



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년11월18일
(11) 등록번호 10-2468969
(24) 등록일자 2022년11월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01T 1/24 (2006.01) G01N 23/04 (2018.01)
G01T 1/161 (2006.01) G01T 1/164 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01T 1/24 (2021.01)
G01N 23/04 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0007903
(22) 출원일자 2021년01월20일
심사청구일자 2021년01월20일
(65) 공개번호 10-2022-0105334
(43) 공개일자 2022년07월27일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020140056670 A*
KR1020170045040 A*
US20040016886 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
안종현
서울특별시 서대문구 연세로 50
김범진
서울특별시 서대문구 연세로 50
(74) 대리인
권성현, 유광철, 백두진, 강일신, 김정연

전체 청구항 수 : 총 11 항

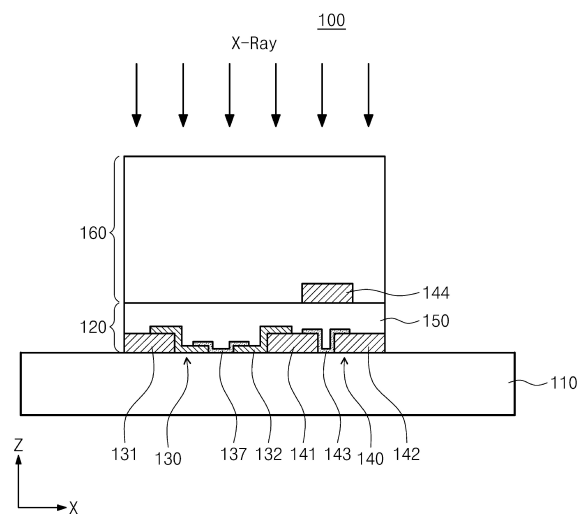
심사관 : 이해춘

(54) 발명의 명칭 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기

(57) 요약

높은 해상도의 이미지를 얻을 수 있고, 실시간 이미징이 가능하며, 높은 유연성을 가져 원형 배관 등 다양한 구조로 사용될 수 있는 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기가 개시된다. 본 발명의 실시예에 따른 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기는: 유연 기판; 상기 유연 기판 상에 형성되고, 입사광과 반응하여 전기적 특성이 변화하며 유연성을 가지는 제1 2차원 반도체 물질을 포함하는 광 반응층을 포함하는 광 검출부; 및 상기 유연 기판 상에 형성되고, 상기 광 검출부와 전기적으로 연결되며, 상기 입사광과 반응에 의해 상기 광 검출부에서 발생하는 광 검출 신호를 증폭시켜 출력하는 박막 트랜지스터를 포함한다. 상기 박막 트랜지스터는: 상기 유연 기판 상에 형성되는 소스 전극 및 드레인 전극; 및 상기 유연 기판 상에 상기 소스 전극과 상기 드레인 전극 사이에 형성되고, 유연성을 가지는 제2 2차원 반도체 물질을 포함하는 채널층을 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01T 1/1618 (2013.01)

G01T 1/1645 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415168971
과제번호	20009552
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원
연구사업명	조선해양산업기술개발(R&D)
연구과제명	조선소 생산성 향상을 위한 용접부 품질관리 디지털 방사선투과검사 자동화 시스템
개발	
기 여 율	1/1
과제수행기관명	고려공업검사(주)
연구기간	2020.04.01 ~ 2020.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

유연 기판;

상기 유연 기판 상에 형성되고, 입사광과 반응하여 전기적 특성이 변화하며 유연성을 가지는 제1 2차원 반도체 물질을 포함하는 광 반응층 및 인터디짓 구조 전극을 포함하는 광 검출부; 및

상기 유연 기판 상에 형성되고, 상기 광 검출부와 전기적으로 연결되며, 상기 입사광과 반응에 의해 상기 광 검출부에서 발생하는 광 검출 신호를 증폭시켜 출력하는 박막 트랜지스터를 포함하고,

상기 박막 트랜지스터는:

상기 유연 기판 상에 형성되는 소스 전극 및 드레인 전극; 및

상기 유연 기판 상에 상기 소스 전극과 상기 드레인 전극 사이에 형성되고, 유연성을 가지는 제2 2차원 반도체 물질을 포함하는 채널층을 포함하고,

상기 광 반응층의 상기 제1 2차원 반도체 물질은 상기 인터디짓 구조 전극을 덮도록 형성되고,

상기 인터디짓 구조 전극은:

상기 유연 기판 상에 형성되고, 전극 배선 라인에 전기적으로 연결되는 제1 전극 라인;

상기 유연 기판 상에 형성되고, 상기 제1 전극 라인에 전기적으로 연결되어 소정 간격으로 배열되는 다수의 제1 인터디짓 전극;

상기 유연 기판 상에 형성되고, 상기 박막 트랜지스터에 전기적으로 연결되며, 상기 제1 전극 라인과 이격되어 연장되는 제2 전극 라인; 및

상기 유연 기판 상에 형성되고, 상기 제2 전극 라인에 전기적으로 연결되어 상기 다수의 제1 인터디짓 전극의 사이에 배열되는 다수의 제2 인터디짓 전극을 포함하는, 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 2차원 반도체 물질은 제1 전이금속 칼코게나이드 물질을 포함하는, 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제1 전이금속 칼코게나이드 물질은 이황화몰리브덴, 이셀레늄화텅스텐, 또는 몰리브덴 디텔루라이드를 포함하는, 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제2 2차원 반도체 물질은 제2 전이금속 칼코게나이드 물질을 포함하는, 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제2 전이금속 칼코게나이드 물질은 이황화몰리브덴, 이셀레늄화텅스텐, 또는 몰리브덴 디텔루라이드를 포

합하는, 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 유연 기관 상에 형성되고, 상기 광 검출부 및 상기 박막 트랜지스터를 덮는 절연층; 및

상기 절연층 상에 형성되고, 입사되는 방사선의 파장을 변환하여 상기 광 검출부로 전달하며, 유연성을 가지는 신틸레이터 물질을 포함하는 파장 변환층을 더 포함하는, 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 신틸레이터 물질은 가돌리늄 옥시설파이드, 요오드화 세슘, 또는 요오드화 나트륨을 포함하는, 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 인터디짓 구조 전극은 2차원 반금속 물질을 포함하는, 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 인터디짓 구조 전극은 상기 드레인 전극 또는 상기 소스 전극과 전기적으로 연결되는, 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 2차원 반금속 물질은 그래핀을 포함하는, 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기.

