



등록특허 10-2520453



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년06월08일  
(11) 등록번호 10-2520453  
(24) 등록일자 2023년04월06일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*H01L 27/146* (2006.01) *G01T 1/24* (2006.01)  
*H01L 31/0368* (2006.01) *H01L 31/0376*  
(2006.01)  
*H01L 31/115* (2006.01) *H01L 31/18* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*H01L 27/14658* (2013.01)  
*G01T 1/24* (2021.01)
- (21) 출원번호 10-2020-0185653  
(22) 출원일자 2020년12월29일  
심사청구일자 2020년12월29일  
(65) 공개번호 10-2021-0086981  
(43) 공개일자 2021년07월09일  
(30) 우선권주장  
16/731,007 2019년12월30일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌  
JP2004536313 A\*  
(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 13 항

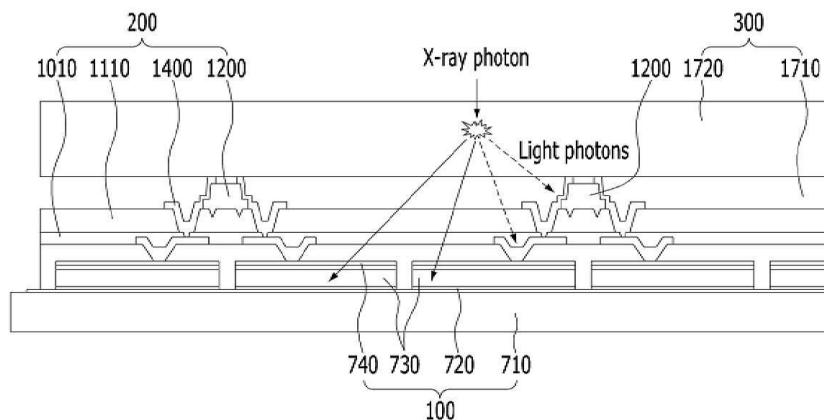
심사관 : 심병로

(54) 발명의 명칭 X선 검출기

### (57) 요 약

본 발명은 X선 검출기 및 X선 검출기 제조방법을 제공한다. 본 발명은 복수의 포토다이오드를 포함하는 포토다이오드층; 상기 포토다이오드층 상에 배치되고, 상기 포토다이오드층 내의 2 이상의 포토다이오드와 각각 연결되는 복수의 픽셀 구동 IC를 포함하는 X선 검출기를 제공한다. 또한 본 발명은 절연기판에 복수의 포토다이오드를 포함하는 포토다이오드층을 형성하는 단계; 단결정 반도체 웨이퍼에 복수의 픽셀 구동 IC를 형성하는 단계; 상기 복수의 픽셀 구동 IC를 상기 포토다이오드 층 상에 탑재하고, 상기 복수의 픽셀 구동 IC를 각각 상기 포토다이오드층 내의 2 이상의 포토다이오드와 연결하는 단계를 포함하는 X선 검출기 제조방법을 제공한다.

### 대 표 도 - 도4



## (52) CPC특허분류

*H01L 31/0368* (2013.01)  
*H01L 31/0376* (2013.01)  
*H01L 31/115* (2013.01)  
*H01L 31/1876* (2013.01)  
*H01L 31/1892* (2013.01)

## (56) 선행기술조사문헌

JP2005501417 A\*  
KR1020170063528 A\*  
US20110121189 A1\*  
US20140185765 A1\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

## 이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1425140604
과제번호	S2525451
부처명	중소벤처기업부(P73)
과제관리(전문)기관명	한국산업기술진흥원
연구사업명	글로벌중소기업육성프로젝트지원(R&D)(2811011011921002134317)
연구과제명	특화시장 공략을 위한 첨단 X선 영상센서 시스템 개발
기여율	1/1
과제수행기관명	(주)레이언스
연구기간	2020.01.01 ~ 2020.12.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

복수의 포토다이오드를 포함하는 포토다이오드층;

상기 포토다이오드층 상에 배치되고, 상기 포토다이오드층 내의 2 이상의 포토다이오드와 각각 연결되는 복수의 픽셀 구동 회로를 포함하고,

상기 복수의 픽셀 구동 회로는 각각,

타이밍 신호를 생성하는 타이밍 발생기;

상기 2 이상의 포토다이오드에 각각 연결되어 상기 각 포토다이오드에 충전된 전하를 독출하는 복수의 스위치;

상기 타이밍 신호에 따라 상기 복수의 스위치를 순차적으로 턴온하는 픽셀 구동 트랜지스터를 포함하는

X선 검출기.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 픽셀 구동 회로는 상기 포토다이오드층과 별도로 제조되어 상기 포토다이오드층 상에 탑재되는 X선 검출기.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 픽셀 구동 회로는 4개의 포토다이오드에 연결되는 X선 검출기.

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 포토다이오드는 비정질 또는 다결정 반도체를 포함하고,

상기 복수의 픽셀 구동 회로는 단결정 반도체를 포함하는 X선 검출기.

#### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 포토다이오드층 반대편의 상기 픽셀 구동 회로 상에 형성되고, X선을 가시광선으로 변환하는 센틸레이터층을 더 포함하는 X선 검출기.

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 픽셀 구동 회로 반대편의 상기 포토다이오드층 상에 형성되고, X선을 가시광선으로 변환하는 신틸레이터층을 더 포함하는 X선 검출기.

#### 청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 픽셀 구동 회로는 각각 상기 2 이상의 포토다이오드와 상기 포토다이오드층을 관통하는 적어도 하나의 컨택전극으로 연결되는 X선 검출기.

#### 청구항 9

절연기판에 복수의 포토다이오드를 포함하는 포토다이오드층을 형성하는 단계;

단결정 반도체 웨이퍼에 복수의 픽셀 구동 회로를 형성하는 단계;

상기 복수의 픽셀 구동 회로를 상기 포토다이오드 층 상에 탑재하고, 상기 복수의 픽셀 구동 회로를 각각 상기 포토다이오드층 내의 2 이상의 포토다이오드와 연결하는 단계를 포함하고,

상기 복수의 픽셀 구동 회로는 각각,

타이밍 신호를 생성하는 타이밍 발생기;

상기 2 이상의 포토다이오드에 각각 연결되어 상기 각 포토다이오드에 충전된 전하를 독출하는 복수의 스위치;

상기 타이밍 신호에 따라 상기 복수의 스위치를 순차적으로 턴온하는 픽셀 구동 트랜지스터를 포함하는

X선 검출기 제조방법.

#### 청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 복수의 픽셀 구동 회로를 상기 포토다이오드 층 상에 탑재하는 단계는,

상기 복수의 픽셀 구동 회로를 스템프에 전사하는 단계;

상기 스템프로 상기 복수의 픽셀 구동 회로를 상기 포토다이오드층 상에 인쇄하는 단계를 포함하는 X선 검출기 제조방법.

#### 청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 포토다이오드층 상에 접착층을 형성하는 단계를 더 포함하여, 상기 복수의 픽셀 구동 회로는 상기 접착층에 접착되는 X선 검출기 제조방법.

#### 청구항 12

제 9 항에 있어서,

상기 포토다이오드층 반대편의 상기 픽셀 구동 회로 상에 신틸레이터층을 형성하는 단계를 더 포함하는 X선 검출기 제조방법.

## 청구항 13

제 9 항에 있어서,

상기 픽셀 구동 회로 반대편의 상기 포토다이오드층 상에 신틸레이터층을 형성하는 단계를 더 포함하는 X선 검출기 제조방법.

