시 서북구 입장면 하장2길 19
허진혁
경기도 수원시 영통구 영일로 8, 301호(영통동, 메가플러스)
(74) 대리인
김연권

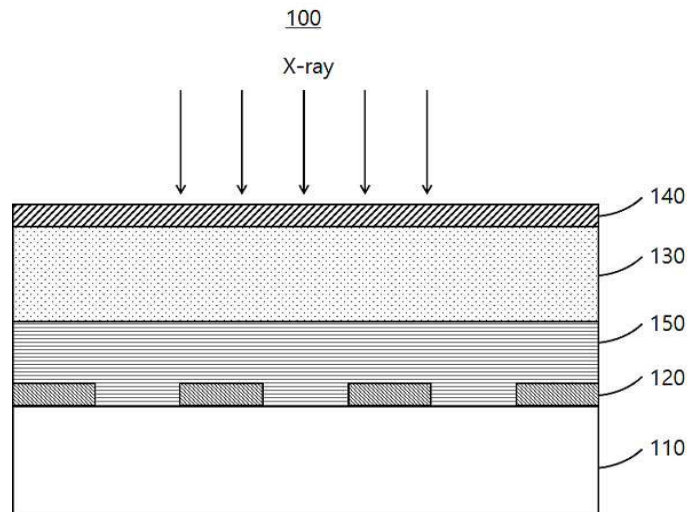
전체 청구항 수 : 총 26 항

(54) 발명의 명칭 밴드 읍셋 구조를 포함하는 엑스선 검출기

(57) 요약

본 발명은 밴드 읍셋 구조를 포함하는 엑스선 검출기를 개시한다. 본 발명의 실시예에 따른 엑스선 검출기는 기판; 상기 기판 상에 형성된 제1 전극; 상기 제1 전극 상에 형성되고, 입사된 엑스선(X-ray)에 의해 전자-정공 쌍을 발생시키는 포토컨덕터층(photoconductor layer); 및 상기 포토컨덕터층 상에 형성된 제2 전극을 포함하고, 상기 포토컨덕터층의 일 면에 형성된 전자 전달층을 포함하며, 상기 전자 전달층의 밴드 갭 에너지가 상기 포토컨덕터층의 밴드 갭 에너지 보다 큰 값을 가짐으로써, 상기 포토컨덕터층과 상기 전자 전달층 사이에 장벽을 형성하여 암전류를 감소시키는 엑스선 검출기 및 이를 포함하는 엑스선 시스템을 제공하고자 한다.

대표도 - 도2a



(52) CPC특허분류

H01L 31/0216 (2013.01)

H01L 31/0224 (2013.01)

H01L 31/0392 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NRF-2013R1A2A2A01067999

부처명 한국연구재단(학술진흥)

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 중견연구자 지원 사업

연구과제명 고효율 하이브리드 감응체 기반 유연 박막 태양전지 기술개발

기 여 율 1/4

주관기관 경희대학교 산학협력단

연구기간 2015.12.01 ~ 2016.11.30

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2014R1A5A1009799

부처명 한국연구재단(학술진흥)

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 선도 연구 지원 사업

연구과제명 고효율 하이브리드 감응체 기반 유연 박막 태양전지 기술개발

기 여 율 1/4

주관기관 경희대학교 산학협력단

연구기간 2015.12.01 ~ 2016.11.30

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2015M1A2A2055631

부처명 한국연구재단(학술진흥)

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 기후 변화대응 기술 개발 사업

연구과제명 고효율 무연 페로브스카이트형 태양전지 기술 개발

기 여 율 1/4

주관기관 경희대학교 산학협력단

연구기간 2015.10.19 ~ 2016.10.18

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2012M3A6A7054855

부처명 미래부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 글로벌 프론티어 사업

연구과제명 고효율 혁신 하이브리드 태양전지 개발

기 여 율 1/4

주관기관 경희대학교 산학협력단

연구기간 2015.09.01 ~ 2016.06.30

명세서

청구범위

청구항 1

기관;

상기 기관 상에 형성된 제1 전극;

상기 제1 전극 상에 형성되고, 입사된 엑스선(X-ray)에 의해 전자-정공 쌍을 발생시키는 포토컨덕터층(photoconductor layer); 및

상기 포토컨덕터층 상에 형성된 제2 전극

을 포함하고,

상기 포토컨덕터층의 일 면에 형성된 전자 전달층을 포함하며, 상기 전자 전달층의 밴드 갭 에너지가 상기 포토컨덕터층의 밴드 갭 에너지 보다 큰 것을 특징으로 하는 엑스선 검출기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 전자 전달층의 밴드 갭 에너지가 상기 포토컨덕터층의 밴드 갭 에너지 보다 0.02 eV 내지 0.5 eV 큰 것을 특징으로 하는 엑스선 검출기.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 포토컨덕터층의 타면에 형성되는 전자 전달층 또는 정공 전달층을 포함하며, 상기 전자 전달층 또는 정공 전달층의 밴드 갭 에너지가 상기 포토컨덕터층의 밴드 갭 에너지 보다 큰 것을 특징으로 하는 엑스선 검출기.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 전자 전달층의 밴드 갭 에너지가 상기 포토컨덕터층의 밴드 갭 에너지 보다 0.02 eV 내지 0.5 eV 큰 것을 특징으로 하는 엑스선 검출기.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 정공 전달층의 밴드 갭 에너지가 상기 포토컨덕터층의 밴드 갭 에너지 보다 0.02 eV 내지 0.5 eV 큰 것을 특징으로 하는 엑스선 검출기.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 전자 전달층은 ZnO(Zinc oxide), PCBM(Phenyl-C61-butyric acid methyl ester), Al₂O₃(Aluminium oxide),

및 TiO_2 (Titanium dioxide)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 엑스선 검출기.

청구항 7

제3항에 있어서,

상기 정공 전달층은 NiO (Nickel oxide), CuI (Copper(I) iodide), CuSCN (Copper(I) thiocyanate), 및 P3HT(Poly(3-hexylthiophene-2,5-diyl))으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 엑스선 검출기.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 포토컨덕터층은 하기 화학식 1로 표시되는 페로브스카이트 화합물을 포함하는 것을 특징으로 하는 엑스선 검출기.

[화학식 1]



(상기 화학식 1에서, A는 1가의 양이온이고, M은 2가의 금속 양이온이며, X는 1가의 음이온임.)

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 포토컨덕터층은 하기 화학식 2로 표시되는 페로브스카이트 화합물을 포함하는 것을 특징으로 하는 엑스선 검출기.

[화학식 2]



(상기 화학식 2에서, A는 1가의 양이온이고, M은 3가의 금속 양이온이며, X는 1가의 음이온임.)

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 포토컨덕터층은 하기 화학식 3으로 표시되는 페로브스카이트 화합물을 포함하는 것을 특징으로 하는 엑스선 검출기.

[화학식 3]



(상기 화학식 3에서, A는 1가의 양이온이고, M은 3가의 금속 양이온이며, X는 1가의 음이온임.)

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 포토컨덕터층은 하기 화학식 4로 표시되는 페로브스카이트 화합물을 포함하는 것을 특징으로 하는 엑스선

검출기.

[화학식 4]



(상기 화학식 4에서, A는 1가의 양이온이고, M은 3가의 금속 양이온이며, X는 1가의 음이온임.)

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 포토컨덕터층은 하기 화학식 5로 표시되는 페로브스카이트 화합물을 포함하는 것을 특징으로 하는 엑스선 검출기.

[화학식 5]



(상기 화학식 5에서, A는 1가의 양이온이고, A'는 1가의 양이온이며, M은 1가, 2가, 3가 또는 4가의 금속 양이온이고, X는 1가 음이온이며, n은 적어도 1이상임.)

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 포토컨덕터층은 나노결정입자로 이루어진 페로브스카이트 화합물을 포함하는 것을 특징으로 하는 엑스선 검출기.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 포토컨덕터층은 CdTe, PbI₂, a-Se, PbO, HgI₂ 및 BiI₃으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 엑스선 검출기.

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 포토컨덕터층은 유기 바인더를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 엑스선 검출기.

청구항 16

제1항에 있어서,

상기 포토컨덕터층은 무기 바인더를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 엑스선 검출기.

청구항 17

제1항에 있어서,

상기 포토컨덕터층의 두께는 1 μm 내지 1,000 μm 범위인 것을 특징으로 하는 엑스선 검출기.

청구항 18

제1항에 있어서,

상기 제1 전극은 알루미늄(Al), 은(Ag), 금(Au), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 백금(Pt), 인듐주석산화물(ITO), 알루미늄아연산화물(AZO), 불소산화주석(FTO), 탄소나노튜브(CNT), 그래핀(graphene) 및 폴리에틸렌디옥시테오펜:폴리스티렌설포네이트(PEDOT:PSS)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 엑스선 검출기.

청구항 19

제1항에 있어서,

상기 제2 전극은 알루미늄(Al), 은(Ag), 금(Au), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 백금(Pt), 인듐주석산화물(ITO), 알루미늄아연산화물(AZO), 불소산화주석(FTO), 탄소나노튜브(CNT), 그래핀(graphene) 및 폴리에틸렌디옥시테오펜:폴리스티렌설포네이트(PEDOT:PSS)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 엑스선 검출기.

청구항 20

제1항에 있어서,

상기 기판은 상보형금속산화반도체(CMOS), 전하결합소자(CCD) 또는 박막트랜지스터(TFT)를 포함하는 어레이 기판인 것을 특징으로 하는 엑스선 검출기.

청구항 21

제1항에 있어서,

상기 기판은 유리(glass), 석영(quartz), 실리콘(silicon) 및 플라스틱(plastic)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 엑스선 검출기.

청구항 22

기판;

상기 기판 상에 형성된 제1 전극;

상기 제1 전극 상에 형성되고, 입사된 엑스선(X-ray)에 의해 전자-정공 쌍을 발생시키는 포토컨덕터층(photoconductor layer); 및

상기 포토컨덕터층 상에 형성된 제2 전극

을 포함하고,

상기 포토컨덕터층의 적어도 일 면에 형성된 정공 전달층을 포함하며, 상기 정공 전달층의 밴드 갭 에너지가 상기 포토컨덕터층의 밴드 갭 에너지 보다 큰 것을 특징으로 하는 엑스선 검출기.

청구항 23

제22항에 있어서,

상기 정공 전달층의 밴드 갭 에너지가 상기 포토컨덕터층의 밴드 갭 에너지 보다 0.02 eV 내지 0.5 eV 큰 것을 특징으로 하는 엑스선 검출기.

청구항 24

엑스선을 발생시키는 엑스선 발생기;

상기 엑스선을 검출하는 제1항 내지 제23항 중 어느 한 항에 따른 엑스선 검출기;

상기 엑스선 검출기를 구동시키는 구동부; 및

엑스선 검출 전압을 처리하는 데이터 처리부

를 포함하는 엑스선 시스템.

청구항 25

제24항에 있어서,

상기 엑스선 시스템은 엑스선 회절 분석 장치(XRD)인 것을 특징으로 하는 엑스선 시스템.

청구항 26

제24항에 있어서,

상기 엑스선 시스템은 비파괴 검사 장치인 것을 특징으로 하는 엑스선 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 밴드 옵셋 구조를 포함하는 엑스선 검출기에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 최근 엑스선 검출기(X-ray detector)는 환자의 병을 진단하는 중요한 의료 장치로 각광받고 있다. 이로 인해, 의료 장치 산업 분야에서 엑스선 검출기의 위상은 날로 높아지고 있다. 이에 따라, 환자의 병을 정확하고, 신속하게 진단하기 위하여, 고 신뢰성을 갖는 엑스선 검출기에 대한 기술들이 개발되고 있다.

[0004] 엑스선 검출기는 엑스선으로 촬영한 엑스선 화상 또는 엑스선 투시 화상을 디지털 신호로 출력한다. 이러한 엑스선 검출기는 직접방식(직접변환방식) 및 간접방식(간접변환방식)으로 나뉜다.

[0005] 직접방식은 포토컨덕터(photoconductor, 광전도체)에서 엑스선을 직접 전하로 변환하며, 간접방식은 신틸레이터(scintillator, 섬광체)에서 엑스선을 가시광선으로 변환 후, 변환된 가시광선을 포토다이오드와 같은 광전변환 소자를 통해 전하로 변환하는 방식이다.

[0006] 간접방식은 엑스선을 신틸레이터와 상호반응을 통해 가시광선으로 변환하는 방법으로서, 광의 산란을 야기하여 해상도가 저하되는 단점이 있다. 반면, 직접방식은 직접변환된 전지적 신호를 검출함으로써 영상 분해능이 우수하고, 변환효율 및 수집효율이 우수하여 환자에 대한 방사선(엑스선) 피폭을 감소시킬 수 있으며, 대면적 소자 제조가 용이하다는 장점이 있다.

[0007] 이러한 직접방식의 엑스선 검출기에 이용되는 포토컨덕터 물질은 높은 엑스선 흡수도, 낮은 누설전류, 우수한 전하 수집율 및 빠른 신호응답특성을 가져야 한다. 이러한 특성들은 원자번호, 밴드갭 에너지(bandgap

energy), 효율적인 전자-정공 생성에너지(W), 전하 이동도 및 수명과 같은 물질의 물리적인 특성에 의존한다.

- [0008] 즉, 포토컨덕터의 밴드갭 에너지는 열적 누설 전류를 감소시키기 위해 클수록 유리하며, 전자-정공 쌍을 생성시키는데 필요한 엑스선 에너지는 낮을수록 민감도(sensitivity)를 높일 수가 있다. 또한, 전하의 이동도 및 수명이 좋아야 포토컨덕터 내에서의 생성 전하의 수집효율 및 시간응답특성 등이 우수한 특성을 보인다.
- [0009] 현재까지 직접방식의 엑스선 검출기에 상용화된 포토컨덕터 물질은 비정질 셀레늄(a-Se) 및 CdTe가 있다. 이중 대표적인 물질은 a-Se로서, 증착 공정을 쉽고 빠르게 할 수 있고 암전류가 작으며 비저항이 크다는 장점이 있다. 하지만 전자-정공 생성에너지(W)값이 높고, 동작 전압이 높아 소자의 파괴 및 수명감소, 낮은 민감도, 전하 트랩(charge trap) 현상이 생기는 단점이 있다.
- [0010] 이외에 HgI₂, PbI₂, CdZnTe 등의 지금까지 보고된 포토컨덕터 물질들은 대면적 제조가 어렵고, 소자의 전기적 동작특성 및 신뢰성의 한계를 가진다.
- [0011] 이러한 이유로 인해 직접방식의 엑스선 검출기는 엑스선 흡수를 높이기 위한 두꺼운 막의 포토컨덕터층이 요구되고 있다. 그러나, 후막(厚膜, thick film) 제조시 크랙(crack) 및 균일도 문제로 인해 엑스선 검출기의 성능 저하 및 오랜 공정시간으로 인한 공정 단가 상승 등이 야기되고 있다.
- [0012] 또한, 대량생산까지 오랜 시간이 걸린다는 단점이 있으며 재현성 있게 제조할 수 있는 기술이 부족한 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해 저가이면서 재현성이 높은 후막의 포토컨덕터층을 제조하는 것이 매우 중요하다.
- [0013] 한편, 현재 사용하고 있는 엑스선 검출기의 경우 포토컨덕터층에서 생성되는 전류가 낮기 때문에, 어레이 기판에서 영상 분해능을 높이려고 하는 연구가 많이 진행되고 있다.
- [0014] 하지만 0과 1으로만 표현할 수 있다는 한계가 있어, 빠와 빠가 아닌 부분으로만 영상을 취득할 수 있다. 예를 들어, 빠의 경우는 높은 에너지(100~120 kVp)를 조사해야 검출이 되고, 종양의 경우는 ~50kVp 이하 정도의 낮은 에너지에서 검출이 가능하다.
- [0015] 이에 반해, 현재 엑스선 검출기의 포토컨덕터층에 주로 사용되고 있는 a-Se의 경우, 저선량의 엑스선에 분해능이 초점이 맞추어져 있어 고선량의 엑스선을 검출하는 데에 한계가 있다.
- [0016] 또한, 현재까지 직접방식의 엑스선 검출기는 빛이 조사되지 않을 때에도 전자 또는 정공이 전극으로 이동하여 신호/잡음 비율에서 잡음에 해당하는 암전류가 발생함으로써, 신호/잡음 비율이 감소하기 때문에 엑스선 검출기의 해상도가 낮아지는 문제점이 있다.
- [0017] 따라서, 빛이 조사되지 않을 때 암전류가 발생하지 않는 고해상도의 엑스선 검출기의 개발이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0019] (특허문헌 0001) 한국공개특허공보 제10-2006-0075922호, "X선 검출기 및 이를 이용한 시료 분석 장치"
- (특허문헌 0002) 일본등록특허공보 제4683719호, "산화물 형광체 및 그것을 이용한 방사선 검출기 및 X선 CT 장치"