청구항 11

삭제

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 다수의 제1 인터디짓 전극 및 상기 다수의 제2 인터디짓 전극은 그래핀으로 이루어지고, 상기 광 반응층의 상기 제1 2차원 반도체 물질은 상기 다수의 제1 인터디짓 전극 및 상기 다수의 제2 인터디짓 전극을 덮도록 구성되고, 상기 제1 2차원 반도체 물질은 이황화 몰리브덴, 이셀레늄화텅스텐, 또는 몰리브덴 디텔루라이드를 포함하는, 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기에 관한 것으로, 보다 상세하게는 높은 해상도의 이미지를 얻을 수 있고, 실시간 이미징이 가능하며, 높은 유연성을 가져 원형 배관 등 다양한 구조로 사용될 수 있는 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 조선소 등에서 수행되는 비파괴 검사는 아날로그 필름 방식을 이용하여 사람이 직접 방사선 조사 영역에 들어가서 아날로그 필름을 배관에 부착하는 방식으로 이루어지고 있다. 때문에 안전상의 문제가 항상 존재하였으며, 비파괴 검사시마다 매번 필름을 부착해야 하므로, 추가적인 인력을 필요로 하는 문제가 있었다.

또한, 감도가 낮아 방사선 조사 시간이 길고, 이미지를 얻기 위해 X-선 조사 후 화학적 현상 과정을 추가적으로 거쳐야 하므로, 공정 과정이 길고 복잡하며 시간이 많이 드는 문제도 있다.

[0003] 한편 디지털 방식의 X-선 검출기는 화학적 현상 과정은 필요 없지만, $1\text{cm}^2/\text{Vs}$ 미만의 낮은 모빌리티를 가지는 비정질 실리콘(Si) 기반으로 제작되므로 이미지 해상도가 낮고, 동작 속도가 느린 단점이 있으며, 실시간 이미지를 얻는데 불리하다. 또한, Si의 높은 영률($\sim 185\text{GPa}$)과 낮은 파괴 변형율($\sim 0.2\%$)로 인해 딱딱한 평판 형태로 X-선 검출기를 제작할 수밖에 없어 원형 배관 등 다양한 구조에 적용하기 어렵고, 비네팅 효과에 의해 가장자리에서 이미지 해상도가 떨어지는 문제도 있다.

[0004] 한편, 최근 개발된 산화물 반도체(IGZO, ITZO) 기반의 X-선 검출기는 약 $10\text{cm}^2/\text{Vs}$ 의 모빌리티를 가지며, 비정질 실리콘에 비해 약 10배 이상 모빌리티가 우수하지만, 낮은 파괴 변형율($0.5\%\sim 1\%$)로 인해 유연성에 한계가 있으며, 유연 X-선 검출기로 적용되기에 적합하지 않다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 높은 해상도의 이미지를 얻을 수 있고, 실시간 이미징이 가능하며, 높은 유연성을 가져 원형 배관 등 다양한 구조로 사용될 수 있는 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기를 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 실시예에 따른 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기는: 유연 기판; 상기 유연 기판 상에 형성되고, 입사광과 반응하여 전기적 특성이 변화하며 유연성을 가지는 제1 2차원 반도체 물질을 포함하는 광 반응층을 포함하는 광 검출부; 및 상기 유연 기판 상에 형성되고, 상기 광 검출부와 전기적으로 연결되며, 상기 입사광과 반응에 의해 상기 광 검출부에서 발생하는 광 검출 신호를 증폭시켜 출력하는 박막 트랜지스터를 포함한다.

[0007] 상기 박막 트랜지스터는: 상기 유연 기판 상에 형성되는 소스 전극 및 드레인 전극; 및 상기 유연 기판 상에 상기 소스 전극과 상기 드레인 전극 사이에 형성되고, 유연성을 가지는 제2 2차원 반도체 물질을 포함하는 채널층을 포함한다.

[0008] 상기 제1 2차원 반도체 물질은 제1 전이금속 칼코게나이드 물질을 포함할 수 있다.

[0009] 상기 제1 전이금속 칼코게나이드 물질은 이황화몰리브덴, 이셀레늄화텅스텐, 몰리브덴 디텔루라이드 등을 포함할 수 있다.

[0010] 상기 제2 2차원 반도체 물질은 제2 전이금속 칼코게나이드 물질을 포함할 수 있다.

[0011] 상기 제2 전이금속 칼코게나이드 물질은 이황화몰리브덴, 이셀레늄화텅스텐, 몰리브덴 디텔루라이드 등을 포함할 수 있다.

[0012] 본 발명의 실시예에 따른 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기는: 상기 유연 기판 상에 형성되고, 상기 광 검출부 및 상기 박막 트랜지스터를 덮는 절연층; 및 상기 절연층 상에 형성되고, 입사되는 방사선의 파장을 변환하여 상기 광 검출부로 전달하며, 유연성을 가지는 신틸레이터 물질을 포함하는 파장 변환층을 더 포함할 수 있다.

[0013] 상기 신틸레이터 물질은 가돌리늄 옥시설파이드, 요오드화 세슘, 요오드화 나트륨 등을 포함할 수 있다.

[0014] 상기 광 검출부는 2차원 반금속 물질을 포함하는 인터디짓 구조 전극을 더 포함할 수 있다.

[0015] 상기 광 반응층의 상기 제1 2차원 반도체 물질은 상기 인터디짓 구조 전극을 덮도록 형성될 수 있다.

[0016] 상기 인터디짓 구조 전극은 상기 드레인 전극 또는 상기 소스 전극과 전기적으로 연결될 수 있다.