## 청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 신틸레이터층을 형성하기 전, 상기 포토다이오드층으로부터 상기 절연기판을 제거하는 단계를 더 포함하는 X선 검출기 제조방법.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 X선 검출기에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 복수의 포토다이오드(photodiode)와 복수의 픽셀 구동 IC(pixel driving integrated chips)을 포함하고, 각각의 픽셀 구동 IC는 복수의 포토다이오드를 동시 또는 순차적으로 제어하는 X선 검출기에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 디지털 X선 검출기는 의료용 또는 산업용 방사선 촬영에서 널리 사용된다. 디지털 X선 검출기는 일반적으로 X선 검출기 또는 이미지 검출기로 불린다. 디지털 검출기는 간접변환방식(indirect conversion type)과 직접변환방식(direct conversion type)으로 구분될 수 있다. 간접변환방식 X선 검출기는 i) 신틸레이터(scintillator)를 사용하여 X선(예를 들면 X선 광자)을 가시광선(예를 들면 빛 광자)으로 변환하고 ii) 가시광선을 전기신호로 변환한다. 직접변환방식 X선 검출기는 광도전물질(photoconductive material)을 사용하여 X선을 전기신호로 직접 변환한다.

[0003] X선 검출기는 X선 소스에서 조사되어 촬영대상을 투과해서 X선 검출기로 도달한 X선을 검출한다. X선 검출기는 검출된 X선을 전기신호로 변환한다. X선 검출기는 복수의 픽셀을 포함하는 픽셀 어레이 패널(pixel array panel)을 포함한다. 각 픽셀은 수광소자(예를 들면 포토컨덕터(photoconductor) 또는 포토다이오드)와 각 픽셀의 수광소자를 구동하기 위한 구동소자를 포함한다.

[0004] X선 검출기는 절연기판을 베이스로 하는 박막트랜지스터(TFT, Thin-Film Transistor) 공정 또는 단결정 반도체 웨이퍼(wafer)를 베이스로 하는 상보적 금속 산화물 반도체(CMOS, Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) 공정으로 제조될 수 있다. TFT 공정은 낮은 제조비용으로 대면적 X선 검출기를 제조하는데 유리하다. CMOS 공정은 고화질 X선 검출기를 제조하는데 유리하다. 반면 TFT 공정은 비정질 또는 다결정 반도체를 사용함에 따라 고화질 X선 검출기를 제조하는데 한계가 있을 수 있다. CMOS 공정은 단결정 반도체 웨이퍼의 사이즈로 인해 대면적 X선 검출기를 제조하는 데 제약이 있을 수 있다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 고화질의 대면적 X선 검출기를 대량으로 제조할 수 있는 구체적인 방안을 제시하는데 그 목적이 있다.

#### 과제의 해결 수단

[0006] 본 발명은 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여, 복수의 포토다이오드를 포함하는 포토다이오드층; 상기 포토다이오드층 상에 배치되고, 상기 포토다이오드층 내의 2 이상의 포토다이오드와 각각 연결되는 복수의 픽셀 구동 IC를 포함하는 X선 검출기를 제공한다.

[0007] 또한 본 발명은 절연기판에 복수의 포토다이오드를 포함하는 포토다이오드층을 형성하는 단계; 단결정 반도체 웨이퍼에 복수의 픽셀 구동 IC를 형성하는 단계; 상기 복수의 픽셀 구동 IC를 상기 포토다이오드 층 상에 탑재하고, 상기 복수의 픽셀 구동 IC를 각각 상기 포토다이오드층 내의 2 이상의 포토다이오드와 연결하는 단계를 포함하는 X선 검출기 제조방법을 제공한다.

### 발명의 효과

[0008] 본 발명에 따르면, 고화질과 대면적의 X선 검출기가 제공될 수 있다. 특히, X선 검출기는 i) 픽셀 구동 IC와 별도로 제조되고 매트릭스 형태의 픽셀 어레이로 배열되는 복수의 포토다이오드를 포함하는 포토다이오드층과 ii) 포토다이오드층과 별도로 제조되어 포토다이오드층 상에 탑재되고, 복수의 포토다이오드와 연결되어 복수의 포토다이오드를 동시 또는 순차적으로 제어하는 픽셀 구동 IC을 포함할 수 있다.

[0009] 포토다이오드층은 TFT 공정으로 제조될 수 있어 낮은 단가로 대면적 X선 검출기를 얻기에 유리하고, 픽셀 구동 IC은 CMOS 공정으로 제조될 수 있어 고품질의 X선 검출기를 얻을 수 있다.

[0010] 특히, 픽셀 구동 IC은 단결정 반도체 웨이퍼에 형성되고, 스템프에 전사되어 포토다이오드층 상에 탑재될 수 있다.

[0011] 따라서, 본 발명에 따른 X선 검출기는 고품질과 대면적이 가능하다. 또한, 하나의 픽셀 구동 IC이 여러 포토다이오드를 제어하므로 본 발명에 따른 X선 검출기는 금속배선 등의 수를 줄여 비교적 간단한 구조로 이루어질 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 X선 검출기를 이용한 X선 촬영을 나타낸 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 X선 검출기의 내부구조를 나타낸 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 픽셀 구동 IC를 나타낸 회로도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 전면조사방식 X선 검출기의 픽셀영역의 단면도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 배면조사방식 X선 검출기의 픽셀영역의 단면도이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 X선 검출기의 제조 방법을 나타낸 순서도이다.

도 7 내지 도 17은 본 발명의 일 실시예에 따른 전면조사방식 X선 검출기의 제조방법을 설명하기 위한 단면도이다.

도 18 내지 도 20은 본 발명의 일 실시예에 따른 후면조사방식 X선 검출기의 제조방법을 설명하기 위한 단면도이다.

도 21은 본 발명의 일 실시예에 따른 X선 검출기의 포토다이오드층에 복수의 픽셀 구동 IC를 탑재하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 X선 검출기 및 그 제조방법에 대해 설명한다. 설명과 이해의 편의를 위해 X선 검출기는 촬영대상을 투과한 X선을 수광하고, 수광된 X선을 변환해서 전기신호를 생성하는 X선 검출기를 예로 들 수 있다. 그러나 본 발명의 실시예는 이에 한정되지 않는다. X선 검출기는 영상 검출기, 이미지 센서, 디지털 검출기 등으로 지칭될 수 있다.

[0014] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 X선 검출기를 이용한 X선 촬영을 나타낸 도면이다.

[0015] 도 1에 도시된 바와 같이, X선 검출기(10)와 X선 소스(20)는 촬영대상(30)을 사이에 두고 서로 마주보도록 배치될 수 있다. X선 소스(20)는 X선을 생성하고, 생성된 X선을 촬영대상(30)을 향해 조사할 수 있다.

[0016] X선 검출기(10)는 i) X선 소스(20)에서 조사되어 촬영대상(30)을 투과한 X선을 수광하고 ii) 수광된 X선을 직접 또는 간접적으로 전기신호로 변환한다. X선 검출기(10)는 평면의 직사각형 형상을 가질 수 있지만, X선 검출기(10)의 형상은 이에 한정되지 않는다.