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0020] 본 발명의 실시예는 밴드 오픈 구조를 포함하는 엑스선 검출기를 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0022] 본 발명의 일실시예에 따른 엑스선 검출기는 기관; 상기 기관 상에 형성된 제1 전극; 상기 제1 전극 상에 형성되고, 입사된 엑스선(X-ray)에 의해 전자-정공 쌍을 발생시키는 포토컨덕터층(photoconductor layer); 및 상기 포토컨덕터층 상에 형성된 제2 전극을 포함하고, 상기 포토컨덕터층의 일 면에 형성된 전자 전달층을 포함하며, 상기 전자 전달층의 밴드 갭 에너지가 상기 포토컨덕터층의 밴드 갭 에너지 보다 큰 것을 특징으로 한다.
- [0023] 상기 전자 전달층의 밴드 갭 에너지가 상기 포토컨덕터층의 밴드 갭 에너지 보다 0.02 eV 내지 0.5 eV의 큰 값을 가질 수 있다.
- [0024] 상기 포토컨덕터층의 타면에 형성되는 전자 전달층 또는 정공 전달층을 포함하며, 상기 전자 전달층 또는 정공 전달층의 밴드 갭 에너지가 상기 포토컨덕터층의 밴드 갭 에너지 보다 큰 값을 가질 수 있다.
- [0025] 상기 전자 전달층의 밴드 갭 에너지가 상기 포토컨덕터층의 밴드 갭 에너지 보다 0.02 eV 내지 0.5 eV의 큰 값을 가질 수 있다.
- [0026] 상기 정공 전달층의 밴드 갭 에너지가 상기 포토컨덕터층의 밴드 갭 에너지 보다 0.02 eV 내지 0.5 eV의 큰 값을 가질 수 있다.
- [0027] 상기 전자 전달층은 ZnO(Zinc oxide), PCBM(Phenyl-C61-butyric acid methyl ester), Al₂O₃(Aluminium oxide), 및 TiO₂(Titanium dioxide)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0028] 상기 정공 전달층은 NiO(Nickel oxide), CuI(Copper(I) iodide), CuSCN(Copper(I) thiocyanate), 및 P3HT(Poly(3-hexylthiophene-2,5-diyl))으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0029] 상기 포토컨덕터층은 하기 화학식 1로 표시되는 페로브스카이트 화합물을 포함할 수 있다.
- [0030] [화학식 1]
- [0031] AMX₃
- [0032] (상기 화학식 1에서, A는 1가의 양이온이고, M은 2가의 금속 양이온이며, X는 1가의 음이온임.)
- [0033] 상기 포토컨덕터층은 하기 화학식 2로 표시되는 페로브스카이트 화합물을 포함할 수 있다.
- [0034] [화학식 2]
- [0035] A₃M₂X₉
- [0036] (상기 화학식 2에서, A는 1가의 양이온이고, M은 3가의 금속 양이온이며, X는 1가의 음이온임.)
- [0037] 상기 포토컨덕터층은 하기 화학식 3으로 표시되는 페로브스카이트 화합물을 포함할 수 있다.
- [0038] [화학식 3]
- [0039] A₃MX₆
- [0040] (상기 화학식 3에서, A는 1가의 양이온이고, M은 3가의 금속 양이온이며, X는 1가의 음이온임.)
- [0041] 상기 포토컨덕터층은 하기 화학식 4로 표시되는 페로브스카이트 화합물을 포함할 수 있다.
- [0042] [화학식 4]
- [0043] AM₂X₇
- [0044] (상기 화학식 4에서, A는 1가의 양이온이고, M은 3가의 금속 양이온이며, X는 1가의 음이온임.)
- [0045] 상기 포토컨덕터층은 하기 화학식 5로 표시되는 페로브스카이트 화합물을 포함할 수 있다.
- [0046] [화학식 5]
- [0047] A₂A'_{n-1}M_nX_{3n+1}
- [0048] (상기 화학식 5에서, A는 1가의 양이온이고, A'는 1가의 양이온이며, M은 1가, 2가, 3가 또는 4가의 금속 양이온이고, X는 1가 음이온이며, n은 적어도 1이상임.)

- [0049] 상기 포토컨덕터층은 나노결정입자로 이루어진 페로브스카이트 화합물을 포함할 수 있다.
- [0050] 상기 포토컨덕터층은 CdTe, PbI₂, a-Se, PbO, HgI₂ 및 BiI₃으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0051] 상기 포토컨덕터층은 유기 바인더를 더 포함할 수 있다.
- [0052] 상기 포토컨덕터층은 무기 바인더를 더 포함할 수 있다.
- [0053] 상기 포토컨덕터층의 두께는 1 μm 내지 1,000 μm 범위일 수 있다.
- [0054] 상기 제1 전극은 알루미늄(Al), 은(Ag), 금(Au), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 백금(Pt), 인듐주석산화물(ITO), 알루미늄아연산화물(AZO), 불소산화주석(FTO), 탄소나노튜브(CNT), 그래핀(graphene) 및 폴리에틸렌디옥시테오펜:폴리스티렌설포네이트(PEDOT:PSS)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0055] 상기 제2 전극은 알루미늄(Al), 은(Ag), 금(Au), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 백금(Pt), 인듐주석산화물(ITO), 알루미늄아연산화물(AZO), 불소산화주석(FTO), 탄소나노튜브(CNT), 그래핀(graphene) 및 폴리에틸렌디옥시테오펜:폴리스티렌설포네이트(PEDOT:PSS)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0056] 상기 기판은 상보형금속산화반도체(CMOS), 전하결합소자(CCD) 또는 박막트랜지스터(TFT)를 포함하는 어레이 기판일 수 있다.
- [0057] 상기 기판은 유리(glass), 석영(quartz), 실리콘(silicon) 및 플라스틱(plastic)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 어느 하나를 포함 포함할 수 있다.
- [0058] 본 발명의 일실시예에 따른 엑스선 검출기는 기판; 상기 기판 상에 형성된 제1 전극; 상기 제1 전극 상에 형성되고, 입사된 엑스선(X-ray)에 의해 전자-정공 쌍을 발생시키는 포토컨덕터층(photoconductor layer); 및 상기 포토컨덕터층 상에 형성된 제2 전극을 포함하고, 상기 포토컨덕터층의 적어도 일 면에 형성된 정공 전달층을 포함하며, 상기 정공 전달층의 밴드 갭 에너지가 상기 포토컨덕터층의 밴드 갭 에너지 보다 큰 것을 특징으로 한다.
- [0059] 상기 정공 전달층의 밴드 갭 에너지가 상기 포토컨덕터층의 밴드 갭 에너지 보다 0.02 eV 내지 0.5 eV 큰 값을 가질 수 있다
- [0060] 본 발명의 실시예에 따른 엑스선을 발생시키는 엑스선 발생기는 상기 엑스선을 검출하는 제1항 내지 제22항 중 어느 한 항에 따른 엑스선 검출기; 상기 엑스선 검출기를 구동시키는 구동부; 및 엑스선 검출 전압을 처리하는 데이터 처리부를 포함한다.
- [0061] 상기 엑스선 시스템은 엑스선 회절 분석 장치(XRD)일 수 있다.
- [0062] 상기 엑스선 시스템은 비파괴 검사 장치일 수 있다.

발명의 효과

- [0064] 본 발명의 실시예들에 따르면, 엑스선 검출기는 빛이 조사되지 않을 때 포토컨덕터층과 전자 전달층 또는 포토컨덕터층과 정공 전달층 간에 형성된 밴드 옵셋 구조에 의해 장벽(barrier)을 형성하여 암전류를 감소시킬 수 있다.
- [0065] 또한, 본 발명의 실시예들에 따르면, 엑스선 검출기는 신호/잡음 비율이 증가하여 고해상도 이미지 구현이 가능해질 수 있다.
- [0066] 또한, 본 발명의 실시예들에 따르면, 엑스선 시스템은 고선량의 엑스선과 저선량의 엑스선을 모두 검출할 수 있는 엑스선 검출기를 포함하여, 빠 및 여러 장기들을 동시에 검출할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0068] 도 1a는 통상적인 일 예의 엑스선 검출기의 단면도를 도시한 것이다.

도 1b는 빛이 조사되지 않았을 때의 엑스선 검출기의 에너지 밴드 다이어그램을 도시한 것이다.

도 2a는 본 발명의 제1 실시예에 따른 엑스선 검출기의 단면도를 도시한 것이다.

도 2b는 빛이 조사되지 않았을 때의 본 발명의 제1 실시예에 따른 엑스선 검출기의 에너지 밴드 다이어그램을 도시한 것이다.

도 2c는 빛이 조사되었을 때의 본 발명의 제1 실시예에 따른 엑스선 검출기의 에너지 밴드 다이어그램을 도시한 것이다.

도 3a는 본 발명의 제2 실시예에 따른 엑스선 검출기의 단면도를 도시한 것이다.

도 3b는 빛이 조사되지 않았을 때의 본 발명의 제2 실시예에 따른 엑스선 검출기의 에너지 밴드 다이어그램을 도시한 것이다.

도 3c는 빛이 조사되었을 때의 본 발명의 제2 실시예에 따른 엑스선 검출기의 에너지 밴드 다이어그램을 도시한 것이다.

도 4a는 본 발명의 제3 실시예에 따른 엑스선 검출기의 단면도를 도시한 것이다.

도 4b는 빛이 조사되지 않았을 때의 본 발명의 제3 실시예에 따른 엑스선 검출기의 에너지 밴드 다이어그램을 도시한 것이다.

도 4c는 빛이 조사되었을 때의 본 발명의 제3 실시예에 따른 엑스선 검출기의 에너지 밴드 다이어그램을 도시한 것이다.

도 5a는 본 발명의 제4 실시예에 따른 엑스선 검출기의 단면도를 도시한 것이다.

도 5b는 빛이 조사되지 않았을 때의 본 발명의 제4 실시예에 따른 엑스선 검출기의 에너지 밴드 다이어그램을 도시한 것이다.

도 5c는 빛이 조사되었을 때의 본 발명의 제4 실시예에 따른 엑스선 검출기의 에너지 밴드 다이어그램을 도시한 것이다.

도 6a는 본 발명의 제5 실시예에 따른 엑스선 검출기의 단면도를 도시한 것이다.

도 6b는 빛이 조사되지 않았을 때의 본 발명의 제5 실시예에 따른 엑스선 검출기의 에너지 밴드 다이어그램을 도시한 것이다.

도 6c는 빛이 조사되었을 때의 본 발명의 제5 실시예에 따른 엑스선 검출기의 에너지 밴드 다이어그램을 도시한 것이다.

도 7a는 본 발명의 제6 실시예에 따른 엑스선 검출기의 단면도를 도시한 것이다.

도 7b는 빛이 조사되지 않았을 때의 본 발명의 제6 실시예에 따른 엑스선 검출기의 에너지 밴드 다이어그램을 도시한 것이다.

도 7c는 빛이 조사되었을 때의 본 발명의 제6 실시예에 따른 엑스선 검출기의 에너지 밴드 다이어그램을 도시한 것이다.

도 8a는 본 발명의 제7 실시예에 따른 엑스선 검출기의 단면도를 도시한 것이다.

도 8b는 빛이 조사되지 않았을 때의 본 발명의 제7 실시예에 따른 엑스선 검출기의 에너지 밴드 다이어그램을 도시한 것이다.

도 8c는 빛이 조사되었을 때의 본 발명의 제7 실시예에 따른 엑스선 검출기의 에너지 밴드 다이어그램을 도시한 것이다.

도 9a는 본 발명의 제8 실시예에 따른 엑스선 검출기의 단면도를 도시한 것이다.

도 9b는 빛이 조사되지 않았을 때의 본 발명의 제8 실시예에 따른 엑스선 검출기의 에너지 밴드 다이어그램을 도시한 것이다.

도 9c는 빛이 조사되었을 때의 본 발명의 제8 실시예에 따른 엑스선 검출기의 에너지 밴드 다이어그램을 도시한

것이다.

도 10은 본 발명의 실시예에 따른 엑스선 검출기를 포함하는 엑스선 시스템을 나타낸 것이다.

도 11은 본 발명의 실시예에 따른 엑스선 검출기를 포함하는 엑스선 회절(XRD) 분석 장치를 도시한 것이다.

도 12은 본 발명의 실시예에 따른 엑스선 검출기를 포함하는 비파괴 검사 장치의 응용 분야를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0069] 이하 첨부 도면들 및 첨부 도면들에 기재된 내용들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다.
- [0070] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.
- [0071] 본 명세서에서 사용되는 "실시예", "예", "측면", "예시" 등은 기술된 임의의 양상(aspect) 또는 설계가 다른 양상 또는 설계들보다 양호하다거나, 이점이 있는 것으로 해석되어야 하는 것은 아니다.
- [0072] 또한, '또는'이라는 용어는 배타적 논리합 'exclusive or'이기보다는 포함적인 논리합 'inclusive or'를 의미한다. 즉, 달리 언급되지 않는 한 또는 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 'x가 a 또는 b를 이용한다'라는 표현은 포함적인 자연 순열들(natural inclusive permutations) 중 어느 하나를 의미한다.
- [0073] 또한, 본 명세서 및 청구항들에서 사용되는 단수 표현("a" 또는 "an")은, 달리 언급하지 않는 한 또는 단수 형태에 관한 것이라고 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 일반적으로 "하나 이상"을 의미하는 것으로 해석되어야 한다.
- [0074] 또한, 막, 층, 영역, 구성 요청 등의 부분이 다른 부분 "위에" 또는 "상에" 있다고 할 때, 다른 부분의 바로 위에 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 막, 층, 영역, 구성 요소 등이 개재되어 있는 경우도 포함한다.
- [0075] 또한, 본 명세서에서 포토에너지 밴드 다이어그램은 제1 전극, 제2 전극, 포토컨덕터층, 전자 전달층 및 정공 전달층의 에너지 준위를 도시한 것이다.
- [0077] 도 1a는 통상적인 일 예의 엑스선 검출기의 단면도를 도시한 것이다.
- [0078] 도 1a를 참조하면, 엑스선 검출기는 기관(10), 제1 전극(20), 전자 전달층(50), 포토컨덕터층(30), 정공 전달층(60) 및 제2 전극(40)을 포함한다.
- [0079] 도 1b는 빛이 조사되지 않았을 때, 도 1a에 따른 엑스선 검출기의 에너지 밴드 다이어그램을 도시한 것이다.
- [0080] 도 1b를 참고하면, 포토컨덕터층(30)에서 형성된 전자-정공의 쌍은 개별 전자와 정공으로 분리되고, 분리된 전자와 정공은 제1 전극(20) 및 제2 전극(40)으로 이동하게 된다. 즉, 전자는 제1 전극(20)으로 이동하고, 정공은 제2 전극(40)으로 이동한다.
- [0081] 하지만, 도 1b에 따른 엑스선 검출기는 빛이 조사되지 않을 때에도 포토컨덕터층(30) 내의 전자가 제1 전극(20)으로 이동하고, 정공이 제2 전극(40)으로 이동하게 되어, 신호/잡음 비율에서 잡음에 해당하는 암전류가 발생함으로써 신호/잡음 비율이 감소하기 때문에 엑스선 검출기의 해상도가 낮아지는 문제점이 있다.
- [0082] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 엑스선 검출기는, 빛이 조사되지 않을 때 암전류가 발생되지 않게 하기 위해 포토컨덕터층 보다 밴드갭 에너지가 큰 물질을 포함하는 전자 전달층 또는 정공 전달층을 형성하여, 신호/잡음의 비율을 높여 해상도를 향상시킬 수 있다.
- [0083] 이하에서는 암전류가 발생하지 않도록 하기 위해 전자 전달층 또는 정공 전달층을 형성하고, 그 위치에 따른 구조적인 예를 도 2a 내지 도 9c를 참조하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0084] 하기에 설명되는 도 2a 내지 도 9c의 엑스선 검출기는 이중접합(double hetero-junction) 구조를 가질 수 있다.
- [0085] 또한, 하기에 설명되는 도 2a 내지 도 9c의 엑스선 검출기는 전자 전달층(150) 또는 정공 전달층(160)의 위치

가 상이하다는 것을 특징으로 하므로, 공통적으로 존재하는 기관(110), 제1 전극(120), 포토컨택터층(130), 제2 전극(140), 전자 전달층(150), 정공 전달층(160)에 대해 먼저 설명한 후, 전자 전달층(150) 또는 정공 전달층(160)의 위치에 따라 빛이 조사되지 않았을 때와 빛이 조사되었을 때의 구조적인 차이점에 대해 상세히 설명하기로 한다.