[0017] 상기 2차원 반금속 물질은 그래핀을 포함할 수 있다.

[0018] 상기 인터디짓 구조 전극은: 상기 유연 기판 상에 형성되고, 전극 배선 라인에 전기적으로 연결되며, 제1 방향으로 연장되는 제1 전극 라인; 상기 유연 기판 상에 형성되고, 상기 제1 전극 라인에 전기적으로 연결되고, 상기 제1 방향에 수직인 제2 방향으로 연장되며, 소정 간격으로 배열되는 다수의 제1 인터디짓 전극; 상기 유연

기관 상에 형성되고, 상기 박막 트랜지스터에 전기적으로 연결되며, 상기 제1 전극 라인과 이격되어 상기 제1 방향으로 연장되는 제2 전극 라인; 및 상기 유연 기관 상에 형성되고, 상기 제2 전극 라인에 전기적으로 연결되고, 상기 제2 방향으로 연장되며, 상기 다수의 제1 인터디짓 전극의 사이에 배열되는 다수의 제2 인터디짓 전극을 포함할 수 있다.

[0019] 상기 다수의 제1 인터디짓 전극 및 상기 다수의 제2 인터디짓 전극은 그래핀으로 이루어질 수 있다. 상기 광 반응층의 상기 제1 2차원 반도체 물질은 상기 다수의 제1 인터디짓 전극 및 상기 다수의 제2 인터디짓 전극을 덮도록 구성될 수 있다. 상기 제1 2차원 반도체 물질은 이황화 몰리브덴, 이셀레늄화텅스텐, 몰리브덴 디텔루라이드 등을 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0020] 본 발명의 실시예에 의하면, 높은 해상도의 이미지를 얻을 수 있고, 실시간 이미징이 가능하며, 높은 유연성을 가져 원형 배관 등 다양한 구조로 사용될 수 있는 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기가 제공된다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기를 나타낸 단면도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기를 구성하는 광 검출기의 평면도이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기를 구성하는 인터디짓 구조 전극을 나타낸 평면도이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기를 구성하는 광 반응층을 나타낸 평면도이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기의 레이아웃을 나타낸 평면도이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기를 구성하는 광 검출부의 빛의 세기에 따른 동작 특성을 나타낸 그래프이다.

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기를 구성하는 박막 트랜지스터의 동작 특성을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있다. 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

[0023] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기를 나타낸 단면도이다. 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기를 구성하는 광 검출기의 평면도이다.

[0024] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기(100)는 유연 기관(110), 광 검출기(120), 및 파장 변환층(160)을 포함할 수 있다.

[0025] 유연 기관(110)은 예를 들어, 폴리이미드(PI; Poly Imid) 기관, 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET; Poly(ethylene terephthalate)), Su-8 기관, 초박막유리(UTG; ultra thin glass) 기관과 같이, 유연성(flexibility)을 가지는 기관일 수 있다.

[0026] 광 검출기(120)는 유연 기관(110) 상에 형성될 수 있다. 광 검출기(120)는 광 검출부(130), 박막 트랜지스터(140) 및 절연층(150)을 포함할 수 있다.

[0027] 광 검출부(130)는 유연 기관(110) 상에 형성될 수 있다. 광 검출부(130)는 입사광과 반응하여 전기적 특성이 변화하며 유연성을 가지는 제1 2차원 반도체 물질을 포함하는 광 반응층(137)을 포함할 수 있다.