[0017] 일 실시예에 따르면, X선 검출기(10)는 촬영대상(30)을 투과한 X선을 수광하고, 수광된 X선을 가시광선으로 변

환하는 간접변환방식일 수 있다. 이 경우 X선 검출기(10)는 X선을 가시광선으로 변환하는 신틸레이터층을 포함할 수 있다. 신틸레이터층은 요오드화세슘(CsI)으로 이루어질 수 있으나, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, X선 검출기(10)는 X선을 전기신호로 직접 변환하는 직접변환방식 X선 검출기일 수 있다. 이 경우 X선 검출기에서 신틸레이터층이 생략될 수 있다.

[0018] 일 실시예에 따르면, X선 검출기(10)는 서로 다른 별도의 공정으로 구현된 포토다이오드층과 복수의 픽셀 구동 IC을 포함할 수 있고, 복수의 픽셀 구동 IC는 마이크로 트랜스퍼 프린팅 기술을 이용하여 포토다이오드층 상에 탑재될 수 있다. 이러한 X선 검출기(10)의 구조는 고품질 및 대면적을 가능케 한다.

[0019] X선 검출기(10)에서 각각의 픽셀 구동 IC는 포토다이오드층, 절연층(ILD, inter-layer dielectric), 컨택전극(contact electrode)과 함께 소정의 3차원 구조를 형성할 수 있다. 이러한 X선 검출기(10)의 구조는 필-팩터와 X선 흡수율을 향상시키고, 촬영대상(30)의 X선 노출을 최소화할 수 있다. 필-팩터는 단위 픽셀 면적 당 포토다이오드의 면적 비를 의미한다.

[0020] 일 실시예에 따르면, X선 검출기(10)는 후면조사방식(BSI, back side illumination type)일 수 있다. 후면조사방식 X선 검출기의 경우 픽셀 구동 IC를 포함하는 구동층은 포토다이오드층 아래에 배치되고, 포토다이오드층의 하부전극 상에 신틸레이터층이 형성된다. 따라서, 신틸레이터층에서 변환된 빛은 픽셀 구동 IC 및 컨택전극에 의해 차단되지 않고 포토다이오드층에 도달한다. 이러한 후면조사방식 X선 검출기(10)는 필-팩터를 더욱 향상시킨다.

[0021] 일 실시예에 따르면, X선 검출기(10)는 i) 비정질 실리콘(a-Si) 또는 다결정 실리콘을 포함하는 복수의 포토다이오드가 연속된 층 구조를 나타내거나 섬 모양의 어레이로 구조로 배열된 포토다이오드층을 포함할 수 있다. 포토다이오드가 연속된 층 구조일 경우 제조비용을 최소화할 수 있고, 섬 모양의 어레이 구조일 경우 인접한 포토다이오드 간의 크로스stalk(crosstalk)를 최소화할 수 있다.

[0022] 일 실시예에 따르면, X선 검출기(10)는 레이저 리프트 오프 기술을 이용하여 절연기판, 예를 들어 유리기판을 제거함으로써 비교적 가볍고 내구성이 향상될 수 있다.

[0023] 본 발명의 일 실시예에 따른 X선 검출기(10)의 구조에 대해 도 2를 참조하여 보다 구체적으로 설명한다. 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 X선 검출기의 내부 구조를 나타낸다.

[0024] 도 2에 도시 된 바와 같이, X선 검출기(10)는 픽셀영역(11), 게이트 구동회로(12), 데이터 구동회로(13) 및 제어회로(14)를 포함할 수 있다. 픽셀영역(11)은 X선을 수광하고, 수광된 X선을 가시광선으로 변환하고, 가시광선을 전기신호로 변환하는 메인영역일 수 있다. 즉, 픽셀영역(11)은 간접변환방식일 수 있다. 그러나 본 발명은 이에 한정되지 않는다. 예를 들어, 픽셀영역(11)은 직접변환방식일 수 있다. 직접변환방식의 경우 픽셀영역(11)에서 신틸레이터층이 배제되고, 픽셀영역(11)은 광도전층으로 X선을 전기신호로 직접 변환한다.

[0025] 픽셀영역(11)은 매트릭스 형태로 배열된 복수의 픽셀(P)을 포함할 수 있다. 각 픽셀(P)은 입사광을 전기신호로 변환하는 포토다이오드를 포함할 수 있다. 각 픽셀(P)은 행 방향으로 연장된 게이트 라인(GL)을 통해 게이트 구동회로(12)에 연결되고, 열 방향으로 연장된 데이터 라인(DL)을 통해 데이터 구동회로(13)에 연결될 수 있다.

[0026] 일반적인 X선 검출기는 픽셀 내의 포토다이오드에 축적된 전하의 독출을 위해 각각의 픽셀에 내장되어 각각의 포토다이오드를 제어하는 픽셀 구동소자를 포함한다. 하지만 본 발명에 따른 X선 검출기의 픽셀은 각각의 픽셀에 내장되는 픽셀 구동소자 대신 포토다이오드층과 별도로 마이크로 전자 인쇄 기술로 포토다이오드층 상에 인쇄되는 복수의 픽셀 구동 IC(1200)를 포함할 수 있다.

[0027] 특히, 본 발명에 따른 X선 검출기의 복수의 픽셀 구동 IC(1200)는 CMOS 공정으로 단결정 반도체 웨이퍼 상에서 제조될 수 있고, 제조된 복수의 픽셀 구동 IC(1200)는 포토다이오드층 상에 탑재될 수 있다.

[0028] 픽셀 구동 IC(1200)은 각각 4개의 포토다이오드에 연결되어 4개의 픽셀을 동시 또는 순차적으로 제어할 수 있다. 그러나 본 발명은 이에 한정되지 않는다. 예를 들어, 하나의 픽셀 구동 IC(1200)는 필요 시 2개의 포토다이오드, 3개의 포토다이오드 또는 5개의 포토다이오드에 연결될 수 있다. 즉, 하나의 픽셀 구동 IC(1200)는 2개 이상의 포토다이오드에 연결될 수 있다. 하나의 픽셀 구동 IC(1200)에 연결되는 포토다이오드의 수는 회로설계의 효율성이나 X선 검출기의 성능 등 다양한 요인에 따라 달라질 수 있다.

[0029] 픽셀 구동 IC(1200)은 게이트 구동회로(12)의 게이트 신호에 응답해서 각각에 연결된 적어도 2개의 포토다이오드를 동시 또는 순차적으로 제어해서 적어도 2개의 포토다이오드 각각에 축적된 전하를 데이터 구동회로(13)로

독출할 수 있다. 이러한 픽셀 구동 IC(1200)에 대해서는 도 3을 참조하여 좀더 상세히 살펴본다.

[0030] 다시 도 2를 참조하면, X선 검출기(10)는 게이트 구동회로(12), 데이터 구동회로(13) 및 제어회로(14)를 포함할 수 있다. 제어회로(14)는 제어신호를 생성하고, 생성된 제어신호를 게이트 구동회로(12) 및 데이터 구동회로(13)로 전송해서 게이트 구동회로(12) 및 데이터 구동회로(13)의 동작을 제어한다. 제어회로(14)는 데이터 구동회로(13)로부터 독출된 데이터를 X선 검출기(10) 외부의 이미지 처리회로(미도시)에 프레임 단위로 전달할 수 있다.

[0031] 게이트 구동회로(12)는 제어회로(14)로부터 전달되는 게이트 제어신호에 따라 게이트 신호의 출력 타이밍을 제어할 수 있다. 데이터 구동회로(13)는 제어회로(14)로부터 전달되는 데이터 제어신호에 따라 픽셀(P)에 축적된 전하의 독출 타이밍을 제어할 수 있다.

