



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0134533  
(43) 공개일자 2016년11월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 31/0272 (2006.01) H01L 27/146 (2006.01)  
H01L 31/0224 (2006.01) H01L 31/0392 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
H01L 31/0272 (2013.01)  
H01L 27/14612 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2016-0057983  
(22) 출원일자 2016년05월12일  
심사청구일자 없음  
(30) 우선권주장  
JP-P-2015-099011 2015년05월14일 일본(JP)

(71) 출원인  
가부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼  
일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398  
(72) 발명자  
다이리키 고지  
일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가  
부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내  
야마자키 슌페이  
일본 243-0036 가나가와켄 아쓰기시 하세 398 가  
부시키가이샤 한도오파이 에네루기 켄큐쇼 내  
(74) 대리인  
양영준, 박충범

전체 청구항 수 : 총 22 항

(54) 발명의 명칭 광전 변환 소자, 촬상 장치

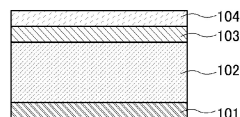
(57) 요약

본 발명은 촬상 성능이 우수한 촬상 장치를 제공한다. 또는, 저조도 하에서의 촬상이 용이한 촬상 장치를 제공한다. 또는, 저소비 전력의 촬상 장치를 제공한다. 또는, 화소 간의 특성 편차가 작은 촬상 장치를 제공한다. 또는, 집적도가 높은 촬상 장치를 제공한다.

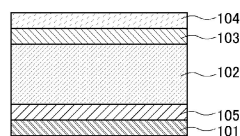
제 1 전극, 제 2 전극, 제 1 층, 제 2 층을 가지고, 제 1 층은 제 1 전극과 제 2 전극 사이에 제공되고, 제 2 층은 제 1 층과 제 2 전극 사이에 제공되고, 제 1 층은 셀레늄을 가지고, 제 2 층은 In, Ga, Zn, O를 가지는 광전 변환 소자이다. 또한, 제 2 층을 In-Ga-Zn 산화물을 가지는 층으로 하여도 좋다. 셀레늄을 결정 셀레늄으로 하여도 좋다. 제 1 층이 광전 변환층으로서의 기능을 가지고, 제 2 층이 정공 주입 저지층으로서의 기능을 가지는 광전 변환 소자로 하여도 좋다. 또한, In-Ga-Zn 산화물을 c축 배향된 결정을 가지는 산화물로 하여도 좋다.

대표도 - 도1

(A)  
100



(B)  
100



(52) CPC특허분류

*H01L 27/14625* (2013.01)  
*H01L 27/14643* (2013.01)  
*H01L 27/14665* (2013.01)  
*H01L 27/14667* (2013.01)  
*H01L 31/022425* (2013.01)  
*H01L 31/0392* (2013.01)  
*Y02E 10/50* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

광전 변환 소자에 있어서,  
제 1 전극;  
제 2 전극;  
상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극 사이에 배치된 제 1 층; 및  
상기 제 1 층과 상기 제 2 전극 사이에 배치된 제 2 층을 포함하고,  
상기 제 1 층은 셀레늄을 포함하고,  
상기 제 2 층은 In, Ga, Zn, 및 O를 포함하는, 광전 변환 소자.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,  
상기 제 2 층은 c축 배향된 결정을 가지는 In-Ga-Zn 산화물을 포함하는, 광전 변환 소자.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,  
상기 셀레늄은 결정 셀레늄인, 광전 변환 소자.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,  
상기 제 1 층은 광전 변환층으로서 기능하고,  
상기 제 2 층은 정공 주입 저지층으로서 기능하는, 광전 변환 소자.

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서,  
상기 제 1 층과 상기 제 1 전극 사이에 배치된 제 3 층을 더 포함하고,  
상기 제 3 층은 전자 주입 저지층으로서 기능하는, 광전 변환 소자.

#### 청구항 6

제 5 항에 있어서,  
상기 제 3 층은 산화 니켈 또는 황화 안티모니를 포함하는, 광전 변환 소자.

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서,  
상기 제 2 전극은 In, Sn, 및 O를 포함하는, 광전 변환 소자.

#### 청구항 8

활상 장치에 있어서,

제 1 항에 따른 광전 변환 소자; 및  
구동용 트랜지스터를 포함하고,  
상기 구동용 트랜지스터는 상기 광전 변환 소자에 전기적으로 접속되는, 촬상 장치.

#### 청구항 9

제 8 항에 있어서,  
마이크로렌즈 어레이 또는 회절 격자; 및  
컬러 필터를 더 포함하고,  
상기 광전 변환 소자는 상기 마이크로렌즈 어레이 또는 상기 회절 격자, 및 상기 컬러 필터를 통과하는 광을 수광할 수 있는, 촬상 장치.

#### 청구항 10

제 8 항에 있어서,  
상기 구동용 트랜지스터는 산화물 반도체를 포함하는, 촬상 장치.

#### 청구항 11

제 8 항에 있어서,  
상기 광전 변환 소자의 수는 8K 해상도 영상(image)의 촬영에 사용되는 광전 변환 소자의 수 이상이고,  
8K 해상도의 영상 신호가 작성될 수 있는, 촬상 장치.

#### 청구항 12

광전 변환 소자에 있어서,  
기판 위의 제 1 전극;  
상기 제 1 전극 위의 제 1 층;  
상기 제 1 층 위의 제 2 층; 및  
상기 제 2 층 위의 제 2 전극을 포함하고,  
상기 제 1 층은 셀레늄을 포함하고,  
상기 제 2 층은 In, Ga, Zn, 및 O를 포함하는, 광전 변환 소자.

#### 청구항 13

제 12 항에 있어서,  
상기 제 2 층은 c축 배향된 결정을 가지는 In-Ga-Zn 산화물을 포함하는, 광전 변환 소자.

#### 청구항 14

제 12 항에 있어서,  
상기 셀레늄은 결정 셀레늄인, 광전 변환 소자.

#### 청구항 15

제 12 항에 있어서,  
상기 제 1 층은 광전 변환층으로서 기능하고,  
상기 제 2 층은 정공 주입 저지층으로서 기능하는, 광전 변환 소자.

#### 청구항 16

제 12 항에 있어서,

상기 제 1 층과 상기 제 1 전극 사이에 배치된 제 3 층을 더 포함하고,

상기 제 3 층은 전자 주입 저지층으로서 기능하는, 광전 변환 소자.

#### 청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 제 3 층은 산화 니켈 또는 황화 안티모니를 포함하는, 광전 변환 소자.

#### 청구항 18

제 12 항에 있어서,

상기 제 2 전극은 In, Sn, 및 O를 포함하는, 광전 변환 소자.

#### 청구항 19

활상 장치에 있어서,

제 12 항에 따른 광전 변환 소자; 및

구동용 트랜지스터를 포함하고,

상기 구동용 트랜지스터는 상기 광전 변환 소자에 전기적으로 접속되는, 활상 장치.

#### 청구항 20

제 19 항에 있어서,

마이크로렌즈 어레이 또는 회절 격자; 및

컬러 필터를 더 포함하고,

상기 광전 변환 소자는 상기 마이크로렌즈 어레이 또는 상기 회절 격자, 및 상기 컬러 필터를 통과하는 광을 수광할 수 있는, 활상 장치.

#### 청구항 21

제 19 항에 있어서,

상기 구동용 트랜지스터는 산화물 반도체를 포함하는, 활상 장치.

#### 청구항 22

제 19 항에 있어서,

상기 광전 변환 소자의 수는 8K 해상도 영상의 촬영에 사용되는 광전 변환 소자의 수 이상이고,

8K 해상도의 영상 신호가 작성될 수 있는, 활상 장치.

### 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명의 일 형태는 광전 변환 소자, 활상 장치에 관한 것이다.

[0002] 다만, 본 발명의 일 형태는 상기 기술 분야에 한정되지 않는다. 본 명세서 등에 개시(開示)된 발명의 일 형태의 기술 분야는 물건, 방법, 또는 제작 방법에 관한 것이다. 또는, 본 발명의 일 형태는 공정(process), 기계(machine), 제품(manufacture), 또는 조성물(composition of matter)에 관한 것이다. 따라서, 본 명세서에 개시된 본 발명의 일 형태의 기술 분야로서는 더 구체적으로, 반도체 장치, 표시 장치, 액정 표시 장치, 발광 장

치, 조명 장치, 축전 장치, 기억 장치, 촬상 장치, 이들의 구동 방법, 또는 이들의 제작 방법을 예로 들 수 있다.

- [0003] 또한, 본 명세서 등에서 반도체 장치란, 반도체 특성을 이용함으로써 기능할 수 있는 모든 장치를 말한다. 트랜지스터, 반도체 회로는 반도체 장치의 일 형태이다. 또한, 기억 장치, 표시 장치, 촬상 장치, 전자 기기는 반도체 장치를 가지는 경우가 있다.

## 배경 기술

- [0004] 근년, 기존 HD 텔레비전 방송의 1080i(2K)와 비교하여 영상(image), 동영상의 해상도(화소 수)가 높은 4K나 8K라고 불리는 방송이 검토되고 있다. 특히 8K는, 종래의 방송에 의한 영상으로는 경험하지 못했던 입장감, 입체감이나 몰입감을 주는 영상이 될 것으로 예상되며, 시청자에게 획기적인 영상 체험을 제공할 것으로 크게 기대되고 있다. 다만, 4K/8K 방송의 실현을 위해서는 기술이나 코스트 등, 해결해야 할 과제가 많다. 예를 들어, 8K 영상을 촬영할 수 있는 촬상 장치, 8K의 영상 신호를 전송하는 케이블, 8K의 영상 신호를 수신하는 표시 장치에 구비되는 튜너, 그리고 8K 영상을 표시할 수 있는 표시 장치 등이 필요한데, 모두 개발 도상에 있다.

- [0005] 상술한 각종 장치들은 화소 수  $1920 \times 1080$ , 소위 풀 하이비전('2K 해상도', '2K1K', '2K' 등이라고도 불림)의 해상도로 이미 실현되었다. 그런데 화소 수  $3840 \times 2160$ (또는  $4096 \times 2160$ ), 소위 울트라 하이비전('4K 해상도', '4K2K', '4K' 등이라고도 불림) 해상도로는, 표시 장치의 시판이 시작되었지만 본격적인 4K 텔레비전 방송의 실현에는 이르지 못하고 있다. 또한, 화소 수  $7680 \times 4320$ (또는  $8192 \times 4320$ ), 소위 슈퍼 하이비전('8K 해상도', '8K4K', '8K' 등이라고도 불림) 해상도에 대해서는 영상 신호의 작성, 전송, 표시의 모든 기술이 실용화 수준에 도달하기 위한 개발이 요망되고 있다. 8K 텔레비전 방송이 실현되고 나면 16K나 32K 해상도의 검토가 시작될 가능성도 있다.

- [0006] 이와 같은 상황에서, 8K 영상을 만들어 내는 고해상도 카메라를 실현하기 위하여, 1억 3300만 화소의 CMOS 센서의 개발에 관한 보고가 이루어졌다(비특허문헌 1 참조). 이러한 고해상도 센서를 제작하기 위해서는 고밀도로 집적화된 화소 어레이가 필요하고, 화소를 고밀도로 집적화하려면 화소 하나당 면적을 축소하여야 한다.

- [0007] 화소의 면적을 축소할 경우, 상기 화소가 가지는 광전 변환 소자의 수광부의 면적을 축소할 수 밖에 없다. 광전 변환 소자의 수광부의 면적을 축소하면 광에 대한 감도가 저하되어, 저조도 하에서의 촬상이 어려워질 수 있다.

- [0008] 이와 같은 문제를 해결하기 위해서는, 애벌란치 전하 증배를 이용한 광전 변환 소자를 사용하는 것이 유효한 한편, 상기 광전 변환 소자는 암전류가 비교적 크기 때문에 촬상 품질이 떨어질 우려가 있고, 이에 대한 대책으로 암전류를 저감할 수 있는 이미지 센서가 개시되었다(특허문헌 1 참조).

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0009] (특허문헌 0001) 일본국 특개 2014-17440호 공보

### 비특허문헌

- [0010] (비특허문헌 0001) ITE Technical Report Vol.39, No.16, p.53~56, 2015년 3월 27일 발표  
(비특허문헌 0002) R.Funatsu et al., "133Mpixel 60fps CMOS Image Sensor with 32-Column Shared High-Speed Column-Parallel SAR ADCs", IEEE ISSCC Dig.Tech.Papers, 2015.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0011] 특허문헌 1에는, 산화 갈륨으로 구성되며 광전 변환층에 적층되는 정공 주입 저지층을 구성 요소 중 하나로서 구비하는 광전 변환 소자가 개시되어 있다. 황동석(chalcopyrite)형 반도체를 광전 변환층에 사용한 광전 변환

소자의 경우, 전계 인가 시에서의 압전류가 큰데, 전극으로부터 황동석형 반도체에 대한 전하 주입의 억제가 불충분한 것이 압전류의 요인 중 하나로 생각되고 있다. 그래서, 산화 갈륨으로 구성되며 광전 변환층에 적층되는 정공 주입 저지층을 제공함으로써, 전하의 주입을 억제하여 압전류를 저감할 수 있다고 한다.

[0012] 그러나, 광전 변환 소자에 산화 갈륨으로 구성된 정공 주입 저지층을 사용하면, 다음과 같은 점에서 문제가 생길 수 있다.

[0013] 첫째로, 산화 갈륨은 예를 들어 진공 증착법, 스퍼터링법, 펄스 레이저 증착법 등으로 형성되지만, 산화 갈륨을 이러한 방법으로 형성할 때는, 성막 장치 내에서 파티클 형상의 산화 갈륨이 발생하는 경우가 있다. 상기 파티클 형상의 산화 갈륨이 광전 변환 소자에 들어가면 소자 내에서 이물로 작용하여, 일부의 화소가 정상적으로 기능하지 못하게 될 수 있다. 특히 8K 해상도 영상의 촬영에 사용되는 광전 변환 소자는 방대한 수의 화소로 구성되며, 하나의 화소가 매우 작게 제작되기 때문에, 상기 이물에 기인하는 문제의 영향이 현저해진다. 또한, 상기 문제는 촬상 장치의 제조 수율에 직접 영향을 미친다.

[0014] 둘째로, 진공 증착법, 스퍼터링법, 펄스 레이저 증착법 등으로 형성되는 산화 갈륨층은 결정성이 낮은 것이 알려져 있다. 광전 변환 소자의 광전 변환층에 예를 들어, 황동석형 결정을 가지는 반도체를 사용하는 경우, 상기 광전 변환층과 접촉되는 정공 주입 저지층의 결정성이 낮으면, 양층의 계면에서 밀착성이 낮게 되어, 계면의 손상이나 박리가 생길 경우가 있다. 특히, 8K 해상도 영상의 촬영에 사용되는 광전 변환 소자에서는 하나의 화소가 매우 작게 제작되기 때문에, 상기 문제의 영향이 현저해진다.

[0015] 상술한 문제는 반드시 촬상 소자가 8K 등 고해상도의 화소를 가지는 경우에 한하지 않고, 4K 이하의 해상도의 화소를 가지는 경우에도 문제가 된다. 또한, 본 명세서, 도면, 청구항 등의 기재로부터 저절로 명백해지는 다른 과제도 존재한다.

[0016] 따라서, 본 발명의 일 형태는 촬상 성능이 우수한 촬상 장치를 제공하는 것을 목적 중 하나로 한다. 또는, 저조도 하에서의 촬상이 용이한 촬상 장치를 제공하는 것을 목적 중 하나로 한다. 또는, 저소비 전력의 촬상 장치를 제공하는 것을 목적 중 하나로 한다. 또는, 고속 동작에 적합한 촬상 장치를 제공하는 것을 목적 중 하나로 한다. 또는, 해상도가 높은 촬상 장치를 제공하는 것을 목적 중 하나로 한다. 또는, 화소 간의 특성 편차가 작은 촬상 장치를 제공하는 것을 목적 중 하나로 한다. 또는, 집적도가 높은 촬상 장치를 제공하는 것을 목적 중 하나로 한다. 또는, 넓은 온도 범위에서 사용 가능한 촬상 장치를 제공하는 것을 목적 중 하나로 한다. 또는, 고개구율의 촬상 장치를 제공하는 것을 목적 중 하나로 한다. 또는, 신뢰성이 높은 촬상 장치를 제공하는 것을 목적 중 하나로 한다. 또는, 신규 촬상 장치 등을 제공하는 것을 목적 중 하나로 한다. 또는, 신규 반도체 장치 등을 제공하는 것을 목적 중 하나로 한다.

[0017] 또한, 상술한 과제의 기재는 다른 과제의 존재를 방해하는 것은 아니다. 또한, 본 발명의 일 형태는 상술한 모든 과제를 해결할 필요는 없다. 또한, 상술한 것 외의 과제는 명세서, 도면, 청구항 등의 기재로부터 저절로 명백해질 것이며 명세서, 도면, 청구항 등의 기재로부터 상술한 것 외의 과제가 추출될 수 있다.

### 과제의 해결 수단

[0018] 본 발명의 일 형태는, 제 1 전극, 제 2 전극, 제 1 층, 제 2 층을 가지고, 제 1 층은 제 1 전극과 제 2 전극 사이에 제공되고, 제 2 층은 제 1 층과 제 2 전극 사이에 제공되고, 제 1 층은 셀레늄을 가지고, 제 2 층은 In, Ga, Zn, O를 가지는 광전 변환 소자이다.

[0019] 또한 본 발명의 일 형태는, 제 2 층이 In-Ga-Zn 산화물을 가지는 광전 변환 소자로 하여도 좋다. 또한, In-Ga-Zn 산화물은 CAAC 구조를 가지는 산화물이어도 좋다. 또한, 셀레늄은 결정 셀레늄이어도 좋다. 또한, 제 1 층은 광전 변환층으로서의 기능을 가지고, 제 2 층은 정공 주입 저지층으로서의 기능을 가져도 좋다. 또한, 제 1 층과 제 1 전극 사이의 제 3 층을 더 가지고, 제 3 층이 전자 주입 저지층으로서의 기능을 가지는 광전 변환 소자로 하여도 좋다. 또한, 제 3 층은 산화 니켈 또는 황화 안티모니를 가져도 좋다. 또한, 제 2 전극은 In, Sn, O를 가져도 좋다. 또한, 제 2 전극은 인듐 주석 산화물(ITO)을 가져도 좋다.

[0020] 또한 본 발명의 다른 일 형태는, 제 1 전극, 제 1 전극 위의 제 1 층, 제 1 층 위의 제 2 층, 제 2 층 위의 제 2 전극을 가지고, 제 1 층이 셀레늄을 포함하고, 제 2 층이 In, Ga, Zn, O를 가지는 광전 변환 소자이다.

[0021] 또한 본 발명의 다른 일 형태는, 제 1 전극, 제 1 전극 위의 제 1 층, 제 1 층 위의 제 2 층, 제 2 층 위의 제 2 전극을 가지고, 제 1 층이 셀레늄을 가지고, 제 1 층이 광전 변환층으로서의 기능을 가지고, 제 2 층이 In, Ga, Zn, O를 가지고, 제 2 층이 정공 주입 저지층으로서의 기능을 가지는 광전 변환 소자이다.

[0022] 또한 본 발명의 일 형태는, 제 2 층이 In-Ga-Zn 산화물을 가지는 광전 변환 소자로 하여도 좋다. 또한 본 발명의 일 형태는, In-Ga-Zn 산화물이 CAAC 구조를 가지는 산화물인 광전 변환 소자로 하여도 좋다. 또한 본 발명의 일 형태에서, 셀레늄은 결정 셀레늄이어도 좋다. 또한, 제 1 전극과 제 2 층 사이에 제 3 층을 더 가지고, 제 3 층이 산화 니켈 또는 황화 안티모니를 가지는 광전 변환 소자로 하여도 좋다. 또한, 제 1 전극과 제 2 층 사이에 제 3 층을 더 가지고, 제 3 층이 전자 주입 저지층으로서의 기능을 가지는 광전 변환 소자로 하여도 좋다. 또한, 제 2 전극은 In, Sn, O를 가져도 좋다. 또한, 제 2 전극은 인듐 주석 산화물을 가져도 좋다.