- [0028] 실시예에서, 광 검출부(130)의 제1 2차원 반도체 물질은 제1 전이금속 칼코게나이드 물질을 포함할 수 있다. 실시예에서, 제1 전이금속 칼코게나이드 물질은 우수한 광반응성($\sim 38\text{A/W}$)을 나타내는 이황화몰리브덴(MoS_2), 이셀레늄화텅스텐, 몰리브덴 디텔루라이드 등을 포함할 수 있다.
- [0029] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기를 구성하는 인터디짓 구조 전극을 나타낸 평면도이다. 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기를 구성하는 광 반응층을 나타낸 평면도이다.
- [0030] 도 1 내지 도 4를 참조하면, 광 검출부(130)는 인터디짓 구조 전극(132)과, 광 반응층(137)을 포함할 수 있다. 인터디짓 구조 전극(132)은 2차원 반금속 물질을 포함할 수 있다. 인터디짓 구조 전극(132)의 2차원 반금속 물질은 그래핀(Graphene)을 포함할 수 있다.
- [0031] 인터디짓 구조 전극(132)은 박막 트랜지스터(140)의 드레인 전극(141) 또는 소스 전극(142)과 전기적으로 연결될 수 있다. 광 반응층(137)의 제1 2차원 반도체 물질은 인터디짓 구조 전극(132)을 덮도록 형성될 수 있다.
- [0032] 인터디짓 구조 전극(132)은 제1 전극 라인(133), 다수의 제1 인터디짓 전극(134), 제2 전극 라인(135), 및 다수의 제2 인터디짓 전극(136)을 포함할 수 있다.
- [0033] 제1 전극 라인(133)은 유연 기판(110) 상에 형성될 수 있다. 제1 전극 라인(133)은 제1 전극 부분(131)에서 전극 배선 라인(131a)에 전기적으로 연결될 수 있다. 제1 전극 라인(133)은 제1 방향(Y)으로 연장될 수 있다.
- [0034] 다수의 제1 인터디짓 전극(134)은 제1 전극 라인(133)에 전기적으로 연결될 수 있다. 다수의 제1 인터디짓 전극(134)은 제1 방향(Y)에 수직인 제2 방향(X)으로 연장될 수 있다. 다수의 제1 인터디짓 전극(134)은 소정 간격으로 배열될 수 있다.
- [0035] 제2 전극 라인(135)은 유연 기판(110) 상에 형성될 수 있다. 제2 전극 라인(135)은 박막 트랜지스터(140)의 드레인 전극(141) 또는 소스 전극(142)에 전기적으로 연결될 수 있다. 제2 전극 라인(135)은 제1 전극 라인(133)과 이격되어 제1 방향(Y)으로 연장될 수 있다.
- [0036] 다수의 제2 인터디짓 전극(136)은 유연 기판(110) 상에 형성될 수 있다. 다수의 제2 인터디짓 전극(136)은 제2 전극 라인(135)에 전기적으로 연결되어 제2 방향(X)으로 연장될 수 있다. 다수의 제2 인터디짓 전극(136)은 다수의 제1 인터디짓 전극(134)의 사이에 교대로 배열될 수 있다.
- [0037] 다수의 제1 인터디짓 전극(134)과 다수의 제2 인터디짓 전극(136)은 미세 간극(G1), 예를 들어 수 nm 내지 수십 μm , 혹은 그 이상의 간극을 가지도록 형성될 수 있다.
- [0038] 다수의 제1 인터디짓 전극(134)과 제2 전극 라인(135)은 미세 간극(G2), 예를 들어 수 nm 내지 수십 μm , 혹은 그 이상의 간극을 가지도록 형성될 수 있다. 또한, 다수의 제2 인터디짓 전극(136)과 제1 전극 라인(133)은 미세 간극(G3), 예를 들어 수 nm 내지 수십 μm , 혹은 그 이상의 간극을 가지도록 형성될 수 있다.
- [0039] 제1 인터디짓 전극(134)은 수십 nm 내지 수백 μm , 혹은 그 이상의 두께(T1)를 가지도록 형성될 수 있다. 제2 인터디짓 전극(136)은 수십 nm 내지 수백 μm , 혹은 그 이상의 두께(T2)를 가지도록 형성될 수 있다.
- [0040] 다수의 제1 인터디짓 전극(134) 및 다수의 제2 인터디짓 전극(136)은 그래핀으로 이루어질 수 있다. 광 반응층(137)의 제1 2차원 반도체 물질(예를 들어, 이황화 몰리브덴, 이셀레늄화텅스텐, 몰리브덴 디텔루라이드 등)은 다수의 제1 인터디짓 전극(134) 및 다수의 제2 인터디짓 전극(136)을 덮도록 구성될 수 있다.
- [0041] 그래핀으로 이루어지는 인터디짓 구조 전극(132) 상에 2차원 반도체 물질인 이황화몰리브덴 등의 전이금속 칼코게나이드를 수직 접촉하여 포토레지스터(Photoresistor) 타입의 광 검출부(130)를 형성할 수 있다.
- [0042] 그래핀과 이황화몰리브덴의 접촉 저항은 Au, Ti 등의 금속전극 보다 낮고 옴성 접합을 나타낸다. 이와 같이 낮은 접촉 저항은 빛이 가해졌을 때 채널층을 이루고 있는 이차원 반도체 물질인 이황화몰리브덴에서 생성되는 전하 운반자(Charge Carrier)의 분리 및 이동을 빠르게 하여 빛에 대한 반응성을 높이고, 결과적으로 방사선 검출기의 성능을 높일 수 있다.
- [0043] 제1 전극 라인(133)은 전극 배선 라인(131a)에 전기적으로 연결될 수 있다. 제2 전극 라인(135)은 박막 트랜지스터(140)의 드레인 전극(141) 또는 소스 전극(142)에 전기적으로 연결될 수 있다.
- [0044] 박막 트랜지스터(140)는 유연 기판(110) 상에 형성될 수 있다. 박막 트랜지스터(140)는 광 검출부(130)의 인터디짓 구조 전극(132)과 전기적으로 연결될 수 있다. 이에 따라 광 검출부(130)에 박막 트랜지스터(140)가 연결

된 능동배열(active matrix) 구조의 광 검출기(120)를 형성할 수 있다.