- [0086] 하기에서 설명되는 도 2a 내지 도 9c의 엑스선 검출기에서, 고해상도의 이미지가 구현되기 위해서는 광전류/암전류의 비율값이 높아야 하며, 즉 광전류에 해당하는 신호값과 암전류에 해당하는 잡음의 값의 비율(신호/잡음=광전류/암전류) 비율이 높아야 한다.
- [0087] 암전류를 발생시키지 않기 위해 전자 전달층(150) 또는 정공 전달층(160)을 포토컨택터층(130)의 일면 또는 양면에 형성하고, 이때 전자 전달층(150) 또는 정공 전달층(160)은 포토컨택터층보다 밴드 갭 에너지가 크고, 이로 인해 장벽이 형성되어 있는 밴드 오프셋 구조를 가질 수 있다.
- [0088] 기관(110)은 상보형금속산화반도체(CMOS, complementary metal-oxide semiconductor), 전하결합소자(CCD, charge coupled device) 또는 박막트랜지스터(TFT, thin film transistor)를 포함하는 어레이(array) 기관일 수 있다.
- [0089] 엑스선 검출기(100)는 의료용뿐만 아니라, 산업용으로도 널리 사용되는데, 의료용의 경우 외부환경에 크게 영향을 받지 않으나, 산업용의 경우 외부환경에 크게 영향을 받을 수 있다.
- [0090] CMOS 어레이 기관은 잔상이 없는 고속영상이 획득 가능하고 전력소모가 낮으며, 생산성 및 경제성이 높고 고집적, 고해상도 센서 설계가 가능하여 치과용, mammo용(유방암)으로 주로 사용된다. 또한, CMOS 어레이 기관은 고해상도의 고속처리가 가능하기 때문에 차후에는 싱글포톤카운팅(single photon counting) 검출기로도 이용될 수 있다. 하지만, CMOS 기관의 경우 실리콘(Si) 기반으로 제조하기 때문에 대면적으로 제조하는 데에는 어려움이 있다.
- [0091] CCD 어레이 기관은 다른 어레이 기관을 이용한 검출기에 비해 수명이 길고, 온도변화에도 우수한 장점이 있으며, 비파괴 검사 분야 및 미세 영상구조를 영상화하는데 유리하다. 또한, TFT 어레이 기관은 대면적 제조가 용이하여 흉부 및 산업용 검출기로 널리 이용될 수 있다.
- [0092] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 엑스선 검출기(100)를 설명함에 있어서, 기관(110)으로서 어레이 기관을 예시적으로 기재하지만, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0093] 기관(110)은 어레이 기관일 수 있고, 어레이 기관은 박막트랜지스터(TFT)(미도시) 및 커패시터(미도시)를 포함할 수 있다.
- [0094] 박막트랜지스터(TFT)(미도시)는 포토컨택터층(130)에서 생성된 전기적 신호를 순차적으로 외부 회로로 출력시키기 위한 스위칭 소자의 역할을 할 수 있다.
- [0095] 또한, 커패시터(미도시)는 포토컨택터층(130)에서 변환된 전기적 신호를 축적하기 위해 기관(110)에 제공될 수 있고, 커패시터(미도시)는 각각의 박막트랜지스터(TFT) 아래에 설치될 수 있다.
- [0096] 기관(110)은 절연성 물질로 형성될 수 있다. 기관(110)은 예를 들어, 유리(glass), 석영(quartz), 실리콘(silicon) 또는 플라스틱(plastic)으로 형성될 수 있다.
- [0097] 일례로, 플라스틱 기관은 플렉서블(flexible) 또는 벤더블(bendable) 엑스선 검출기에 사용될 수 있다. 또한, 실리콘 기관은 두께를 100 μm 이하로 가공할 경우 벤더블(bendable) 엑스선 검출기에 사용될 수 있다.
- [0098] 기관(110) 상에는 제1 전극(120)이 형성된다.
- [0099] 예를 들어, 제1 전극(120)은 픽셀전극이 사용될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0100] 제1 전극(120)은 박막트랜지스터(미도시) 및 커패시터(미도시)가 형성된 기관(110)을 컨포멀(conformal)하게 덮도록 형성된 층간 절연층(미도시) 상에 형성될 수 있다.
- [0101] 제1 전극(120)은 복수 개로 분할된 픽셀 전극일 수 있다. 구체적으로, 제1 전극(120)은 기관(110)상에 복수 개의 픽셀 단위로 형성되어 엑스선(X-ray) 영상을 구성하는 픽셀 어레이를 형성할 수 있다.
- [0102] 제1 전극(120)은 전기적 특성이 우수한 전도성 물질로 형성될 수 있다.
- [0103] 제1 전극(120)은 예를 들어, 알루미늄(Al), 은(Ag), 금(Au), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 백금(Pt), 인듐주석산화물

(ITO, Indium Tin Oxide), 인듐아연산화물(IZO, Indium Zinc Oxide), 알루미늄아연산화물(AZO, Aluminum Zinc Oxide), 불소산화주석(FTO, Fluorine Tin Oxide), 탄소나노튜브(CNT, Carbon Nano Tube), 그래핀(graphene) 및 폴리에틸렌디옥시티오펜: 폴리스티렌설포네이트(PEDOT:PSS)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함하도록 형성될 수 있다.

- [0104] 제1 전극(120) 상에는 포토컨덕터층(130)이 형성된다.
- [0105] 포토컨덕터층(130)은 제2 전극(140)을 통과하여 포토컨덕터층(130)에 입사된 엑스선(X-ray)에 의해 전자-정공 쌍(electron-hole pair)을 발생시킨다. 전자-정공 쌍의 양은 포토컨덕터층(130)에 흡수되는 엑스선의 에너지 양에 따라 달라지게 된다.
- [0106] 포토컨덕터층(130)은 제2 전극(140)을 통과해 입사된 엑스선(X-ray)을 흡수하여 전기적인 신호로 변환할 수 있는 물질(엑스선 흡수 물질)로서, 페로브스카이트 화합물, CdTe, PbI₂, a-Se, PbO, HgI₂ 및 BiI₃으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0107] 페로브스카이트 화합물은 페로브스카이트 구조(perovskite structure)를 갖는 화합물일 수 있다.
- [0108] 페로브스카이트 화합물은 하기 화학식 1로 표시되는 페로브스카이트 화합물일 수 있다. 즉, 포토컨덕터층(130)은 하기 화학식 1로 표시되는 페로브스카이트 화합물을 포함할 수 있다.
- [0109] [화학식 1]
- [0110] AMX₃
- [0111] 상기 화학식 1에서, A는 1가의 양이온이고, M은 2가의 금속 양이온이며, X는 1가의 음이온이다.
- [0112] 상기 A는 1가의 유기 양이온, 1가의 무기 양이온 또는 이들의 조합일 수 있다.
- [0113] 구체적으로, 페로브스카이트 화합물은 상기 화학식 1 중 A의 종류에 따라, 유기 하이브리드 페로브스카이트 화합물(organic/inorganic hybrid perovskite compound) 또는 무기금속할라이드 페로브스카이트 화합물(inorganic metal halide perovskite compound)일 수 있다.
- [0114] 보다 구체적으로, 상기 화학식 1에서 A가 1가의 유기 양이온일 경우, 페로브스카이트 화합물은 유기물인 A와, 무기물인 M 및 X로 구성되어 유기물과 무기물이 복합 구성된 유기 하이브리드 페로브스카이트 화합물일 수 있다. 반면, 상기 화학식 1에서 A가 1가의 무기 양이온일 경우, 페로브스카이트 화합물은 무기물인 A, M 및 X로 구성되어 전부 무기물로 구성된 무기금속할라이드 페로브스카이트 화합물일 수 있다.
- [0115] 유기 하이브리드 페로브스카이트 화합물의 경우, 유기물의 장점과 무기물의 장점을 모두 가져 후막(thick film)으로의 제조가 용이하고 재현성이 높으며 엑스선에 대한 내구성(durability) 및 안정성(stability)을 향상시킬 수 있다.
- [0116] 한편, 무기금속할라이드의 페로브스카이트 화합물의 경우에도, 유기 하이브리드 페로브스카이트 화합물과 같이 후막으로의 제조가 용이하고 재현성이 높다. 또한, 무기금속할라이드의 페로브스카이트 화합물의 경우, 유기물을 사용하지 않기 때문에 유기 하이브리드 페로브스카이트에 비해 내구성 및 안정성이 더 높다는 장점이 있다.
- [0117] 상기 1가의 유기 양이온은 C₁₋₂₄의 직쇄 또는 측쇄 알킬, 아민기(-NH₃), 수산화기(-OH), 시아노기(-CN), 할로젠기, 니트로기(-NO), 메톡시기(-OCH₃) 또는 이미다졸리움이 치환된 C₁₋₂₄의 직쇄 또는 측쇄 알킬 또는 이들의 조합일 수 있다.
- [0118] 상기 1가의 무기 양이온은 Li⁺, Na⁺, K⁺, Rb⁺, Cs⁺, Fr⁺, Cu(I)⁺, Ag(I)⁺, Au(I)⁺ 또는 이들의 조합일 수 있다.
- [0119] 상기 M은 Pb²⁺, Sn²⁺, Ge²⁺, Cu²⁺, Co²⁺, Ni²⁺, Ti²⁺, Zr²⁺, Hf²⁺, Rf²⁺ 또는 이들의 조합일 수 있다.
- [0120] 상기 X는 F⁻, Cl⁻, Br⁻, I⁻, SCN⁻, BF₄⁻ 또는 이들의 조합일 수 있다.
- [0121] 페로브스카이트 화합물은 하기 화학식 2로 표시되는 페로브스카이트 화합물일 수 있다. 즉, 포토컨덕터층(130)은 하기 화학식 2로 표시되는 페로브스카이트 화합물을 포함할 수 있다.

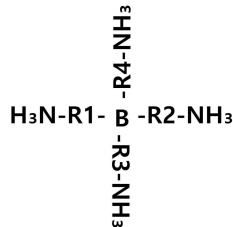
- [0122] [화학식 2]
- [0123] $A_3M_2X_9$
- [0124] 상기 화학식 2에서, A는 1가의 양이온이고, M은 3가의 금속 양이온이며, X는 1가의 음이온이다.
- [0125] 상기 A는 1가의 유기 양이온, 1가의 무기 양이온 또는 이들의 조합일 수 있다.
- [0126] 상기 M은 In^{3+} , Bi^{3+} , Co^{3+} , Sb^{3+} , Ni^{3+} , Al^{3+} , Ga^{3+} , Tl^{3+} , Sc^{3+} , Y^{3+} , La^{3+} , Ce^{3+} , Fe^{3+} , Ru^{3+} , Cr^{3+} , V^{3+} , Ti^{3+} 또는 이들의 조합일 수 있다.
- [0127] 상기 X는 F^- , Cl^- , Br^- , I^- , SCN^- , BF_4^- 또는 이들의 조합일 수 있다.
- [0128] 페로브스카이트 화합물은 하기 화학식 3으로 표시되는 페로브스카이트 화합물일 수 있다. 즉, 포토컨덕터층(130)은 하기 화학식 3으로 표시되는 페로브스카이트 화합물을 포함할 수 있다.
- [0129] [화학식 3]
- [0130] A_3MX_6
- [0131] 상기 화학식 3에서, A는 1가의 양이온이고, M은 3가의 금속 양이온이며, X는 1가의 음이온이다.
- [0132] 상기 A는 1가의 유기 양이온, 1가의 무기 양이온 또는 이들의 조합일 수 있다.
- [0133] 상기 M은 In^{3+} , Bi^{3+} , Co^{3+} , Sb^{3+} , Ni^{3+} , Al^{3+} , Ga^{3+} , Tl^{3+} , Sc^{3+} , Y^{3+} , La^{3+} , Ce^{3+} , Fe^{3+} , Ru^{3+} , Cr^{3+} , V^{3+} , Ti^{3+} 또는 이들의 조합일 수 있다.
- [0134] 상기 X는 F^- , Cl^- , Br^- , I^- , SCN^- , BF_4^- 또는 이들의 조합일 수 있다.
- [0135] 페로브스카이트 화합물은 하기 화학식 4로 표시되는 페로브스카이트 화합물일 수 있다. 즉, 포토컨덕터층(130)은 하기 화학식 4로 표시되는 페로브스카이트 화합물을 포함할 수 있다.
- [0136] [화학식 4]
- [0137] AM_2X_7
- [0138] 상기 화학식 4에서, A는 1가의 양이온이고, M은 3가의 금속 양이온이며, X는 1가의 음이온이다.
- [0139] 상기 A는 1가의 유기 양이온, 1가의 무기 양이온 또는 이들의 조합일 수 있다.
- [0140] 상기 M은 In^{3+} , Bi^{3+} , Co^{3+} , Sb^{3+} , Ni^{3+} , Al^{3+} , Ga^{3+} , Tl^{3+} , Sc^{3+} , Y^{3+} , La^{3+} , Ce^{3+} , Fe^{3+} , Ru^{3+} , Cr^{3+} , V^{3+} , Ti^{3+} 또는 이들의 조합일 수 있다.
- [0141] 상기 X는 F^- , Cl^- , Br^- , I^- , SCN^- , BF_4^- 또는 이들의 조합일 수 있다.
- [0142] 페로브스카이트 화합물은 하기 화학식 5로 표시되는 페로브스카이트 화합물일 수 있다. 즉, 포토컨덕터층(130)은 하기 화학식 5로 표시되는 페로브스카이트 화합물을 포함할 수 있다.
- [0143] [화학식 5]
- [0144] $A_2A'_{n-1}M_nX_{3n+1}$
- [0145] 상기 화학식 5에서, A는 1가의 양이온이고, A'는 1가의 양이온이며, M은 1가, 2가, 3가 또는 4가의 금속 양이온이고, X는 1가 음이온이며, n은 적어도 1이상이다.
- [0146] 상기 A는 1가의 유기 양이온, 1가의 무기 양이온 또는 이들의 조합일 수 있다.
- [0147] 상기 A 또는 상기 A'는 하기 화학식 6 내지 화학식 8로 표시되는 화합물을 포함할 수 있다.
- [0148] [화학식 6]
- [0149] $H_3N-R-NH_3$

[0150] [화학식 7]



[0151]

[0152] [화학식 8]



[0153]

[0154] 상기 화학식 6 내지 화학식 8에서 B는 3관능 이상 결합이 가능한 비금속, 전이금속 또는 전이후금속이고, R 내지 R4는 C₂₋₂₀의 비치환된 또는 치환된 알킬기이며, 치환기는 아미노기(-NH₃), 수산화기(-OH), 시아노기(-CN), 할로젠기, 니트로기(-NO), 메톡시기(-OCH₃) 또는 이들의 조합일 수 있다.

[0155] 상기 화학식 6 내지 화학식 8 물질을 포함할 경우, 내구성이 강화될 수 있으며, 광에 대한 안정성을 향상시킬 수 있다.

[0156] 상기 M은 Li⁺, Na⁺, K⁺, Rb⁺, Cs⁺, Pb²⁺, Sn²⁺, Ge²⁺, Cu²⁺, Co²⁺, Ni²⁺, Ti²⁺, Zr²⁺, Hf²⁺, Rf²⁺, In³⁺, Bi³⁺, Co³⁺, Sb³⁺, Ni³⁺, Al³⁺, Ga³⁺, Tl³⁺, Sc³⁺, Y³⁺, La³⁺, Ce³⁺, Fe³⁺, Ru³⁺, Cr³⁺, V³⁺, Ti³⁺, Si⁴⁺, C⁴⁺, Ge⁴⁺, Hf⁴⁺, Zr⁴⁺, Ti⁴⁺ 또는 이들의 조합일 수 있다.

[0157] 상기 X는 F⁻, Cl⁻, Br⁻, I⁻, SCN⁻, BF₄⁻ 또는 이들의 조합일 수 있다.

[0158] 또한, 상기 n이 1이면 페로브스카이트 화합물은 2차원(2D) 구조를 가지고, n이 무한대이면 페로브스카이트 화합물을 3차원(3D) 구조를 가질 수 있다.

[0159] 또한, 페로브스카이트 화합물은 2차원 구조 및 2-3차원 또는 3차원 구조를 가질 수 있다.