[0032] 앞서 살펴본 것처럼, 본 발명에 따른 X선 검출기(10)는 각각 적어도 2개의 포토다이오드에 연결되고, 연결된 적어도 2개의 포토다이오드를 동시 또는 순차적으로 제어하는 복수의 픽셀 구동 IC(1200)을 포함한다. 이러한 픽셀 구동 IC(1200)에 대해 도 3을 참조해서 상세히 살펴본다.

[0033] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 픽셀 구동 IC을 나타내는 회로도이다. 도 3에 도시 된 바와 같이, 픽셀 구동 IC(1200)은 일례로 4개의 픽셀에 각각 내장된 4개의 제 1 내지 제 4 포토다이오드(PD1, PD2, PD3, PD4)와 연결되어 제 1 내지 제 4 포토다이오드(PD1, PD2, PD3, PD4)를 동시 또는 순차적으로 제어 할 수 있다. 특히, 픽셀 구동 IC(1200)은 제 1 내지 제 4 포토다이오드(PD1, PD2, PD3, PD4)를 동시 또는 순차적으로 턴 온하고, 제 1 내지 제 4 포토다이오드(PD1, PD2, PD3, PD4)에 각각 축적된 전하를 데이터 구동회로로 동시 또는 순차적으로 출력 할 수 있다.

[0034] 4개의 포토다이오드를 동시 또는 순차적으로 제어하기 위해 픽셀 구동 IC(1200)은 타이밍 발생기(1210), 픽셀 구동 트랜지스터(1220) 및 4개의 제 1 내지 제 4 스위치(1231~1234)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 픽셀 구동 IC(1200)은 제 1 스위치(1231)를 통해 제 1 포토다이오드(PD1)와 전기적으로 연결되고, 제 2 스위치(1232)를 통해 제 2 포토다이오드(PD2)와 전기적으로 연결되고, 제 3 스위치(1233)를 통해 제 3 포토다이오드(PD3)와 전기적으로 연결되고, 제 4 스위치(1234)를 통해 제 4 포토다이오드(PD4)와 전기적으로 연결된다.

[0035] 타이밍 발생기(1210)는 게이트 구동회로(12)로부터 클록 신호(CLK)를 수신하고 제 1 내지 제 4 스위치(1231 내지 1234)를 순차적으로 스위칭하기 위한 타이밍 신호를 생성 할 수 있다. 적어도 일 실시예에 따르면, 타이밍 발생기(1210)는 디지털 카운터 또는 시프트 레지스터로 구현될 수 있다. 특히 픽셀 구동 IC의 크기를 최소화하기 위해 타이밍 발생기는 2 비트 카운터를 사용할 수 있다.

[0036] 픽셀 구동 트랜지스터(1220)는 타이밍 발생기(1210)의 타이밍 신호에 의해 온 되어 제 1 내지 제 4 포토다이오드(PD1~PD4) 중 적어도 하나에 축적된 전하를 데이터 구동회로(13)로 출력할 수 있다. 이러한 픽셀 구동 트랜지스터(1220)는 3 트랜지스터(3T) 구조 또는 4 트랜지스터(4T) 구조로 구현될 수 있다.

[0037] 이상에서 설명한 것처럼, 본 발명에 따른 X선 검출기는 적어도 2개, 일례로 4개의 포토다이오드(PD1, PD2, PD3, PD4)가 하나의 픽셀 구동 IC(1200)에 의해 제어된다. 이러한 X선 검출기(10)의 구조는 픽셀 및 드라이버 회로에 결합되는 금속배선의 수를 최소화한다. 따라서, 충전율을 향상시키고 제조공정을 단순화하며 제조비용을 줄일 수 있다.

[0038] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 X선 검출기의 픽셀영역의 단면도이다.

[0039] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 전면조사방식(front side illumination type) X선 검출기의 픽셀영역을 나타낸다. 도 4에 도시된 바와 같이, X선 검출기의 픽셀영역은 3개의 주요층으로 포토다이오드층(100), 구동층(200), 신틸레이터층(300)을 포함할 수 있다.

[0040] 일 실시예에 따르면, 포토다이오드층(100)은 절연기판(710) 상에 형성된 공통의 하부전극(720), 하부전극(720) 상에 매트릭스 형태로 배치된 복수의 포토다이오드(730) 및 상부전극(740)을 포함할 수 있다. 일례로 절연기판(710)은 유리기판 일 수 있다.

[0041] 복수의 포토다이오드(730)는 각각 가시광선을 전기신호로 변환할 수 있다. 이러한 포토다이오드(730)는 P+형 영역(예를 들어, 고농도 P 형), I형 영역 및 N형 영역을 포함하는 PIN 다이오드 구조를 가질 수 있다.

[0042] 포토다이오드층(100)은 TFT 공정으로 제조될 수 있다. 따라서, 포토다이오드층(100)은 상대적으로 저렴한 비용으로 대면적으로 제조될 수 있다. 포토다이오드층(100)은 복수의 포토다이오드(730)가 연속적으로 배열된 연속

된 층 구조를 나타낼 수 있다. 이 경우 제조비용은 더 절감될 수 있다. 또는 포토다이오드층(100)은 복수의 포토다이오드(730)가 섬 모양으로 배열된 섬 모양의 어레이 구조를 나타낼 수 있다. 이 경우 인접한 포토다이오드(730) 간의 크로스토크를 최소화할 수 있다.

[0043] 구동층(200)은 각각 적어도 2개의 포토다이오드를 제어하는 복수의 픽셀 구동 IC(1200), 복수의 픽셀 구동 IC(1200)를 대응하는 적어도 2개의 포토다이오드(730)에 연결하는 컨택전극(1400)을 포함할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서, 하나의 픽셀 구동 IC(1200)는 동시 또는 순차적으로 4개의 포토다이오드(730)를 제어한다. 그러나 본 발명은 이에 한정되지 않는다. 하나의 픽셀 구동 IC(1200)에 의해 제어되는 포토다이오드(730)의 개수는 X선 검출기의 설계 및 기능과 관련된 다양한 요인에 따라 달라질 수 있다.

[0044] 특히, 복수의 픽셀 구동 IC(1200)는 포토다이오드층(100)과 별도로 제조되어 포토다이오드층(100) 상에 탑재되고, 컨택전극 등을 통해 적어도 2개의 포토다이오드와 연결된다. 복수의 픽셀 구동 IC(1200)은 CMOS 공정으로 제조되어 마이크로 트랜스퍼 프린팅(micro-transfer printing) 기술로 포토다이오드층(100) 상에 탑재될 수 있다. 따라서, 픽셀 구동 IC(1200)는 고품질의 반도체 소자의 특성을 나타낼 수 있다.

[0045] 신틸레이터층(300)은 구동층(200) 상에 형성될 수 있다. 신틸레이터층(300)은 X선을 가시광선으로 변환할 수 있다. 신틸레이터층(300)은 유연한 특성을 가질 수 있다. 신틸레이터층(300)은 CsI 또는 Gadox(Gd2O<sub>2</sub> : Tb)로 형성 될 수 있다.

[0046] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 X선 검출기의 픽셀영역의 단면도이다.

[0047] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 배면조사방식 X선 검출기의 픽셀영역을 나타낸다. 도 5에 도시된 바와 같이, X선 검출기의 픽셀영역은 구동층(200-1), 포토다이오드층(100-1) 및 신틸레이터층(300-1)을 포함할 수 있다. 배면조사방식 X선 검출기의 구동층(200-1), 포토다이오드층(100-1) 및 신틸레이터층(300-1) 각각은 전면조사방식 X선 검출기의 해당층과 유사한 구조를 가질 수 있다.