- [0045] 박막 트랜지스터(140)는 유연 기판(110) 상에 형성될 수 있다. 박막 트랜지스터(140)는 광 검출부(130)와 전기적으로 연결될 수 있다. 박막 트랜지스터(140)는 입사광과 반응에 의해 광 검출부(130)에서 발생하는 광 검출 신호를 증폭시켜 출력할 수 있다.
- [0046] 박막 트랜지스터(140)는 드레인 전극(141), 소스 전극(142), 채널층(143), 및 절연된 게이트 전극(144)을 포함할 수 있다. 드레인 전극(141) 및 소스 전극(142)은 유연 기판(110) 상에 형성될 수 있다.
- [0047] 채널층(143)은 유연 기판(110) 상에 드레인 전극(141)과 소스 전극(142) 사이에 형성될 수 있다. 채널층(143)은 유연성을 가지는 제2 2차원 반도체 물질을 포함할 수 있다.
- [0048] 실시예에서, 제2 2차원 반도체 물질은 제2 전이금속 칼코게나이드 물질을 포함할 수 있다. 실시예에서, 제2 전이금속 칼코게나이드 물질은 $10\sim 20\text{cm}^2/\text{Vs}$ 의 높은 모빌리티를 가지는 이황화몰리브덴(MoS_2), 이셀레늄화텅스텐, 몰리브덴 디텔루라이드 등을 포함할 수 있다.
- [0049] 절연층(150)은 유연 기판(110) 상에 광 검출부(130) 및 박막 트랜지스터(140)를 덮도록 형성될 수 있다. 실시예에서, 절연층(150)은 하이케이 물질, 예를 들어, 산화알루미늄(Al_2O_3), 산화하프늄(HfO_2), 지르코늄다옥사이드(ZrO_2)를 포함할 수 있다.
- [0050] 박막 트랜지스터(140)의 게이트 전극(144)은 절연층(150) 상에 형성될 수 있다. 드레인 전극(141), 소스 전극(142), 게이트 전극(144), 또는 전극에 전원을 인가하기 위한 배선 라인은 전도성 물질, 예를 들어 금, 티타늄 등의 금속 물질로 이루어질 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0051] 파장 변환층(160)은 광 검출기(120)의 절연층(150) 상에 형성될 수 있다. 파장 변환층(160)은 입사되는 방사선(예를 들어, X-선)의 파장을 가시광선 파장대로 변환하여 광 검출부(130)로 전달할 수 있다.
- [0052] 파장 변환층(160)은 유연성을 가지는 신틸레이터 물질을 포함할 수 있다. 파장 변환층(160)은 절연층(150) 상에 유연 신틸레이터 물질을 부착함으로써 형성될 수 있다. 실시예에서, 파장 변환층(160)은 가돌리늄 옥시설파이드(GdOS), 요오드화 세슘, 요오드화 나트륨 등을 포함할 수 있다.
- [0053] 가돌리늄 옥시설파이드 등과 같은 신틸레이터 물질은 0.45mm 미만의 얇은 두께와, 50Gpa 정도의 적절한 영률로 인해 유연성을 나타낸다. 또한, 광 검출기(120)를 이루는 이차원 물질들(그래핀, 이황화몰리브덴) 역시 원자층 수준의 극도로 얇은 두께로 인해 우수한 유연성을 나타낼 수 있다.
- [0054] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기의 레이아웃을 나타낸 평면도이다. 도 5를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기(100)는 광 감지부(100b)를 포함할 수 있다.
- [0055] 광 감지부(100b)는 다수의 행과 다수의 열을 이루도록 배열되는 화소들(100a)을 포함할 수 있다. 각 화소(100a)는 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같은 구조로 제공될 수 있다.
- [0056] 전극 배선 라인(131a, 142a, 144a)과 접지 라인(142b)은 박막 트랜지스터(140)의 드레인 전극(141), 소스 전극(142), 게이트 전극(144) 및 광 검출부(130)의 전극에 전원을 인가하거나 접지 전원을 인가하기 위해 제공될 수 있다.
- [0057] < 실험예 >
- [0058] 본 발명의 실시예에 따른 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기를 제조하여 광 검출기의 동작 특성을 평가하는 실험을 하였다. 본 발명의 실시예에 따른 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기는 아래 설명된 방법으로 제조되었다.
- [0059] 1. 1.5cm x 1.5cm 대면적 위에 13 x 13 (총 169개)의 Gr/ MoS_2 광센서 및 MoS_2 트랜지스터를 만들기 위한 핸들링 웨이퍼(SiO_2/Si)를 준비하였다.
- [0060] 2. 웨이퍼 1면에 SU-8 에폭시를 스핀코팅 기법을 이용해 2um 두께로 코팅하였다.
- [0061] 3. 포토리소그래피 공정을 통해 Negative PR(LOF)로 소스, 드레인 전극을 패터닝하였다.

- [0062] 4. 이베퍼레이터 공정을 통해 Cr(4nm), Au(35nm)를 증착 후, 아세톤에 담궈 리프트오프 기법을 통해 소스, 드레인 전극을 형성하였다.
- [0063] 5. CVD로 증착된 그래핀을 기판 위에 전사 후 6시간 드라이닝 과정을 수행하였다.
- [0064] 6. 포토리소그래피 공정을 통해 그래핀을 인터디짓 형태로 패터닝하여 RIE 장비를 통해 Dry Etching 공정을 진행하였다. 이 때 Dry Etching에 사용되는 기체는 $O_2(40sccm)$ 으로 12초 동안 에칭(Etching)하였다.
- [0065] 7. 형성된 그래핀 인터디짓 전극 위에 MoS_2 를 전사하여 6시간 드라이닝 하였다.
- [0066] 8. 이후 포토리소그래피 공정과 RIE를 이용한 Dry Etching을 통해 광센서 위에 사각형(450um x 450um) 패터닝과 트랜지스터의 채널층을 형성하였다. 이 때 $SF_6(40sccm)$ 으로 12초 동안 에칭하는 과정을 수행하였다.
- [0067] 9. 다음으로, ALD 공법을 이용해 게이트 절연층을 형성하였다. 이 때 High K 물질인 Al_2O_3 이 사용되었다.
- [0068] 10. 포토리소그래피 공정을 통을 통해 게이트 전극을 패터닝 후 이베퍼레이터 공정을 통해 Cr(4nm)/Au(35nm)를 증착하였다. 이후 리프트오프 기법을 통해 게이트 전극을 형성하였다.
- [0069] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기를 구성하는 광 검출부의 빛의 세기에 따른 동작 특성을 나타낸 그래프이다. 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기를 구성하는 박막 트랜지스터의 동작 특성을 나타낸 그래프이다.
- [0070] 도 6은 빛의 세기를 다양하게 변화시키면서, 광 검출부의 전압에 따른 전류 변화 특성을 측정한 것이다. 도 7은 박막 트랜지스터의 게이트 전압과 드레인 전류의 관계를 측정한 그래프이다.
- [0071] 도 6 및 도 7을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기는 빛의 세기에 따라 광 검출부의 저항 변화 특성이 명확하게 나타나며, 박막 트랜지스터의 동작 특성(On/Off 비 $> 10^6$, 모빌리티 $> 10cm^2/Vs$)이 우수한 것을 알 수 있다.
- [0072] 상술한 바와 같은 본 발명의 실시예에 따른 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기는 이황화몰리브덴 기반의 박막 트랜지스터를 이용하여 이미지 해상도가 높고, 빠른 처리가 가능하기 때문에 실시간 이미징에 유리하다.
- [0073] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기는 구조적으로 원자층 수준의 두께($<1nm$)를 가지는 이차원 물질로 이루어져 유연성이 우수하다.
- [0074] 또한, 그래핀의 경우 약 10%, 이황화몰리브덴의 경우 약 2%로, 비정질 Si(약 0.3%의 파괴 변형율) 혹은 산화물 반도체(0.5% ~ 1%의 파괴 변형율) 기반의 X-선 검출기에 비해 훨씬 우수한 유연성을 가진다.
- [0075] 따라서 본 발명의 실시예에 따른 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기는 높은 유연성으로 인해 원형 배관 등 다양한 구조로 사용되어 고해상도 실시간 이미지를 얻을 수 있어, 의료 산업뿐만 아니라 비파괴 검사 등 다양한 산업분야에 이용 가능하다.
- [0076] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기는 방사선 조사 영역에 사람이 출입하지 않아도 실시간 이미지를 얻을 수 있으므로, 안전상의 문제를 해결할 수 있다.
- [0077] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기는 우수한 감도를 가지며, 추가적인 화학적 현상 과정이 필요없다는 장점 때문에 공정 과정이 단순하고 빨라져 생산성 증대에 기여할 수 있다.
- [0078] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 청구범위와 균등한 것들도 후술하는 청구범위의 범위에 속한다.

