(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0063160
(43) 공개일자 2020년06월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 31/107 (2006.01) *H01L 31/0224* (2006.01)
H01L 31/0352 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 31/107 (2013.01)
H01L 31/02002 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-7010621(분할)
(22) 출원일자(국제) 2018년09월03일
심사청구일자 없음
(62) 원출원 특허 10-2019-7015450
원출원일자(국제) 2018년09월03일
심사청구일자 2019년09월10일
(85) 번역문제출일자 2020년04월13일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2018/032637
(87) 국제공개번호 WO 2019/082513
국제공개일자 2019년05월02일
(30) 우선권주장
JP-P-2017-206729 2017년10월26일 일본(JP)

(71) 출원인
소니 세미컨덕터 솔루션즈 가부시키가이샤
일본국 가나가와켄 아츠기시 아사히쵸 4-14-1
(72) 발명자
이토 쿄스케
일본국 가나가와켄 아츠기시 아사히쵸 4-14-1 소니 세미컨덕터 솔루션즈 가부시키가이샤 내
와카노 토시후미
일본국 가나가와켄 아츠기시 아사히쵸 4-14-1 소니 세미컨덕터 솔루션즈 가부시키가이샤 내
오타케 유스케
일본국 가나가와켄 아츠기시 아사히쵸 4-14-1 소니 세미컨덕터 솔루션즈 가부시키가이샤 내
(74) 대리인
최달용

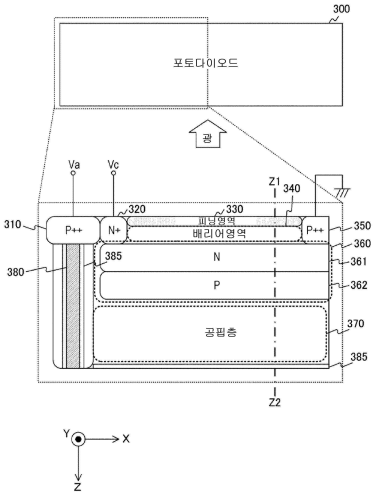
전체 청구항 수 : 총 1 항

(54) 발명의 명칭 **애벌란시 포토 다이오드 센서**

(57) 요 약

애벌란시 포토 다이오드 센서는 기판에 배치되고, 입사광을 전하로 변환하는 광전변환 영역을 포함한다. 애벌란시 포토 다이오드 센서는 상기 광전변환 영역 상의 제1의 용량형의 제1의 영역, 및 상기 제1의 영역에 인접하여 상기 기판에 배치되고, 상기 광전변환 영역에 연결된 캐소드를 포함하다. 애벌란시 포토 다이오드 센서는 상기 캐소드에 인접하여 상기 기판에 배치된 애노드, 및 상기 기판에 배치된 상기 제1의 용량형의 콘택트를 포함한다. 상기 제1의 영역의 불순물 농도는 상기 콘택트의 불순물 농도와 다르다.

대 표 도 - 도4



(52) CPC특허분류
H01L 31/0224 (2013.01)
H01L 31/0352 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

기판에 배치되고, 입사광을 전하로 변환하는 광전변환 영역;

상기 광전변환 영역 상의 제1의 용량형의 제1의 영역;

상기 제1의 영역에 인접하여 상기 기판에 배치되고, 상기 광전변환 영역에 연결된 캐소드;

상기 캐소드에 인접하여 상기 기판에 배치된 애노드;

상기 기판에 배치된 상기 제1의 용량형의 콘택트;