[0023] 또한 본 발명의 다른 일 형태는, 본 발명의 일 형태에 따른 광전 변환 소자, 및 광전 변환 소자에 전기적으로 접속된, 구동용으로 사용되는 트랜지스터를 가지는 촬상 장치이다. 본 발명의 일 형태는, 마이크로렌즈 어레이 또는 회절 격자, 및 컬러 필터를 더 가지고, 광전 변환 소자가 마이크로렌즈 어레이 또는 회절 격자, 및 컬러 필터를 통과한 광을 수광할 수 있는 기능을 가지는 촬상 장치로 하여도 좋다. 또한, 구동용으로 사용되는 트랜지스터는 산화물 반도체를 가져도 좋다. 또한, 8K 해상도 영상의 촬영에 사용되는 광전 변환 소자의 수 이상의 광전 변환 소자를 가지고, 8K 해상도의 영상 신호를 작성할 수 있는 기능을 가지는 촬상 장치로 하여도 좋다.

### 발명의 효과

[0024] 본 발명의 일 형태를 사용함으로써 촬상 성능이 우수한 촬상 장치를 제공할 수 있다. 또는, 저조도 하에서의 촬상이 용이한 촬상 장치를 제공할 수 있다. 또는, 저소비 전력의 촬상 장치를 제공할 수 있다. 또는, 고속 동작에 적합한 촬상 장치를 제공할 수 있다. 또는, 해상도가 높은 촬상 장치를 제공할 수 있다. 또는, 화소 간의 특성 편차가 작은 촬상 장치를 제공할 수 있다. 또는, 집적도가 높은 촬상 장치를 제공할 수 있다. 또는, 넓은 온도 범위에서 사용 가능한 촬상 장치를 제공할 수 있다. 또는, 고개구율의 촬상 장치를 제공할 수 있다. 또는, 신뢰성이 높은 촬상 장치를 제공할 수 있다. 또는, 신규 촬상 장치 등을 제공할 수 있다. 또는, 신규 반도체 장치 등을 제공할 수 있다.

[0025] 또한, 본 발명의 일 형태는 상술한 효과에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 본 발명의 일 형태는 경우 또는 상황에 따라, 상술한 것 외의 효과를 가지는 경우도 있다. 또는, 예를 들어 본 발명의 일 형태는 경우 또는 상황에 따라, 상술한 효과를 가지지 않는 경우도 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 광전 변환 소자의 구성을 설명하기 위한 단면도.  
 도 2는 광전 변환 소자의 밴드 다이어그램.  
 도 3은 촬상 장치의 구성을 설명하기 위한 단면도.  
 도 4는 광전 변환 소자의 접속 형태를 설명하기 위한 단면도.  
 도 5는 촬상 장치의 구성을 설명하기 위한 단면도.  
 도 6은 광전 변환 소자의 접속 형태를 설명하기 위한 단면도.  
 도 7은 촬상 장치의 구성을 설명하기 위한 단면도.  
 도 8은 촬상 장치의 구성을 설명하기 위한 단면도.  
 도 9는 촬상 장치의 구성을 설명하기 위한 단면도.  
 도 10은 촬상 장치의 구성을 설명하기 위한 단면도.  
 도 11은 촬상 장치의 구성을 설명하기 위한 단면도.  
 도 12는 촬상 장치의 구성을 설명하기 위한 단면도.  
 도 13은 촬상 장치의 구성을 설명하기 위한 단면도.  
 도 14는 만곡된 촬상 장치를 설명하기 위한 도면.  
 도 15는 XRD에 의한 CAAC 구조를 가지는 산화물 및 단결정 산화물의 구조 해석을 설명하기 위한 도면, 및 CAAC 구조를 가지는 산화물의 제한 시야 전자 회절 패턴을 나타낸 도면.  
 도 16은 CAAC 구조를 가지는 산화물의 단면 TEM 이미지 및 평면 TEM 이미지와 그 화상 해석 이미지.

도 17은 nc 구조를 가지는 산화물의 전자 회절 패턴을 나타낸 도면, 및 nc 구조를 가지는 산화물의 단면 TEM 이미지.

도 18은 a-like 구조를 가지는 산화물의 단면 TEM 이미지.

도 19는 전자 조사에 의한 In-Ga-Zn 산화물의 결정부의 변화를 나타낸 그래프.

도 20은 전자 기기를 설명하기 위한 도면.

도 21은 IGZO막의 전자 친화력과 에너지 갭을 나타낸 도면.

도 22는 롤링 서터 방식 및 글로벌 서터 방식의 동작을 설명하기 위한 도면.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 실시형태에 대하여 도면을 참조하여 자세히 설명한다. 다만, 본 발명은 이하의 설명에 한정되지 않고, 본 발명의 취지 및 그 범위에서 벗어남이 없이 그 형태 및 상세한 사항을 다양하게 변경할 수 있는 것은 당업자라면 용이하게 이해할 수 있다. 따라서, 본 발명은 이하에 기재된 실시형태의 내용에 한정하여 해석되는 것은 아니다. 또한, 이하에서 발명의 구성을 설명함에 있어 동일한 부분 또는 같은 기능을 가지는 부분에는 동일한 부호를 다른 도면 간에서 공통적으로 사용하며, 그 반복되는 설명을 생략하는 경우가 있다. 또한, 도면을 구성하는 동일한 요소의 해칭을 다른 도면 간에서 적절히 생략 또는 변경하는 경우도 있다.
- [0028] 또한, '막'이라는 용어와 '층'이라는 용어는 경우 또는 상황에 따라 서로 바꿀 수 있다. 예를 들어, '도전층'이라는 용어를 '도전막'이라는 용어로 바꿀 수 있는 경우가 있다. 또는 예를 들어 '절연막'이라는 용어를 '절연층'이라는 용어로 바꿀 수 있는 경우가 있다.
- [0029] 또한, 본 명세서에서 '평행'이란, 2개의 직선이  $-10^{\circ}$  이상  $10^{\circ}$  이하의 각도로 배치되어 있는 상태를 말한다. 따라서,  $-5^{\circ}$  이상  $5^{\circ}$  이하의 경우도 그 범주에 포함된다. 또한 '실질적으로 평행'이란, 2개의 직선이  $-30^{\circ}$  이상  $30^{\circ}$  이하의 각도로 배치되어 있는 상태를 말한다. 또한 '수직'이란, 2개의 직선이  $80^{\circ}$  이상  $100^{\circ}$  이하의 각도로 배치되어 있는 상태를 말한다. 따라서,  $85^{\circ}$  이상  $95^{\circ}$  이하의 경우도 그 범주에 포함된다. 또한 '실질적으로 수직'이란, 2개의 직선이  $60^{\circ}$  이상  $120^{\circ}$  이하의 각도로 배치되어 있는 상태를 말한다.
- [0030] 또한, 본 명세서에서 삼방정계 및 능면체정계(rhombohedral crystal system)는 육방정계에 포함된다.
- [0031] (실시형태 1)
- [0032] 본 실시형태에서는 본 발명의 일 형태에 따른 광전 변환 소자(100)에 대하여 도면을 참조하여 설명한다.
- [0033] 도 1의 (A)는 본 발명의 일 형태에 따른 광전 변환 소자(100)의 단면 구조를 모식적으로 나타낸 도면이다. 광전 변환 소자(100)는 제 1 전극(101), 제 1 전극(101) 위의 광전 변환층(102), 광전 변환층(102) 위의 정공 주입 저지층(103), 정공 주입 저지층(103) 위의 제 2 전극(104)을 가진다.
- [0034] 광전 변환 소자(100)는 기판 위에 형성되어도 좋고, 기판에 형성된 구동용 트랜지스터 위 또는 기판 위에 형성된 구동용 트랜지스터 위에 형성되어도 좋다.
- [0035] 도 1의 (B)는 본 발명의 다른 일 형태에 따른 광전 변환 소자(100)의 단면 구조를 모식적으로 나타낸 도면이다. 광전 변환 소자(100)는 제 1 전극(101), 제 1 전극(101) 위의 전자 주입 저지층(105), 전자 주입 저지층(105) 위의 광전 변환층(102), 광전 변환층(102) 위의 정공 주입 저지층(103), 정공 주입 저지층(103) 위의 제 2 전극(104)을 가진다.
- [0036] <제 1 전극(101)>
- [0037] 제 1 전극(101)은 예를 들어, 음극성 전극으로서 사용되는 전극이다. 제 1 전극(101)에는 예를 들어, 금, 질화 타이타늄, 몰리브덴, 텅스텐 등을 사용할 수 있다. 또한, 예를 들어 알루미늄, 타이타늄, 또는 알루미늄을 타이타늄으로 끼운 적층을 사용할 수 있다. 제 1 전극(101)은 스퍼터링법이나 플라즈마 CVD법으로 형성할 수 있다.
- [0038] 또한, 도 1의 (A)에 도시된 제 1 전극(101)은, 광전 변환층(102)의 피복성 불량 등에 기인하는 제 2 전극(104)과의 단락을 방지하기 위하여, 평탄성이 높은 것이 바람직하다.
- [0039] 평탄성이 높은 도전막으로서는 예를 들어, 실리콘이 1wt%~20wt% 첨가된 산화 인듐 주석막 등을 들 수 있다. 실

리콘이 첨가된 산화 인듐 주석막의 평탄성이 높은 것은, 원자간력 현미경을 사용한 측정에 의하여 확인되었다. 350℃로 1시간 동안 가열 처리한 산화 인듐 주석막과, 동일한 처리를 행한 실리콘이 10wt% 첨가된 산화 인듐 주석막 각각의  $2\mu\text{m} \times 2\mu\text{m}$ 의 영역을 원자간력 현미경으로 측정한 결과, 전자(前者)의 최대 고저차(P-V)가 23.3nm 인 한편, 후자는 7.9nm였다.

[0040] 산화 인듐 주석막은 성막 시에 비정질이더라도 비교적 낮은 온도에서 결정화가 일어나기 때문에, 결정립 성장으로 인한 표면의 거칠어짐이 나타나기 쉽다. 한편, 실리콘이 첨가된 산화 인듐 주석막은 400℃를 넘는 가열 처리를 행하여도 X선 회절 분석에서 피크의 출현이 확인되지 않는다. 즉, 실리콘이 첨가된 산화 인듐 주석막은 비교적 높은 온도로 가열 처리를 행하여도 비정질 상태를 유지한다. 따라서, 실리콘이 첨가된 산화 인듐 주석막은 표면의 거칠어짐이 나타나기 어렵다.

[0041] <광전 변환층(102)>

[0042] 다음에, 광전 변환층(102)에 대하여 설명한다. 광전 변환층(102)에는 셀레늄계 재료를 사용할 수 있다. 셀레늄계 재료를 사용한 광전 변환 소자(100)는 가시광에 대한 외부 양자 효율이 높은 특성을 가진다. 애벌란시 현상에 의하여 상기 광전 변환 소자를, 입사하는 광량에 대한 전자의 증폭이 큰 고감도 센서로 할 수 있다. 또한, 셀레늄계 재료는 광 흡수 계수가 높기 때문에 광전 변환층(102)을 얇게 하기 쉽다는 이점을 가진다.

[0043] 셀레늄계 재료에는 단결정 셀레늄과 비단결정 셀레늄이 있고, 비단결정 셀레늄에는 다결정 셀레늄, 미결정 셀레늄, 비정질 셀레늄(아모퍼스 셀레늄) 등이 있다. 광전 변환층(102)에는 이들 셀레늄을 사용할 수 있다. 또한, 결정 셀레늄과 비정질 셀레늄이 혼합된 셀레늄층을 형성하여 사용하여도 좋다. 결정 셀레늄층은 예를 들어, 비정질 셀레늄층을 성막한 후에 가열 처리를 행함으로써 얻을 수 있다. 또한, 광전 변환층(102)에 결정 셀레늄층을 사용하는 경우, 상기 층에 포함되는 셀레늄의 결정의 입경을 화소 피치보다 작게 함으로써 화소마다의 특성 편차를 저감할 수 있다. 또한, 결정 셀레늄층은 비정질 셀레늄층보다 가시광에 대한 분광 감도나 광 흡수 계수가 높은 특성을 가진다. 다만, 비정질 셀레늄층을 사용할 수도 있다.

[0044] 또한, 광전 변환층(102)은 구리, 인듐, 셀레늄의 화합물(CIS)을 포함하는 층이라도 좋다. 또는, 구리, 인듐, 갈륨, 셀레늄의 화합물(CIGS)을 포함하는 층이라도 좋다. CIS 및 CIGS를 사용하면 셀레늄 단체(單體)를 사용하는 경우와 마찬가지로, 애벌란시 현상을 이용할 수 있는 광전 변환 소자를 형성할 수 있다. CIS 및 CIGS는 p형 반도체이기 때문에, 접합을 형성하기 위하여 n형 반도체인 황화 카드뮴이나 황화 아연 등을 이와 접촉하도록 제공하여도 좋다. 애벌란시 현상을 발생시키기 위해서는, 광전 변환 소자에 비교적 높은 전압(예를 들어 10V 이상)을 인가하는 것이 바람직하다.

[0045] <정공 주입 저지층(103)>

[0046] 다음에, 본 발명의 일 형태에서의 정공 주입 저지층(103)에 대하여 설명한다. 정공 주입 저지층(103)은 제 2 전극(104)으로부터 광전 변환층(102)에 대한 정공의 주입을 억제하는 기능을 가지는 층이다.

[0047] 종래에는, 상술한 셀레늄계 재료를 광전 변환층에 사용한 광전 변환 소자는 전계 인가 시에서의 암전류가 커서 시그널-노이즈(S/N)비가 낮다는 문제가 있었다. 여기서 암전류의 원인 중 하나로서, 전극으로부터 광전 변환층에 대한 전하의 주입을 억제하지 못했던 것을 들 수 있다. 그래서, 광전 변환층에 대한 전하의 주입을 억제하기 위하여, 산화 갈륨으로 구성되는 정공 주입 저지층을 광전 변환층과 전극 사이에 제공하는 구조가 제안되었다.

[0048] 여기서 산화 갈륨층을 정공 주입 저지층으로서 충분히 기능시키기 위해서는, 정공 주입 저지층을 관통하는 터널 전류를 억제할 필요가 있고, 그것을 위해서는 이 층의 막 두께를 일정 이상으로 할 필요가 있다. 예를 들어, 5nm 이상  $1\mu\text{m}$  이하의 막 두께로 하는 것이 바람직하고, 10nm 이상 500nm 이하의 막 두께로 하는 것이 더 바람직하다.

[0049] 그런데 산화 갈륨층을 형성하는 경우, 성막 장치 내부에서 산화 갈륨을 주성분으로 하는 파티클 형상의 이물이 적지 않게 발생된다.

[0050] 여기서 MOCVD(metal organic chemical vapor deposition)법으로 막 두께 5nm의 산화 갈륨을 형성하였을 때의 파티클 수의 계측 결과에 대하여 설명한다.

[0051] 우선, 계측의 개요를 설명한다. 먼저 5인치×5인치의 유리 기판을 준비하고, 유리 기판 검사 장치를 사용하여 기판 위의 파티클 수를 계측하였다. 다음에, 상기 기판을 MOCVD 장치로 반입하고 산화 갈륨층을 막 두께 5nm로 성막하고, 장치에서 유리 기판을 꺼내서 유리 기판 검사 장치를 사용하여 기판 위의 파티클 수를 다시 계측하였

다. 그리고, 성막 전후에 있어서의 파티클의 증가 수를 구하였다.

- [0052] 계측의 조건에 대하여 자세히 설명한다. 유리 기판 검사 장치로서는 Hitachi High-Technologies Corporation 제조의 'GI4600'을 사용하여 유리 기판 위의 직경  $1\mu\text{m}$  이상의 파티클의 수를 계측하였다. MOCVD 장치로서는 WACOM R&D CORPORATION 제조의 'WMCHH-2127s'를 사용하였다. 성막의 원료 가스로서 TEG(triethylgallium)를 공급량  $0.1\text{ccm}$ 로, ECH(ethylcyclohexane)를 공급량  $0.5\text{ccm}$ 로, 산소를 공급량  $2.0\text{slm}$ 로 사용하고, 캐리어 가스로서 아르곤을 공급량  $1.8\text{slm}$ 로 사용하고, 퍼지 가스(purge gas)로서 질소를 공급량  $0.38\text{slm}$ 로 사용하였다. 성막 시의 기판 온도는  $475^\circ\text{C}$ 로 하고, 장치 내의 압력은  $1067\text{Pa}$ 로 하여 성막하였다.
- [0053] 성막은 3개의 유리 기판에 행하였고, 성막 전후에 있어서의 파티클의 증가 수는 각각 9개, 3개, 25개였다. 본 계측은 막 두께  $5\text{nm}$ 의 산화 갈륨층의 성막에 있어서 발생된 파티클 수의 계측이지만, 막 두께가 두꺼울수록 발생하는 파티클 수도 증가될 것으로 예상된다.
- [0054] 상기 파티클은 광전 변환 소자에 들어가면 소자 내에서 이물로 작용하여, 일부의 화소가 정상적으로 기능하지 못하게 될 수 있다. 특히 8K 해상도 영상의 촬영에 사용되는 광전 변환 소자는 방대한 수의 화소로 구성되기 때문에, 하나의 화소가 매우 작게 제작된다. 예를 들어, 화소 하나의 크기를  $3\mu\text{m}\times 3\mu\text{m}$ 로 하였을 때, 성막 장치 내에서 발생된 크기  $1\mu\text{m}$ 의 파티클이 광전 변환 소자에 들어가는 것은 매우 큰 문제가 된다. 촬상 장치의 제조 수율에 직접 영향을 미친다.
- [0055] 또한, 산화 갈륨층은 결정성이 낮은 것이 알려져 있다. 광전 변환 소자의 광전 변환층에 예를 들어, 결정 셀레늄계 재료를 사용하는 경우, 상기 광전 변환층과 접촉되는 정공 주입 저지층의 결정성이 낮으면, 양층의 계면에서 밀착성이 낮게 되어, 계면의 손상이나 박리가 생길 경우가 있다. 부분적으로 상기 층들 사이에서의 전하의 이동에 지장을 줄 수도 있다. 특히, 8K 해상도 영상의 촬영에 사용되는 광전 변환 소자에서는 하나의 화소가 매우 작게 제작되기 때문에, 상기 문제가 현저해진다. 화소 하나가 차지하는 영역에 있어서, 상기 광전 변환층과 정공 주입 저지층과의 밀착성이 낮은  $1\mu\text{m}\times 1\mu\text{m}$ 의 면적의 영역이 생겼을 때, 예를 들어 화소 하나의 크기가  $3\mu\text{m}\times 3\mu\text{m}$ 인 경우는, 화소의 크기가 그보다 큰 경우에 비하여 상기 문제의 영향이 현저해진다.
- [0056] 또한, 성막 후의 가열 처리에 의하여 산화 갈륨층의 결정성을 향상시킬 수도 있다. 또한, MOCVD로 산화 갈륨을 성막하는 경우, 성막 온도가 낮으면 탄소나 수소가 막 내에 많이 들어가기 때문에, 성막 온도를 높게 할 필요가 있다. 어쨌든 고품질의 산화 갈륨층을 형성하고자 하는 경우, 고온으로 가열 처리를 행할 필요가 있다. 하지만, 산화 갈륨층의 피형성층이 되는 광전 변환층에 셀레늄계 재료를 사용하는 경우에는, 셀레늄의 융점이 낮은 ( $221^\circ\text{C}$ ) 것으로 인하여 승화가 일어나기 쉽기 때문에, 광전 변환층에 고온으로 가열 처리를 행하면 손상이 생겨 문제가 될 수 있다.
- [0057] 그러므로, 본 발명의 일 형태에서는 정공 주입 저지층(103)에, 성막 중에서의 파티클 발생량이 산화 갈륨보다 적은 재료를 사용한다. 또한, 정공 주입 저지층(103)에는 산화 갈륨의 결정성보다 광전 변환층(102)의 결정성에 더 가까운 결정성을 가지는 재료를 사용한다. 또한, 정공 주입 저지층(103)에는 광전 변환층(102)에 큰 손상을 주지 않고 고품질의 막을 형성할 수 있는 재료를 사용한다.
- [0058] 특히, 본 발명의 일 형태에서는 정공 주입 저지층(103)에 산화물 재료를 사용한다. 정공 주입 저지층(103)에 사용하는 산화물 재료로서는 산화 인듐, 산화 주석, 산화 아연, In-Zn 산화물, Sn-Zn 산화물, Al-Zn 산화물, Zn-Mg 산화물, Sn-Mg 산화물, In-Mg 산화물, In-Ga 산화물, In-Ga-Zn 산화물, In-Al-Zn 산화물, In-Sn-Zn 산화물, Sn-Ga-Zn 산화물, Al-Ga-Zn 산화물, Sn-Al-Zn 산화물, In-Hf-Zn 산화물, In-La-Zn 산화물, In-Ce-Zn 산화물, In-Pr-Zn 산화물, In-Nd-Zn 산화물, In-Sm-Zn 산화물, In-Eu-Zn 산화물, In-Gd-Zn 산화물, In-Tb-Zn 산화물, In-Dy-Zn 산화물, In-Ho-Zn 산화물, In-Er-Zn 산화물, In-Tm-Zn 산화물, In-Yb-Zn 산화물, In-Lu-Zn 산화물, In-Sn-Ga-Zn 산화물, In-Hf-Ga-Zn 산화물, In-Al-Ga-Zn 산화물, In-Sn-Al-Zn 산화물, In-Sn-Hf-Zn 산화물, In-Hf-Al-Zn 산화물을 들 수 있다.
- [0059] 또한 여기서, 예를 들어 In-Ga-Zn 산화물이란, In, Ga, Zn을 주성분으로서 가지는 산화물을 의미한다. 또한, In, Ga, Zn 이외의 금속 원소가 들어 있어도 좋다. 또한, 본 명세서에서 In-Ga-Zn 산화물로 구성된 막을 IGZO 막이라고도 부른다.
- [0060] 정공 주입 저지층(103)에 사용하는 산화물로서는 In-Ga-Zn 산화물이 특히 유용하다. In-Ga-Zn 산화물은 CAAC(c-axis aligned crystalline) 구조를 가지는 막, 또는 미결정 산화물막이 될 경향이 있으므로, 정공 주입 저지층(103)에 In-Ga-Zn 산화물을 사용하면 결정을 가지는 막이 되어 결정을 가지는 광전 변환층(102)과의 상성(相性)이 좋아지므로 바람직하다. 또한, In-Ga-Zn 산화물은 In, Ga, Zn, 및 O를 적어도 가진다.