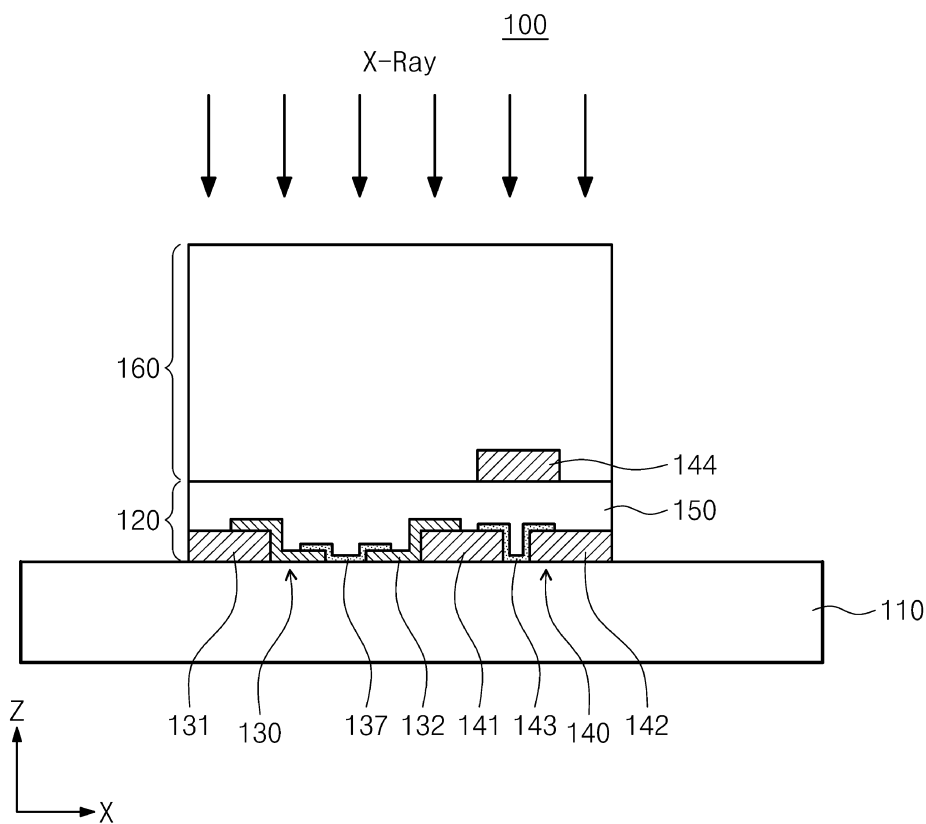
부호의 설명

- [0079] 100: 이차원 소재 기반 능동배열 유연 방사선 검출기
- 110: 유연 기판
- 120: 광 검출기

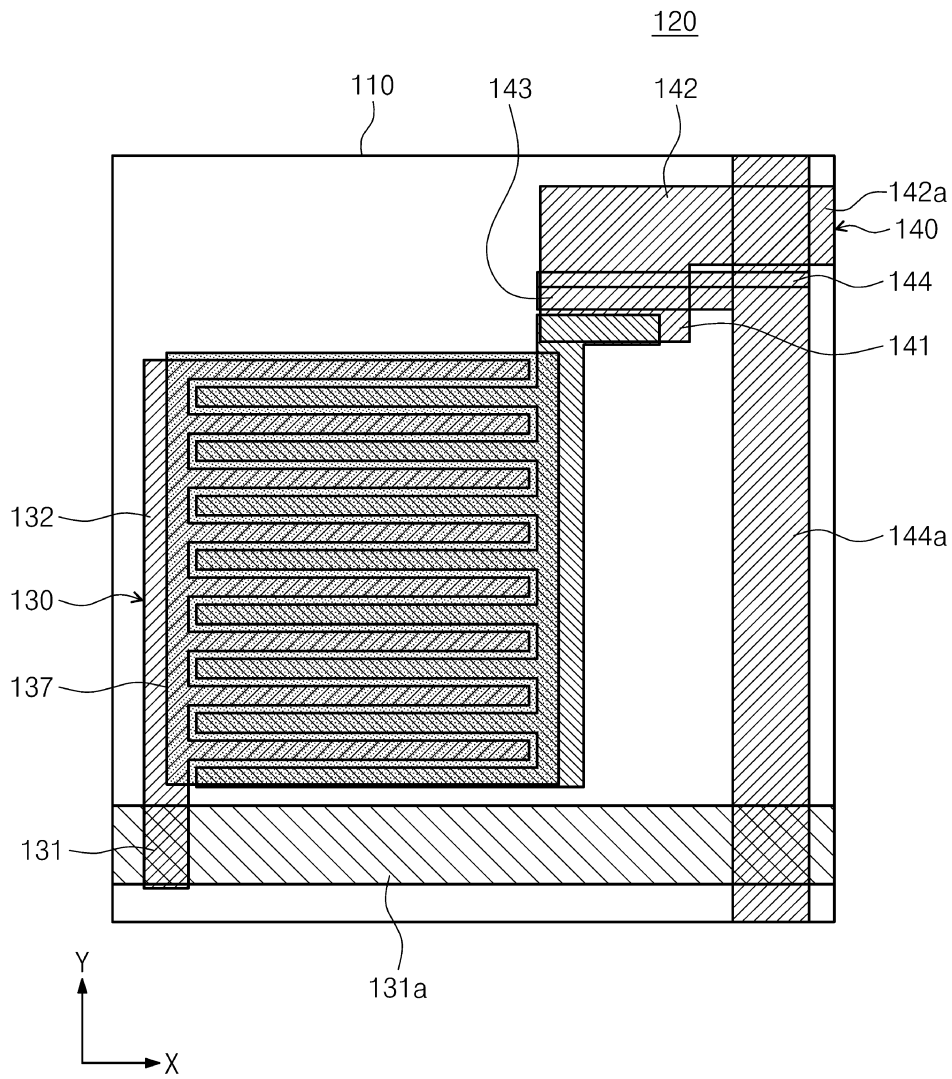
- 130: 광 검출부
- 132: 인터디짓 구조 전극
- 133: 제1 전극 라인
- 134: 제1 인터디짓 전극
- 135: 제2 전극 라인
- 136: 제2 인터디짓 전극
- 137: 광 반응층
- 140: 박막 트랜지스터
- 141: 드레인 전극
- 142: 소스 전극
- 143: 채널층
- 144: 게이트 전극
- 150: 절연층
- 160: 파장 변환층