상기 광전변환 영역과 인접하는 광전변환 영역 사이의 상기 기판에 형성된 절연 구조체; 및

상기 기판의 광입사면 상의 막을 구비하고,

상기 제1의 영역의 불순물 농도는 상기 콘택트의 불순물 농도와 다르고,

상기 막은 상기 절연 구조체의 측면 상에 있는 것을 특징으로 하는 애벌란시 포토 다이오드 센서.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 기술은, 애벌란시 포토 다이오드 센서에 관한 것이고, 상세하게는, 미약한 광을 검출하는 애벌란시 포토 다이오드 센서에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 근래, 매우 미약한 광신호를 파악하여 광통신, 거리계측이나 포톤 카운트 등을 실현하는 SPAD(Single Photon Avalanche Diode)라고 불리는 디바이스가 개발 및 연구되고 있다. 이 SPAD는, 입사된 포톤에 의해 발생한 전하를 애벌란시 증폭하기 때문에, 광이 미약하여도 검출할 수 있다. 단, SPAD에서는, 실리콘 기판 표면에서 생긴 암전류가 증폭되면, DCR(Dark Count Rate) 등의 암전류 특성이 열화되어 버린다. 그래서, 암전류를 억제하기 위해 피닝(pinning) 영역을 실리콘 기판 표면에 형성한 SPAD가 제안되어 있다(예를 들면, 특허문헌 1 참조.). 이 피닝 영역은, 그 피닝 영역과 애벌란시 증폭을 행하는 증폭 영역 사이에 전위 장벽이 생기도록, 불순물 농도가 조정된 영역이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 일본 특개2015-041746호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 상술한 종래 기술에서는, 피닝 영역과 증폭 영역 사이의 전위 장벽에 의해 암전류의 증폭 영역으로의 유입이 방지되기 때문에, 암전류 특성의 열화를 억제할 수 있다. 그렇지만, 피닝 영역과 캐소드 사이의 전위차가 클수록, 피닝 영역 및 캐소드 사이의 공핍층 폭이 작아지기 때문에 화소용량(畵素容量)이 증대하여 버린다. 여기서, 화소용량은, SPAD를 마련한 화소의 정전용량을 의미한다. 화소용량이 증대하면, 화소에 모인 전하를 꺼내어 리차지(recharge)하는데 필요로 하는 시간이 길어지고, 프레임 레이트의 향상이 곤란해진다. 피닝 영역을 없애면 화소용량이 감소하지만, 암전류 특성이 열화되어 버린다. 이 때문에, 암전류를 억제하면서, 화소용량을 감소시키

는 것이 곤란하다라는 문제가 있다.

[0005] 본 기술은 이와 같은 상황을 감안하여 생겨진 것으로, 전하의 증폭을 행하는 포토 다이오드에 있어서, 암전류를 억제하면서, 화소용량을 감소시키는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 기술은, 상술한 문제점을 해소하기 위해 이루어진 것이다. 제1의 측면에 관하여, 애벌란시 포토 다이오드 센서는, 기판에 배치되고, 입사광을 전하로 변환하는 광전변환 영역; 상기 광전변환 영역 상의 제1의 용량형의 제1의 영역; 상기 제1의 영역에 인접하여 상기 기판에 배치되고, 상기 광전변환 영역에 연결된 캐소드; 상기 캐소드에 인접하여 상기 기판에 배치된 애노드; 및 상기 기판에 배치된 상기 제1의 용량형의 콘택트를 포함한다. 상기 제1의 영역의 불순물 농도는 상기 콘택트의 불순물 농도와 다르다. 예를 들면, 상기 제1의 영역의 불순물 농도는 상기 콘택트의 불순물 농도보다 낮다. 애벌란시 포토 다이오드 센서는, 상기 기판에 배치되고, 상기 제1의 광전변환 영역과 상기 제1의 영역 사이에 위치하는 상기 제1의 용량형의 제2의 영역을 더 포함한다. 상기 제1의 영역의 불순물 농도는 상기 제2의 영역의 불순물 농도보다 높다. 애벌란시 포토 다이오드 센서는, 상기 광전변환 영역과 인접하는 광전변환 영역 사이의 상기 기판에 형성된 절연 구조체를 더 포함한다. 상기 캐소드는 상기 애노드와 상기 제1의 영역 사이에 위치한다. 애벌란시 포토 다이오드 센서는, 상기 기판의 광입사면 상의 막을 더 포함한다. 상기 막은 상기 절연 구조체의 측면 상에 있다. 평면에서 보아, 상기 제1의 영역은 상기 콘택트를 둘러싸고, 상기 캐소드는 상기 제1의 영역을 둘러싼다. 평면에서 보아, 상기 애노드는 상기 캐소드를 둘러싼다. 평면에서 보아, 상기 콘택트는 상기 제1의 영역의 중심 영역에 위치한다. 상기 콘택트 및 상기 캐소드는 제1의 전압을 수신하는 제1의 신호선에 연결되고, 상기 애노드는 제2의 전압을 수신하는 제2의 신호선에 연결된다. 상기 애노드, 상기 캐소드, 및 상기 제1의 영역은 사각형 또는 원형 중 하나이다. 평면에서 보아, 상기 제1의 영역은 상기 캐소드를 둘러싸고, 상기 콘택트는 상기 제1의 영역을 둘러싸고, 상기 애노드는 상기 콘택트를 둘러싼다. 애벌란시 포토 다이오드 센서는, 트랜지스터를 더 포함하고, 상기 트랜지스터는, 상기 제1의 영역에 형성된 소스 및 드레인; 상기 제1의 영역 상의 산화층; 및 상기 산화층 상의 게이트를 포함한다.