- [0061] 특히 CAAC 구조를 가지는 막은 후술하는 바와 같이 결정성이 높고, 예를 들어 광전 변환층(102)이 결정 셀레늄층인 경우에는, 양자의 결정성이 공통됨으로써 정공 주입 저지층(103)이 되는 CAAC 구조를 가지는 막이 형성되기 쉽고 계면의 밀착성이 높아지므로 바람직하다.
- [0062] 또한, 정공 주입 저지층(103)에 사용할 수 있는 In-Ga-Zn 산화물은 다양한 조성으로 할 수 있다. 예를 들어, In:Ga:Zn=1:3:2, 1:3:3, 1:3:4, 1:3:6, 1:4:5, 1:6:4, 또는 1:9:6(원자수비) 등의 In-Ga-Zn 산화물 등을 사용할 수 있다. 또한, 정공 주입 저지층(103)에는 In:Ga:Zn=1:1:1, 2:1:3, 5:5:6, 또는 3:1:2(원자수비) 등의 In-Ga-Zn 산화물 등을 사용할 수 있다.
- [0063] 또한, 정공 주입 저지층(103)에 사용하는 산화물의 막은 대표적으로는 스퍼터링법이나 플라즈마 CVD법으로 형성할 수 있지만, 다른 방법, 예를 들어 열 CVD법으로 형성하여도 좋다. 열 CVD법의 예로서는 MOCVD법이나 ALD(atomic layer deposition)법 등이 있다.
- [0064] 열 CVD법은, 플라즈마를 사용하지 않는 성막 방법이기 때문에, 플라즈마 대미지에 기인한 결함이 생성되지 않는다는 이점이 있다. 또한 열 CVD법의 경우, 원료 가스와 산화제를 챔버 내로 동시에 공급하고, 챔버 내를 대기압 또는 감압하로 하고, 기판 부근 또는 기판 위에서 반응을 일으켜 기판 위에 퇴적시킴으로써 성막하여도 좋다.
- [0065] 또한, 산화물의 성막에는 대향 타깃식 스퍼터링 장치를 사용할 수도 있다. 대향 타깃식 스퍼터링 장치를 사용한 성막법을 VDSP(vapor deposition SP)라고 부를 수도 있다.
- [0066] 또한, 산화물의 성막 방법이나 물성에 대해서는 후술하는 실시형태에서 자세히 설명한다.
- [0067] <제 2 전극(104)>
- [0068] 다음에, 제 2 전극(104)에 대하여 설명한다. 제 2 전극(104)은 예를 들어 정극성 전극으로서 사용되는 전극이다. 예를 들어 인듐 주석 산화물, 실리콘을 포함하는 인듐 주석 산화물, 아연을 포함하는 산화 인듐, 산화 아연, 갈륨을 포함하는 산화 아연, 알루미늄을 포함하는 산화 아연, 산화 주석, 플루오린을 포함하는 산화 주석, 안티모니를 포함하는 산화 주석, 또는 그래핀 등을 사용할 수 있지만, 인듐 주석 산화물, 실리콘을 포함하는 인듐 주석 산화물이 특히 바람직하다. 제 2 전극(104)은 단층에 한정되지 않고 다른 막들의 적층이라도 좋다. 또한, 인듐 주석 산화물은 In, Sn, O를 가진다.
- [0069] 광을 광전 변환층(102)에 도달하게 하기 위하여, 제 2 전극(104)은 광의 투과성이 높은 것이 바람직하다. 특히, 8K 촬상 장치에서는 화소 하나가 차지하는 면적이 매우 작고, 수광에 사용할 수 있는 영역이 매우 작기 때문에, 광의 투과성이 더 중요하다. 제 2 전극(104)은 스퍼터링법이나 플라즈마 CVD법으로 형성할 수 있다.
- [0070] <전자 주입 저지층(105)>
- [0071] 전자 주입 저지층(105)에 대하여 설명한다. 전자 주입 저지층(105)은 제 1 전극(101)으로부터 광전 변환층(102)에 대한 전자의 주입을 억제하는 기능을 가지는 층이다. 전자 주입 저지층(105)에는 산화 니켈 또는 황화 안티모니 등을 사용하는 구성으로 할 수도 있다.
- [0072] <광전 변환 소자의 밴드 구조>
- [0073] 다음에, 도 1의 (A)에 도시된 광전 변환 소자(100)의 밴드 구조에 대한 개념도를 도 2에 나타내었다. 도 2의 개념도는, 광전 변환층(102)에 결정성의 Se를, 정공 주입 저지층(103)에 산화물인 IGZO막(예를 들어 In:Ga:Zn=1:3:6(원자수비))을, 제 2 전극(104)에 인듐 주석 산화물을 사용하였을 때의 밴드 구조를 늘어놓은 도면이다. 또한, IGZO막은 조성이나 결정 구조 등에 따라 페르미 준위가 어느 정도 변화된다. 따라서, 목적의 정공 주입 저지층(103)이 필요로 하는 물성을 가지게 되도록, IGZO막의 조성이나 결정 구조 등을 적절히 선택하여 형성할 수도 있다.
- [0074] 여기서, 셀레늄의 전자 친화력(진공 준위에서 전도대 하단까지의 에너지 차)은 약 3.5eV, 에너지 갭이 1.8eV~2.0eV 사이에 있는 것이 알려져 있다. 또한, IGZO막(In:Ga:Zn=1:3:6(원자수비))의 전자 친화력은 약 4.5eV, 에너지 갭은 3.3eV이다. 또한, 인듐 주석 산화물의 일 함수는 4.7eV인 것이 알려져 있다. 그러므로, 각 밴드 구조의 관계는 도 2에 나타낸 구조가 된다.
- [0075] 정공 주입 저지층(103)에 착안한다. 도 2를 보면 알 수 있듯이, 제 2 전극(104)으로부터의 정공의 주입은 IGZO막의 큰 장벽에 의하여 억제된다. 그러므로, 광전 변환 소자(100)의 암전류가 저감되어 S/N비가 개선되는 것을 이해할 수 있다. 따라서, 광전 변환 소자(100)를 탑재한 본 발명의 일 형태에 따른 촬상 소자는 촬상 성능이

향상되고, 저조도 하에서의 활상이 용이해진다.

- [0076] 또한, 도 21의 (A) 및 (B)에 각종 IGZO막의 전자 친화력과 에너지 갭을 나타내었다. 도면에 나타난 바와 같이, In:Ga:Zn=1:3:6(원자수비) 이외의 조성을 가지는 IGZO막도 정공 주입 저지층으로서 기능할 수 있는 것을 이해할 수 있다.
- [0077] 본 실시형태에 기재된 구성은 다른 실시형태에 기재된 구성과 적절히 조합하여 사용할 수 있다.
- [0078] (실시형태 2)
- [0079] 다음에, 본 발명의 일 형태에 따른 활상 장치의 구체적인 구성예에 대하여 도면을 참조하여 설명한다. 도 3의 (A)는 본 발명의 일 형태에 따른 활상 장치의 단면도의 일례이며, 도 1에 도시된 광전 변환 소자(100)와 구동용으로 사용되는 트랜지스터의 구체적인 접속 형태의 일례를 도시한 것이다. 상기 활상 장치는 트랜지스터(151) 및 트랜지스터(152)가 제공되는 층(1100)과, 광전 변환 소자(100)가 제공되는 층(1200)을 가진다.
- [0080] 또한, 본 실시형태에서 참조하는 단면도에서는 각 배선, 각 전극, 및 각 도전체를 개별의 요소로 도시하였지만, 이들이 전기적으로 접속되는 경우에는 동일한 요소로서 제공되는 경우도 있다. 또한, 트랜지스터의 게이트 전극, 소스 전극, 또는 드레인 전극이 도전체를 통하여 각 배선과 접속되는 형태는 일례에 불과하고, 트랜지스터의 게이트 전극, 소스 전극, 또는 드레인 전극 각각이 배선으로서의 기능을 가지는 경우도 있다.
- [0081] 또한, 각 요소 위에는 보호막, 층간 절연막, 또는 평탄화막으로서의 기능을 가지는 절연층(182) 및 절연층(183) 등이 제공된다. 예를 들어, 절연층(182) 및 절연층(183) 등에는 산화 실리콘막, 산화 질화 실리콘막 등의 무기 절연막을 사용할 수 있다. 또는, 아크릴 수지, 폴리이미드 수지 등의 유기 절연막 등을 사용하여도 좋다. 절연층(182) 및 절연층(183) 등의 상면에는 필요에 따라 CMP(chemical mechanical polishing)법 등에 의하여 평탄화 처리를 행하는 것이 바람직하다.
- [0082] 또한, 도면에 도시된 배선 등의 일부가 제공되지 않는 경우나, 도면에 도시되지 않은 배선 등이나 트랜지스터 등이 각 층에 포함되는 경우도 있다. 또한, 도면에 도시되지 않은 층이 이 적층 구조에 포함되는 경우도 있다. 또한, 도면에 도시된 층의 일부가 포함되지 않는 경우도 있다.
- [0083] 트랜지스터(151) 및 트랜지스터(152)에는 산화물을 반도체로서 사용한 트랜지스터(OS 트랜지스터)를 사용하는 것이 특히 바람직하다.
- [0084] OS 트랜지스터는 매우 낮은 오프 전류 특성을 가지기 때문에, 활상의 다이내믹 레인지를 확대할 수 있다. 산화물 반도체를 사용한 트랜지스터는 오프 전류가 매우 낮기 때문에, 게이트 전위가 매우 작은 경우에도 상기 게이트 전위에 따른 전류를 정확하게 출력할 수 있다. 따라서, 검출할 수 있는 조도의 레인지, 즉 다이내믹 레인지를 넓힐 수 있다.
- [0085] 또한, 트랜지스터(151) 및 트랜지스터(152)가 가지는 낮은 오프 전류 특성에 의하여, 전하 축적부에서 전하가 유지될 수 있는 기간을 매우 길게 할 수 있다. 그러므로, 회로 구성이나 동작 방법을 복잡하게 하지 않고, 전하의 축적 동작을 모든 화소에서 동시에 행하는 글로벌 셔터 방식을 적용할 수 있다.
- [0086] 일반적으로 화소가 매트릭스 형태로 배치된 활상 장치의 경우, 도 22의 (A)에 도시된 활상 동작(111), 데이터 유지 동작(112), 판독 동작(113)을 행마다 행하는 구동 방법인 롤링 셔터 방식이 사용된다. 롤링 셔터 방식을 사용하는 경우에는 활상의 동시성이 소실되기 때문에, 피사체가 움직이는 경우에는 화상에 왜곡이 생긴다.
- [0087] 따라서, 본 발명의 일 형태에서는 도 22의 (B)에 도시된 활상 동작(111)을 모든 행에서 동시에 행하고 판독 동작(113)을 행마다 순차적으로 행할 수 있는 글로벌 셔터 방식을 사용하는 것이 바람직하다. 글로벌 셔터 방식을 사용함으로써, 활상 장치의 각 화소에서의 활상의 동시성을 확보할 수 있으므로, 피사체가 움직이는 경우에도 왜곡이 작은 화상을 용이하게 얻을 수 있다. 또한, 글로벌 셔터 방식에서는 노광 시간(전하의 축적 동작을 하는 기간)을 길게 할 수도 있기 때문에 저조도 환경에서의 활상에도 적합하다.
- [0088] 또한, OS 트랜지스터는 활성 영역 또는 활성층에 실리콘을 사용한 트랜지스터(이하, Si 트랜지스터)보다 전기 특성 변동의 온도 의존성이 작기 때문에, 매우 넓은 온도 범위에서 사용할 수 있다. 따라서, OS 트랜지스터를 가지는 활상 장치 및 반도체 장치는 자동차, 항공기, 우주기 등에 탑재하기에도 적합하다.
- [0089] 또한, OS 트랜지스터는 Si 트랜지스터보다 드레인 내압이 높은 특성을 가진다. 셀레늄계 재료를 광전 변환층에 사용한 광전 변환 소자의 경우, 애벌란시 현상이 쉽게 일어나도록 비교적 높은 전압(예를 들어 10V 이상)을 인가하는 것이 바람직하다. 따라서 OS 트랜지스터와, 셀레늄계 재료를 광전 변환층에 사용한 광전 변환 소자를

조합함으로써 신뢰성이 높은 촬상 장치로 할 수 있다.

- [0090] 또한, 도 3의 (A)에는 각 트랜지스터가 백 게이트를 가지는 형태를 예시하였지만, 도 3의 (B)에 도시된 바와 같이 백 게이트를 가지지 않는 형태로 하여도 좋다. 또한, 도 3의 (C)에 도시된 바와 같이 일부의 트랜지스터, 예를 들어 트랜지스터(151)만이 백 게이트를 가지는 형태라도 좋다. 이 백 게이트는 대향하여 제공되는 트랜지스터의 프런트 게이트와 전기적으로 접속되는 경우가 있다. 또는 이 백 게이트에 프런트 게이트와는 다른 고정 전위가 공급되는 경우가 있다. 또한, 이 백 게이트의 유무에 관한 형태는, 본 실시형태에서 설명하는 다른 촬상 장치의 형태에도 적용될 수 있다.
- [0091] 층(1200)에 제공되는 광전 변환 소자(100)로서는, 다양한 형태의 소자를 사용할 수 있다. 도 3의 (A)에는 셀레늄계 재료를 광전 변환층(102)에 사용한 형태를 도시하였다. 셀레늄계 재료를 사용한 광전 변환 소자(100)는 가시광에 대한 외부 양자 효율이 높은 특성을 가진다. 애벌란시 현상에 의하여 상기 광전 변환 소자를, 입사하는 광량에 대한 전자의 증폭이 큰 고감도 센서로 할 수 있다. 또한, 셀레늄계 재료는 광 흡수 계수가 높기 때문에 광전 변환층(102)을 얇게 하기 쉽다는 이점을 가진다.
- [0092] 광전 변환 소자(100)의 각 층에는 실시형태 1에 기재된 재료를 사용할 수 있다.
- [0093] 또한, 도 3의 (A)에서는 광전 변환층(102) 및 투광성을 가지는 제 2 전극(104)을 광전 변환 소자 사이에서 분리하지 않는 구성으로 하였지만, 도 4의 (A)에 도시된 바와 같이 광전 변환 소자 사이에서 분리하는 구성으로 하여도 좋다. 또한, 화소 사이에서 제 1 전극(101)을 가지지 않는 영역에는 절연체를 사용하여 격벽(167)을 제공함으로써 광전 변환층(102) 및 투광성을 가지는 제 2 전극(104)에 균열이 생기지 않도록 하는 것이 바람직하지만, 도 4의 (B)에 도시된 바와 같이 격벽(167)을 제공하지 않는 구성으로 하여도 좋다. 또한, 도 3의 (A)에는 투광성을 가지는 제 2 전극(104)과 배선(172) 사이에 배선(188) 및 도전체(181)가 개재(介在)되는 구성을 도시하였지만, 도 4의 (C) 및 (D)에 도시된 바와 같이 투광성을 가지는 제 2 전극(104)과 배선(172)이 직접 접촉되는 형태로 하여도 좋다.
- [0094] 또한, 도 3의 (A), 도 4의 (A)~(D)에 도시된 제 1 전극(101)은, 광전 변환층(102)의 피복성 불량 등에 기인하는, 투광성을 가지는 제 2 전극(104)과의 단락을 방지하기 위하여, 평탄성이 높은 것이 바람직하다.
- [0095] 또한, 격벽(167)은 무기 절연체나 절연 유기 수지 등을 사용하여 형성할 수 있다. 또한, 격벽(167)은 트랜지스터 등에 대한 차광을 위하여, 및/또는 화소 하나당 수광부의 면적을 확정하기 위하여, 흑색 등으로 착색되어도 좋다.
- [0096] 또한, 광전 변환 소자(100)에 정공 주입 저지층(103)에 더하여 전자 주입 저지층을 사용하여도 좋다.
- [0097] 예를 들어, 도 5는 광전 변환 소자(100)에 정공 주입 저지층(103) 및 전자 주입 저지층(105)을 사용한 예이다. 상기 광전 변환 소자는 전자 주입 저지층(105), 광전 변환층(102), 및 정공 주입 저지층(103)이 순차적으로 적층된 구성을 가진다. 광전 변환층(102)은 결정 셀레늄층으로 하는 것이 바람직하다. 또한, 정공 주입 저지층(103)에는 실시형태 1에 기재된 재료를 사용할 수 있다. 또한, 전자 주입 저지층(105)에는 산화 니켈 또는 황화 안티모니 등을 사용하는 구성으로 할 수도 있다.
- [0098] 도 5에 도시된 광전 변환 소자(100)에서는 전자 주입 저지층(105)이, 트랜지스터(151) 및 트랜지스터(152)와의 전기적인 접속을 가지는 제 1 전극(101)과 전기적인 접속을 가진다. 또한 투광성을 가지는 제 2 전극(104)이, 배선(188) 및 도전체(181)를 통하여 배선(172)과 전기적인 접속을 가진다.
- [0099] 또한, 정공 주입 저지층(103) 및 전자 주입 저지층(105)을 가지는 광전 변환 소자(100)의 구성, 그리고 광전 변환 소자(100)와 배선의 접속 형태는 도 6의 (A)~(F)에 예시된 것이라도 좋다. 또한, 광전 변환 소자(100)의 구성, 및 광전 변환 소자(100)와 배선의 접속 형태는 이들에 한정되지 않고, 다른 형태라도 좋다.
- [0100] 도 6의 (A)는 광전 변환 소자(100)에 정공 주입 저지층(103)과 접촉되는 투광성을 가지는 제 2 전극(104)이 제공되는 구성이다. 투광성을 가지는 제 2 전극(104)은 전극으로서 작용하며, 광전 변환 소자(100)의 출력 전류를 높일 수 있다.
- [0101] 투광성을 가지는 제 2 전극(104)에는 예를 들어, 인듐 주석 산화물, 실리콘을 포함하는 인듐 주석 산화물, 아연을 포함하는 산화 인듐, 산화 아연, 갈륨을 포함하는 산화 아연, 알루미늄을 포함하는 산화 아연, 산화 주석, 플루오린을 포함하는 산화 주석, 안티모니를 포함하는 산화 주석, 또는 그래핀 등을 사용할 수 있다. 또한, 투광성을 가지는 제 2 전극(104)은 단층에 한정되지 않고 다른 막들의 적층이라도 좋다.