[0160] 화학식 5 구조의 페로브스카이트 화합물은 2차원 구조를 가짐으로써, 내구성이 개선될 수 있다.

[0161] 또한, 화학식 5 구조의 페로브스카이트 화합물은 3차원 구조를 가짐으로써, X선의 흡수율을 향상시킬 수 있다.

[0162] 페로브스카이트 화합물은 복수 개의 나노결정입자(nanocrystal particle)(이하, '페로브스카이트 나노결정입자'라고 함) 형태로 이루어질 수 있다. 즉, 포토컨덕터층(130)은 나노결정입자로 이루어진 페로브스카이트 화합물을 포함할 수 있다.

[0163] 페로브스카이트 화합물의 입자 크기, 즉, 페로브스카이트 나노결정입자의 크기는 1 nm 내지 900 nm 범위일 수 있고, 바람직하게는 1 nm 내지 500 nm 범위일 수 있다.

[0164] 페로브스카이트 나노결정입자의 크기가 1 nm 미만일 경우, 입자 크기에 의해 밴드갭(band gap)이 변하게 되고, 입자 크기의 분포를 조절하기 어려우며, 미세한 조절을 요구하기 때문에 대량생산에 불리하다는 문제가 있다.

[0165] 페로브스카이트 나노결정입자의 크기가 900 nm를 초과할 경우, 상온에서의 열적 이온화 및 전하 운반체의 비편재화에 의해서 효율이 감소되는 문제가 있다. 또한 코팅의 어려움으로 인하여 제조가 어려우며, 플렉서블 엑스선 검출기에 적용이 불가능하다는 문제가 있다.

[0166] 페로브스카이트 나노결정입자는 코어-셸(core-shell) 구조를 가질 수 있다.

[0167] 코어-셸 구조의 페로브스카이트 나노결정입자는 제1 페로브스카이트 나노결정입자 코어 및 제1 페로브스카이트 나노결정입자 코어를 감싸며 제2 페로브스카이트 나노결정입자를 포함하는 셸을 포함할 수 있다. 여기서, 제1

페로브스카이트 나노결정입자 및 제2 페로브스카이트 나노결정입자는 서로 상이한 물질이 사용될 수 있다.

- [0168] 페로브스카이트 나노결정입자는 페로브스카이트 나노결정입자 표면 상에 페로브스카이트 나노결정입자의 표면을 둘러싸도록 형성된 유기 리간드를 더 포함할 수 있다.
- [0169] 상기 유기 리간드는 알킬 할라이드(alkyl halide)를 포함할 수 있고, 상기 알킬 할라이드는 알킬(alkyl)-G의 구조일 수 있다. 여기서, G에 해당하는 할로젠(Halogen) 원소는 F, Cl, Br 또는 I를 포함할 수 있다.
- [0170] 또한, 알킬(alkyl) 구조는 C_nH_{2n+1} 의 구조를 가지는 비고리형 알킬(acyclic alkyl), $C_nH_{2n+1}OH$ 와 같은 구조를 가지는 일차 알코올(primary alcohol), 이차 알코올(secondary alcohol), 삼차 알코올(tertiary alcohol), alkyl-N의 구조를 가지는 알킬아민(alkylamine)(ex. hexadecyl amine, 9-octadecenylamine, 1-amino-9-octadecene($C_{19}H_{37}N$)), p-치환된 아닐린(p-substituted aniline), 페닐 암모늄(phenyl ammonium) 또는 플루오린 암모늄(fluorine ammonium)을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0171] 포토컨덕터층(130)은 유기 바인더를 더 포함할 수 있다. 유기 바인더는 페로브스카이트 화합물과 함께 포토컨덕터층(130)에 포함되어, 포토컨덕터층(130)의 가요성(flexibility)을 향상시킬 수 있다.
- [0172] 미래의 소자는 유연(flexible)한 소자가 요구 되어 지고 있다. 그러나 종래에 사용되는 엑스선 검출기는 쉽게 구부릴 수 없으며, 구부리는 순간 엑스선 검출기의 손상으로 인해 작동을 하지 않는 문제점이 있다. 특히, 치과에서 사용하고 있는 검출기의 경우 사람의 구강 구조에 따라 플렉서블 엑스선 검출기가 필요하다.
- [0173] 플렉서블 엑스선 검출기는 환자의 고통을 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라, 다양한 각도(딱딱한 검출기의 경우 구강에서 촬영하지 못하는 부분도 발생)에서의 촬영이 가능함으로써 고성능의 이미지를 구현 할 수 있다.
- [0174] 본 발명의 엑스선 검출기는 포토컨덕터층(130)에 가용성을 향상시킬 수 있는 유기 바인더를 포함함으로써, 플렉서블 엑스선 검출기 제조가 용이하다.
- [0175] 유기 바인더는 예를 들어, 폴리비닐 부티랄 수지, 폴리비닐 클로라이드 수지, 아크릴 수지, 페녹시 수지, 폴리에스테르 수지, 폴리비닐 포르말 수지, 폴리아미드 수지, 폴리스티렌 수지, 폴리카보네이트 수지, 폴리비닐 아세테이트 수지, 폴리우레탄 수지, 에폭시 수지 또는 이들의 조합일 수 있다.
- [0176] 포토컨덕터층(130)에는 엑스선 흡수 물질(예를 들어, 페로브스카이트 화합물) 및 유기 바인더가 90:10 내지 10:90의 중량비로 포함될 수 있다.
- [0177] 포토컨덕터층(130)은 엑스선을 흡수하여 전자와 정공을 생성시키는 역할을 하는데, 유기 바인더가 포토컨덕터층(130)에 전술한 중량비 초과로 너무 많이 포함될 경우, 포토컨덕터층(130)에서 발생하는 전자와 정공의 양이 적어져, 분해능 및 해상도가 떨어지게 되고, 이로 인해 엑스선 검출기의 성능을 저하시킬 수 있다.
- [0178] 포토컨덕터층(130)은 무기 바인더를 더 포함할 수 있다.
- [0179] 포토컨덕터층(130)의 물질은 기관과의 접착력이 중요한데, 포토컨덕터층(130)이 무기 바인더를 더 포함할 경우, 포토컨덕터층(130)과 기관(110)과의 접착력을 향상시킬 수 있다.
- [0180] 구체적으로, 무기 바인더는 페로브스카이트 화합물과 함께 포토컨덕터층(130)에 포함되어, 포토컨덕터층(130)의 점착성(adhesion)을 향상시킬 수 있다. 보다 구체적으로, 포토컨덕터층(130)은 페로브스카이트 화합물과 함께 무기 바인더를 포함함으로써, 페로브스카이트 화합물과 무기 바인더와의 접착력이 향상되어, 기관(110)과 포토컨덕터층(130) 사이의 접착력을 향상시킬 수 있다.
- [0181] 무기 바인더는 TiO_2 나노입자, SiO_2 나노입자, Al_2O_3 나노입자, VO_2 나노입자, 층상구조 화합물, 금속알루미늄사이드 및 금속할라이드 등으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0182] 포토컨덕터층(130)에는 엑스선 흡수 물질(예를 들어, 페로브스카이트 화합물) 및 무기 바인더가 90:10 내지 10:90의 중량비로 포함될 수 있다.
- [0183] 무기 바인더가 포토컨덕터층(130)에 전술한 중량비 초과로 너무 많이 포함될 경우, 포토컨덕터층(130)에서 발생하는 전자와 정공의 양이 적어져, 분해능 및 해상도가 떨어지게 되고, 이로 인해 엑스선 검출기의 성능을 저하시킬 수 있다.
- [0184] 무기 바인더의 입자 크기는 1 nm 내지 100 nm 범위일 수 있다. 무기 바인더의 입자 크기가 1 nm 미만일 경우, 균일한 입자를 제어하는데 문제가 있고, 100 nm를 초과할 경우, 엑스선의 산란을 크게 만들어 고해상도의 이미

지를 구현하는데 어려움이 있다.

- [0185] 포토컨덕터층(130)은 엑스선 흡수 물질을 용매에 용해시킨 엑스선 흡수 물질 함유 용액을 이용한 용액코팅 방법 또는 증착 방법을 통해 기판(110) 상에 형성될 수 있다.
- [0186] 포토컨덕터층(130)을 용액코팅 방법을 이용하여 형성할 경우, 제조공정이 단순해지고 제조비용을 절감할 수 있다.
- [0187] 용액코팅 방법은 예를 들어, 스핀코팅(spin coating), 스프레이코팅(spray coating), 울트라스프레이코팅(ultra-spray coating), 전기방사코팅, 슬롯다이코팅(slot die coating), 그라비아코팅(gravure coating), 바코팅(bar coating), 롤코팅(roll coating), 딥코팅(dip coating), 쉬어코팅(shear coating), 스크린 프린팅(screen printing), 잉크젯 프린팅(inkjet printing) 또는 노즐 프린팅(nozzle printing) 등이 있다.
- [0188] 증착 방법은 예를 들어, 감압, 상압 또는 가압조건에서, 스퍼터링(sputtering), 원자층증착(ALD), 화학기상증착(CVD), 열증착(thermal evaporation), 동시증발법(co-evaporation) 또는 플라즈마 강화 화학기상증착(PECVD) 등이 있다.
- [0189] 포토컨덕터층(130)은 높은 에너지인 엑스선을 흡수하기 위해, 후막(thick film)으로 제조되어야 한다.
- [0190] 포토컨덕터층(130)이 충분히 두꺼운 후막으로 형성될 경우, 엑스선 흡수에 의해 전자와 정공 생성되더라도 외부의 인가 전압 없이는 제1 전극(120)으로 형성하여 전자 또는 정공이 이동할 수 없고, 높은 인가 전압에 의해 전계가 형성되어 전자 또는 정공을 제1 전극(120) 쪽으로 수집할 수 있다.
- [0191] 포토컨덕터층(130)은 1 μm 내지 1,000 μm 범위의 두께로 비교적 두껍게 형성될 수 있다.
- [0192] 포토컨덕터층(130)의 두께가 1,000 μm 를 초과할 경우, 포토컨덕터층(130)이 기판(110)으로부터 박리되거나 접착력이 떨어지는 단점이 있고, 포토컨덕터층(130)의 두께가 1 μm 미만일 경우, 엑스선의 흡수량이 적어 신호가 노이즈 수준으로 약한 단점이 있다.
- [0193] 고해상도의 엑스선 이미지 및 동영상 구현하기 위해서는 포토컨덕터층(130)에서 생성된 전하의 이동도가 매우 중요하다.
- [0194] 본 발명의 일 측면에 따라, 포토컨덕터층(130)을 페로브스카이트 화합물이 포함되도록 형성할 경우, 포토컨덕터층(130)에서 생성된 전하가 트랩에 갇혀 이동하는 시간이 지연되는 것을 방지할 수 있어 응답 속도가 빠르고, 이로 인해 엑스선에 대한 감도, 흡광 특성 및 시간 분해능이 우수하며, 낮은 저항 특성을 가질 수 있다.
- [0195] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 엑스선 검출기는 페로브스카이트 화합물을 포함하는 포토컨덕터층(130)을 포함함으로써, 고선량의 엑스선과 저선량의 엑스선을 모두 검출할 수 있어, 빠 및 여러 장기들을 동시에 검출할 수 있다.
- [0196] 본 발명의 일 측면에 따라, 포토컨덕터층(130)을 CdTe, PbI₂, a-Se, PbO, HgI₂ 및 BiI₃ 중 적어도 어느 하나가 포함되도록 형성할 경우, 엑스선 조사시, 연속 파장에서 단파장의 영역을 흡수함으로써, 고효율의 엑스선 이미지 영상을 획득할 수 있다.
- [0197] 예를 들어, 흥부를 촬영하는 경우, 관점압은 100 kVp에서 조사되게 되고, 이 때 금속에서 발생하는 광자에너지는 0 eV 내지 100eV에 해당하는 전자가 나오게 된다. 그 중, 중심 파장으로는 50eV에 해당하는 전자가 가장 발생되게 되며, 좌우 가우시안 분포(Gaussian distribution)를 가지게 된다. 하지만, 이러한 전자들은 흥부 촬영시 모두 필요한 에너지가 아니며, 50 eV의 중심 파장을 가지는 광자에너지 외의 광자에너지는 모두 불필요한 에너지에 해당한다.
- [0198] 즉, 이러한 광자에너지들은 노이즈 역할을 하기 때문에 해상도를 저하 시키는 요인이 될 수 있다.
- [0199] 이에, 본 발명의 실시예에서는 노이즈 역할을 하는 불필요한 에너지를 다른 광전 물질에 흡수되게 함으로써, 인체 내에 다른 장기 및 종양 등의 이미지를 획득하는데 사용할 수 있다.
- [0200] 포토컨덕터층(130) 상에는 제2 전극(140)이 형성된다. 제2 전극(140)은 공통 전극으로 사용될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 제2 전극(140)은 제1 전극(120)을 모두 가리도록 형성된 단일 전극 구조로 형성될 수 있다.
- [0201] 제2 전극 (140)은 전기적 특성이 우수한 전도성 물질로 형성될 수 있다. 제2 전극(140)은 예를 들어, 알루미늄

(Al), 은(Ag), 금(Au), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 백금(Pt), 인듐주석산화물(ITO), 인듐아연산화물(IZO), 알루미늄아연산화물(AZO), 불소산화주석(FTO), 탄소나노튜브(CNT), 그래핀(graphene) 및 폴리에틸렌디옥시테오펜: 폴리스티렌설포네이트(PEDOT:PSS)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

- [0202] 본 발명의 일 측에 따라, 제2 전극 (140)은 제1 전극(120)과 서로 동일하거나 상이한 물질을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0204] 본 발명의 실시예에 따른 엑스선 검출기(100)는 포토컨덕터층(130)의 일 면에 형성된 전자 전달층(120)을 포함한다. 또한, 본 발명의 실시예에 따른 엑스선 검출기(100)는 포토컨덕터층(130)의 타면에 전자 전달층(120) 또는 정공 전달층(140)을 포함할 수 있다.
- [0205] 본 발명의 제1 실시예 및 제2 실시예에 따른 엑스선 검출기(100)는, 도 2a와 도 3a에서와 같이 포토컨덕터층(130)의 일 면에 전자 전달층(150)을 포함한다.
- [0206] 또한, 본 발명의 제3 실시예 및 제4 실시예에 따른 엑스선 검출기(100)는, 도 4a와 도 5a에서와 같이 포토컨덕터층(130)의 일 면에 전자 전달층(150)을 포함하고, 포토컨덕터층(130)의 타 면에 정공 전달층(150)을 포함한다.
- [0207] 또한, 본 발명의 제5 실시예에 따른 엑스선 검출기(100)는, 도 6a에서와 같이 포토컨덕터층(130)의 일 면에 전자 전달층(150)을 포함하고, 포토컨덕터층(130)의 타 면에도 전자 전달층(150)을 포함한다.
- [0208] 본 발명의 실시예에 따른 엑스선 검출기(100)는 포토컨덕터층(130)의 적어도 일 면에 형성된 정공 전달층(160)을 포함한다.
- [0209] 본 발명의 제6 실시예 및 제7 실시예에 따른 엑스선 검출기(100)는, 도 7a 및 도 8a에서와 같이 포토컨덕터층(130)의 일 면에 정공 전달층(150)을 포함한다.
- [0210] 또한, 본 발명의 제8 실시예에 따른 엑스선 검출기(100)는, 도 9a에서와 같이 포토컨덕터층(130)의 일 면에 정공 전달층(150)을 포함하고, 포토컨덕터층(130)의 타 면에도 정공 전달층(150)을 포함한다.
- [0211] 본 발명의 제1 실시예 내지 제8 실시예에 따른 전자 전달층(150) 및 정공 전달층(160)은 포토컨덕터층(130)의 밴드 갭 에너지 보다 큰 물질을 포함할 수 있다.
- [0212] 즉, 전자 전달층(150) 및 정공 전달층(160)의 일함수(work function)는 포토컨덕터층(130)의 전도대(conduction band)보다 작고 가전자대(valence band)보다 큰 물질을 포함할 수 있다.
- [0213] 바람직하게는, 전자 전달층(150) 및 정공 전달층(160)은 포토컨덕터층(130)의 밴드 갭 에너지 보다 0.02 eV 내지 0.5 eV 큰 물질을 포함할 수 있다.
- [0214] 이로 인해 전자 전달층(150) 및 정공 전달층(160)의 상/하부에 모두 장벽(170)이 형성되어, 빛이 조사되지 않았을 때 포토컨덕터층(130) 내의 전자 또는 정공이, 제1 전극(120) 또는 제2 전극(140)으로 이동하는 것을 차단하여 암전류가 발생되지 않는다.
- [0215] 즉, 본 발명의 실시예에 따른 엑스선 검출기(100)는 암전류가 발생되지 않아, 광전류/암전류의 비율값이 높아져서 해상도를 향상시킬 수 있다.
- [0216] 전자 전달층(150)은 ZnO(Zinc oxide), PCBM(Phenyl-C61-butyric acid methyl ester), Al₂O₃(Aluminium oxide), TiO₂(Titanium dioxide), 이들의 혼합물 또는 이들의 복합물을 포함하도록 형성될 수 있다.
- [0217] 전자 전달층(150)은 용액을 이용하여 다양한 용액코팅 방법 및 증착방법을 통해 형성될 수 있다.
- [0218] 용액코팅 방법은 예를 들어, 스핀코팅(spin coating), 스프레이코팅(spray coating), 울트라스프레이코팅(ultra-spray coating), 전기방사코팅, 슬롯다이코팅(slot die coating), 그라비아코팅(gravure coating), 바코팅(bar coating), 롤코팅(roll coating), 딥코팅(dip coating), 쉬어코팅(shear coating), 스크린 프린팅(screen printing), 잉크젯 프린팅(inkjet printing) 또는 노즐 프린팅(nozzle printing) 등이 있다.
- [0219] 증착방법은 예를 들어, 감압, 상압 또는 가압조건에서, 스퍼터링(sputtering), 원자층증착(ALD), 화학기상증착(CVD), 열증착(thermal evaporation), 동시증발법(co-evaporation) 또는 플라즈마 강화 화학기상증착(PECVD)

등이 있다.