[0048] 반면 도 5에 도시 된 바와 같이, 배면조사방식 X선 검출기의 포토다이오드층(100-1)은 구동층(200-1) 상에 위치 할 수 있다. 즉, 도 5의 구동층(200-1)과 포토다이오드층(100-1)은 도 4와 상대대칭 구조일 수 있다. 예를 들어, 구동층(200-1)을 포토다이오드층(100-1) 상에 형성하고, 구동층(200-1) 및 포토다이오드층(100-1)이 형성 된 결과물을 뒤집는다. 이어서, 구동층(200-1)의 외면은 캐리어층(1920)에 접착물질(1910)로 접착된다.

[0049] 도 5에 도시된 바와 같이 배면조사방식 X선 검출기의 금속컨택과 픽셀 구동 IC는 포토다이오드(730)를 가리지 않는다. 따라서 배면조사방식 X선 검출기는 손실 없이 빛을 포토다이오드(730)로 전달할 수 있다 즉 필-팩터가 최대가 된다.

[0050] 또한, 구동층(200-1) 및 포토다이오드층(100-1)의 결과물을 뒤집기 전에, 레이저 리프트 오프(laser lift off) 기술을 사용하여 절연기판(710)을 제거할 수 있고, 유연성을 지닌 재료로 이루어진 장벽층(1820) 및 신틸레이터층(1720)이 포토다이오드층(100-1) 상에 형성된다. 이에 따라 X선 검출기의 내구성과 유연성이 향상될 수 있다.

[0051] 전면조사방식 X선 검출기와 유사하게, 포토다이오드층(100-1)은 TFT 공정으로 제조될 수 있다. 따라서, 포토다이오드층(100-1)은 상대적으로 저렴한 비용으로 대면적 X선 검출기로 제조될 수 있다. 또한, 포토다이오드층(100-1)은 복수의 포토다이오드가 연속적으로 배열된 연속된 층 구조를 나타낼 수 있다. 이 경우 제조비용은 더 절감될 수 있다. 또는 포토다이오드층(100-1)은 복수의 포토다이오드가 섬 모양으로 배열된 섬 모양의 어레이 구조를 나타낼 수 있고, 이 경우 인접한 포토다이오드 간의 크로스토크를 최소화할 수 있다.

[0052] 전면조사방식 X선 검출기와 유사하게, 구동층(200-1)은 각각 적어도 2개의 포토다이오드를 제어하는 복수의 픽셀 구동 IC와, 복수의 픽셀 구동 ICs를 각각 대응하는 포토다이오드(730)에 연결하는 컨택전극을 포함할 수 있다. 본 실시예에서 하나의 픽셀 구동 IC(1200)는 4개의 포토다이오드를 순차적으로 또는 동시에 제어한다. 그러나 본 발명은 이에 한정되지 않는다. 하나의 픽셀 구동 IC(1200)에 의해 제어되는 포토다이오드의 개수는 X선 검출기와 관련된 다양한 요인에 따라 달라질 수 있다.

[0053] 특히, 복수의 픽셀 구동 IC(1200)는 포토다이오드층(100)과 별도로 제조되어 포토다이오드층(100) 상에 탑재되고, 컨택전극 등을 통해 적어도 2개의 포토다이오드와 연결된다. 복수의 픽셀 구동 IC(1200)은 CMOS 공정으로 제조되어 마이크로 트랜스퍼 프린팅 기술로 포토다이오드층(100) 상에 탑재될 수 있다. 따라서, 픽셀 구동 IC(1200)는 고품질의 반도체 소자특성을 나타낼 수 있다.

[0054] 포토다이오드층(100-1)은 전면조사방식 X선 검출기와 유사하게 공통의 하부전극(720), 매트릭스 형태로 하부전극(720) 상에 배치된 복수의 포토다이오드(730) 및 상부전극(740)을 포함할 수 있다. 복수의 포토다이오드(730)

0)는 가시광선을 전기신호로 변환할 수 있다. 이러한 포토다이오드(730)는 P+형 영역(예를 들어, 고농도 P 형), I형 영역 및 N형 영역을 포함하는 PIN 다이오드 구조를 가질 수 있다.

[0055] 전면조사방식 X선 검출기와 달리 포토다이오드층(100-1) 상에 신틸레이터층(300-1)이 형성될 수 있다. 이러한 신틸레이터층(300-1)은 X선을 가시광선으로 변환할 수 있다. 신틸 레이터층(300-1)은 신틸레이터층(1720) 및 장벽층(1820)을 포함할 수 있으며, 이들은 유연한 특성을 갖는 물질로 만들어 질 수 있다. 신틸레이터층(1720)은 CsI 또는 Gadox(Gd202 : Tb)로 형성 될 수 있다.

[0056] 이하, 도 6 내지 도 20을 참조해서 본 발명의 일 실시예에 따른 X선 검출기 제조방법을 설명한다.

[0057] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 X선 검출기의 제조 방법을 나타낸 순서도이다. 도 7 내지 도 17은 본 발명의 일 실시예에 따른 전면조사방식 X선 검출기의 제조 방법을 설명하기 위한 단면도이다. 도 18 내지 도 20은 본 발명의 일 실시예에 따른 배면조사방식 X선 검출기의 제조 방법을 설명하기 위한 단면도이다.

[0058] 도 6을 참조하면, S6010 단계에서 포토다이오드층(100)을 형성할 수 있다. 특히, S6010 단계에서는 절연기판(710) 상에 복수의 포토다이오드(730)를 형성할 수 있다. 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 포토다이오드층을 형성하는 단계를 예시한다.

[0059] 도 7에 도시 된 바와 같이, 절연기판(710) 상에 공통의 하부전극(720)이 형성될 수 있다. 절연기판(710)은 유연성을 갖는 물질로 이루어질 수 있다. 하부전극(720)은 인듐-주석 산화물(ITO) 또는 인듐-아연 산화물(IZO)로 이루어질 수 있지만 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다. 특히, 하부전극(720)은 배면조사방식 X선 검출기의 경우 투명층일 수 있다. 그러나 하부전극(720)은 전면조사방식 X선 검출기의 경우 불투명층일 수 있다. 하부전극(720) 상에는 복수의 포토다이오드(730)가 형성된다. 포토다이오드(730)는 비정질 실리콘(a-Si) 또는 다결정 실리콘을 포함할 수 있다. 포토다이오드(730)는 하부전극(720) 상에 i-Si층을 형성하고, i-Si층 상에 p-Si층을 형성하고, p-Si층 상에 n-Si층을 형성함으로써 형성될 수 있다.

[0060] 상부전극(740)은 포토다이오드(730) 상에 형성될 수 있다. 상부전극(740)은 인듐-주석산화물(ITO) 또는 인듐-아연 산화물(IZO)로 제조될 수 있으나, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다. 특히, 상부전극(740)은 전면조사방식 X선 검출기의 경우 투명층일 수 있다. 반면 상부전극(740)은 배면조사방식의 X선 검출기의 경우 불투명층일 수 있다. 전술한 바와 같이, 포토다이오드층(100)은 TFT 공정으로 제조될 수 있다. 포토다이오드층(100)은 연속된 층 구조로 형성되어 제조비용을 최소화할 수 있다. 또한, 포토다이오드층(100)은 도시된 바와 같이 섬 모양의 매트릭스 어레이 구조로 형성되어 인접한 포토다이오드 간 크로스토크를 최소화할 수 있다.