- [0102] 도 6의 (B)는 투광성을 가지는 제 2 전극(104)과 배선(188)이 전기적인 접속을 가지는 구성이다.
- [0103] 도 6의 (C)는 광전 변환 소자(100)에 정공 주입 저지층(103)과 접촉되는 투광성을 가지는 제 2 전극(104)이 제공되고, 또한 투광성을 가지는 제 2 전극(104)과 배선(188)이 전기적인 접속을 가지는 구성이다.
- [0104] 도 6의 (D)는 광전 변환 소자(100)를 덮는 절연층에, 정공 주입 저지층(103)이 노출되는 개구부가 제공되고, 상기 개구부를 덮는 투광성을 가지는 제 2 전극(104)과 배선(188)이 전기적인 접속을 가지는 구성이다.
- [0105] 도 6의 (E)는 도 6의 (A)에 도시된 광전 변환 소자(100)의 적층 구조를 상하 반대로 한 구성이다. 투광성을 가지는 제 2 전극(104)을 통하여 외광을 수광하여도 좋고, 이 경우에는 도 6의 (E)의 광전 변환 소자(100)가 기판 측으로부터의 광을 수광하는 소자가 되기 때문에, 기판도 투광성을 가지는 구성으로 한다.
- [0106] 도 6의 (F)는, 도 6의 (E)의 광전 변환 소자(100)에서 전자 주입 저지층을 없앤 구성이다.
- [0107] 또한, 도 6의 (E) 및 (F)에 도시된 광전 변환 소자(100)는, 정공 주입 저지층(103)이 투광성을 가지는 제 2 전극(104) 위에 형성되는 구성이다. 예를 들어, 투광성을 가지는 제 2 전극으로서 산화 인듐 주석막 또는 실리콘이 첨가된 산화 인듐 주석막을 사용하고, 정공 주입 저지층에 In-Ga-Zn 산화물 등을 사용하는 경우, 정공 주입 저지층(103) 및 제 2 전극(104)이 모두 인듐을 사용한 산화물이고 조성이 가깝기 때문에, 양자의 상성이 좋다. 즉, 정공 주입 저지층(103)과 제 2 전극(104)의 밀착성이 향상되어, 양자의 계면이 양호한 성질을 가지게 된다.
- [0108] 또한, 제 2 전극(104)이 결정을 가지는 구조인 경우, 정공 주입 저지층(103)의 결정성을 용이하게 높일 수 있다. 또한, 정공 주입 저지층(103)이 결정을 가지는 구조이면 광전 변환층(102)의 결정성을 용이하게 높일 수 있다. 따라서, 광전 변환층(102)과 정공 주입 저지층(103)의 밀착성이 향상되어, 양자의 계면이 양호한 성질을 가지게 된다.
- [0109] 따라서, 예를 들어 투광성을 가지는 제 2 전극으로서 산화 인듐 주석막 또는 실리콘이 첨가된 산화 인듐 주석막을 사용하고, 정공 주입 저지층에 In-Ga-Zn 산화물 등을 사용하고, 광전 변환층(102)을 결정 셀레늄층으로 하면, 광전 변환 소자(100)를 구성하는 각 층들의 계면이 양호한 성질을 가지게 되어 내구성이 향상된다.
- [0110] 상술한 셀레늄계 재료나 비정질 실리콘 등을 사용하여 형성한 광전 변환 소자(100)는, 성막 공정, 리소그래피 공정, 에칭 공정 등 일반적인 반도체 제작 공정에 의하여 제작할 수 있다. 또한, 셀레늄계 재료는 저항이 높기 때문에, 도 3의 (A)에 도시된 바와 같이 광전 변환층(102)을 회로 사이에서 분리하지 않는 구성으로 할 수도 있다. 따라서, 본 발명의 일 형태에 따른 촬상 장치는 높은 수율, 저렴한 코스트로 제작할 수 있다. 한편, 실리콘 기판을 광전 변환층으로 한 포토다이오드를 형성하는 경우, 연마 공정이나 접합 공정 등 난도가 높은 공정이 필요하다.
- [0111] 또한, 본 발명의 일 형태에 따른 촬상 장치는, 회로가 형성된 실리콘 기판(130)에 적층되는 구성으로 하여도 좋다. 예를 들어, 도 7의 (A)에 도시된 바와 같이 실리콘 기판(130)에 활성 영역을 가지는 트랜지스터(131) 및 트랜지스터(132)를 가지는 층(1400)이 화소 회로와 중첩되는 구성으로 할 수 있다. 또한, 도 7의 (B)는 트랜지스터의 채널 폭 방향의 단면도에 상당한다.
- [0112] 여기서 도 7의 (A) 및 (B)에는 Si 트랜지스터가 핀(fin)형인 구성을 예시하였지만 도 8의 (A)에 도시된 바와 같이 플레이너형이라도 좋다. 또는, 도 8의 (B)에 도시된 바와 같이 실리콘 박막의 활성층(135)을 가지는 트랜지스터라도 좋다. 또한, 활성층(135)은 다결정 실리콘이나 SOI(silicon on insulator)의 단결정 실리콘으로 할 수 있다.
- [0113] 또한, 실리콘 기판(130)은 벌크 실리콘 기판에 한정되지 않고, 저마늄, 실리콘 저마늄, 탄소화 실리콘, 갈륨 비소, 알루미늄 갈륨 비소, 인화 인듐, 질화 갈륨, 유기 반도체를 재료로 한 기판을 사용할 수도 있다.
- [0114] 여기서, 도 7의 (A)에 도시된 바와 같이, 산화물 반도체를 가지는 트랜지스터가 형성되는 영역과, Si 트랜지스터가 형성되는 영역 사이에는 절연층(180)이 제공된다.
- [0115] 트랜지스터(131) 및 트랜지스터(132)의 활성 영역 부근에 제공되는 절연층 내의 수소는 실리콘의 땀글링 본드를 종단시킨다. 따라서 이 수소는 트랜지스터(131) 및 트랜지스터(132)의 신뢰성을 향상시키는 효과를 가진다. 한편, 트랜지스터(151) 등의 활성층인 산화물 반도체층 부근에 제공되는 절연층 내의 수소는, 산화물 반도체층 내에 캐리어를 생성하는 요인 중 하나가 된다. 그러므로 이 수소는 트랜지스터(151) 등의 신뢰성을 저하시키는 요인이 되는 경우가 있다. 따라서 실리콘계 반도체 재료를 사용한 트랜지스터를 가지는 한쪽 층과, 산화물 반도체를 사용한 트랜지스터를 가지는 다른 쪽 층을 적층하는 경우, 이들 사이에 수소의 확산을 방지하는 기능을

가지는 절연층(180)을 제공하는 것이 바람직하다. 절연층(180)에 의하여 한쪽 층에 수소를 가둠으로써 트랜지스터(131) 및 트랜지스터(132)의 신뢰성을 향상시킬 수 있다. 또한, 한쪽 층으로부터 다른 쪽 층으로 수소가 확산되는 것이 억제됨으로써 트랜지스터(151) 등의 신뢰성도 향상시킬 수 있다.

- [0116] 절연층(180)에는, 예를 들어 산화 알루미늄, 산화 질화 알루미늄, 산화 갈륨, 산화 질화 갈륨, 산화 이트륨, 산화 질화 이트륨, 산화 하프늄, 산화 질화 하프늄, 이트리아 안정화 지르코니아(YSZ) 등을 사용할 수 있다.
- [0117] 또한, 도 7의 (A)에 도시된 구성에서는 실리콘 기판(130)에 형성되는 회로(예를 들어 구동 회로)와, 트랜지스터(151) 등과, 광전 변환 소자(100)를 서로 중첩되도록 형성할 수 있기 때문에, 화소의 집적도를 높일 수 있다. 즉, 촬상 장치의 해상도를 높일 수 있다. 예를 들어, 화소 수가 4K2K, 8K4K, 또는 16K8K 등의 촬상 장치에 사용하기 적합하다.
- [0118] 또한, 도 7의 (A)에 도시된 촬상 장치는 실리콘 기판(130)에 광전 변환 소자를 제공하지 않는 구성이다. 따라서, 각종 트랜지스터나 배선 등의 영향을 받지 않고 광전 변환 소자(100)에 대한 광로를 확보할 수 있으므로 고 개구율의 화소를 형성할 수 있다.
- [0119] 또한, 본 발명의 일 형태에 따른 촬상 장치는 도 9에 도시된 구성으로 할 수 있다.
- [0120] 도 9에 도시된 촬상 장치는 도 7의 (A)에 도시된 촬상 장치의 변형예이며 OS 트랜지스터와 Si 트랜지스터로 CMOS 인버터를 구성하는 경우를 예시한 것이다.
- [0121] 여기서, 층(1400)에 제공하는 Si 트랜지스터인 트랜지스터(132)를 p-ch형으로 하고, 층(1100)에 제공하는 OS 트랜지스터인 트랜지스터(131)를 n-ch형으로 한다. p-ch형 트랜지스터만을 실리콘 기판(130)에 제공함으로써, 웰(well)의 형성이나 n형 불순물층의 형성 등을 위한 공정을 생략할 수 있다.
- [0122] 도 9에 도시된 촬상 장치에서 트랜지스터(131)는, 층(1100)에 형성하는 트랜지스터(151) 및 트랜지스터(152)와 동일한 공정에서 제작될 수 있다. 따라서, 촬상 장치의 제작 공정을 간략화할 수 있다.
- [0123] 도 10의 (A)는 촬상 장치에 컬러 필터 등을 부가한 형태의 일례를 도시한 단면도이다. 이 단면도는, 화소 3개분의 화소 회로를 가지는 영역의 일부를 도시한 것이다. 광전 변환 소자(100)가 형성되는 층(1200) 위에는 절연층(2500)이 형성된다. 절연층(2500)으로서는 가시광에 대한 투광성이 높은 산화 실리콘막 등을 사용할 수 있다. 또한, 패시베이션막으로서 질화 실리콘막을 적층하는 구성으로 하여도 좋다. 또한, 반사 방지막으로서 산화 하프늄 등의 유전체막을 적층하는 구성으로 하여도 좋다.
- [0124] 절연층(2500) 위에는 차광층(2510)이 형성되어도 좋다. 차광층(2510)은 상부의 컬러 필터를 통과하는 광의 혼색을 방지하는 기능을 가진다. 차광층(2510)은 알루미늄, 텅스텐 등의 금속층으로 하거나, 또는 이 금속층과 반사 방지막으로서의 기능을 가지는 유전체막을 적층하는 구성으로 할 수 있다.
- [0125] 절연층(2500) 및 차광층(2510) 위에는 평탄화막으로서 유기 수지층(2520)을 제공하는 구성으로 할 수 있다. 또한, 화소마다 컬러 필터(2530)(컬러 필터(2530a), 컬러 필터(2530b), 컬러 필터(2530c))가 형성된다. 예를 들어, 컬러 필터(2530a), 컬러 필터(2530b), 및 컬러 필터(2530c)에 R(적색), G(녹색), B(청색), Y(황색), C(시안), M(마젠타) 등의 색을 할당함으로써 컬러 화상을 얻을 수 있다.
- [0126] 컬러 필터(2530) 위에는 투광성을 가지는 절연층(2560) 등을 제공할 수 있다.
- [0127] 또한, 도 10의 (B)에 도시된 바와 같이, 컬러 필터(2530) 대신에 광전 변환층(2550)을 사용하여도 좋다. 이와 같은 구성으로 함으로써 다양한 파장 영역의 화상이 얻어지는 촬상 장치로 할 수 있다.
- [0128] 예를 들어, 광전 변환층(2550)에 가시광선의 파장 이하의 광을 차단하는 필터를 사용하면 적외선 촬상 장치로 할 수 있다. 또한, 광전 변환층(2550)에 근적외선의 파장 이하의 광을 차단하는 필터를 사용하면 원적외선 촬상 장치로 할 수 있다. 또한, 광전 변환층(2550)에 가시광선의 파장 이상의 광을 차단하는 필터를 사용하면, 자외선 촬상 장치로 할 수 있다.
- [0129] 또한, 광전 변환층(2550)에 신틸레이터(scintillator)를 사용하면 X선 촬상 장치 등에 사용되는, 방사선의 강약을 가시화한 화상을 얻는 촬상 장치로 할 수 있다. 피사체를 투과한 X선 등의 방사선이 신틸레이터에 입사하면, 포토루미네선스라는 현상에 의하여 가시광선이나 자외광선 등의 광(형광)으로 변환된다. 그리고, 이 광을 광전 변환 소자(100)로 검지함으로써 화상 데이터를 취득한다. 또한, 방사선 검출기 등에 상기 구성을 가지는 촬상 장치를 사용하여도 좋다.

- [0130] 신틸레이터는, X선이나 감마선 등의 방사선이 조사되면 그 에너지를 흡수하여 가시광이나 자외광을 발하는 물질, 또는 이 물질을 포함하는 재료로 이루어진다. 예를 들어,  $Gd_2O_3:S:Tb$ ,  $Gd_2O_3:S:Pr$ ,  $Gd_2O_3:S:Eu$ ,  $BaFCl:Eu$ ,  $NaI$ ,  $CsI$ ,  $CaF_2$ ,  $BaF_2$ ,  $CeF_3$ ,  $LiF$ ,  $LiI$ ,  $ZnO$  등의 재료나 이들을 수지나 세라믹스에 분산시킨 것이 알려져 있다.
- [0131] 또한, 셀레늄계 재료를 사용한 광전 변환 소자(100)는 X선 등의 방사선을 직접 전하로 변환할 수 있기 때문에, 신틸레이터를 필요로 하지 않는 구성으로 할 수도 있다.
- [0132] 컬러 필터(2530a), 컬러 필터(2530b), 및 컬러 필터(2530c) 위에는 마이크로렌즈 어레이(2540)를 제공하여도 좋다. 마이크로렌즈 어레이(2540)가 가지는 각 렌즈를 통과한 광은 바로 아래에 있는 컬러 필터를 통하여 광전 변환 소자(100)에 조사된다. 또한, 도 10의 (A)~(C)에 도시된 층(1200) 이외의 영역을 층(1600)으로 한다.
- [0133] 도 10의 (C)에 도시된 촬상 장치의 구체적인 구성은, 도 3의 (A)에 도시된 촬상 장치를 예로 들면, 도 11에 도시된 바와 같이 된다.
- [0134] 또한, 본 발명의 일 형태에 따른 촬상 장치를 도 12 및 도 13에 도시된 바와 같이, 회절 격자(1500)와 조합하여도 좋다. 회절 격자(1500)를 통한 피사체의 상(회절 화상)을 화소에서 취득하고, 연산 처리에 의하여 화소에서 촬상 화상으로부터 입력 화상(피사체의 상)을 구성할 수 있다. 또한, 렌즈 대신에 회절 격자(1500)를 사용함으로써 촬상 장치의 코스트를 줄일 수 있다.
- [0135] 회절 격자(1500)는, 투광성을 가지는 재료로 형성할 수 있다. 예를 들어, 산화 실리콘막, 산화 질화 실리콘막 등의 무기 절연막을 사용할 수 있다. 또는, 아크릴 수지, 폴리이미드 수지 등의 유기 절연막 등을 사용하여도 좋다. 또는, 이 무기 절연막과 유기 절연막의 적층이어도 좋다.
- [0136] 또한, 회절 격자(1500)는 감광성 수지 등을 사용한 리소그래피 공정으로 형성할 수 있다. 또한, 리소그래피 공정과 에칭 공정에 의하여 형성할 수도 있다. 또한, 나노 임프린트 리소그래피나 레이저 스크라이빙 등에 의하여 형성할 수도 있다.
- [0137] 또한, 회절 격자(1500)와 마이크로렌즈 어레이(2540) 사이에 간격 X를 제공하여도 좋다. 간격 X는 1mm 이하, 바람직하게는 100  $\mu m$  이하로 할 수 있다. 또한, 이 간격은 공간으로 하여도 좋고, 투광성을 가지는 재료를 밀봉층 또는 접착층으로서 제공하여도 좋다. 예를 들어, 질소나 회가스 등의 불활성 가스를 상기 간격에 가둘 수 있다. 또는 아크릴 수지, 에폭시 수지, 또는 폴리이미드 수지 등을 상기 간격에 제공하여도 좋다. 또는 실리콘(silicone) 오일 등의 액체를 제공하여도 좋다. 또한, 마이크로렌즈 어레이(2540)를 제공하지 않는 경우에도 컬러 필터(2530)와 회절 격자(1500) 사이에 간격 X를 제공하여도 좋다.
- [0138] 또한, 촬상 장치를 도 14의 (A1) 및 (B1)에 도시된 바와 같이 만곡시켜도 좋다. 도 14의 (A1)은 촬상 장치를 같은 도면 중의 이점쇄선 X1-X2의 방향으로 만곡시킨 상태를 도시한 것이다. 도 14의 (A2)는 도 14의 (A1) 중의 이점쇄선 X1-X2를 따른 부위의 단면도이다. 도 14의 (A3)은 도 14의 (A1) 중의 이점쇄선 Y1-Y2를 따른 부위의 단면도이다.
- [0139] 도 14의 (B1)은 촬상 장치를 같은 도면 중의 이점쇄선 X3-X4의 방향으로, 또한 이점쇄선 Y3-Y4의 방향으로 만곡시킨 상태를 도시한 것이다. 도 14의 (B2)는 도 14의 (B1) 중의 이점쇄선 X3-X4를 따른 부위의 단면도이다. 도 14의 (B3)은 도 14의 (B1) 중의 이점쇄선 Y3-Y4를 따른 부위의 단면도이다.
- [0140] 촬상 장치를 만곡시킴으로써, 상면만곡이나 비점수차를 저감할 수 있다. 따라서, 촬상 장치와 조합하여 사용하는 렌즈 등의 광학 설계를 용이하게 할 수 있다. 예를 들어, 수차 보정을 위한 렌즈의 수를 줄일 수 있으므로, 촬상 장치를 사용한 반도체 장치 등의 소형화나 경량화를 용이하게 할 수 있다. 또한, 촬상된 화상의 품질을 향상시킬 수 있다.
- [0141] 또한, 본 실시형태에서 본 발명의 일 형태에 대하여 설명하였다. 또는 다른 실시형태에서 본 발명의 일 형태에 대하여 설명한다. 다만, 본 발명의 일 형태는 이들에 한정되지 않는다. 즉, 본 실시형태 및 다른 실시형태에는 다양한 발명의 형태가 기재되어 있기 때문에 본 발명의 일 형태는 특정의 형태에 한정되지 않는다. 예를 들어, 본 발명의 일 형태로서 촬상 장치에 적용한 경우의 예를 설명하였지만 본 발명의 일 형태는 이에 한정되지 않는다. 경우 또는 상황에 따라서는 본 발명의 일 형태를 촬상 장치에 적용하지 않아도 된다. 예를 들어, 본 발명의 일 형태를 다른 기능을 가지는 반도체 장치에 적용하여도 좋다. 예를 들어, 본 발명의 일 형태로서 광전 변환 소자에, 광전 변환층 위의 정공 주입 저지층으로서 IGZO막을 사용하는 경우의 예를 설명하였지만 본 발

명의 일 형태는 이에 한정되지 않는다. 경우 또는 상황에 따라서는 본 발명의 일 형태에 따른 정공 주입 저지층이 광전 변환층 아래에 형성되어도 좋다. 경우 또는 상황에 따라서는 본 발명의 일 형태에 따른 정공 주입 저지층이 예를 들어 실리콘, 저마늄, 실리콘 저마늄, 탄소화 실리콘, 갈륨 비소, 알루미늄 갈륨 비소, 인화 인듐, 질화 갈륨 등 중 적어도 하나를 가져도 좋다. 또는, 예를 들어 경우 또는 상황에 따라서는 본 발명의 일 형태는 IGZO막을 사용한 정공 주입 저지층을 가지지 않아도 된다.