- [0220] 정공 전달층(160)은 NiO(Nickel oxide), CuI(Copper(I) iodide), CuSCN(Copper(I) thiocyanate), P3HT(Poly(3-hexylthiophene-2,5-diyl)), 이들의 혼합물 또는 이들의 복합물을 포함하도록 형성될 수 있다.
- [0221] 정공 전달층(160)은 용액을 이용하여 다양한 용액코팅 방법 및 증착 방법을 통해 형성될 수 있다.
- [0222] 용액코팅 방법은 예를 들어, 스핀코팅(spin coating), 스프레이코팅(spray coating), 울트라스프레이코팅(ultra-spray coating), 전기방사코팅, 슬롯다이코팅(slot die coating), 그라비아코팅(gravure coating), 바코팅(bar coating), 롤코팅(roll coating), 딥코팅(dip coating), 쉬어코팅(shear coating), 스크린 프린팅(screen printing), 잉크젯 프린팅(inkjet printing) 또는 노즐 프린팅(nozzle printing) 등이 있다.
- [0223] 증착 방법은 예를 들어, 감압, 상압 또는 가압조건에서, 스퍼터링(sputtering), 원자층증착(ALD), 화학기상증착(CVD), 열증착(thermal evaporation), 동시증발법(co-evaporation) 또는 플라즈마 강화 화학기상증착(PECVD) 등이 있다.
- [0225] 이하에서는 제1 실시예 내지 제8 실시예에 따른 엑스선 검출기의 구조적인 차이점에 대해, 밴드 옵셋 구조에서 전자 및 정공의 이동을 통해 빛을 조사하지 않았을 때와 빛을 조사하였을 때를 나누어서 상세히 설명하기로 한다.
- [0227] 도 2a는 본 발명의 제1 실시예에 따른 엑스선 검출기의 단면도를 도시한 것이다. 도 2a를 참조하면, 제1 실시예에 따른 엑스선 검출기(100)는 전자 전달층(150)이 포토컨덕터층(130)과 제1 전극(120) 사이에 존재한다.
- [0228] 도 2b는 빛이 조사되지 않았을 때의 에너지 밴드 다이어그램을 나타내며, 도 2c는 빛이 조사되었을 때의 에너지 밴드 다이어그램을 나타낸다.
- [0229] 도 2b에서와 같이, 전자 전달층(150)이 포토컨덕터층(130) 보다 밴드갭 에너지가 큰 물질을 포함함으로써, 전자 전달층(150)의 상부 및 하부에 모두 장벽(170)이 형성되어, 빛이 조사되지 않을 때, 전자 및 정공들이 제1 전극(120)으로 이동하는 것을 차단하여 암전류가 발생하는 것을 감소시킬 수 있다.
- [0230] 도 2c에서와 같이, 빛이 조사되고, 인가 전압이 가해지면, 제1 전극(120)의 에너지 준위는 하강하고, 제2 전극(140)의 에너지 준위는 상승한다. 이로 인해 포토컨덕터층(130) 내의 전자는 제1 전극(120)으로 원활하게 이동하고, 포토컨덕터층(130) 내의 정공은 제1 전극(120)의 이동이 차단되며, 제2 전극(140)으로는 이동하여 광전류가 원활하게 발생할 수 있다.
- [0231] 따라서, 본 발명의 제1 실시예에 따른 엑스선 검출기는 빛이 조사되지 않았을 때는 암전류의 발생이 감소되고, 빛이 조사되었을 때는 광전류가 발생되어 광전류/암전류의 비율값이 높아지고 이로 인해 고해상도의 이미지를 구현할 수 있다.
- [0233] 도 3a는 본 발명의 제2 실시예에 따른 엑스선 검출기의 단면도를 도시한 것이다. 도 3a를 참조하면, 제2 실시예에 따른 엑스선 검출기(100)는 전자 전달층(150)이 포토컨덕터층(130)과 제2 전극(140) 사이에 존재한다.
- [0234] 도 3b는 빛이 조사되지 않았을 때의 에너지 밴드 다이어그램을 나타내며, 도 3c는 빛이 조사되었을 때의 에너지 밴드 다이어그램을 나타낸다.
- [0235] 도 3b에서와 같이, 전자 전달층(150)이 포토컨덕터층(130) 보다 밴드갭 에너지가 큰 물질을 포함함으로써, 전자 전달층(150)의 상부 및 하부에 모두 장벽(170)이 형성되어, 빛이 조사되지 않을 때, 전자 및 정공들이 제2 전극(140)으로 이동하는 것을 차단하여 암전류가 발생하는 것을 감소시킬 수 있다.
- [0236] 도 3c에서와 같이, 빛이 조사되고, 인가 전압이 가해지면, 제1 전극(120)의 에너지 준위는 하강하고, 제2 전극(140)의 에너지 준위는 상승한다. 이로 인해 포토컨덕터층(130) 내의 전자는 제1 전극(120)으로 원활하게 이동하고, 제2 전극(140)으로는 이동이 차단되며, 포토컨덕터층(130) 내의 정공은 제2 전극(140)으로 이동하여 광전류가 원활하게 발생할 수 있다.
- [0237] 따라서, 본 발명의 제2 실시예에 따른 엑스선 검출기는 빛이 조사되지 않았을 때는 암전류의 발생이 감소되고,

빛이 조사되었을 때는 광전류가 발생되어 광전류/암전류의 비율값이 높아지고 이로 인해 고해상도의 이미지를 구현할 수 있다.

- [0239] 도 4a은 본 발명의 제3 실시예에 따른 엑스선 검출기의 단면도를 도시한 것이다. 도 4a을 참조하면, 제3 실시예에 따른 엑스선 검출기(100)는 전자 전달층(150)이 포토컨덕터층(130)과 제1 전극(120) 사이에 존재하고, 정공 전달층(160)이 포토컨덕터층(130)과 제2 전극(140) 사이에 존재한다.
- [0240] 도 4b는 빛이 조사되지 않았을 때의 에너지 밴드 다이어그램을 나타내며, 도 4c는 빛이 조사되었을 때의 에너지 밴드 다이어그램을 나타낸다.
- [0241] 도 4b에서와 같이, 전자 전달층(150) 및 정공 전달층(160)이 포토컨덕터층(130) 보다 밴드갭 에너지가 큰 물질을 포함함으로써, 전자 전달층(150) 및 정공 전달층(160)의 상부 및 하부에 모두 장벽(170)이 형성되어, 빛이 조사되지 않을 때, 전자 및 정공들이 제1 전극(120) 및 제2 전극(140)으로 이동하는 것을 차단하여 암전류가 발생하지 않을 수 있다.
- [0242] 도 4c에서와 같이, 빛이 조사되고, 인가 전압이 가해지면, 제1 전극(120)의 에너지 준위는 하강하고, 제2 전극(140)의 에너지 준위는 상승한다.
- [0243] 이로 인해 포토컨덕터층(130) 내의 전자는 제1 전극(120)으로는 원활하게 이동하고, 제2 전극(140)으로는 이동이 차단되며, 포토컨덕터층(130) 내의 정공은 제1 전극(120)으로는 이동이 차단되고, 제2 전극(140)으로는 이동하여 광전류가 원활하게 발생할 수 있다.
- [0244] 따라서, 본 발명의 제3 실시예에 따른 엑스선 검출기는 빛이 조사되지 않았을 때는 암전류가 생성되지 않고, 빛이 조사되었을 때는 광전류가 발생하여 광전류/암전류의 비율값이 높아지고 이로 인해 고해상도의 이미지를 구현할 수 있다.
- [0246] 도 5a은 본 발명의 제4 실시예에 따른 엑스선 검출기의 단면도를 도시한 것이다. 도 5a을 참조하면, 제4 실시예에 따른 엑스선 검출기(100)는 전자 전달층(150)이 포토컨덕터층(130)과 제2 전극(140) 사이에 존재하고, 정공 전달층(160)이 포토컨덕터층(130)과 제1 전극(120) 사이에 존재한다.
- [0247] 도 5b는 빛이 조사되지 않았을 때의 에너지 밴드 다이어그램을 나타내며, 도 5c는 빛이 조사되었을 때의 에너지 밴드 다이어그램을 나타낸다.
- [0248] 도 5b에서와 같이, 전자 전달층(150) 및 정공 전달층(160)이 포토컨덕터층(130) 보다 밴드갭 에너지가 큰 물질을 포함함으로써, 전자 전달층(150) 및 정공 전달층(160)의 상부 및 하부에 모두 장벽(170)을 형성하여, 빛이 조사되지 않을 때, 전자 및 정공들이 제1 전극(120) 및 제2 전극(140)으로 이동하는 것을 차단하여 암전류가 발생하지 않을 수 있다.
- [0249] 도 5c에서와 같이, 빛이 조사되고, 인가 전압이 가해지면, 제1 전극(120)의 에너지 준위는 하강하고, 제2 전극(140)의 에너지 준위는 상승한다.
- [0250] 이로 인해 포토컨덕터층(130) 내의 전자는 제1 전극(120)으로는 원활하게 이동 하고, 제2 전극(140)으로는 이동이 차단되며, 포토컨덕터층(130) 내의 정공은 제1 전극(120)으로는 이동이 차단되며, 제2 전극(140)으로는 이동하여 광전류가 원활하게 발생할 수 있다.
- [0251] 따라서, 본 발명의 제4 실시예에 따른 엑스선 검출기는 빛이 조사되지 않았을 때는 암전류가 생성되지 않고, 빛이 조사되었을 때는 광전류가 발생하여 광전류/암전류의 비율값이 높아지고 이로 인해 고해상도의 이미지를 구현할 수 있다.
- [0253] 도 6a은 본 발명의 제5 실시예에 따른 엑스선 검출기의 단면도를 도시한 것이다. 도 6a을 참조하면, 제5 실시예에 따른 엑스선 검출기(100)는 전자 전달층(150)이 포토컨덕터층(130)과 제1 전극(120) 및 포토컨덕터층(130)과 제2 전극(140) 사이에 존재한다.
- [0254] 도 6b는 빛이 조사되지 않았을 때의 에너지 밴드 다이어그램을 나타내며, 도 6c는 빛이 조사되었을 때의 에너지

밴드 다이어그램을 나타낸다.

- [0255] 도 6b에서와 같이, 전자 전달층(150)이 포토컨덕터층(130) 보다 밴드갭 에너지가 큰 물질을 포함함으로써, 전자 전달층(150)의 상부 및 하부에 모두 장벽(170)이 형성되며, 빛이 조사되지 않을 때, 전자 및 정공들이 제1 전극(120) 및 제2 전극(140)으로 이동하는 것을 차단하여 암전류가 발생하지 않을 수 있다.
- [0256] 도 6c에서와 같이, 빛이 조사되고, 인가 전압이 가해지면, 제1 전극(120)의 에너지 준위는 하강하고, 제2 전극(140)의 에너지 준위는 상승한다.
- [0257] 이로 인해 포토컨덕터층(130) 내의 전자는 제1 전극(120)으로는 원활하게 이동하고, 제2 전극(140)으로는 이동이 차단되며, 포토컨덕터층(130) 내의 정공은 제1 전극(120)으로는 이동이 차단되며, 제2 전극(140)으로는 이동하여 광전류가 원활하게 발생할 수 있다.
- [0258] 따라서, 본 발명의 제5 실시예에 따른 엑스선 검출기는 빛이 조사되지 않았을 때는 암전류가 생성되지 않고, 빛이 조사되었을 때는 광전류가 발생하여 광전류/암전류의 비율값이 높아지고 이로 인해 고해상도의 이미지를 구현할 수 있다.
- [0260] 도 7a은 본 발명의 제6 실시예에 따른 엑스선 검출기의 단면도를 도시한 것이다. 도 7a을 참조하면, 제6 실시예에 따른 엑스선 검출기(100)는 정공 전달층(160)이 포토컨덕터층(130)과 제1 전극(120) 사이에 존재한다.
- [0261] 도 7b는 빛이 조사되지 않았을 때의 에너지 밴드 다이어그램을 나타내며, 도 7c는 빛이 조사되었을 때의 에너지 밴드 다이어그램을 나타낸다.
- [0262] 도 7b에서와 같이, 정공 전달층(160)이 포토컨덕터층(130) 보다 밴드갭 에너지가 큰 물질을 포함함으로써, 정공 전달층(160)의 상부 및 하부에 모두 장벽(170)이 형성되어, 빛이 조사되지 않을 때, 전자 및 정공들이 제1 전극(120)으로 이동하는 것을 차단하여 암전류가 발생하는 것을 감소시킬 수 있다.
- [0263] 도 7c에서와 같이, 빛이 조사되고, 인가 전압이 가해지면, 제1 전극(120)의 에너지 준위는 하강하고, 제2 전극(140)의 에너지 준위는 상승한다.
- [0264] 이로 인해 포토컨덕터층(130) 내의 전자는 제1 전극(120)으로는 원활하게 이동하고, 포토컨덕터층(130) 내의 정공은 제1 전극(120)으로는 이동이 차단되며, 제2 전극(140)으로는 이동하여 광전류가 원활하게 발생할 수 있다.
- [0265] 따라서, 본 발명의 제6 실시예에 따른 엑스선 검출기는 빛이 조사되지 않았을 때는 암전류의 발생이 감소되고, 빛이 조사되었을 때는 광전류가 발생하여 광전류/암전류의 비율값이 높아지고 이로 인해 고해상도의 이미지를 구현할 수 있다.
- [0267] 도 8a은 본 발명의 제7 실시예에 따른 엑스선 검출기의 단면도를 도시한 것이다. 도 8a을 참조하면, 제7 실시예에 따른 엑스선 검출기(100)는 정공 전달층(160)이 포토컨덕터층(130)과 제2 전극(140) 사이에 존재한다.
- [0268] 도 8b는 빛이 조사되지 않았을 때의 에너지 밴드 다이어그램을 나타내며, 도 8c는 빛이 조사되었을 때의 에너지 밴드 다이어그램을 나타낸다.
- [0269] 도 8b에서와 같이, 정공 전달층(160)이 포토컨덕터층(130) 보다 밴드갭 에너지가 큰 물질을 포함함으로써, 정공 전달층(160)의 상부 및 하부에 모두 장벽(170)이 형성되어, 빛이 조사되지 않을 때, 전자 및 정공들이 제2 전극(140)으로 이동하는 것을 차단하여 암전류가 발생하는 것을 감소시킬 수 있다.
- [0270] 도 8c에서와 같이, 빛이 조사되고, 인가 전압이 가해지면, 제1 전극(120)의 에너지 준위는 하강하고, 제2 전극(140)의 에너지 준위는 상승한다.
- [0271] 이로 인해 포토컨덕터층(130) 내의 전자는 제1 전극(120)으로는 원활하게 이동하고, 제2 전극(140)으로는 이동이 차단되며, 포토컨덕터층(130) 내의 정공은 제2 전극(140)으로 이동하여 광전류가 원활하게 발생할 수 있다.
- [0272] 따라서, 본 발명의 제7 실시예에 따른 엑스선 검출기는 빛이 조사되지 않았을 때는 암전류의 발생이 감소되고, 빛이 조사되었을 때는 광전류가 발생하여 광전류/암전류의 비율값이 높아지고 이로 인해 고해상도의 이미지를 구현할 수 있다.