도면

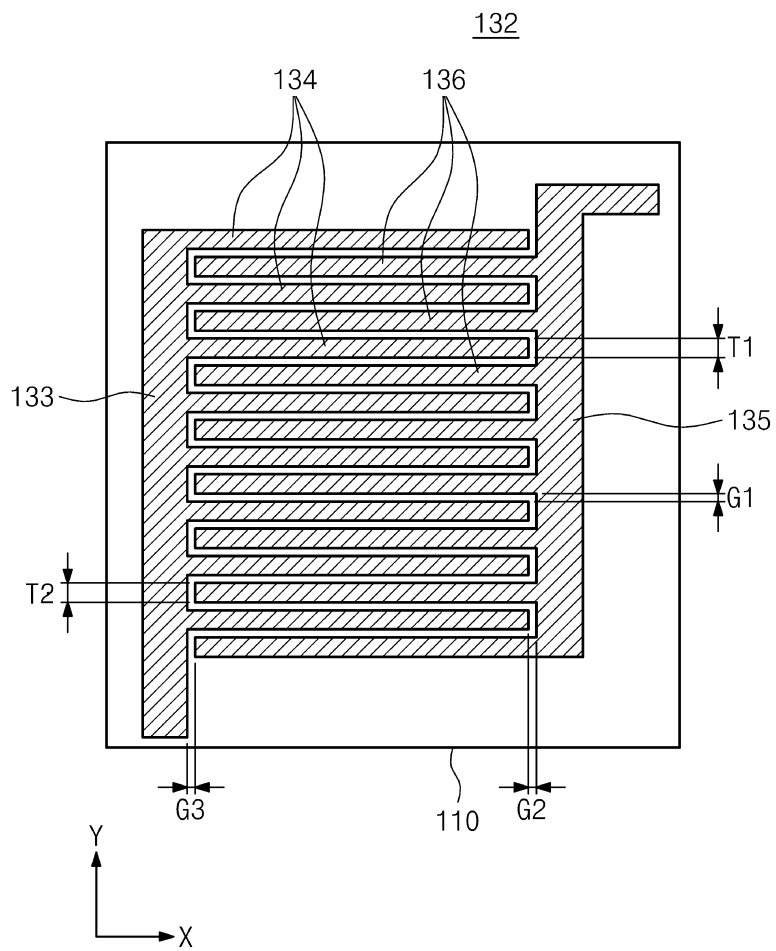
도면1



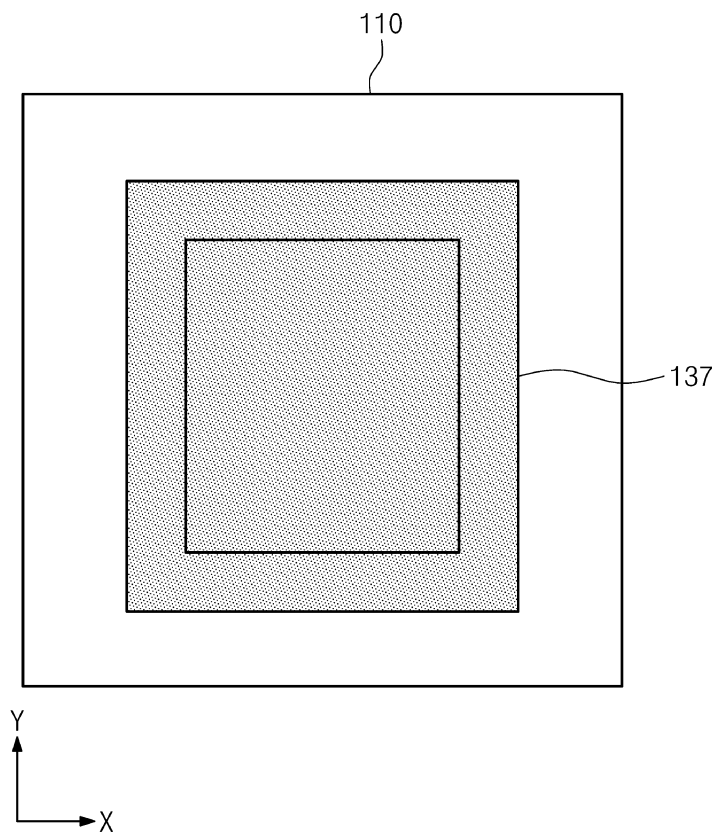
도면2