[0142] 본 실시형태는 다른 실시형태에 기재된 구성과 적절히 조합하여 실시될 수 있다.

[0143] (실시형태 3)

[0144] 본 발명의 일 형태에 따른 촬상 장치에 있어서 광전 변환 소자가 가지는 정공 주입 저지층에는 In-Ga-Zn 산화물로 대표되는 산화물이 사용된다. 본 실시형태에서는 이 산화물에 대하여 설명한다. 또한, 이 산화물은 광전 변환 소자에 접속되는 트랜지스터에도 반도체로서 사용될 수 있기 때문에, 설명에는 트랜지스터에 사용되는 경우에 유용한 성질에 대한 설명도 포함된다.

[0145] <산화물의 구조>

[0146] 이하에서 산화물의 구조에 대하여 설명한다.

[0147] 산화물은 단결정 산화물과 그 이외의 비단결정 산화물로 나뉘어진다. 비단결정 산화물로서는, CAAC 구조를 가지는 산화물, 다결정 산화물, nc(nanocrystalline) 구조를 가지는 산화물, a-like(amorphous-like) 산화물, 및 비정질 산화물 등이 있다.

[0148] 또한, 다른 관점에서는 산화물은 비정질 산화물과 그 이외의 결정성 산화물로 나뉘어진다. 결정성 산화물로서는 단결정 산화물, CAAC 구조를 가지는 산화물, 다결정 산화물, 및 nc 구조를 가지는 산화물 등이 있다.

[0149] 비정질 구조는, 일반적으로 등방적이며 불균질 구조를 가지지 않거나, 준안정 상태에 있고 원자의 배치가 고정화되어 있지 않거나, 결합 각도가 유연하거나, 단거리 질서를 가지는 한편 장거리 질서를 가지지 않는 것 등이 알려져 있다.

[0150] 거꾸로 말하면, 안정된 산화물을 완전한 비정질(completely amorphous) 산화물이라고 할 수는 없다. 또한, 등방적이지 않은(예를 들어, 미소한 영역에서 주기 구조를 가지는) 산화물을 완전한 비정질 산화물이라고 할 수는 없다. 한편, a-like 구조는 등방적이지 않지만 공동(보이드(void)라고도 함)을 가지는 불안정한 구조이다. 불안정하다는 점에서 a-like 구조는 물성적으로 비정질 산화물에 가깝다.

[0151] <CAAC 구조>

[0152] 우선, CAAC 구조를 가지는 산화물에 대하여 설명한다.

[0153] CAAC 구조는 c축 배향된 복수의 결정부(펠릿이라고도 함)를 가지는 산화물의 구조의 일종이다.

[0154] CAAC 구조를 가지는 산화물을 X선 회절(XRD: X-ray diffraction)에 의하여 해석한 경우에 대하여 설명한다. 예를 들어, out-of-plane법에 의하여 공간군 R-3m으로 분류되는 InGaZnO<sub>4</sub>의 결정을 포함하는 CAAC 구조를 가지는 산화물의 구조 해석을 행하면, 도 15의 (A)에 나타난 바와 같이 회절각(2θ)이 31° 부근일 때 피크가 나타난다. 이 피크는 InGaZnO<sub>4</sub>의 결정의 (009)면에 기인하기 때문에, CAAC 구조를 가지는 산화물에서는 결정이 c축 배향성을 가지고 c축이 CAAC 구조를 가지는 산화물의 막이 형성되는 면(피형성면이라고도 함) 또는 상면에 실질적으로 수직인 방향으로 배향되는 것을 확인할 수 있다. 또한, 2θ가 31° 부근일 때 나타나는 피크에 더하여 2θ가 36° 부근일 때도 피크가 나타나는 경우가 있다. 2θ가 36° 부근일 때 나타나는 피크는 공간군 Fd-3m으로 분류되는 결정 구조에 기인한다. 그러므로, CAAC 구조를 가지는 산화물은 상기 피크가 나타나지 않는 것이 바람직하다.

[0155] 한편, 피형성면에 평행한 방향으로부터 X선을 입사시키는 in-plane법에 의하여 CAAC 구조를 가지는 산화물의 구조 해석을 행하면, 2θ가 56° 부근일 때 피크가 나타난다. 이 피크는 InGaZnO<sub>4</sub>의 결정의 (110)면에 기인한다. 그리고, 2θ를 56° 부근에 고정하고 시료면의 법선 벡터를 축(φ축)으로 시료를 회전시키면서 분석(φ 스캔)을 행하여도 도 15의 (B)와 같이 명확한 피크가 나타나지 않는다. 한편, 단결정 InGaZnO<sub>4</sub>에 대하여, 2θ를 56° 부근에 고정하고 φ 스캔을 행하면, 도 15의 (C)와 같이 (110)면과 등가인 결정면에 기인하는 피크가 6개 관찰된다. 따라서, XRD를 이용한 구조 해석으로부터, CAAC 구조를 가지는 산화물은 a축 및 b축의 배향이 불규칙한 것이 확인된다.

- [0156] 다음에, 전자 회절에 의하여 해석한 CAAC 구조를 가지는 산화물에 대하여 설명한다. 예를 들어, InGaZnO<sub>4</sub>의 결정을 포함하는 CAAC 구조를 가지는 산화물에 대하여, 프로브 직경이 300nm인 전자선을 상기 산화물의 피형성면에 평행하게 입사시키면, 도 15의 (D)와 같은 회절 패턴(제한 시야 전자 회절 패턴이라고 함)이 나타나는 경우가 있다. 이 회절 패턴에는 InGaZnO<sub>4</sub>의 결정의 (009)면에 기인한 스폿이 포함된다. 따라서, 전자 회절에 의해서도, CAAC 구조를 가지는 산화물에 포함되는 펠릿이 c축 배향성을 가지고 c축이 CAAC 구조를 가지는 산화물의 피형성면 또는 상면에 실질적으로 수직인 방향으로 배향되는 것을 알 수 있다. 한편, 도 15의 (E)는 같은 시료에 대하여 프로브 직경이 300nm인 전자선을 시료면에 수직으로 입사시킨 경우의 회절 패턴이다. 도 15의 (E)를 보면 알 수 있듯이 고리 형상의 회절 패턴이 확인된다. 따라서, 프로브 직경이 300nm인 전자선을 사용한 전자 회절에 의해서도, CAAC 구조를 가지는 산화물에 포함되는 펠릿의 a축 및 b축이 배향성을 가지지 않는 것을 알 수 있다. 또한, 도 15의 (E) 중 제 1 고리는 InGaZnO<sub>4</sub>의 결정의 (010)면 및 (100)면 등에 기인하는 것으로 생각된다. 또한, 도 15의 (E) 중 제 2 고리는 (110)면 등에 기인하는 것으로 생각된다.
- [0157] 또한, 투과 전자 현미경(TEM: transmission electron microscope)에 의하여 CAAC 구조를 가지는 산화물의 명시야상과 회절 패턴의 복합 해석상(고분해능 TEM 이미지라고도 함)을 관찰하면, 복수의 펠릿이 확인된다. 그러나, 고분해능 TEM 이미지에서도 펠릿들의 경계, 즉 결정립계(그레인 바운더리(grain boundary)라고도 함)는 명확히 확인되지 않는 경우가 있다. 그러므로, 상기 산화물을 반도체로서 사용한 경우, 결정립계에 기인한 전자 이동도의 저하가 일어나기 어렵다고 할 수 있다.
- [0158] 도 16의 (A)는 시료면에 실질적으로 평행한 방향으로부터 관찰한 CAAC 구조를 가지는 산화물의 단면의 고분해능 TEM 이미지이다. 고분해능 TEM 이미지의 관찰에는 구면 수차 보정(spherical aberration corrector) 기능을 이용하였다. 특히 구면 수차 보정 기능을 이용한 고분해능 TEM 이미지를 Cs 보정 고분해능 TEM 이미지라고 한다. Cs 보정 고분해능 TEM 이미지는 예를 들어, 원자 분해능 분석 전자 현미경(JEM-ARM200F, JEOL Ltd. 제조) 등에 의하여 관찰할 수 있다.
- [0159] 도 16의 (A)를 보면, 금속 원자가 층상으로 배열되어 있는 영역인 펠릿이 확인된다. 하나의 펠릿의 크기는 1nm 이상이나 3nm 이상임을 알 수 있다. 따라서, 펠릿을 나노 결정(nc: nanocrystal)이라고 할 수도 있다. 또한, CAAC 구조를 가지는 산화물을 CAC(c-axis aligned nanocrystals)를 가지는 산화물이라고 할 수도 있다. 펠릿은 상기 산화물의 막의 피형성면 또는 상면의 요철이 반영되어 있고, 상기 산화물의 막의 피형성면 또는 상면에 평행하다.
- [0160] 또한, 도 16의 (B) 및 (C)는 시료면에 실질적으로 수직인 방향으로부터 관찰한 CAAC 구조를 가지는 산화물의 평면의 Cs 보정 고분해능 TEM 이미지이다. 도 16의 (D) 및 (E)는 각각 도 16의 (B) 및 (C)에 화상 처리를 행한 이미지이다. 아래에서는 화상 처리의 방법에 대하여 설명한다. 먼저, 도 16의 (B)를 고속 푸리에 변환(FFT: fast fourier transform) 처리함으로써 FFT 이미지를 취득한다. 다음에, 취득한 FFT 이미지에서 원점을 기준으로 하여  $2.8\text{nm}^{-1} \sim 5.0\text{nm}^{-1}$ 의 범위가 남도록 마스크 처리를 행한다. 다음에, 마스크 처리를 행한 FFT 이미지를 역 고속 푸리에 변환(IFFT: inverse fast fourier transform) 처리함으로써, 화상 처리된 이미지를 취득한다. 이와 같이 취득한 이미지를 FFT 필터링 이미지라고 한다. FFT 필터링 이미지는 Cs 보정 고분해능 TEM 이미지에서 주기 성분을 뺀 이미지이며 격자 배열을 나타낸다.
- [0161] 도 16의 (D)에서는 격자 배열이 흐트러진 부분을 파선으로 나타내었다. 파선으로 둘러싸인 영역이 하나의 펠릿이다. 그리고, 파선으로 나타낸 부분이 펠릿과 펠릿의 연결부이다. 파선이 육각 형상을 이루는 것으로부터, 펠릿이 육각 형상인 것을 알 수 있다. 또한, 펠릿의 형상은 정육각형상에 한하지 않고 비정육각 형상인 경우가 많다.
- [0162] 도 16의 (E)에서는 격자 배열이 정렬된 영역과, 격자 배열이 정렬된 다른 영역 사이에서 격자 배열의 방향이 변화되는 부분을 점선으로 나타내고, 격자 배열의 방향의 변화를 파선으로 나타내었다. 점선 부근에서도 명확한 결정립계가 확인되지 않는다. 점선 부근의 격자점을 중심으로 하여 주위의 격자점을 연결하면, 왜곡된 육각형이나 오각형 또는/및 칠각형 등이 형성될 수 있다. 즉, 격자 배열이 왜곡됨으로써 결정립계의 형성이 억제되어 있는 것을 알 수 있다. 이것은 CAAC 구조를 가지는 산화물은, a-b면 방향에 있어서 원자간의 결합 거리가 조밀하지 않은 것, 금속 원소가 치환됨으로써 원자간의 결합 거리가 변화되는 것 등에 의하여 왜곡을 허용할 수 있기 때문이라고 생각된다.
- [0163] 상술한 바와 같이 CAAC 구조를 가지는 산화물은 c축 배향성을 가지고, a-b면 방향에서 복수의 펠릿(나노 결정)이 연결되어 있고, 왜곡을 가지는 결정 구조를 가진다. 따라서, CAAC 구조를 가지는 산화물을 CAA crystal(c-

axis-aligned a-b-plane-anchored crystal)이라고 부를 수도 있다.

- [0164] CAAC 구조는 결정성이 높은 구조이다. 산화물의 결정성은 불순물의 혼입이나 결합의 생성 등으로 인하여 저하될 수 있기 때문에, 거꾸로 말하면 CAAC 구조를 가지는 산화물은 불순물이나 결합(산소 결손 등)이 적은 산화물이라고 할 수도 있다.
- [0165] 또한 불순물은, 산화물을 반도체로서 사용하는 경우에는 상기 산화물의 주성분 이외의 원소이며, 수소, 탄소, 실리콘, 전이 금속 원소 등이 있다. 산화물을 구성하는 금속 원소보다 산소와의 결합력이 강한 원소(예를 들어 실리콘 등)는 산화물로부터 산소를 빼앗음으로써 산화물의 원자 배열을 흐트러지게 하여 결정성을 저하시키는 요인이 된다. 또한, 철이나 니켈 등 중금속, 아르곤, 이산화탄소 등은 원자 반경(또는 분자 반경)이 크기 때문에, 산화물의 원자 배열을 흐트러지게 하여 결정성을 저하시키는 요인이 된다.
- [0166] 산화물을 반도체로서 사용할 때, 불순물이나 결합을 가지는 경우에는 광이나 열 등으로 인하여 특성이 변동될 수 있다. 예를 들어, 산화물에 포함되는 불순물은 캐리어 트랩이나 캐리어 발생원이 될 수 있다. 예를 들어, 산화물 내의 산소 결손은 캐리어 트랩이 되거나, 수소를 포획함으로써 캐리어 발생원이 될 수 있다.
- [0167] 불순물 및 산소 결손이 적은 CAAC 구조를 가지는 산화물은 반도체로서 사용하는 경우에 캐리어 밀도가 낮은 산화물 반도체가 된다. 구체적으로는,  $8 \times 10^{11}/\text{cm}^3$  미만, 바람직하게는  $1 \times 10^{11}/\text{cm}^3$  미만, 더 바람직하게는  $1 \times 10^{10}/\text{cm}^3$  미만이고  $1 \times 10^{-9}/\text{cm}^3$  이상의 캐리어 밀도의 산화물 반도체로 할 수 있다. 이러한 산화물 반도체를 고순도 진성 또는 실질적으로 고순도 진성의 산화물 반도체라고 한다. CAAC-OS(oxide semiconductor)는 불순물 농도가 낮고 결합 준위 밀도가 낮다. 즉, 안정된 특성을 가지는 산화물 반도체라고 할 수 있다.
- [0168] <nc 구조>
- [0169] 다음에, nc 구조를 가지는 산화물에 대하여 설명한다.
- [0170] XRD에 의하여 nc 구조를 가지는 산화물을 해석한 경우에 대하여 설명한다. 예를 들어, out-of-plane법에 의하여 nc 구조를 가지는 산화물의 구조 해석을 행하면, 배향성을 나타내는 피크가 나타나지 않는다. 즉, nc 구조를 가지는 산화물의 결정은 배향성을 가지지 않는다.
- [0171] 또한, 예를 들어  $\text{InGaZnO}_4$ 의 결정을 가지는 nc 구조를 가지는 산화물을 박편화하고, 두께 34nm의 영역에 대하여 프로브 직경이 50nm인 전자선을 피형성면에 평행하게 입사시키면, 도 17의 (A)에 나타난 바와 같은 고리 형상의 회절 패턴(나노빔 전자 회절 패턴)이 관측된다. 또한, 같은 시료에 프로브 직경이 1nm인 전자선을 입사시킨 경우의 회절 패턴(나노빔 전자 회절 패턴)을 도 17의 (B)에 나타내었다. 도 17의 (B)에서 고리 형상의 영역 내에 복수의 스폿이 관측된다. 따라서, nc 구조를 가지는 산화물은 프로브 직경이 50nm인 전자선을 입사시킨 경우에 질서성이 확인되지 않지만, 프로브 직경이 1nm인 전자선을 입사시키면 질서성이 확인된다.
- [0172] 또한, 두께 10nm 미만의 영역에 대하여 프로브 직경이 1nm인 전자선을 입사시키면, 도 17의 (C)에 나타난 바와 같이 스폿이 실질적으로 육각형으로 배치된 전자 회절 패턴이 관측되는 경우가 있다. 따라서, 두께 10nm 미만의 범위에서 nc 구조를 가지는 산화물이 질서성이 높은 영역, 즉 결정을 가지는 것을 알 수 있다. 또한, 결정이 다양한 방향으로 배향되어 있기 때문에 규칙적인 전자 회절 패턴이 관측되지 않는 영역도 있다.
- [0173] 도 17의 (D)는 피형성면에 실질적으로 평행한 방향으로부터 관찰한 nc 구조를 가지는 산화물의 단면의 Cs 보정 고분해능 TEM 이미지이다. 상기 산화물은 고분해능 TEM 이미지에서, 보조선으로 나타난 부분 등과 같이 결정부가 확인되는 영역과 결정부가 명확히 확인되지 않는 영역을 가진다. 상기 산화물에 포함되는 결정부의 크기는 1nm 이상 10nm 이하이고, 특히 1nm 이상 3nm 이하인 경우가 많다. 또한, 결정부의 크기가 10nm보다 크고 100nm 이하인 산화물을 미결정 산화물(microcrystalline oxide)이라고 하는 경우가 있다. nc 구조를 가지는 산화물은 예를 들어, 고분해능 TEM 이미지에서 결정립계가 명확히 확인되지 않는 경우가 있다. 또한, 나노 결정은 CAAC 구조를 가지는 산화물에 포함되는 펄릿과 기원이 같을 가능성이 있다. 그러므로, 이하에서는 nc 구조를 가지는 산화물의 결정부를 펄릿이라고 하는 경우가 있다.
- [0174] 이와 같이 nc 구조를 가지는 산화물은 미소한 영역(예를 들어 1nm 이상 10nm 이하의 영역, 특히 1nm 이상 3nm 이하의 영역)에서 원자 배열에 주기성을 가진다. 또한, nc 구조를 가지는 산화물은 상이한 펄릿들 사이에서 결정 방위에 규칙성이 보이지 않는다. 따라서, 막 전체에서 배향성이 확인되지 않는다. 그러므로, 분석 방법에 따라서는 nc 구조를 가지는 산화물과 a-like 구조를 가지는 산화물이나 비정질 산화물을 구별하지 못하는 경우가 있다.