- [0274] 도 9a은 본 발명의 제8 실시예에 따른 엑스선 검출기의 단면도를 도시한 것이다. 도 9a을 참조하면, 제8 실시예에 따른 엑스선 검출기(100)는 정공 전달층(160)이 포토컨덕터층(130)과 제1 전극(120) 및 포토컨덕터층(130)과 제2 전극(140) 사이에 존재한다.
- [0275] 도 9b는 빛이 조사되지 않았을 때의 에너지 밴드 다이어그램을 나타내며, 도 9c는 빛이 조사되었을 때의 에너지 밴드 다이어그램을 나타낸다.
- [0276] 도 9b에서와 같이, 정공 전달층(160)이 포토컨덕터층(130) 보다 밴드갭 에너지가 큰 물질을 포함함으로써, 정공 전달층(160)의 상부 및 하부에 모두 장벽(170)이 형성되어, 빛이 조사되지 않을 때, 전자 및 정공들이 제1 전극(120) 및 제2 전극(140)으로 이동하는 것을 차단하여 암전류가 발생하지 않을 수 있다.
- [0277] 도 9c에서와 같이, 빛이 조사되고, 인가 전압이 가해지면, 제1 전극(120)의 에너지 준위는 하강하고, 제2 전극(140)의 에너지 준위는 상승한다.
- [0278] 이로 인해 포토컨덕터층(130) 내의 전자는 제1 전극(120)으로는 원활하게 이동하고, 제2 전극(140)으로는 이동이 차단되며, 포토컨덕터층(130) 내의 정공은 제1 전극(120)으로는 이동이 차단되며, 제2 전극(140)으로는 이동하여 광전류가 원활하게 발생할 수 있다.
- [0279] 따라서, 본 발명의 제8 실시예에 따른 엑스선 검출기는 빛이 조사되지 않았을 때는 암전류가 생성되지 않고, 빛이 조사되었을 때는 광전류가 발생하여 광전류/암전류의 비율값이 높아지고 이로 인해 고해상도의 이미지를 구현할 수 있다.
- [0281] 이하에서는 도 10를 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 엑스선 검출기를 포함하는 엑스선 시스템을 설명하기로 한다.
- [0283] 도 10는 본 발명의 실시예에 따른 엑스선 검출기를 포함하는 엑스선 시스템을 나타낸 것이다.
- [0284] 도 10는 본 발명의 실시예에 따른 엑스선 시스템을 의료 분야에 사용한 것을 도시한 것이나, 이에 제한되지 않고 반도체 분야 또는 산업 분야 등 다양한 분야에 적용될 수 있다.
- [0285] 도 10를 참조하면, 엑스선 시스템(200)은 엑스선(211)을 발생시키는 엑스선 발생기(210), 엑스선(211)을 검출하기 위한 엑스선 검출기(220), 엑스선 검출기(220)를 구동시키는 구동부(230), 엑스선 검출기(220)의 엑스선 검출 전압을 처리하는 데이터 처리부(240), 엑스선 검출 전압에 따른 영상 출력 신호를 출력하는 영상 신호 출력부(250) 및 영상 신호에 따라 영상을 출력하는 디스플레이 장치(260)를 포함할 수 있다.
- [0286] 엑스선 발생기(210)에서 발생된 엑스선(211)은 환자(270)의 피검사 부위(271)에 조사될 수 있다. 환자(270)의 피검사 부위(271)를 투과하는 엑스선은 엑스선 검출기(220)에 조사될 수 있다.
- [0287] 엑스선 발생기(210)는 형광색 등을 측정하기에 효과적인 폴리크로메틱(polychromatic) 방식으로, 촬영하고자 하는 피검체의 종류 및 엑스선 시스템의 사용 환경에 따라 선형, 원형, 아크형 또는 이들의 조합 중 어느 하나로 배열될 수 있고, 그 배열 밀도가 조절될 수 있다.
- [0288] 또한, 엑스선 발생기(210)는 하나의 단위 엑스선 발생기 또는 복수 개의 단위 엑스선 발생기일 수 있고, 겐트리(gentry) 엑스선 발생기일 수 있다.
- [0289] 엑스선 발생기(210)는 캐소드 전극, 에미터, 애노드 전극, 게이트 전극, 포커싱 전극 및 하나 이상의 절연 기둥을 포함할 수 있다. 또한, 엑스선 발생기(210)는 진공에서 작동될 수 있다.
- [0290] 캐소드 전극은 유리, 금속, 석영, 규소 또는 알루미늄으로 형성된 기관의 상부에 위치하는 것으로서, 캐소드 전극 상에는 점광원 형태 및/또는 면광원 형태의 에미터가 위치하게 된다.
- [0291] 에미터는 전자를 방출하는 역할을 수행하는 것으로서, 점광원 형태를 가질 수 있다. 이러한 점광원 형태의 에미터는 전자가 방출되는 선단이 뾰족한 형상을 가지는 한 그 형태가 특별히 제한되지는 않는다. 다만, 바람직하게는, 원뿔형, 사면체형 및 끝이 뾰족한 선단을 구비한 원기둥형 및 끝이 뾰족한 선단을 구비한 다면체형 중 어느 하나일 수 있다.
- [0292] 또한, 에미터의 종류는 특별히 제한되지 않으나, 금속, 탄소계열 물질로 구성된 전도성 물질이 사용될 수 있다.

- [0293] 한편, 에미터는 방출되는 전자의 궤적을 조절하거나 원하는 엑스선 발생기의 성능 등에 따라 점광원 형태뿐만 아니라 면광원 형태의 에미터가 사용될 수 있고, 이 경우, 면광원 형태의 에미터는 규소, 금속, 탄소계열 위에 형성된 탄소구조물 또는 금속이 사용될 수 있다.
- [0294] 애노드 전극은 에미터의 상측에 형성되고, 애노드 전극에는 전원을 인가하기 위한 전극 및/또는 DC 전원공급기가 형성될 수 있다. 이러한 애노드 전극의 재료는 일반적으로 구리, 텅스텐, 망간, 몰리브 또는 이들의 조합을 포함할 수 있고, 박막형 엑스레이의 경우 애노드 전극은 금속 박막으로 형성될 수 있다.
- [0295] 이러한 구성으로 인해, 에미터가 전자를 방출하는 경우에 방출된 전자는 애노드 전극을 구성하는 금속에 충돌한 후, 반사 또는 그 금속을 통과하면서 엑스선을 발생시킬 수 있다.
- [0296] 엑스선 검출기(220)는 제공된 엑스선(211)의 강도(intensity)에 대응하는 엑스선 검출 전압을 데이터 처리부(240) 및 영상 신호 출력부(250)를 거쳐 디스플레이 장치(260)로 제공할 수 있다.
- [0297] 엑스선 검출기(220)는 본 발명의 실시예에 따른 엑스선 검출기일 수 있다. 엑스선 검출기(220)는 도 2a 내지 도 9c를 참조하여 설명한 엑스선 검출기와 동일한 구성요소를 가지므로 중복되는 구성요소에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0298] 디스플레이 장치(260)는 영상 신호에 대응하는 엑스선 영상을 실시간으로 디스플레이할 수 있다. 일례로, 디스플레이 장치(260)는 액정표시장치(LCD, Liquid Crystal Display) 등으로 구성될 수 있다.
- [0299] 이하 도 11를 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 엑스선 검출기를 포함하는 엑스선 회절(XRD) 분석 장치에 대해 설명하기로 한다.
- [0301] 도 11는 본 발명의 실시예에 따른 엑스선 검출기는 엑스선 회절(XRD) 분석 장치를 도시한 것이다.
- [0302] 본 발명의 실시예에 따른 엑스선 검출기는 엑스선 회절(XRD) 분석 장치에 사용될 수 있다.
- [0303] 도 11를 참조하면, 엑스선 회절(XRD) 분석 장치(300)는 엑스선을 조사하는 엑스선 발생기(320) 및 피검체(310)에 부딪혀 반사 또는 회절되는 엑스선을 검출하는 엑스선 검출기(330)를 포함한다.
- [0304] 피검체(310)는 엑스선 검출기(330)와 소정의 거리만큼 이격되고, 엑스선 발생기(320) 및 엑스선 검출기(330)는 피검체(310)를 중심으로 소정의 각도를 가지도록 배치될 수 있다. 다만, 소정의 거리 및 각도는 엑스선 시스템의 종류 및 사용 환경에 따라 변경될 수 있다.
- [0305] 엑스선 발생기(320)는 도 10을 참조하여 설명한 엑스선 발생기와 동일한 구성요소를 가지므로 중복되는 구성요소에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0306] 엑스선 검출기(330)는 본 발명의 실시예에 따른 엑스선 검출기일 수 있다. 엑스선 검출기(330)는 도 2a 내지 도 9c를 참조하여 설명한 엑스선 검출기와 동일한 구성요소를 가지므로 중복되는 구성요소에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0307] 엑스선 회절(XRD) 분석 장치(300)는 본 발명의 실시예에 따른 엑스선 검출기(330)를 포함함으로써, 엑스선에 대한 내구성 및 안정성을 향상시킬 수 있다.
- [0308] 또한, 엑스선 회절(XRD) 분석 장치(300)는 본 발명의 실시예에 따른 엑스선 검출기(330)를 사용하여 국소의 이미지를 인지함으로써, 엑스선 촬영을 통해 고해상도의 이미지를 얻고, 결정성 물질의 구조 분석에 이용이 가능하며, 성능을 향상시킬 수 있다.
- [0309] 또한, 엑스선 회절(XRD) 분석 장치(300)는 측정하고자 하는 샘플에 엑스선의 각도를 변화시키면서 회절되는 엑스선의 강도를 기록하여 강도가 다른 복수의 회절피크로부터 패턴을 얻을 수 있다. 이를 통해, 재료의 성분 분석할 수 있고, 재료의 배향성을 측정 및 해석할 수 있다.
- [0310] 이하 도 12를 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 엑스선 검출기를 포함하는 비파괴 검사 장치의 응용 분야에 대해 설명하기로 한다.
- [0312] 도 12는 본 발명의 실시예에 따른 엑스선 검출기는 비파괴 검사 장치의 응용 분야를 도시한 것이다.

- [0313] 본 발명의 실시예에 따른 비파괴 검사 장치는 엑스선을 조사하는 엑스선 발생기 및 피검체에 투과되는 엑스선을 검출하는 본 발명의 실시예에 따른 엑스선 검출기를 포함한다.
- [0314] 엑스선 발생기는 도 10과 동일한 구성요소를 가지므로 중복되는 구성요소에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0315] 엑스선 검출기는 피검체를 사이에 두고 엑스선 발생기 반대측에 배치된다.
- [0316] 엑스선 검출기는 본 발명의 실시예에 따른 엑스선 검출기일 수 있다. 엑스선 검출기는 도 2a 내지 도 9c를 참조하여 설명한 엑스선 검출기와 동일한 구성요소를 가지므로 중복되는 구성요소에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0317] 본 발명의 실시예에 따른 비파괴 검사 장치는 본 발명의 실시예에 따른 엑스선 검출기를 포함함으로써, 엑스선에 대한 내구성 및 안정성을 향상시킬 수 있다.
- [0318] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 비파괴 검사 장치는 본 발명의 실시예에 따른 엑스선 검출기를 사용하여 국소의 이미지를 인지함으로써, 엑스선 촬영을 통해 고해상도의 이미지를 얻고, 결정성 물질의 구조 분석에 이용이 가능하며, 성능을 향상시킬 수 있다.
- [0319] 한편, 각종 구조물(반도체 재료, 석유 배관, 기구, 구조물, 보수 검사 등)은 급속히 대형화, 고압화 또는 고속화되어 있어, 그것의 품질과 규모에 큰 변화를 가져오고 있으며, 아울러 안전성에 대한 신뢰도가 중요한 문제로 대두되고 있다.
- [0320] 모든 재료는 완전무결할 수 없기 때문에 수명이 영구적일 수 없으므로, 재료로부터 결함이 있을 뿐만 아니라 가공 중 및 사용 중에도 결함이 발생하고 성장함으로 재료의 수명에 영향을 준다.
- [0321] 본 발명의 실시예에 따른 비파괴 검사 장치는 이러한 구조물에 어느 정도의 결함이 존재하는지, 그 결함이 이들의 사용조건에서 얼마나 유해한지를 판단하는 자료를 제공할 수 있다. 즉, 본 발명의 실시예에 따른 비파괴 검사 장치를 이용하여 구조물의 상태를 확인하여 위해하다고 판단되는 결함 등을 미리 기록하여 수명을 연장시킬 수 있다.
- [0323] 본 발명의 실시예에 따른 엑스선 검출기는 관전압(Tube voltage)에 따라 응용되는 분야가 다르다. 엑스선 검출기의 응용분야에 따른 관전압 및 공간분해능을 하기 표 1에 나타내었다.

표 1

응용분야	관전압(kpV)	공간분해능(lp/mm)
결정학(crystallography)	8-20	10
비파괴 검사	30-600	5-10
흉부	80-150	~6
mammo(mammo)	20-30	15-20
덴탈	50-70	7-10
마이크로 CT	24-50	20

- [0326] 표 1을 참조하면, 예를 들어, mammo의 경우 뼈가 없기 때문에 관전압을 낮게 조사해도 되지만, 흉부의 경우 뼈와 피로 구성되어 있어 인체 내를 투과해야 하기 때문에 관전압이 크게 조사된다. 이와 같이, 응용분야에 따라 엑스선 검출기에 관전압을 다르게 조사하게 된다.
- [0327] 또한, 관전압이 달라짐에 따라 포토컨덕터층의 두께는 달라지게 된다. 구체적으로, 더 큰 에너지의 포톤(photon)들을 흡수하기 위해서는 포토컨덕터층의 두께는 두껍게 형성돼야 하며, 포토컨덕터층의 구성원소에 따라 그 두께 또한 달라질 수 있다.
- [0328] 엑스선은 에너지가 높기 때문에 어레이 기관의 트랜지스터 및 커패시터 등의 손상을 최소화하기 위해, 포토컨덕터층에서 엑스선을 90% 이상 흡수하는 것이 가장 이상적이지만, 이를 위해서는 포토컨덕터층의 두께가 두꺼워진다는 단점이 있다. 따라서 최소한 10% 이상을 흡수하는 포토컨덕터층을 제조해야 하며, 바람직하게는 63% 이상

의 흡수를 갖는 두께로 제조하는 것이 바람직하다.