[0061] 도 6에 도시된 바와 같이, 단계 S6020 내지 S6050에서 포토다이오드층(100) 상에 구동층(200)이 형성될 수 있다. 도 8 내지도 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따라 포토다이오드층(100) 상에 구동층(200)을 형성하는 과정을 나타내는 도면으로, 도 6과 함께 참조한다.

[0062] 단계 S6020에서, 도 8에 도시된 바와 같이 모든 포토다이오드(730) 및 그 사이의 갭을 덮도록 제 1 절연층(810)이 형성될 수 있고, 제 1 절연층(810)에는 복수의 제 1 컨택홀(820)이 형성 될 수 있다. 제 1 절연층(810)에는 픽셀 별 하나의 제 1 컨택홀(820)이 형성되어 대응되는 포토다이오드의 상부전극(740)을 각각 노출시킬 수 있다.

[0063] 단계 S6030에서, 도 9에 도시된 바와 같이 제 1 컨택전극(910)이 제 1 컨택홀(820)을 채우고 제 1 절연층(810)의 상면을 따라 소정 길이로 연장되도록 형성 될 수 있다.

[0064] 단계 S6040에서, 도 10에 도시된 바와 같이 제 2 절연층(ILD2)(1010)이 제 1 컨택전극(910) 및 제 1 절연층(810) 상에 형성될 수 있고, 제 2 절연층(820)에는 복수의 제 2 컨택홀(1020)이 형성될 수 있다. 제 2 절연층(1010)에는 픽셀 별 하나의 제 2 컨택홀(1020)이 형성되어 대응되는 제 1 컨택전극(910)을 각각 외부로 노출시킨다.

[0065] 단계 S6050에서, 도 11에 도시된 바와 같이 접착층(1110)이 제 2 절연층(1010) 및 제 2 컨택홀(1020) 상에 형성될 수 있다. 접착층(1110)은 소정의 수치물질로 이루어지고 약 1.2 $\mu$ m의 두께를 나타낼 수 있다. 접착층(1110)은 그 상부로 픽셀 구동 IC(IC)(1200)가 탑재되도록 하기 위한 것이다.

[0066] 단계 S6060에서, 도 12에 도시된 바와 같이 픽셀 구동 IC(1200)가 접착층(1110) 상에 탑재될 수 있다. 픽셀 구동 IC는 마이크로 트랜스퍼 프린팅 방법으로 탑재될 수 있다. 각 픽셀 구동 IC(1200)는 단면 상으로는 2개, 3차원적으로는 4개의 인접한 포토다이오드 사이에 위치할 수 있다. 본 발명의 바람직한 예에서 픽셀 구동 IC(1200)

0)는 적어도 4개의 포토다이오드를 동시 또는 순차적으로 제어할 수 있는 위치에 있을 수 있다.

[0067] 이하, 도 21을 참조하여 마이크로 트랜스퍼 프린팅 과정을 설명한다. 도 21은 포토다이오드층 상에 복수의 픽셀 구동 IC을 탑재하기 위한 마이크로 트랜스퍼 프린팅 과정을 나타낸 도면으로, 도 6과 함께 참조한다.

[0068] 단계 S6051에서, 도 21에 도시 된 바와 같이 픽셀 구동 IC(1200)는 높은 이미지 품질을 위해 단결정 반도체 웨이퍼(2510) 상에서 CMOS 공정으로 제조될 수 있다. 따라서 픽셀 구동 IC는 단결정 반도체를 포함할 수 있다. 그 다음 단계 S6062에서, 단결정 반도체 웨이퍼(2510) 상의 픽셀 구동 IC(1200)는 스템프(2520)에 전사 될 수 있다. 일례로 스템프는 탄성과 유연성을 지닌 엘라스토머 재질일 수 있다. 단계 S6063에서, 픽셀 구동 IC(1200)은 스템프와 포토다이오드층(100)의 압착에 의해 포토다이오드층(100) 상의 접착층(1101)에 인쇄될 수 있다. 단계 S6064에서, 픽셀 구동 IC의 인쇄 후 스템프(2520)는 제거될 수 있다.

[0069] 다시 도 6과 함께 별도로 언급되는 도면을 참조한다.

[0070] 도 12을 참조하면, 일례로 각 픽셀 구동 IC의 높이는 약 10 $\mu\text{m}$ 보다 작을 수 있다. 또한, 하부전극(720)에서 접착층(1110)까지 두께는 약 5 $\mu\text{m}$ 보다 작을 수 있다.

[0071] 단계 S6070에서, 도 13에 도시 된 바와 같이 제 1 컨택전극(910)이 외부로 노출되도록 각 픽셀 구동 IC(1200)의 인접한 위치에 제 2 컨택홀(1020)에 연결되는 제 3 컨택홀(1300)을 형성 할 수 있다.

[0072] 단계 S6080에서, 도 14에 도시 된 바와 같이, 제 3 컨택 홀(1300)을 채우면서 픽셀 구동 IC(1200)와 제 1 컨택전극을 연결하는 제 2 컨택전극(1400)을 형성 할 수 있다. 따라서, 픽셀 구동 IC(1200)는 대응하는 포토다이오드(730)에 연결될 수 있다.

[0073] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 도 15에 나타낸 것처럼 픽셀 구동 IC(1200)는 제 1 절연층(810) 상에 직접 형성되고, 제 2 절연층(2020) 및 접착층(1110) 없이 대응하는 포토다이오드(720)와 연결될 수 있다. 이 경우 제조방법이 더욱 단순화될 수 있다.

[0074] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 도 16에 나타낸 것처럼 픽셀 구동 IC(1200)는 제 2 절연층(1010) 상에 직접 형성되고, 접착층(1110) 없이 대응하는 포토다이오드(720)와 연결될 수 있다. 이 경우 제조방법이 상대적으로 단순화될 수 있다.

[0075] 다시 도 6과 도 17을 참조하면, 접착층(1110) 및 픽셀 구동 IC(1200) 상에 보호층(1710)을 형성한다(S6090). 그리고 S6100 단계에서 신틸레이터층(1720)이 보호층(1710) 상에 형성될 수 있다.

[0076] 픽셀 구동 IC(1200) 및 보호층(1710) 상에 신틸레이터층(1720)을 형성함으로써, 전면조사방식 X선 검출기(10)의 픽셀영역이 완성될 수 있다. X선 검출기(10)는 다른 실시예에 따라 후면조사방식 X선 검출기로 제조될 수도 있다. 이하에서는 도 6과 함께 도 18 내지 20을 참조하여 배면조사방식 X선 검출기의 픽셀영역을 제조하는 방법에 대해 설명한다.

[0077] 도 18 내지 도 20은 본 발명의 일 실시예에 따른 배면조사방식 X선 검출기의 제조 과정을 나타낸 단면도이다.

[0078] 도 18에 도시 된 바와 같이, 절연기판(710) 상에 희생층(1810)을 형성하고, 희생층(1810) 상에 장벽층(1820)을 형성한다(S6010). 희생층(1810)은 레이저 리프트 오프(LL0)를 위해 형성된다. 장벽층(1820)은 일례로 폴리이미드 등의 수지재질로 이루어진다. 장벽층(1820)을 형성한 후, 도 14 내지 도 17에 도시된 바와 유사하게 장벽층(1820) 상에 포토다이오드층(100) 및 구동층(200)을 형성할 수 있다.