- [0175] 또한, 펠릿(나노 결정) 사이에서 결정 방위에 규칙성이 보이지 않는 것으로부터, nc 구조를 가지는 산화물을 RANC(random aligned nanocrystals)를 가지는 산화물 또는 NANC(non-aligned nanocrystals)를 가지는 산화물이라고 할 수도 있다.
- [0176] nc 구조를 가지는 산화물은 비정질 산화물보다 규칙성이 높은 산화물이다. 따라서, nc 구조를 가지는 산화물은 a-like 구조를 가지는 산화물이나 비정질 산화물보다 결함 준위 밀도가 낮다. 다만, nc 구조를 가지는 산화물은 상이한 펠릿들 사이에서 결정 방위에 규칙성이 보이지 않는다. 그러므로, nc 구조를 가지는 산화물은 CAAC 구조를 가지는 산화물에 비하여 결함 준위 밀도가 높다.
- [0177] <a-like 구조를 가지는 산화물>
- [0178] a-like 구조를 가지는 산화물은 nc 구조를 가지는 산화물과 비정질 산화물 사이의 구조를 가지는 산화물이다.
- [0179] 도 18은 a-like 구조를 가지는 산화물의 고분해능 단면 TEM 이미지이다. 여기서, 도 18의 (A)는 전자 조사 개시 시에 있어서의 a-like 구조를 가지는 산화물의 고분해능 단면 TEM 이미지이다. 도 18의 (B)는  $4.3 \times 10^8 e^- / nm^2$  전자( $e^-$ ) 조사 후에 있어서의 a-like 구조를 가지는 산화물의 고분해능 단면 TEM 이미지이다. 도 18의 (A) 및 (B)로부터, a-like 구조를 가지는 산화물은 전자 조사 개시 시부터 세로 방향으로 연장되는 줄무늬 형상의 명(明)영역이 관찰되는 것을 알 수 있다. 또한, 전자 조사 후에 명영역의 형상이 변화되는 것을 알 수 있다. 또한, 명영역은 공동 또는 저밀도 영역인 것으로 추측된다.
- [0180] a-like 구조를 가지는 산화물은 공동을 가지므로 불안정한 구조이다. 이하에서는 a-like 구조를 가지는 산화물이 CAAC 구조를 가지는 산화물 및 nc 구조를 가지는 산화물에 비하여 불안정한 구조임을 나타내기 위하여, 전자 조사에 의한 구조의 변화에 대하여 설명한다.
- [0181] 시료로서 a-like 구조를 가지는 산화물, nc 구조를 가지는 산화물, 및 CAAC 구조를 가지는 산화물을 준비한다. 시료는 모두 In-Ga-Zn 산화물이다.
- [0182] 우선, 각 시료의 고분해능 단면 TEM 이미지를 취득한다. 고분해능 단면 TEM 이미지를 보면, 각 시료는 모두 결정부를 가진다.
- [0183] 또한, InGaZnO<sub>4</sub>의 결정의 단위 격자는 In-O층 3층과 Ga-Zn-O층 6층의 총 9층이 c축 방향으로 층상으로 증첩된 구조를 가지는 것이 알려져 있다. 이들 근접한 층들 사이의 간격은 (009)면의 격자면 간격(d값이라고도 함)과 같은 정도이며, 그 값은 결정 구조 해석으로부터 0.29nm로 산출된다. 그러므로, 이하에서는 격자 줄무늬(lattice fringe)의 간격이 0.28nm 이상 0.30nm 이하인 부분을 InGaZnO<sub>4</sub>의 결정부로 간주하였다. 격자 줄무늬는 InGaZnO<sub>4</sub>의 결정의 a-b면에 대응한다.
- [0184] 도 19는 각 시료의 결정부(22군데~30군데)의 평균 크기를 조사하여 나타낸 예이다. 또한, 상술한 격자 줄무늬의 길이를 결정부의 크기로 간주한다. 도 19로부터, a-like 구조를 가지는 산화물은 TEM 이미지의 취득 등에서의 누적 전자 조사량에 따라 결정부가 커지는 것을 알 수 있다. 도 19로부터, TEM에 의한 관찰 초기에 크기가 1.2nm 정도였던 결정부(초기핵이라고도 함)는, 누적 전자( $e^-$ ) 조사량이  $4.2 \times 10^8 e^- / nm^2$ 가 되면 1.9nm 정도의 크기로 성장하는 것을 알 수 있다. 한편, nc 구조를 가지는 산화물 및 CAAC 구조를 가지는 산화물은 전자 조사 개시 시부터 누적 전자 조사량이  $4.2 \times 10^8 e^- / nm^2$ 가 될 때까지의 범위에서 결정부의 크기가 변화되지 않는 것을 알 수 있다. 도 19로부터 누적 전자 조사량에 상관없이 nc 구조를 가지는 산화물 및 CAAC 구조를 가지는 산화물의 결정부의 크기는 각각 1.3nm 정도 및 1.8nm 정도임을 알 수 있다. 또한, 전자선 조사 및 TEM의 관찰에는 히타치 투과 전자 현미경 H-9000NAR을 사용하였다. 전자선의 조사 조건으로서는 가속 전압을 300kV로, 전류 밀도를  $6.7 \times 10^5 e^- / (nm^2 \cdot s)$ 로, 조사 영역의 직경을 230nm로 하였다.
- [0185] 이와 같이 a-like 구조를 가지는 산화물에서는 전자 조사에 의한 결정부의 성장이 관찰되는 경우가 있다. 한편, nc 구조를 가지는 산화물 및 CAAC 구조를 가지는 산화물에서는 전자 조사에 의한 결정부의 성장이 거의 관찰되지 않는다. 즉, a-like 구조를 가지는 산화물은 nc 구조를 가지는 산화물 및 CAAC 구조를 가지는 산화물에 비하여 불안정한 구조임을 알 수 있다.
- [0186] 또한, a-like 구조를 가지는 산화물은 공동을 가지므로 nc 구조를 가지는 산화물 및 CAAC 구조를 가지는 산화물에 비하여 밀도가 낮은 구조를 가진다. 구체적으로는, a-like 구조를 가지는 산화물의 밀도는 같은 조성을 가

지는 단결정 산화물의 밀도의 78.6% 이상 92.3% 미만이다. 또한, nc 구조를 가지는 산화물의 밀도 및 CAAC 구조를 가지는 산화물의 밀도는 같은 조성을 가지는 단결정 산화물의 밀도의 92.3% 이상 100% 미만이다. 밀도가 단결정 산화물의 밀도의 78% 미만인 산화물은 성막 자체가 어렵다.

[0187] 예를 들어, In:Ga:Zn=1:1:1[원자수비]을 만족시키는 산화물에 있어서 능면체정 구조를 가지는 단결정 InGaZnO<sub>4</sub>의 밀도는 6.357g/cm<sup>3</sup>이다. 따라서 예를 들어, In:Ga:Zn=1:1:1[원자수비]을 만족시키는 산화물에 있어서, a-like 구조를 가지는 산화물의 밀도는 5.0g/cm<sup>3</sup> 이상 5.9g/cm<sup>3</sup> 미만이다. 또한, 예를 들어, In:Ga:Zn=1:1:1[원자수비]을 만족시키는 산화물에 있어서 nc 구조를 가지는 산화물의 밀도 및 CAAC 구조를 가지는 산화물의 밀도는 5.9g/cm<sup>3</sup> 이상 6.3g/cm<sup>3</sup> 미만이다.

[0188] 또한, 같은 조성을 가지는 단결정 산화물이 존재하지 않는 경우, 조성이 다른 단결정 산화물을 임의의 비율로 조합함으로써, 원하는 조성을 가지는 단결정 산화물의 밀도에 상당하는 밀도를 어렵잡을 수 있다. 원하는 조성을 가지는 단결정 산화물의 밀도에 상당하는 밀도는 조성이 다른 단결정 산화물을 조합하는 비율에 대하여 가중평균을 이용하여 어렵잡으면 좋다. 다만, 밀도를 어렵잡을 때는 가능한 한 적은 종류의 단결정 산화물을 조합하는 것이 바람직하다.

[0189] 이와 같이 In-Ga-Zn 산화물로 대표되는 산화물은 다양한 구조를 가지며 각각이 다양한 특성을 가진다. 또한, 산화물은 예를 들어, 비정질 산화물, a-like 구조, nc 구조, CAAC 구조 중 2종류 이상의 구조를 가지는 적층막이어도 좋다.

[0190] 정공 주입 저지층에 In-Ga-Zn 산화물로 대표되는 산화물을 사용하는 경우, 그 피형성층인 광전 변환층을 결정 셀레늄층으로 하면, 서로 같은 결정성을 가지게 되기 때문에 양층의 계면이 양호한 성질을 가지는 계면이 되므로 바람직하다. 또한, 정공 주입 저지층에 In-Ga-Zn 산화물로 대표되는 산화물을 사용하는 경우, 그 위에 형성되는 제 2 전극에 산화 인듐 주석막 또는 실리콘이 첨가된 산화 인듐 주석막을 사용하면, 모두가 인듐을 가지는 산화막이고 조성이 가깝기 때문에 양자의 상성이 좋다. 즉, 정공 주입 저지층과 제 2 전극의 밀착성이 향상되어, 양자의 계면이 양호한 성질을 가지게 된다.

[0191] 본 실시형태에 기재된 구성은 다른 실시형태에 기재된 구성과 적절히 조합하여 사용할 수 있다.

[0192] (실시형태 4)

[0193] 본 발명의 일 형태에 따른 활상 장치, 및 상기 활상 장치를 포함하는 반도체 장치는 표시 기기, 퍼스널 컴퓨터, 기록 매체를 구비한 화상 재생 장치(대표적으로는 DVD(digital versatile disc) 등의 기록 매체를 재생하고 그 화상을 표시할 수 있는 디스플레이를 가지는 장치)에 사용될 수 있다. 이 외에, 본 발명의 일 형태에 따른 활상 장치, 및 상기 활상 장치를 포함하는 반도체 장치를 사용할 수 있는 전자 기기로서, 휴대 전화, 휴대용 게임기를 포함하는 게임기, 휴대 데이터 단말, 전자 서적 단말, 비디오 카메라나 디지털 스틸 카메라 등의 카메라, 고글형 디스플레이(헤드 마운티드 디스플레이), 내비게이션 시스템, 음향 재생 장치(카 오디오, 디지털 오디오 플레이어 등), 복사기, 팩시밀리, 프린터, 프린터 복합기, 현금 자동 입출금기(ATM), 자동 판매기 등을 들 수 있다. 이들 전자 기기의 구체적인 예를 도 20에 도시하였다.

[0194] 도 20의 (A)에 도시된 휴대용 게임기는 하우징(901), 하우징(902), 표시부(903), 표시부(904), 마이크로폰(905), 스피커(906), 조작 키(907), 스타일러스(908), 카메라(909) 등을 가진다. 또한, 도 20의 (A)에 도시된 휴대용 게임기는 2개의 표시부(903, 904)를 가지고 있지만, 휴대용 게임기가 가지는 표시부의 수는 이에 한정되지 않는다. 카메라(909)에는 본 발명의 일 형태에 따른 활상 장치를 사용할 수 있다.

[0195] 도 20의 (B)에 도시된 휴대 데이터 단말은 제 1 하우징(911), 표시부(912), 카메라(919) 등을 가진다. 표시부(912)가 가지는 터치 패널 기능에 의하여 정보의 입출력이 가능하다. 카메라(919)에는 본 발명의 일 형태에 따른 활상 장치를 사용할 수 있다.

[0196] 도 20의 (C)에 도시된 손목시계형 정보 단말은 하우징(931), 표시부(932), 손목 밴드(933), 카메라(939) 등을 가진다. 표시부(932)는 터치 패널이어도 좋다. 카메라(939)에는 본 발명의 일 형태에 따른 활상 장치를 사용할 수 있다.

[0197] 도 20의 (D)에 도시된 감시 카메라는 하우징(951), 렌즈(952), 지지부(953) 등을 가진다. 렌즈(952)의 초점이 되는 위치에는 본 발명의 일 형태에 따른 활상 장치를 구비할 수 있다.

- [0198] 도 20의 (E)에 도시된 디지털 카메라는 하우징(961), 셔터 버튼(962), 마이크로폰(963), 발광부(967), 렌즈(965) 등을 가진다. 렌즈(965)의 초점이 되는 위치에는 본 발명의 일 형태에 따른 촬상 장치를 구비할 수 있다.
- [0199] 도 20의 (F)에 도시된 비디오 카메라는 제 1 하우징(971), 제 2 하우징(972), 표시부(973), 조작 키(974), 렌즈(975), 접속부(976) 등을 가진다. 조작 키(974) 및 렌즈(975)는 제 1 하우징(971)에 제공되고, 표시부(973)는 제 2 하우징(972)에 제공되어 있다. 그리고, 제 1 하우징(971)과 제 2 하우징(972)은 접속부(976)에 의하여 접속되어 있고, 제 1 하우징(971)과 제 2 하우징(972) 사이의 각도는 접속부(976)로 조절될 수 있다. 표시부(973)의 영상을 접속부(976)에서의 제 1 하우징(971)과 제 2 하우징(972) 사이의 각도에 따라 전환하는 구성으로 하여도 좋다. 렌즈(975)의 초점이 되는 위치에는 본 발명의 일 형태에 따른 촬상 장치를 구비할 수 있다.
- [0200] 또한, 본 실시형태는 본 명세서에 기재된 다른 실시형태와 적절히 조합될 수 있다.

### 부호의 설명

- [0201] 100: 광전 변환 소자  
 101: 제 1 전극  
 102: 광전 변환층  
 103: 정공 주입 저지층  
 104: 제 2 전극  
 105: 전자 주입 저지층  
 111: 촬상 동작  
 112: 데이터 유지 동작  
 113: 판독 동작  
 130: 실리콘 기판  
 131: 트랜지스터  
 132: 트랜지스터  
 135: 활성층  
 151: 트랜지스터  
 152: 트랜지스터  
 167: 격벽  
 172: 배선  
 173: 배선  
 180: 절연층  
 181: 도전체  
 182: 절연층  
 183: 절연층  
 188: 배선  
 901: 하우징  
 902: 하우징  
 903: 표시부

904: 표시부  
905: 마이크로폰  
906: 스피커  
907: 조작 키  
908: 스타일러스  
909: 카메라  
911: 하우징  
912: 표시부  
919: 카메라  
931: 하우징  
932: 표시부  
933: 손목 밴드  
939: 카메라  
951: 하우징  
952: 렌즈  
953: 지지부  
961: 하우징  
962: 셔터 버튼  
963: 마이크로폰  
965: 렌즈  
967: 발광부  
971: 하우징  
972: 하우징  
973: 표시부  
974: 조작 키  
975: 렌즈  
976: 접속부  
1100: 층  
1200: 층  
1400: 층  
1500: 회절 격자  
1600: 층  
2500: 절연층  
2510: 차광층  
2520: 유기 수지층  
2530: 컬러 필터

2530a: 컬러 필터

2530b: 컬러 필터

2530c: 컬러 필터

2540: 마이크로렌즈 어레이

2550: 광전 변환층

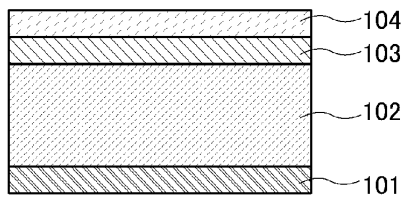
2560: 절연층

도면

도면1

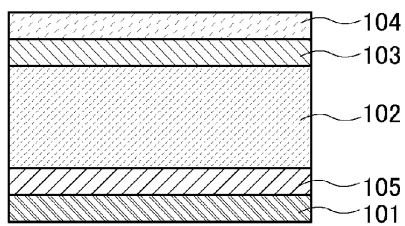
(A)

100

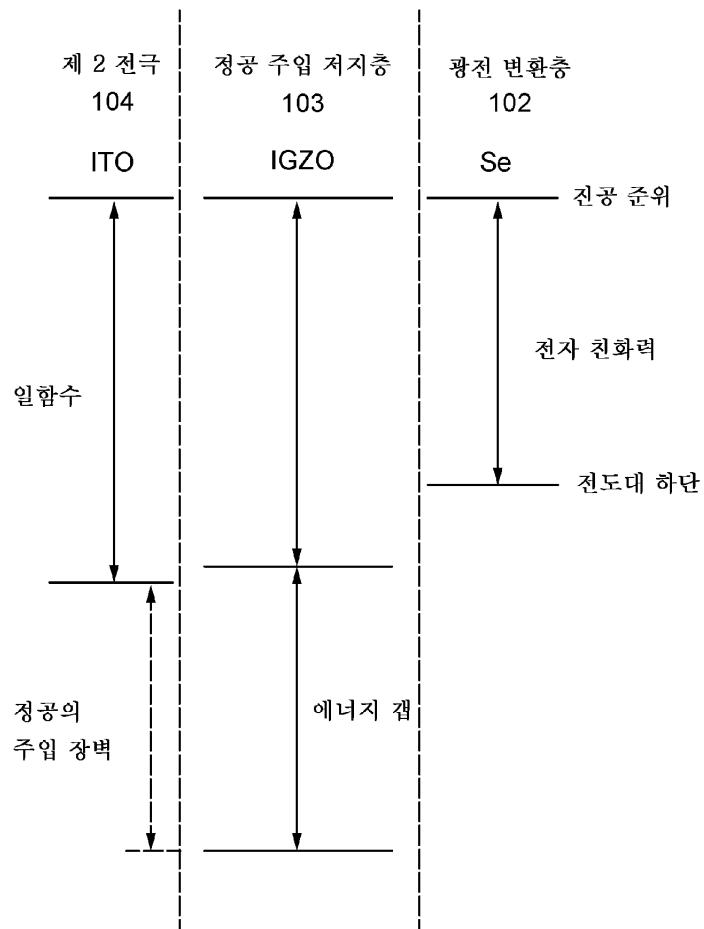


(B)

100

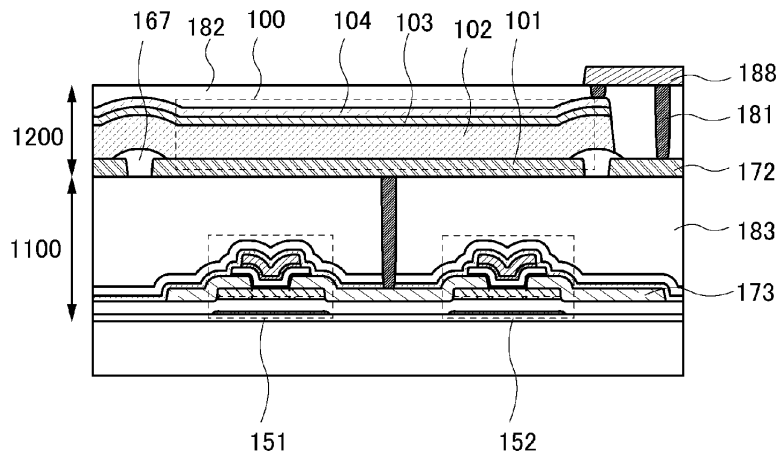


도면2

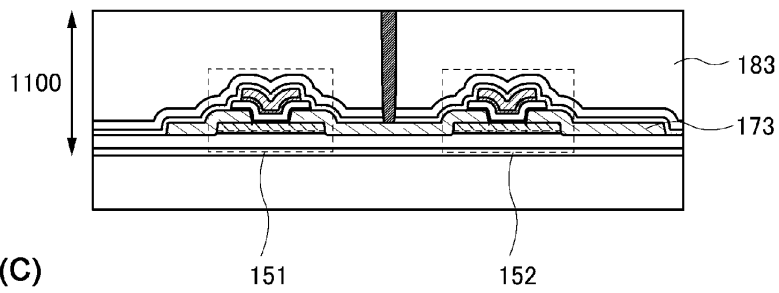


도면3

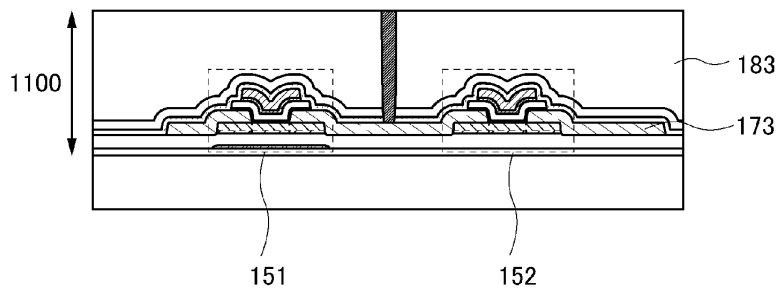
(A)



(B)

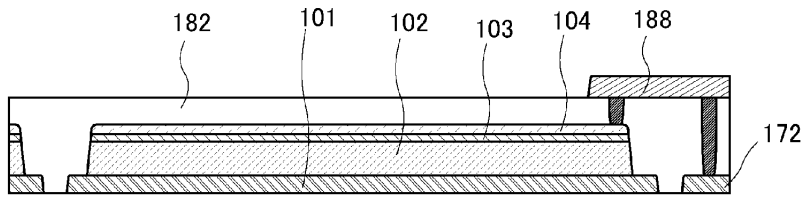


(C)

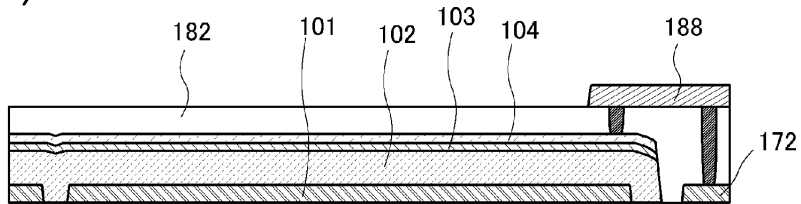


도면4

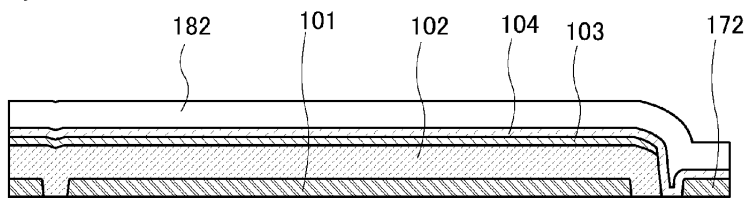
(A)