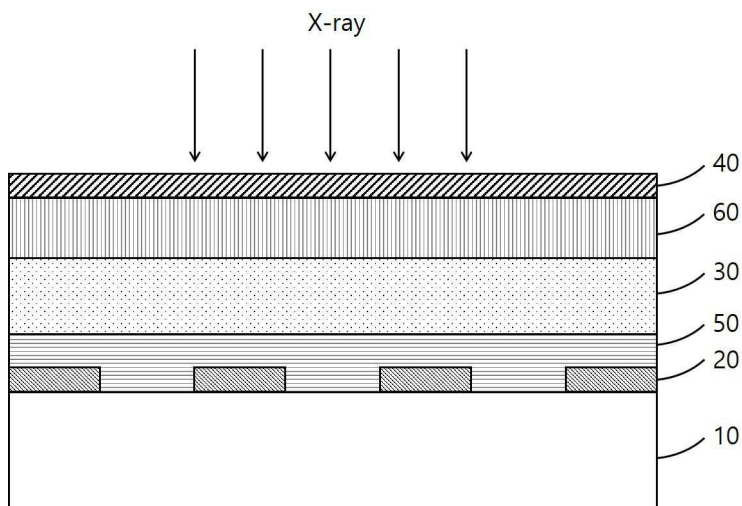
- [0330] 본 발명의 실시예에 따른 엑스선 검출기는 암전류를 발생시키지 않기 위해 전자 전달층 또는 정공 전달층을 포토컨덕터층의 일면 또는 양면에 형성하고, 이로 인해 광전류/암전류의 비율값이 높아져 고해상도의 이미지를 구현할 수 있다.
- [0331] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 엑스선 검출기는 상기와 같이 비파괴 검사 장치 등 적용되는 다양한 분야에서도 고해상도의 이미지를 구현할 수 있다.
- [0333] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

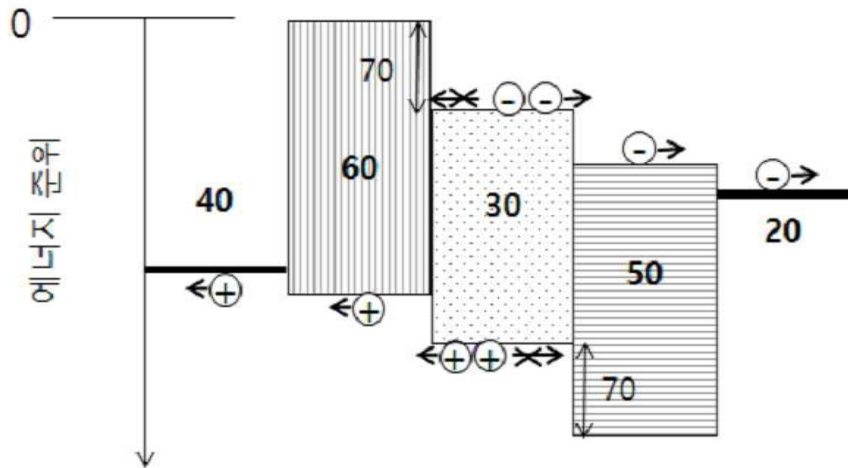
- [0335]
- | | |
|------------------------|-------------------|
| 100, 220, 330: 엑스선 검출기 | 10, 110: 기판 |
| 20, 120: 제1 전극 | 30, 130: 포토컨덕터층 |
| 40, 140: 제2 전극 | 50, 150: 전자 전달층 |
| 60, 160: 정공 전달층 | 70, 170 : 장벽 |
| 200: 엑스선 시스템 | 210: 엑스선 발생기 |
| 211: 엑스선 | 230: 구동부 |
| 240: 데이터 처리부 | 250: 영상 신호 출력부 |
| 260: 디스플레이 장치 | 270: 환자 |
| 271: 피검사 부위 | 300: 엑스선 회절 분석 장치 |
| 310: 피검체 | 320: 엑스선 발생기 |