[0079] 단계 S6080에서 포토다이오드층(100) 및 구동층(200)을 형성한 후, 단계 S6110에서 도 18에 도시 된 바와 같이 절연기판(710) 및 희생층(1810)을 제거하기 위한 레이저 리프트 오프 공정이 수행될 수 있다.

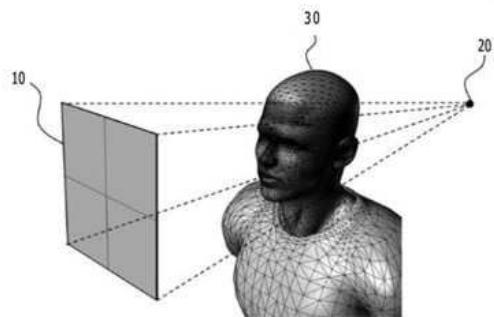
[0080] 도 19에 도시 된 바와 같이, 레이저 리프트 오프 공정(S6110) 후 포토다이오드층(100)과 구동층(200)으로 이루어진 결과물을 뒤집는 플립핑 공정(단계 S6120)을 수행하고, 단계 S6130에서 일례로 카본 등으로 이루어진 캐리어층(1920)에 접착물질(1910)을 이용해서 구동층(200)을 접착한다.

[0081] 단계 S6130에서, 도 20에 도시된 바와 같이 신틸레이터층(1720)은 장벽층(1820) 상에 형성된다. 장벽층(1820) 상에 신틸레이터층(1720)을 형성함으로써 후면조사방식 X선 검출기의 픽셀영역을 완성할 수 있다.

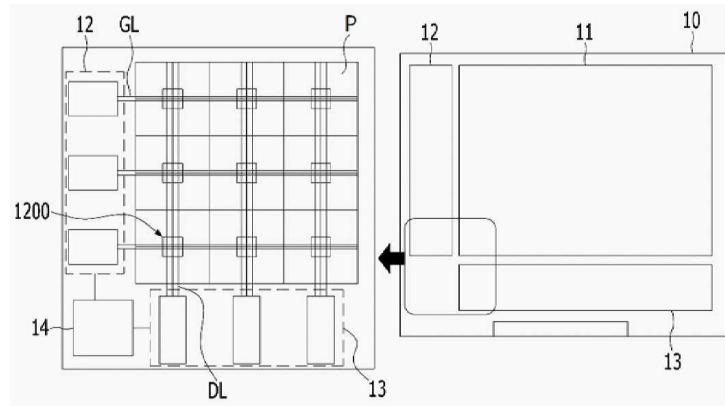
[0082] 본 발명의 실시예가 설명되었지만, 전술한 실시예는 예시일 뿐이며 본 발명의 기술사상을 제한하는 것으로 해석되어서는 안 된다. 본 명세서에 개시된 기술사상의 범위 내에서 많은 변형이 가능하지만 이를 변형이 본 발명의 권리범위에 속한다면 본 발명에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