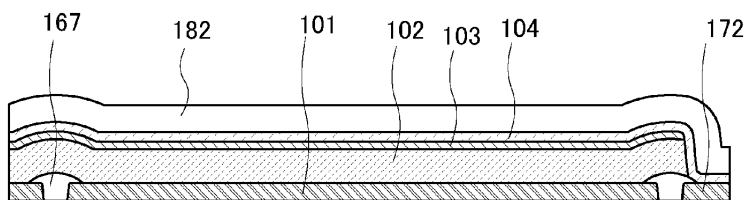
(B)



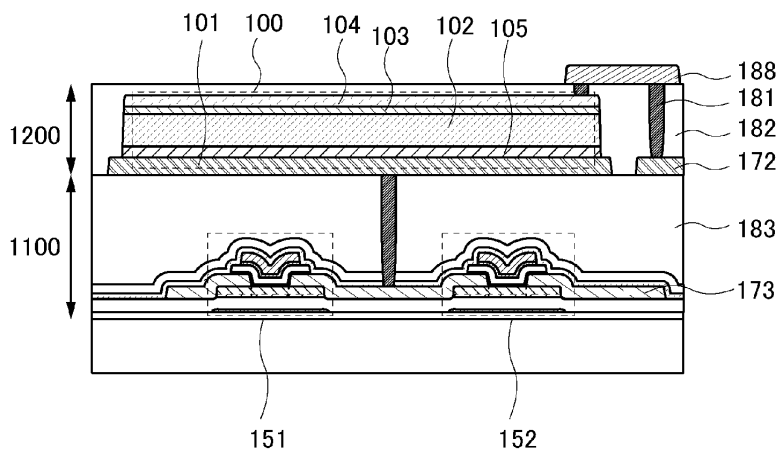
(C)



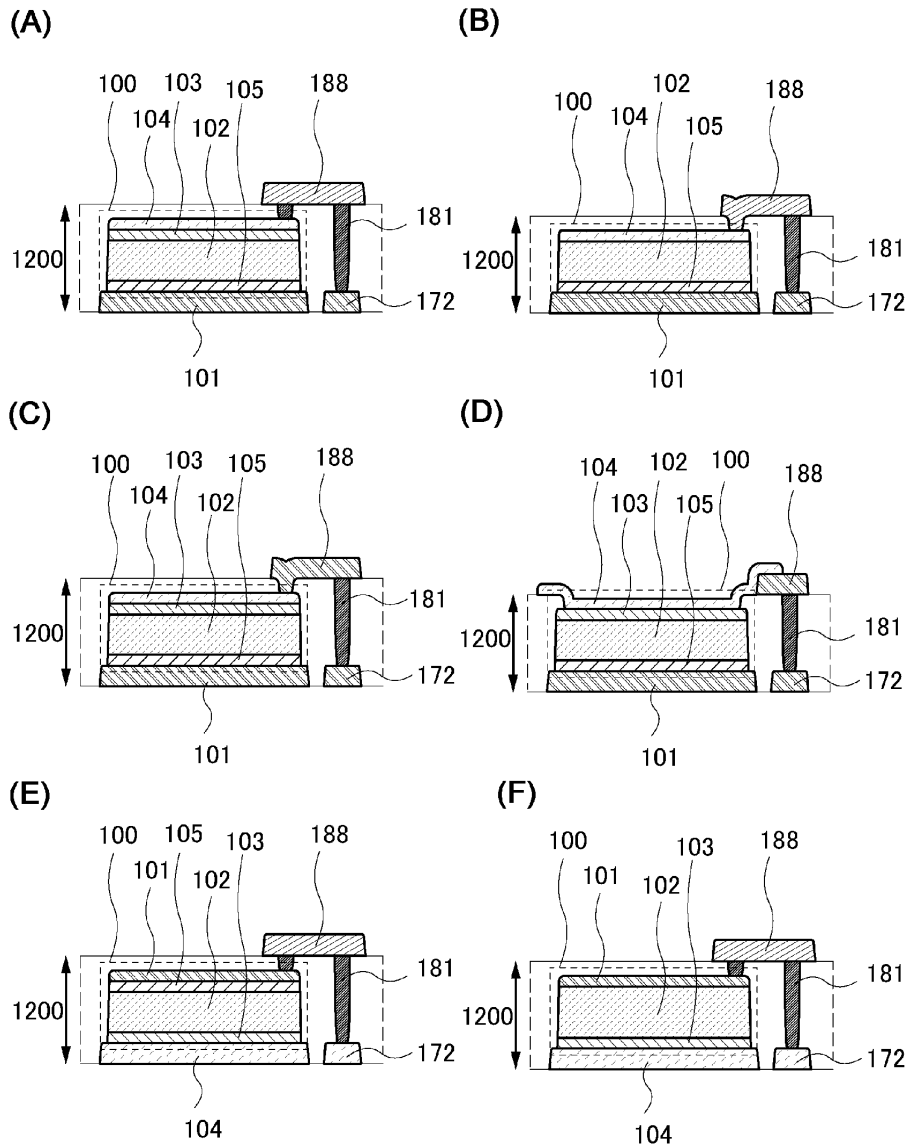
(D)



도면5

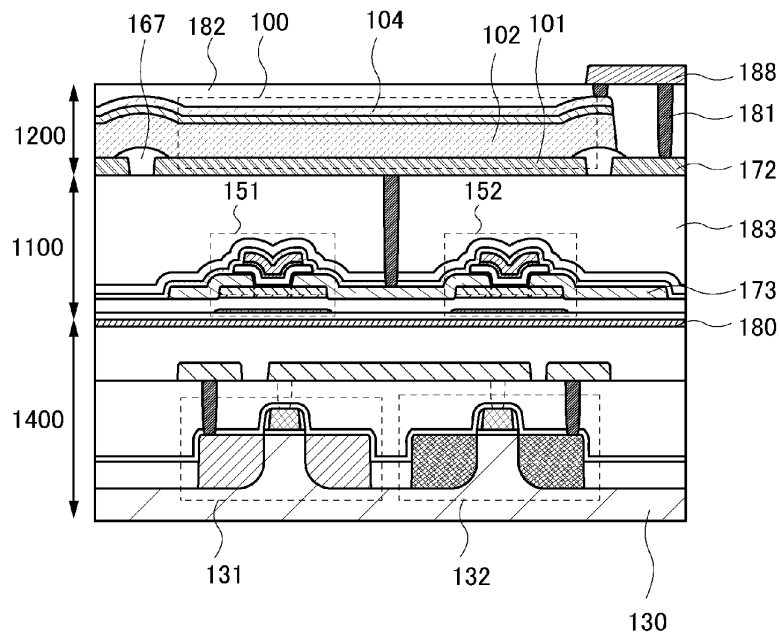


도면6

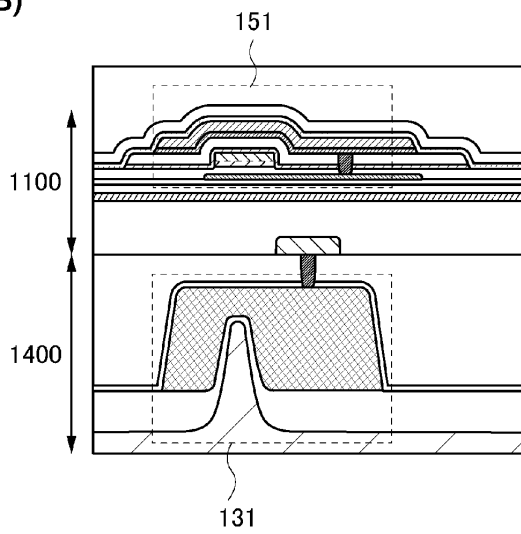


도면7

(A)

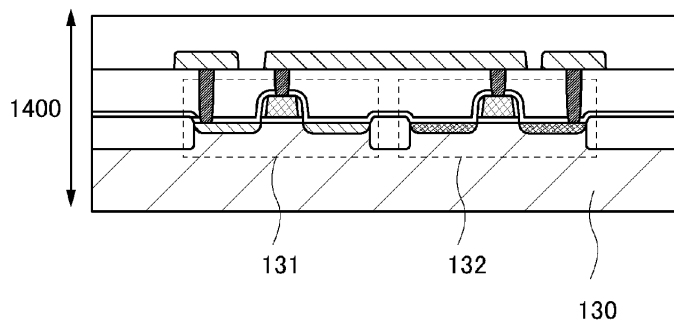


(B)

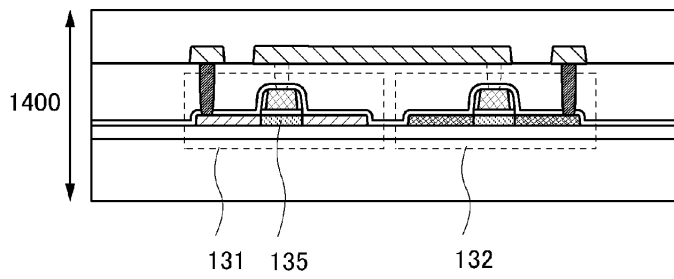


도면8

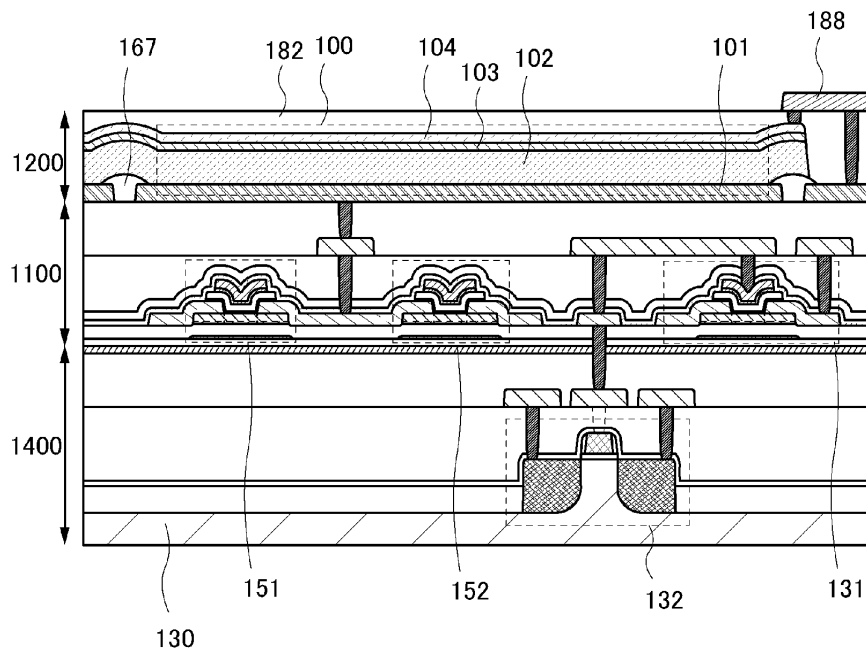
(A)



(B)

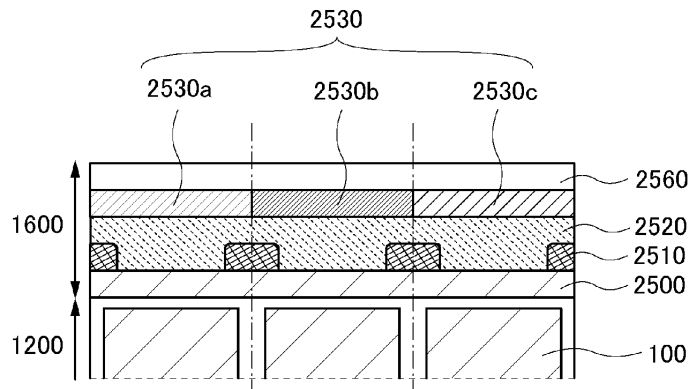


도면9

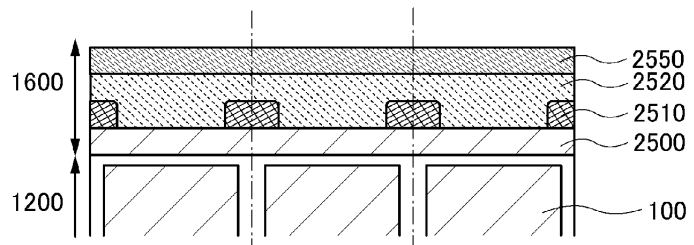


도면10

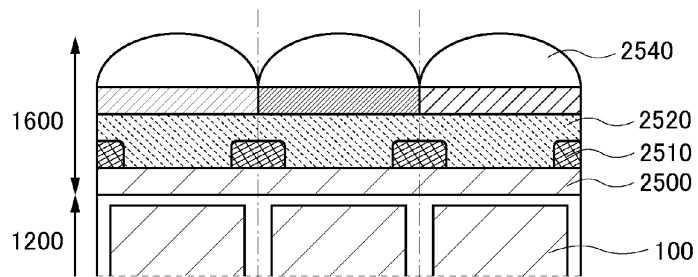
(A)



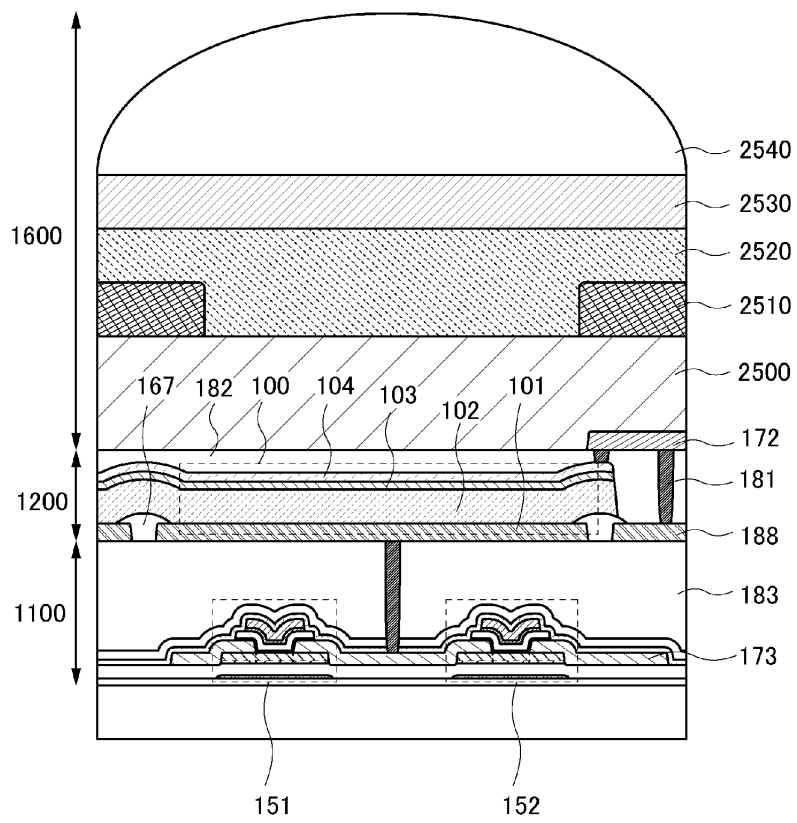
(B)



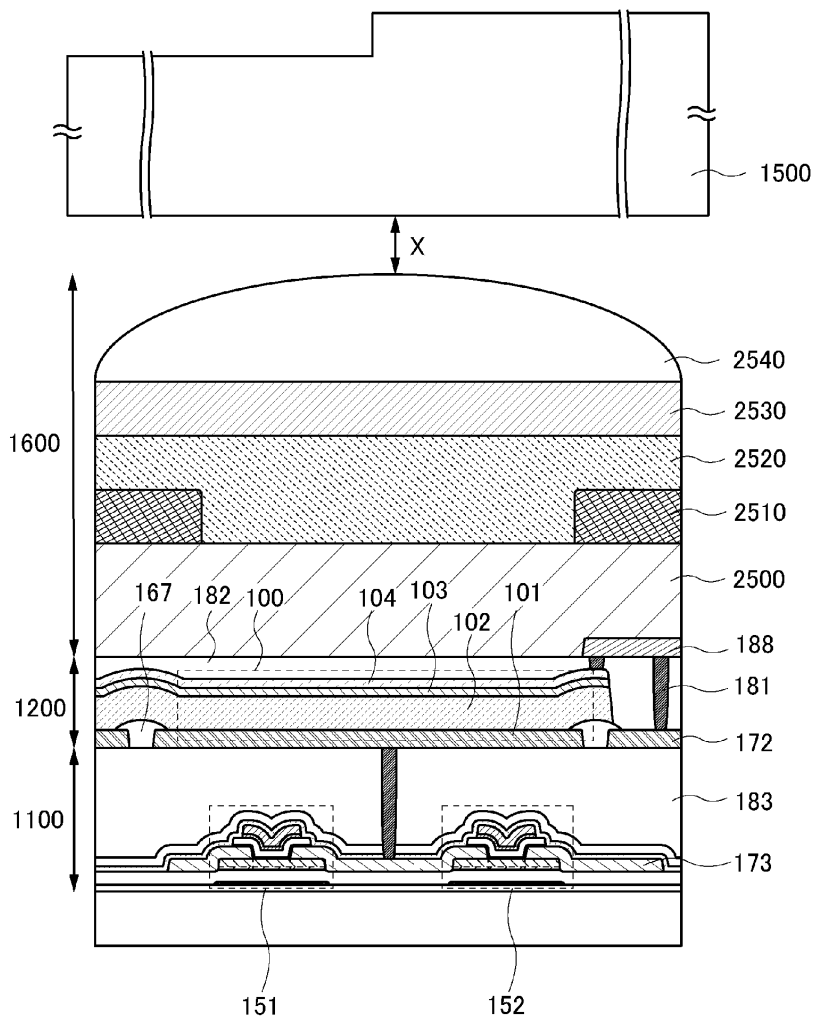
(C)



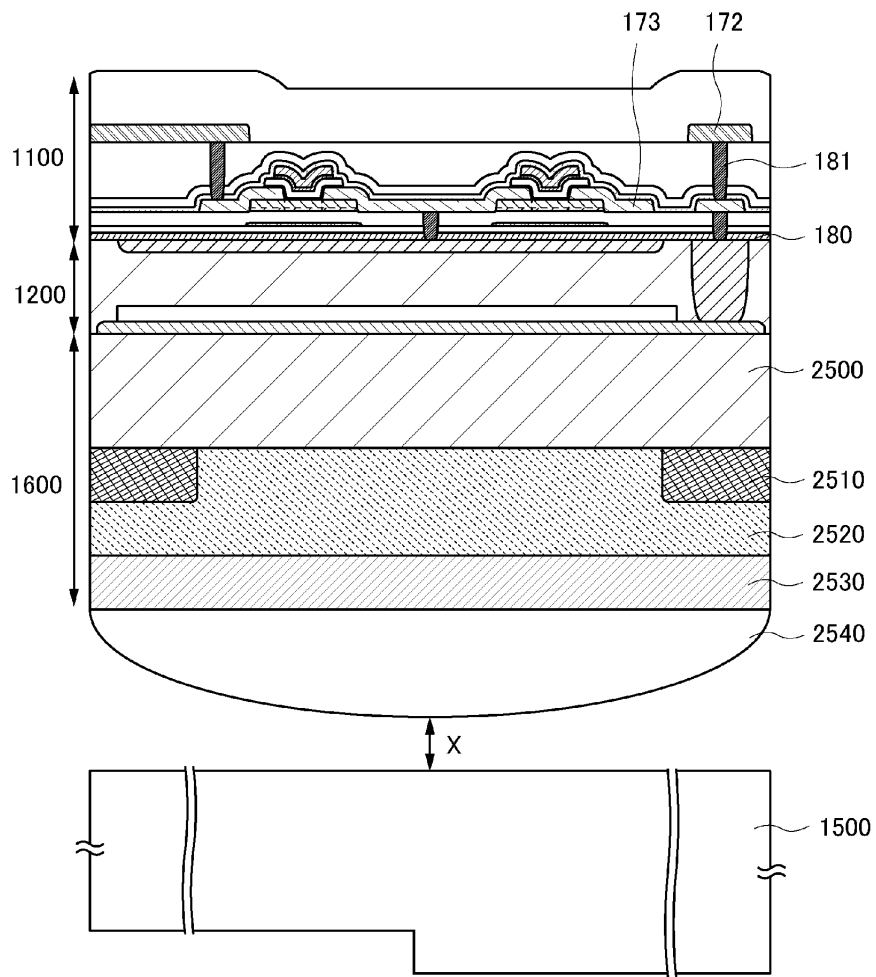
도면11



도면12

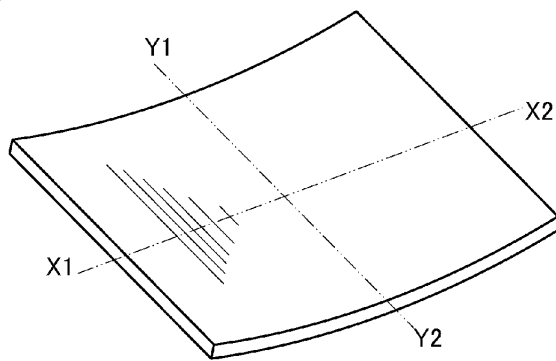


도면13

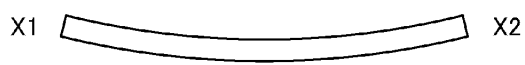


도면14

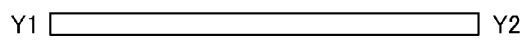
(A1)