[0007] 본 기술의 제2의 측면에 관하여, 애벌란시 포토 다이오드 센서는, 기판에 배치되고, 입사광을 전하로 변환하는 광전변환 영역; 상기 기판에 배치된 제1의 용량형의 제1의 영역; 상기 제1의 영역에 인접하여 상기 기판에 배치되고, 상기 광전변환 영역에 연결된 캐소드; 상기 캐소드에 인접하여 상기 기판에 배치된 애노드; 및 상기 제1의 영역에 배치된 상기 제1의 용량형의 콘택트를 포함한다. 상기 제1의 영역의 불순물 농도는 상기 콘택트의 불순물 농도보다 낮다.

[0008] 애벌란시 포토 다이오드 센서는, 상기 기판에 배치되고, 상기 광전변환 영역과 상기 제1의 영역 사이에 위치하는 상기 제1의 용량형의 제2의 영역을 더 포함한다.

[0009] 상기 제1의 영역의 불순물 농도는 상기 제2의 영역의 불순물 농도보다 높다.

[0010] 애벌란시 포토 다이오드 센서는, 상기 광전변환 영역과 인접하는 광전변환 영역 사이의 상기 기판에 형성된 절연 구조체를 더 포함한다.

[0011] 애벌란시 포토 다이오드 센서는, 상기 기판의 광입사면 상의 막을 더 구비하고, 상기 막은 상기 절연 구조체의 측면 상에 있다. 평면에서 보아, 상기 제1의 영역은 상기 콘택트를 둘러싸고, 상기 캐소드는 상기 제1의 영역을 둘러싼다.

[0012] 또한, 본 기술의 제3의 측면에 관하여, 애벌란시 포토 다이오드 센서는, 기판에 배치되고, 입사광을 전하로 변환하는 광전변환 영역; 상기 광전변환 영역 상의 제1의 용량형의 제1의 영역; 상기 제1의 영역에 인접하여 상기 기판에 배치되고, 상기 광전변환 영역에 연결된 제1의 전극; 상기 제1의 전극에 인접하여 상기 기판에 배치된 제2의 전극; 및 상기 제1의 영역에 배치된 상기 제1의 용량형의 제3의 전극을 포함한다. 상기 제1의 영역의 불순물 농도는 상기 제3의 전극의 분순물 농도보다 낮다.

발명의 효과

[0013] 본 기술에 의하면, 전하의 증폭을 행하는 포토 다이오드에 있어서, 암전류를 억제하면서, 화소용량을 삭감할 수 있다는 우수한 효과를 이룰 수 있다. 또한, 여기에 기재된 효과는 반드시 한정되는 것이 아니고, 본 개시 중에 기재된 어느 하나의 효과라도 좋다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 본 기술의 제1의 실시의 형태에서의 거리측정 모듈의 한 구성례를 도시하는 블록도.

도 2는 본 기술의 제1의 실시의 형태에서의 수광부의 한 구성례를 도시하는 블록도.

도 3은 본 기술의 제1의 실시의 형태에서의 화소 회로의 한 구성례를 도시하는 회로도.

도 4는 본 기술의 제1의 실시의 형태에서의 포토 다이오드의 단면도의 한 예.

도 5는 본 기술의 제1의 실시의 형태에서의 포토 다이오드의 평면도의 한 예.

도 6은 본 기술의 제1의 실시의 형태에서의 포토 다이오드의 포텐셜도의 한 예.

도 7은 본 기술의 제1의 실시의 형태에서의 포토 다이오드의 깊이 방향의 포텐셜도의 한 예.

도 8은 비교례에서의 포토 다이오드의 깊이 방향의 포텐셜도의 한 예.

도 9는 본 기술의 제1의 실시의 형태에서의 화소 회로의 동작의 한 예를 도시하는 타이밍 차트.

도 10은 비교례에서의 화소 회로의 동작의 한 예를 도시하는 타이밍 차트.

도 11은 본 기술의 제1의 실시의 형태에서의 기판 실장 전의 포토 다이오드의 단면도의 한 예.

도 12는 본 기술의 제1의 실시의 형태에서의 기판 실장 후의 포토 다이오드의 단면도의 한 예이다.

도 13은 본 기술의 제1의 실시의 형태에서의 절연 영역 형성 전의 포토 다이오드의 단면도의 한 예.

도 14는 본 기술의 제1의 실시의 형태에서의 절연 영역 형성 후의 포토 다이오드의 단면도의 한 예.

도 15는 본 기술의 제1의 실시의 형태에서의 커버 필름 형성 후의 포토 다이오드의 단면도의 한 예.

도 16은 본 기술의 제1의 실시의 형태에서의 포토 다이오드의 제조 방법의 한 예를 도시하는 플로우 차트.

도 17은 본 기술의 제2의 실시의 형태에서의 포토 다이오드의 단면도의 한 예.

도 18은 본 기술의 제3의 실시의 형태에서의 화소 회로의 단면도의 한 예.