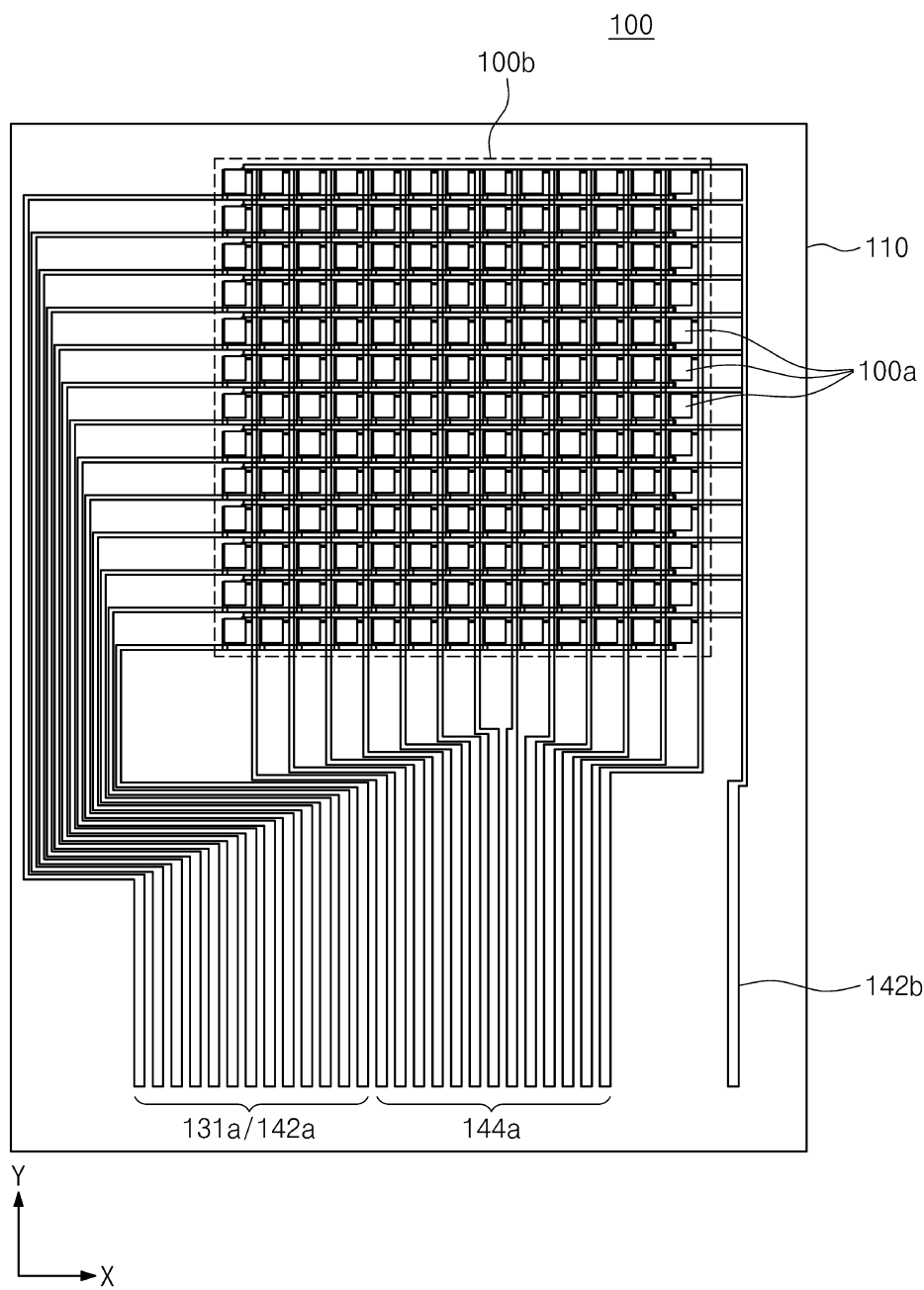
도면3



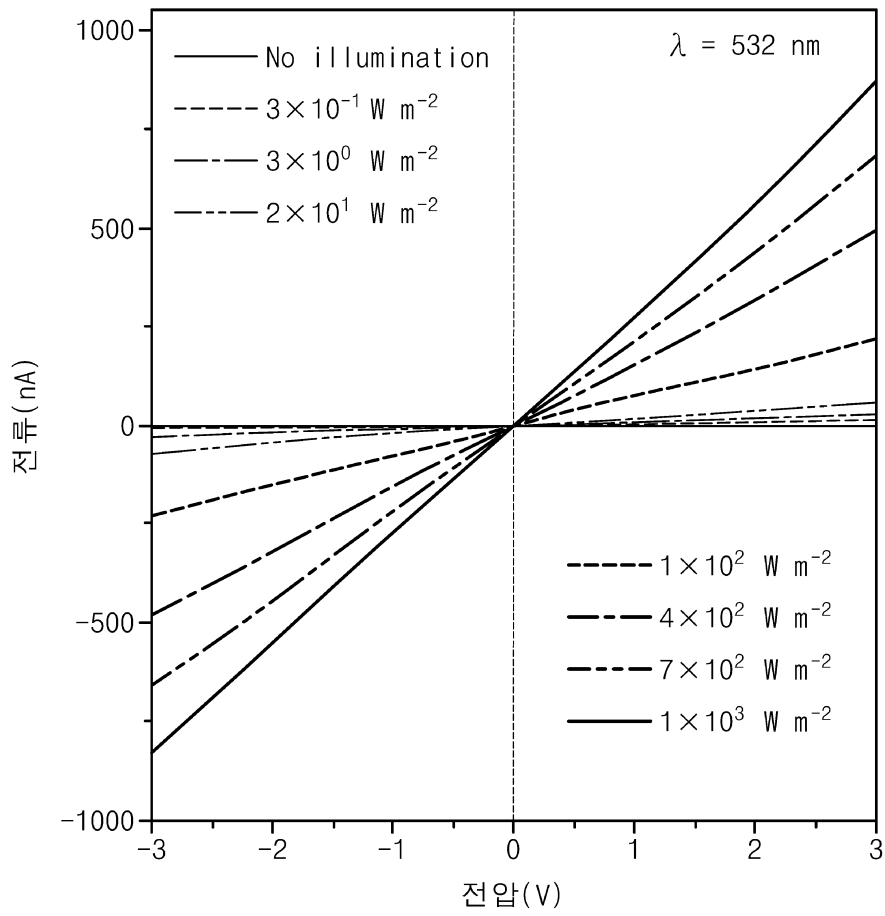
도면4



도면5



도면6



도면7