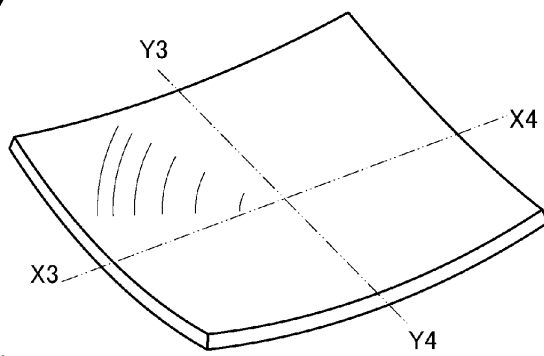
(A2)



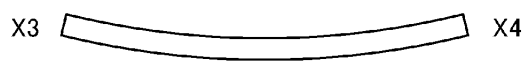
(A3)



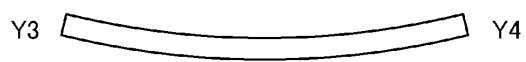
(B1)



(B2)

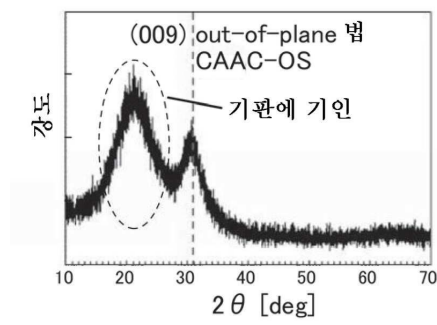


(B3)

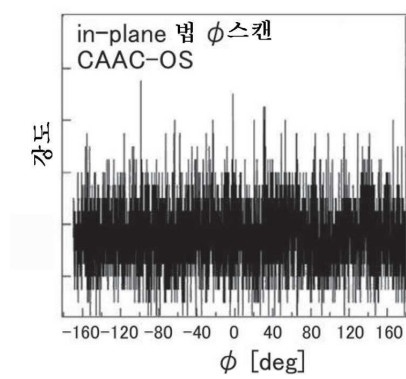


도면15

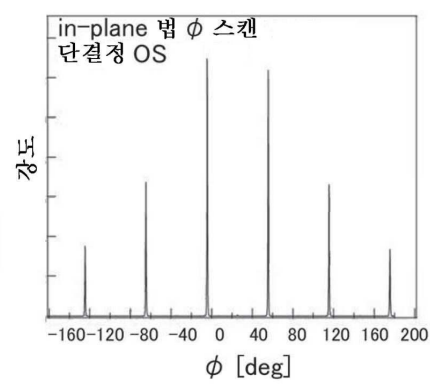
(A)



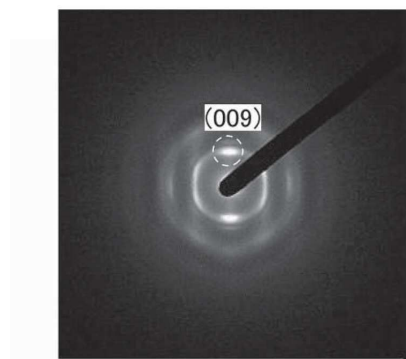
(B)



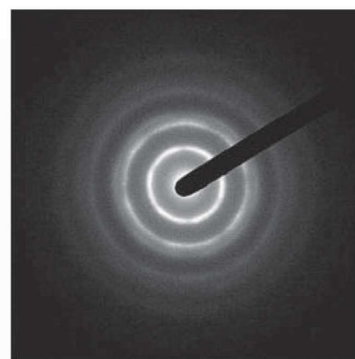
(C)



(D)

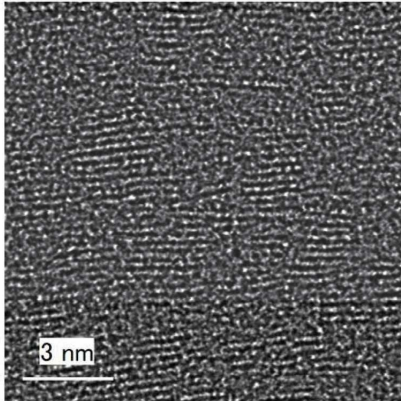


(E)

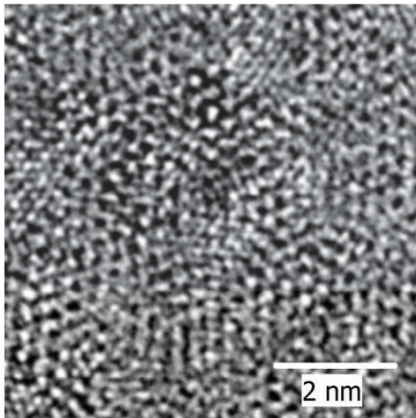


도면16

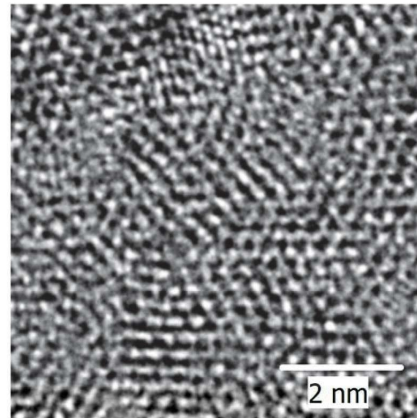
(A)



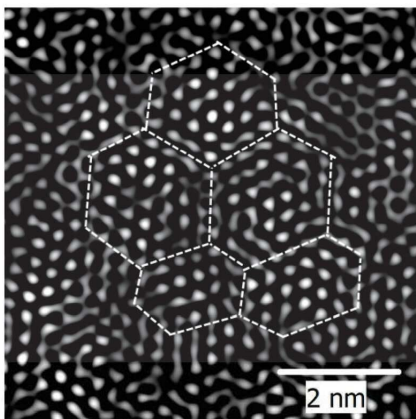
(B)



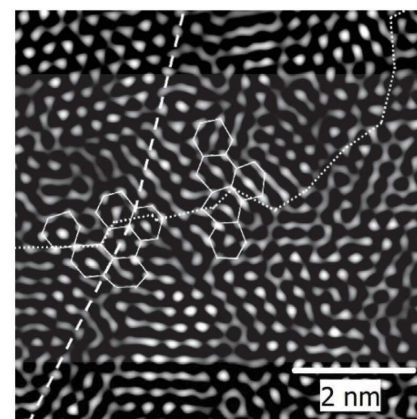
(C)



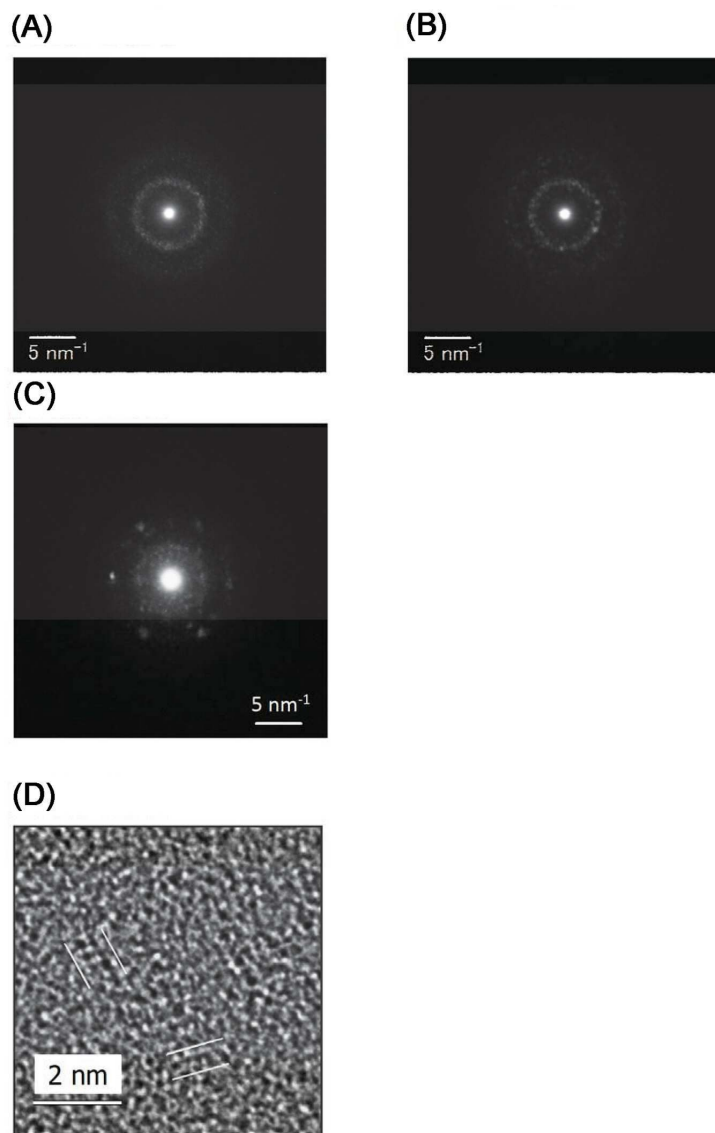
(D)



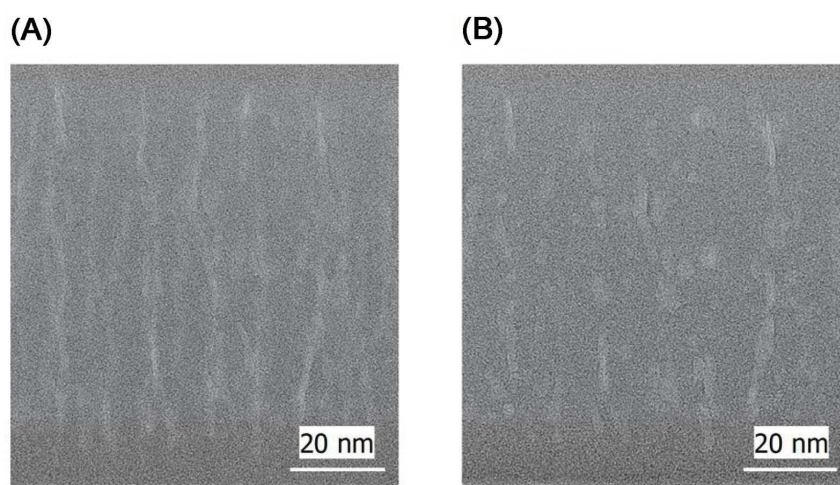
(E)



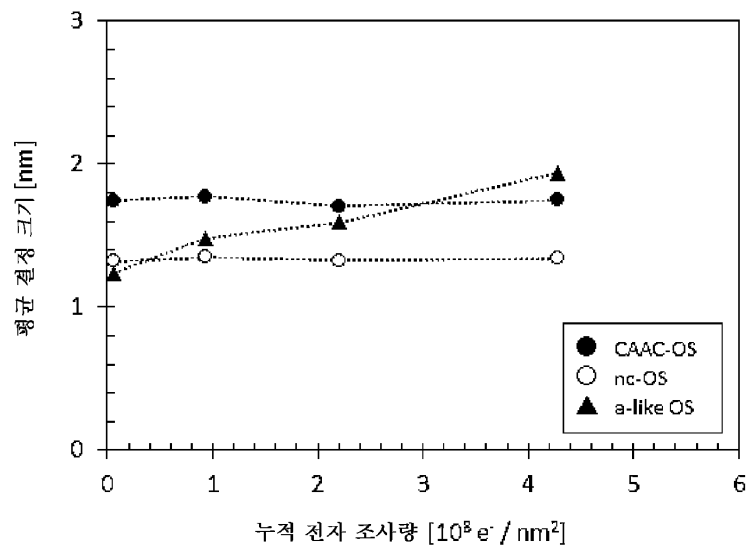
도면17



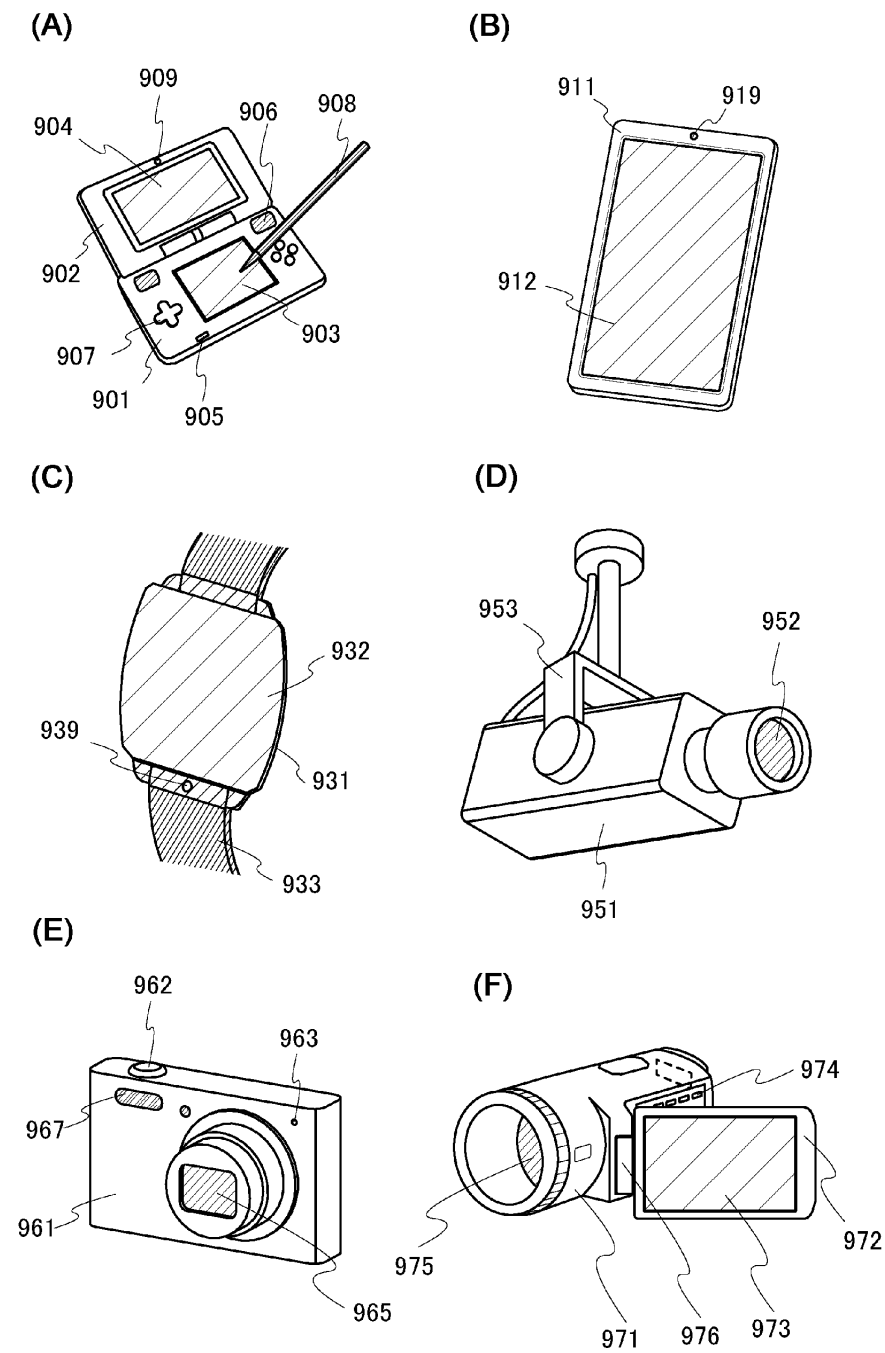
도면18



도면19

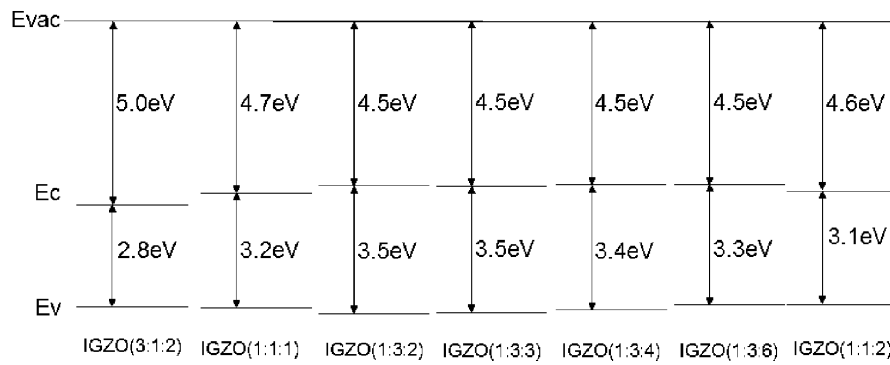


도면20

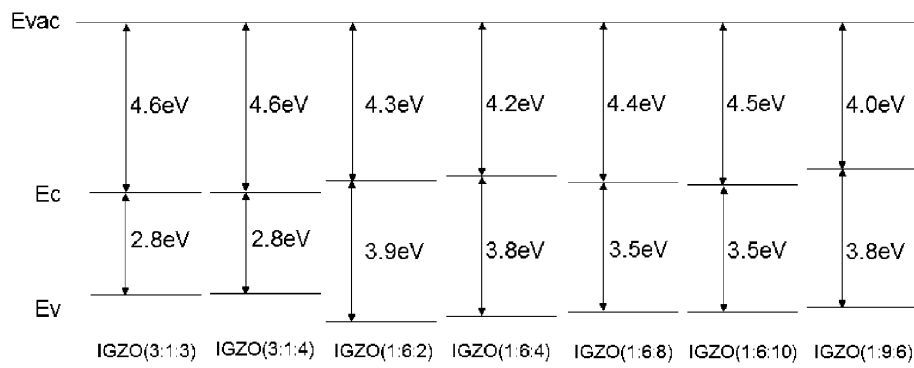


도면21

(A)

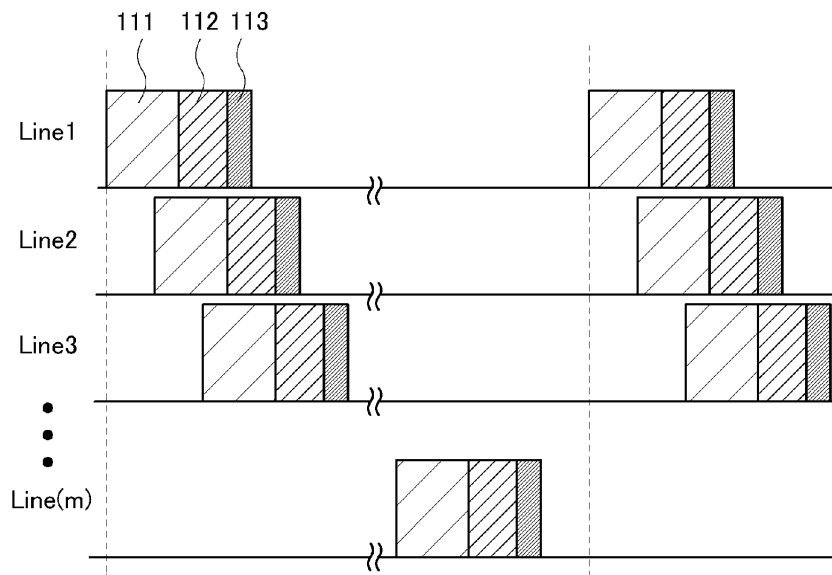


(B)



도면22

(A)



(B)