도면

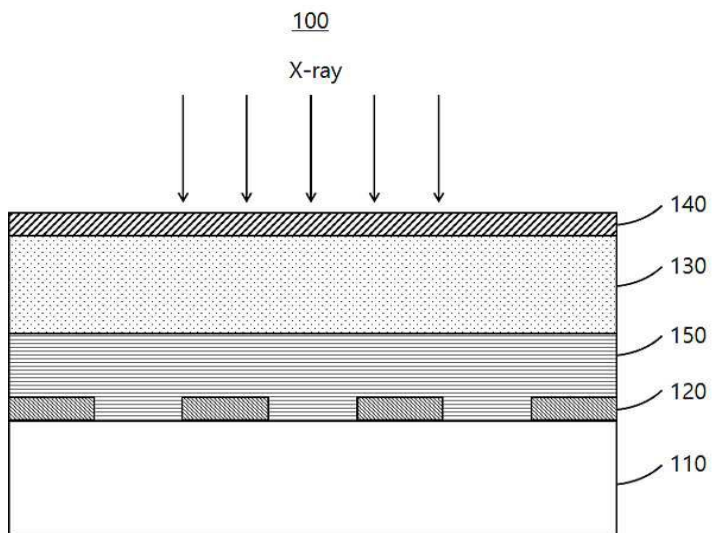
도면1a



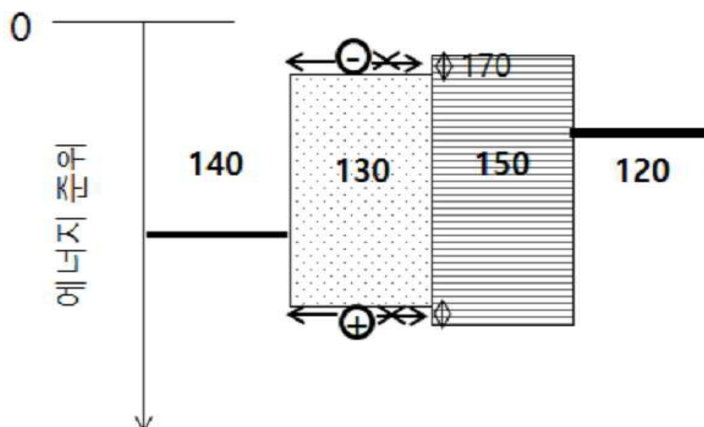
도면1b



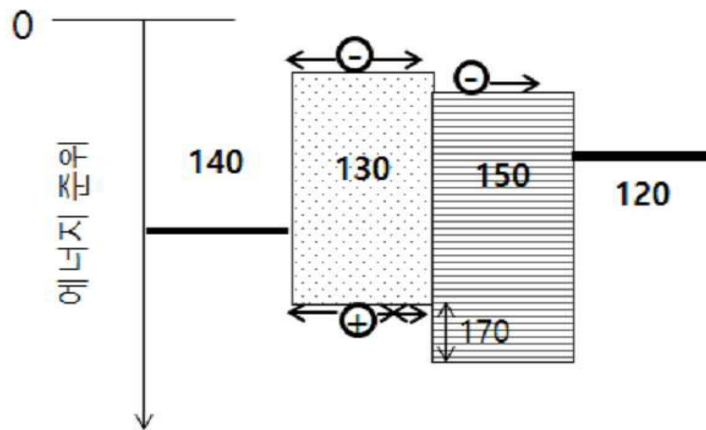
도면2a



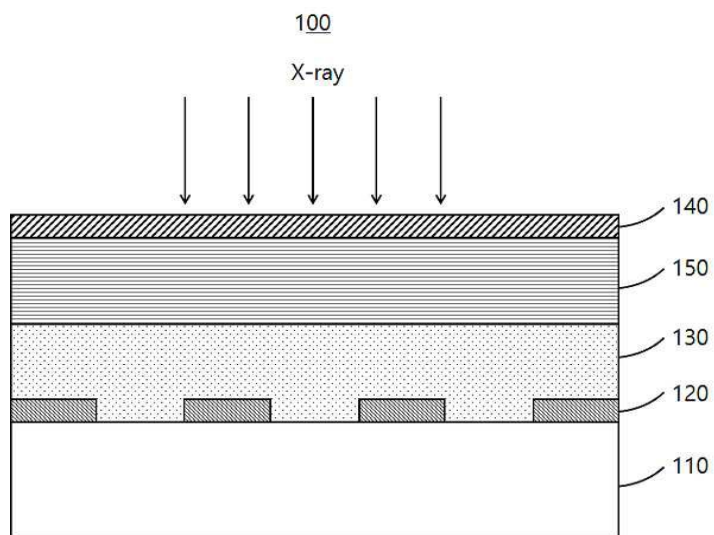
도면2b



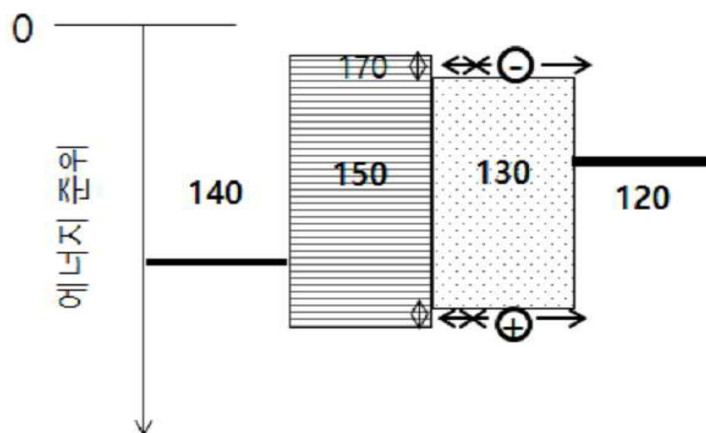
도면2c



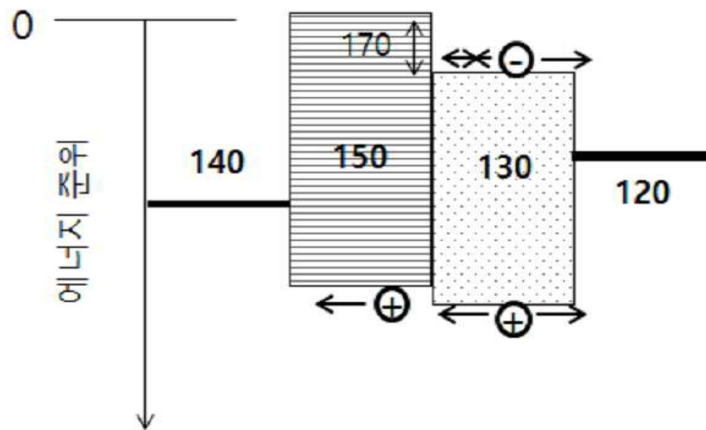
도면3a



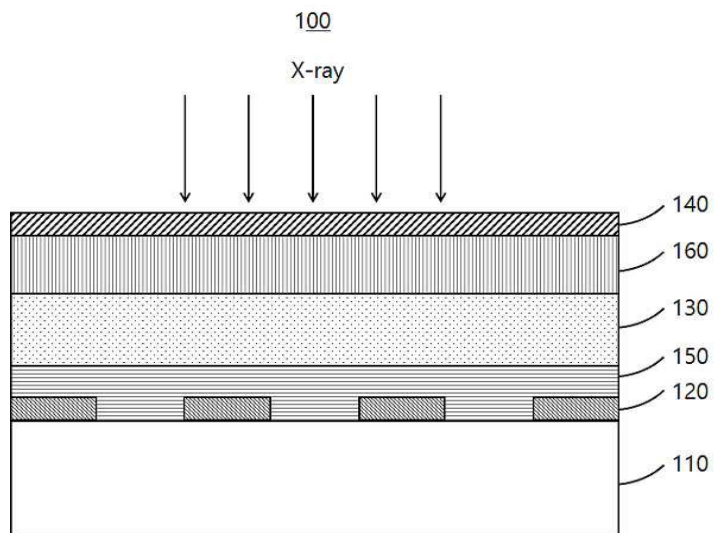
도면3b



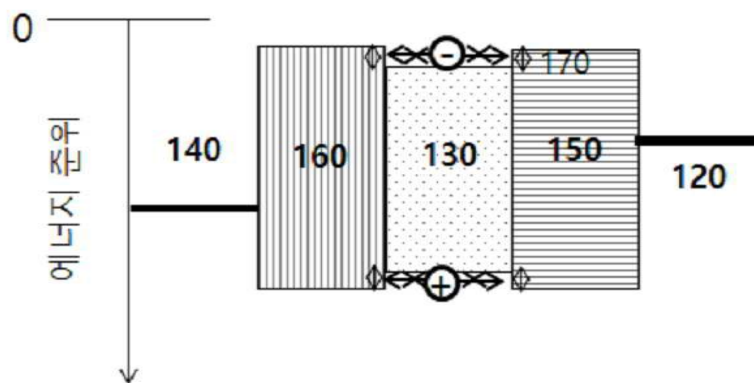
도면3c



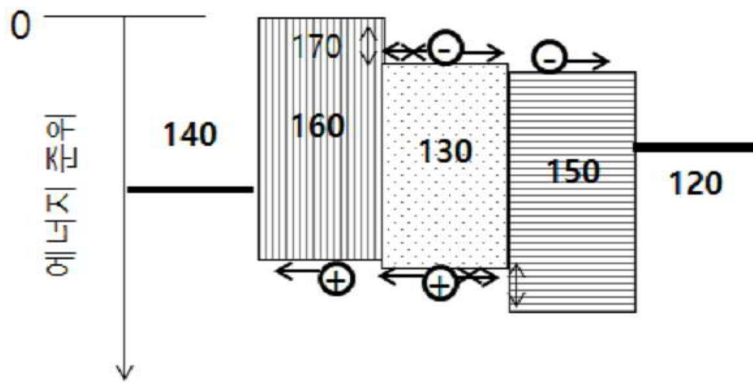
도면4a



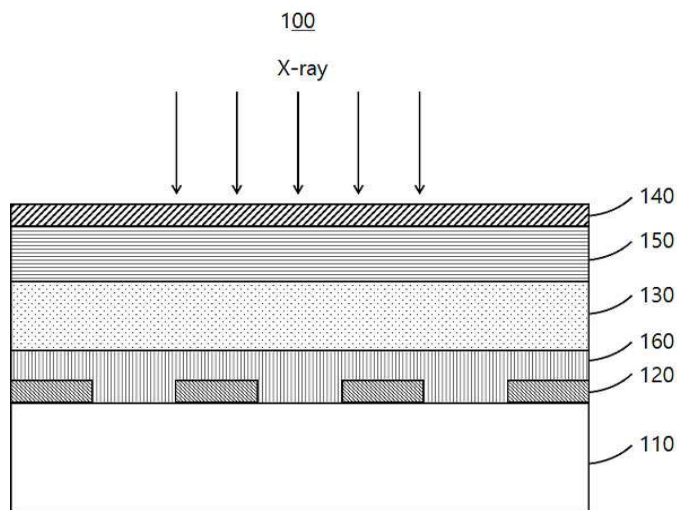
도면4b



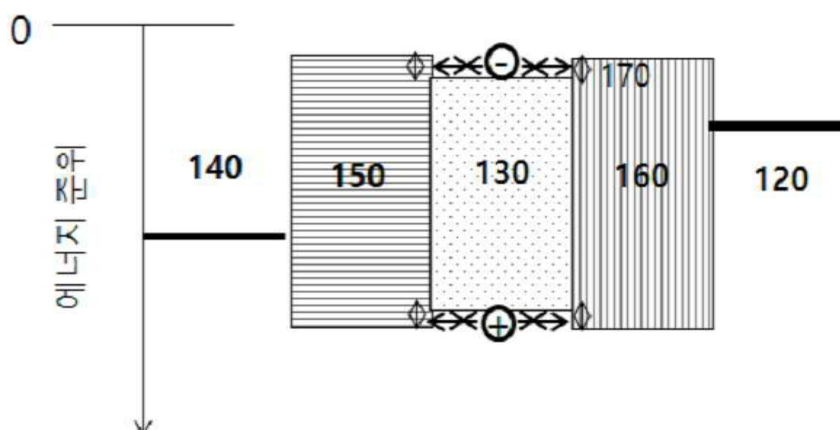
도면4c



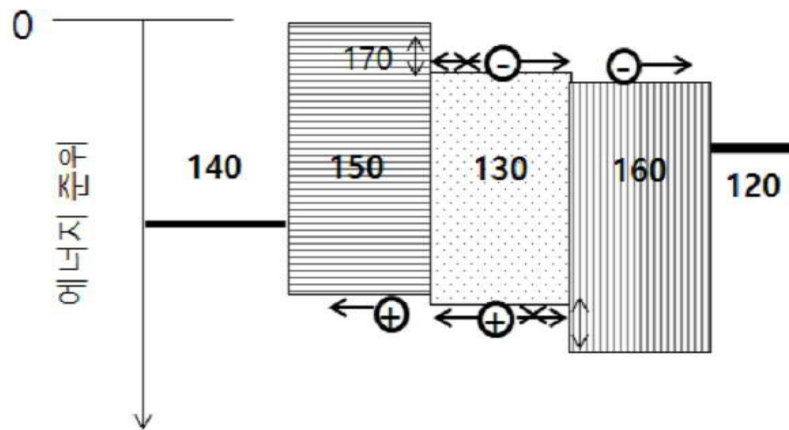
도면5a



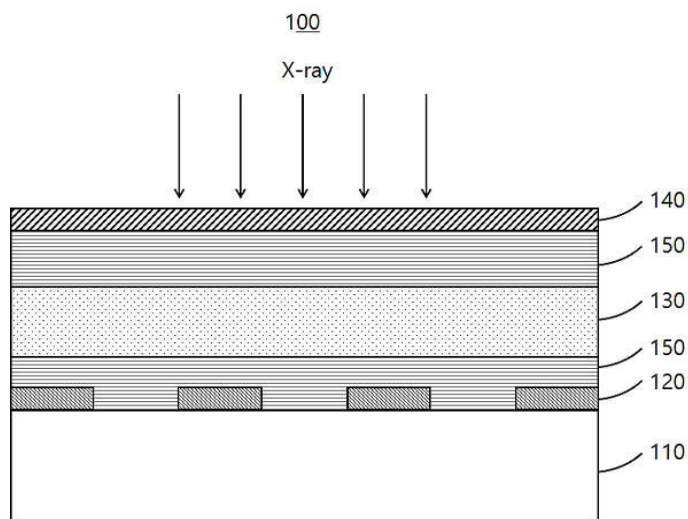
도면5b



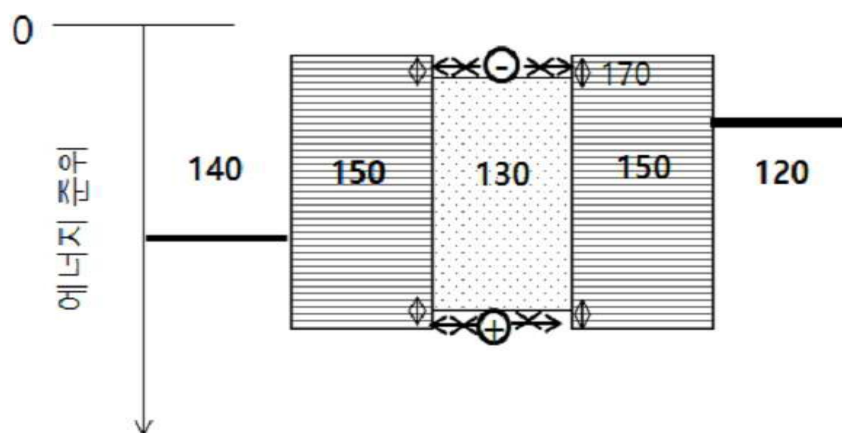
도면5c



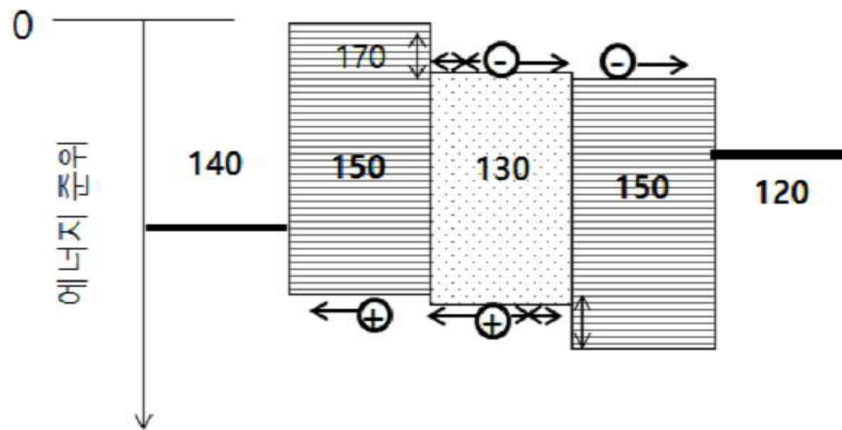
도면6a



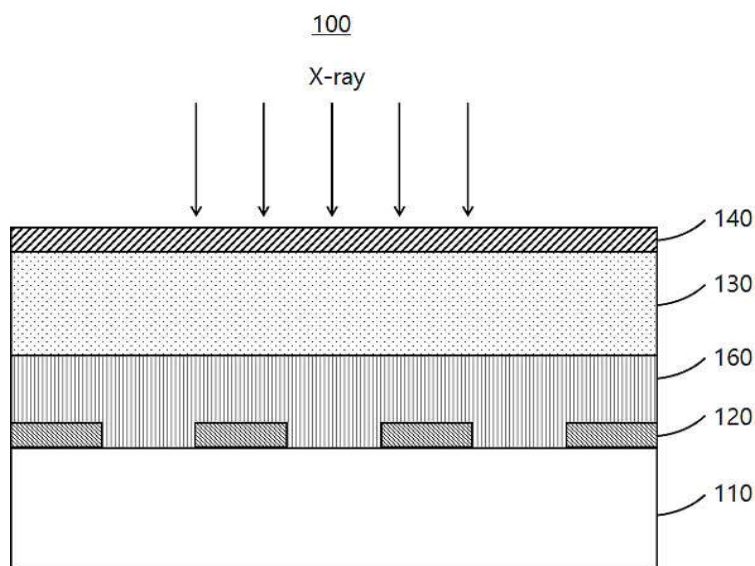
도면6b



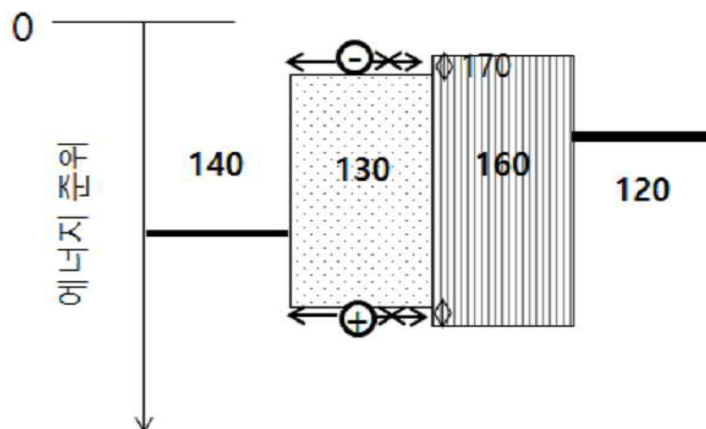
도면6c



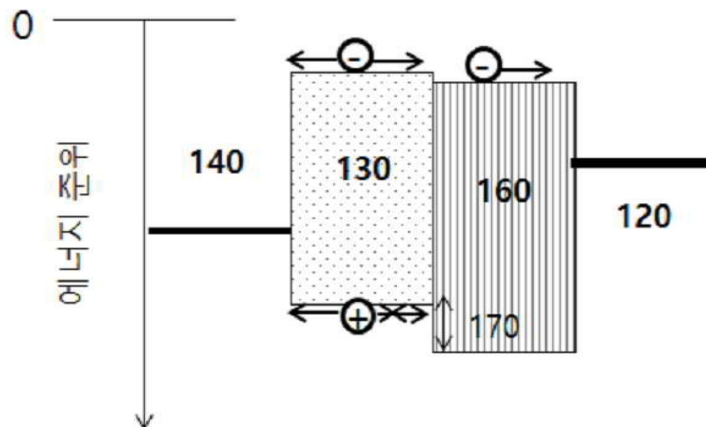
도면7a



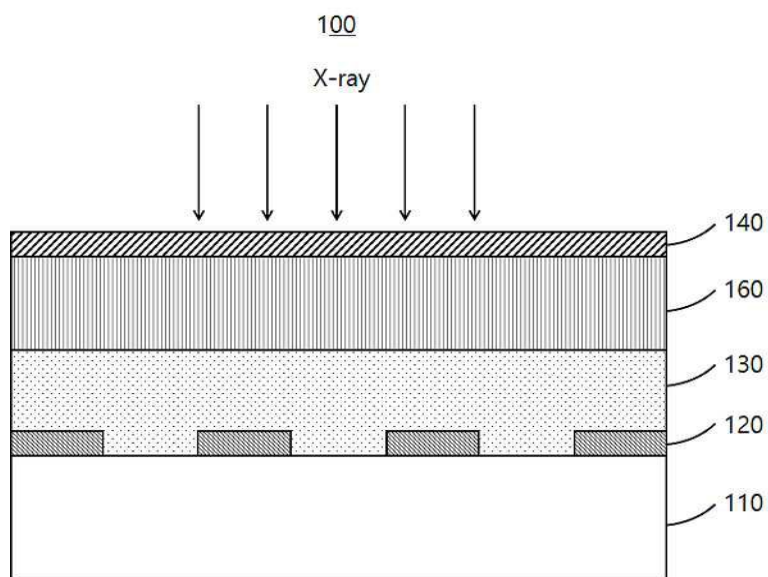
도면7b



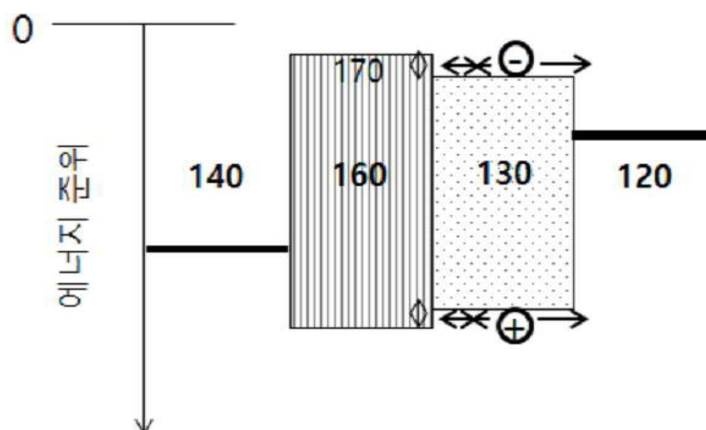
도면7c



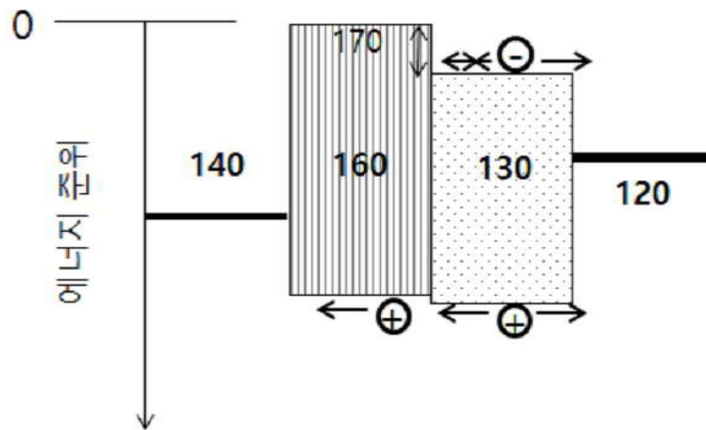
도면8a



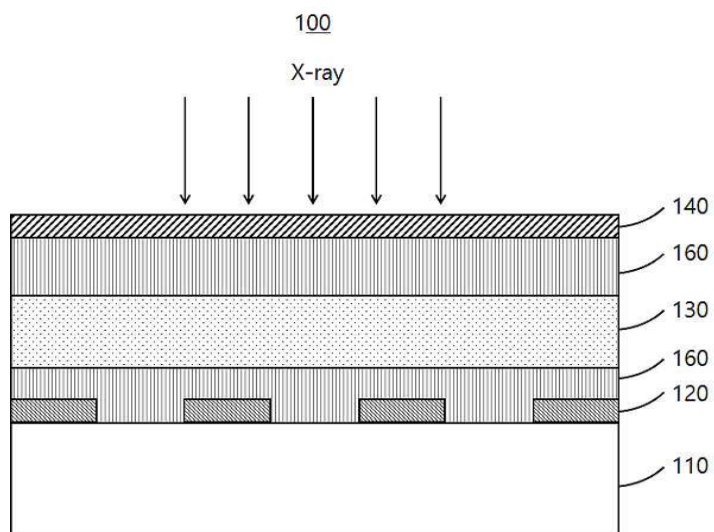
도면8b



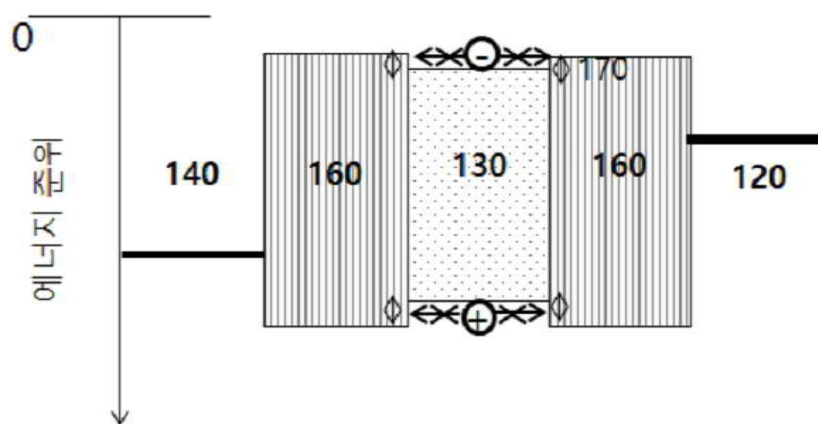
도면8c



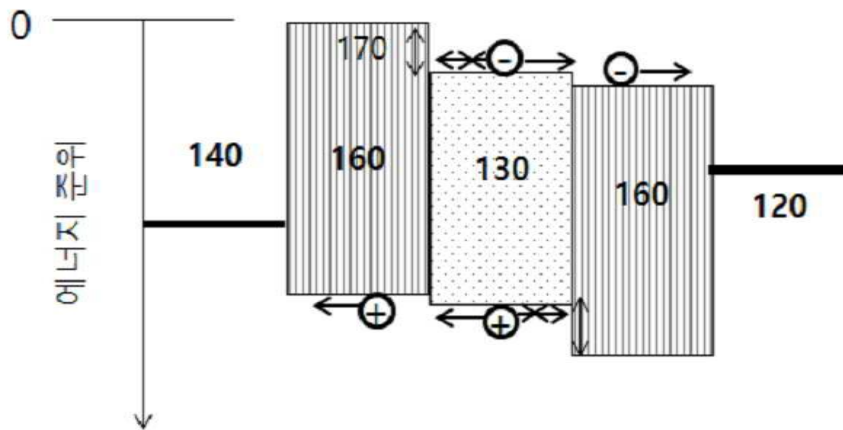
도면9a



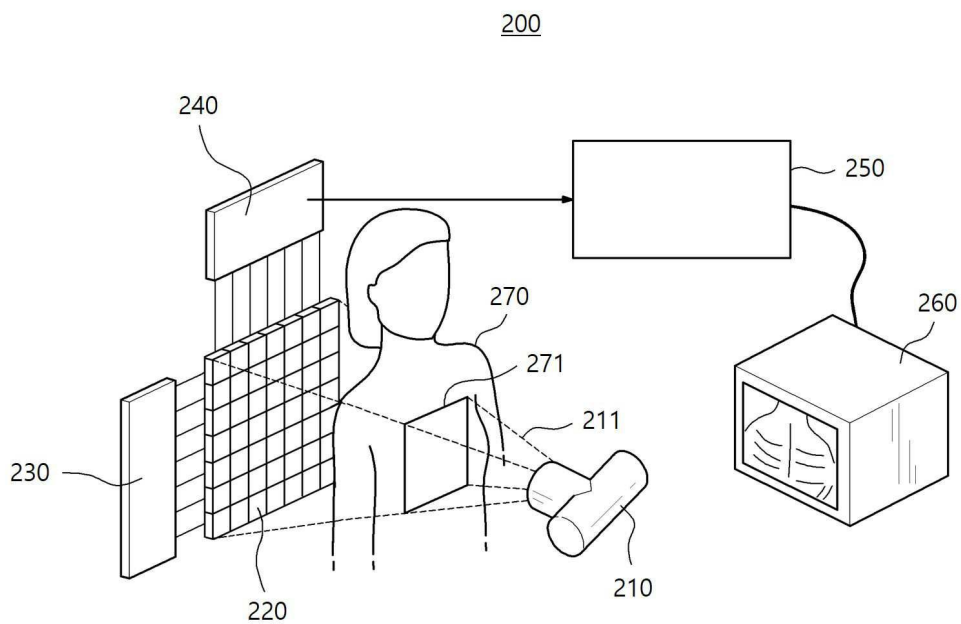
도면9b



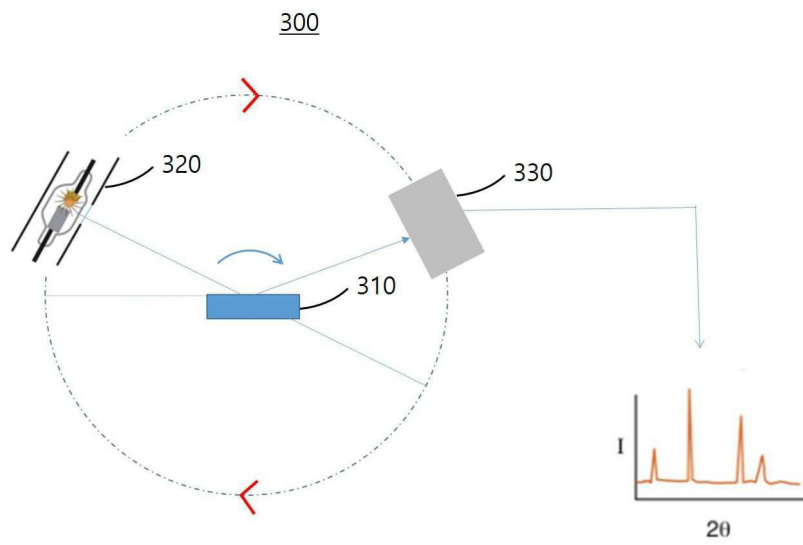
도면9c



도면10



도면11



도면12