## 도면

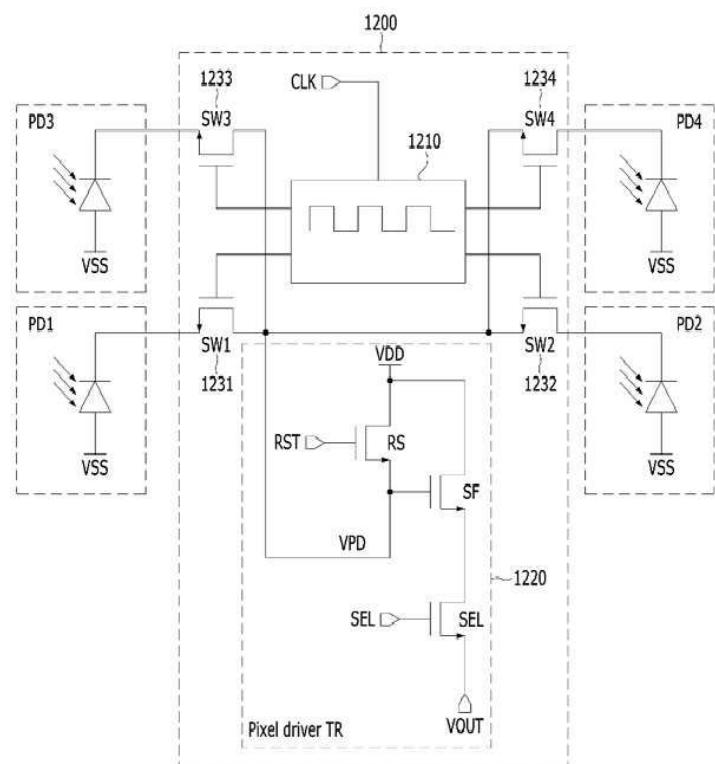
## 도면1



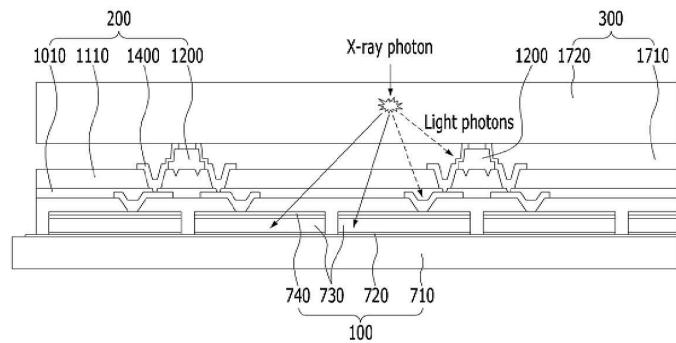
## 도면2



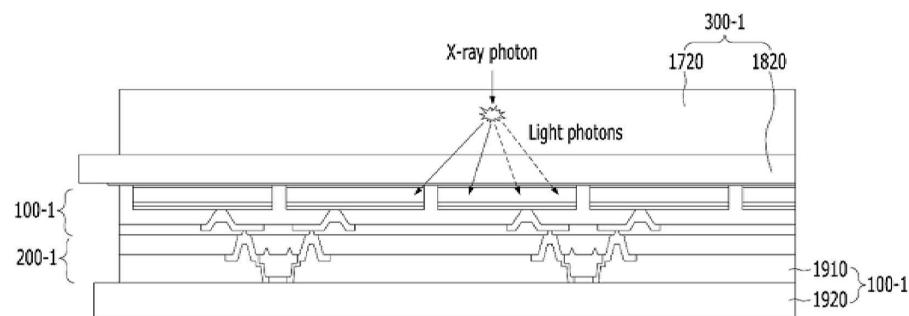
## 도면3



도면4



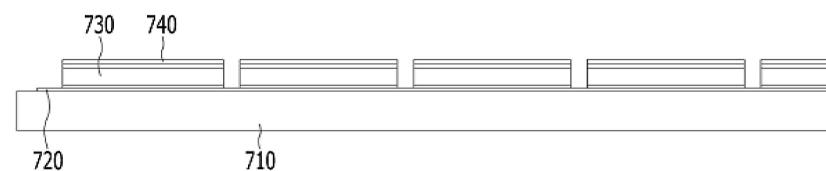
도면5



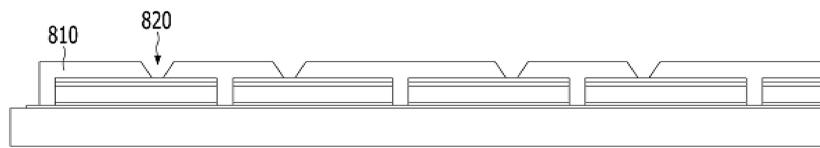
## 도면6



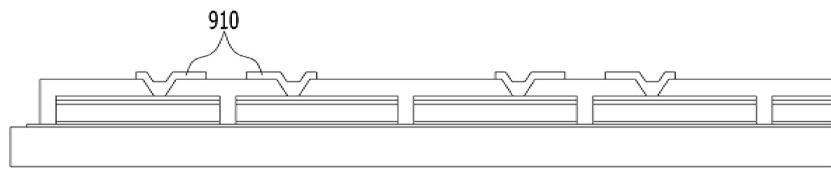
## 도면7



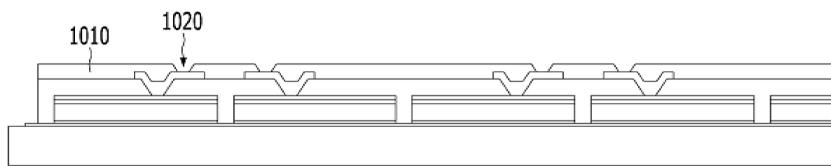
도면8



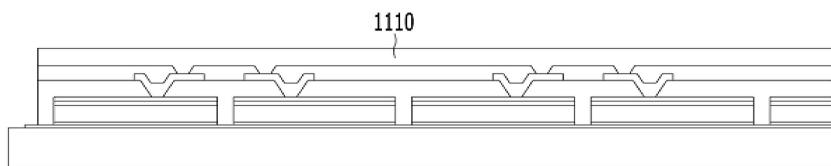
도면9



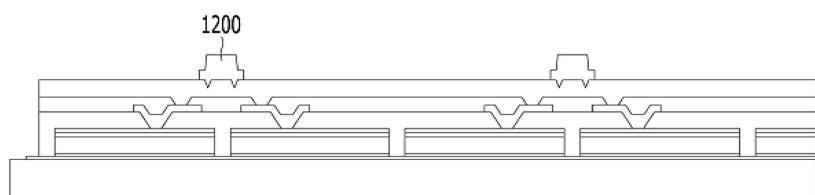
도면10



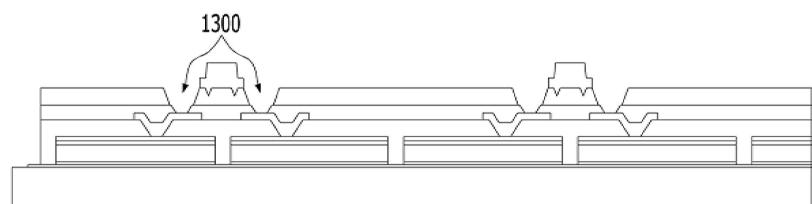
도면11



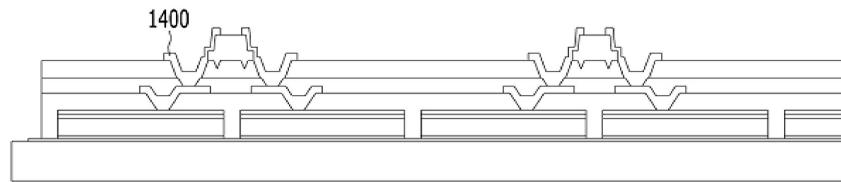
도면12



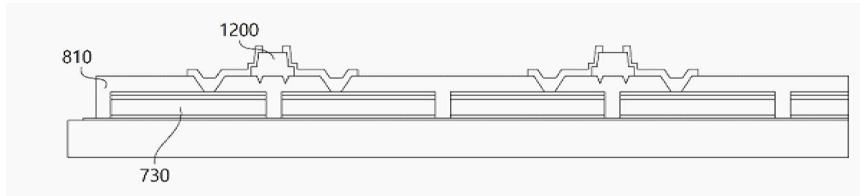
도면13



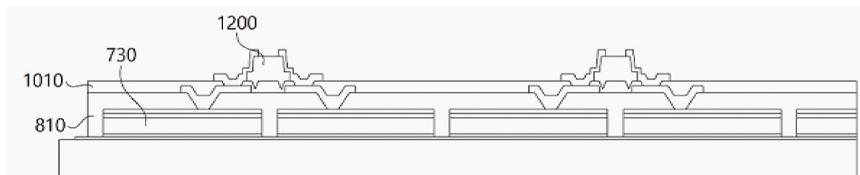
도면14



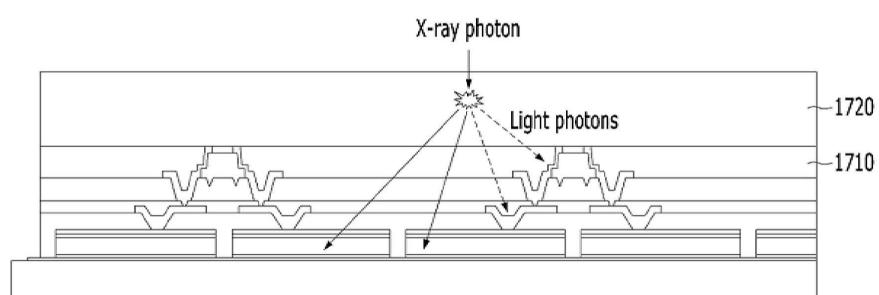
도면15



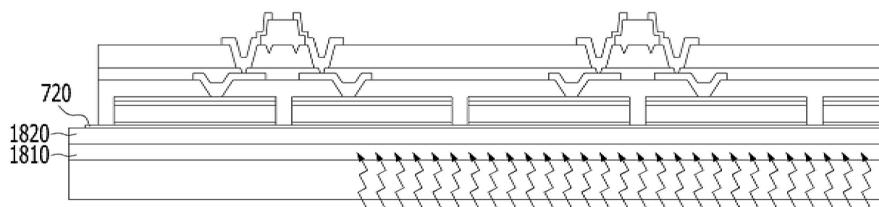
도면16



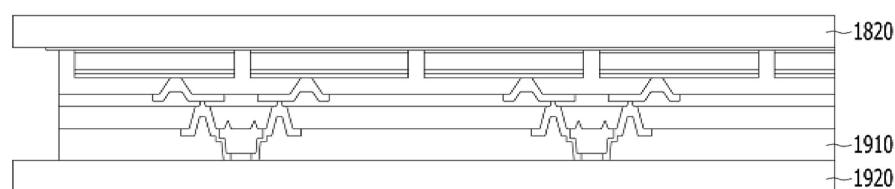
도면17



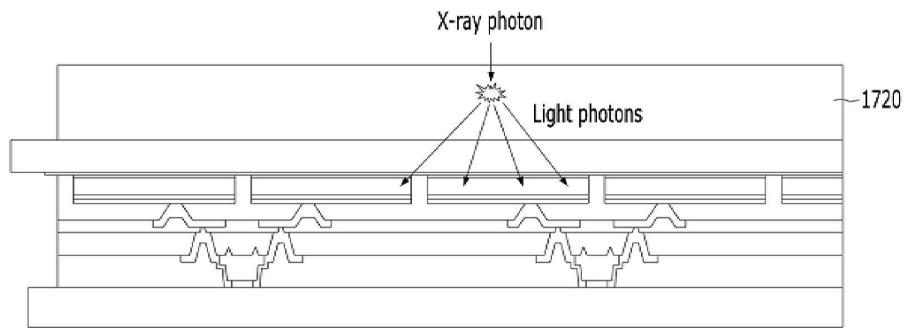
도면18



도면19



도면20



도면21