도 19는 본 기술의 제4의 실시의 형태에서의 포토 다이오드의 평면도의 한 예.

도 20은 본 기술의 제5의 실시의 형태에서의 포토 다이오드의 평면도의 한 예.

도 21은 차량 제어 시스템의 개략적인 구성례를 도시하는 블록도.

도 22는 촬상부의 설치 위치의 한 예를 도시하는 설명도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 이하, 본 기술을 실시하기 위한 형태(이하, 실시의 형태라고 칭한다)에 관해 설명한다. 설명은 이하의 순서에 의해 행한다.

[0016] 1. 제1의 실시의 형태(피닝(pinning) 영역의 불순물 농도를 콘택트보다 낮게 하는 예)

[0017] 2. 제2의 실시의 형태(캐소드(cathode) 전극 및 콘택트에 동전위를 인가하는 예)

[0018] 3. 제3의 실시의 형태(트랜지스터의 게이트에 부바이어스를 인가하는 예)

[0019] 3. 제4의 실시의 형태(캐소드 전극의 외부의 피닝 영역의 불순물 농도를 콘택트보다 낮게 하는 예)

[0020] 3. 제5의 실시의 형태(원형의 피닝 영역의 불순물 농도를 콘택트보다 낮게 하는 예)

[0021] 6. 이동체에의 응용례

[0022] <1. 제1의 실시의 형태>

[0023] "거리측정 모듈의 구성례"

[0024] 도 1은, 본 기술의 제1의 실시의 형태에서의 거리측정 모듈(100)의 한 구성례를 도시하는 블록도이다. 이 거리측정 모듈(100)은, ToF(Time of Flight) 방식을 이용하여 물체까지의 거리를 측정하는 것이고, 발광부(110), 제

어부(120), 수광부(200) 및 거리측정 연산부(130)를 구비한다.

[0025] 발광부(110)는, 제어부(120)의 제어에 따라 펄스광을 조사광(照射光)으로서 조사하는 것이다.

[0026] 수광부(200)는, 간헐광(間歇光, intermittent light)에 대한 반사광을 수광하고, 제어부(120)로부터의 클록 신호 등에 의거하여 광의 왕복 시간을 나타내는 측정 데이터를 생성하는 것이다. 이 수광부(200)는, 소정수의 측정 데이터를 거리측정 연산부(130)에 신호선(209)을 통하여 공급한다.

[0027] 제어부(120)는, 발광부(110) 및 수광부(200)를 제어하는 것이다. 이 제어부(120)는, 조사광의 발광 타이밍을 나타내는 타이밍 신호를 생성하여 신호선(128 및 129)을 통하여 발광부(110) 및 수광부(200)에 공급한다.

[0028] 거리측정 연산부(130)는, 수광부(200)로부터의 측정 데이터에 의거하여, 물체까지의 거리를 연산하는 것이다. 이 거리측정 연산부(130)는, 연산한 거리를 나타내는 복수의 거리 데이터를 2차원 격자형상으로 배열한 화상 데이터를 수직 동기 신호에 동기하고 생성하여 출력한다. 이 화상 데이터는, 예를 들면, 거리에 응한 정도를 흐리게 처리를 행하는 화상 처리나 제스처 인식 등에 이용된다.

[0029] "수광부의 구성례"

[0030] 도 2는, 본 기술의 제1의 실시의 형태에서의 수광부(200)의 한 구성례를 도시하는 블록도이다. 이 수광부(200)는, 화소 어레이부(210) 및 판독 회로(230)를 구비한다. 화소 어레이부(210)에는, 복수의 화소 회로(220)가 2차원 격자형상으로 배열된다.

[0031] 화소 회로(220)는, 반사광을 수광한 때에 펄스 신호를 생성하여 판독 회로(230)에 출력하는 것이다.

[0032] 판독 회로(230)는, 화소 어레이부(210)로부터 펄스 신호를 판독하는 것이다. 이 판독 회로(230)는, 조사광의 발광 타이밍으로부터, 펄스 신호가 나타내는 수광 타이밍까지의 왕복 시간을 TDC(Time to Digital Converter) 등을 이용하여 측정한다. 그리고, 판독 회로(230)는, 측정치를 나타내는 측정 데이터를 거리측정 연산부(130)에 공급한다. 거리측정 연산부(130)는, 이 왕복 시간에 광속을 곱한 값을 2로 나누어, 물체까지의 거리를 산출한다.

[0033] "화소 회로의 구성례"

[0034] 도 3은, 본 기술의 제1의 실시의 형태에서의 화소 회로(220)의 한 구성례를 도시하는 회로도이다. 이 화소 회로(220)는, 저항(221) 및 포토 다이오드(300)를 구비한다. 또한, 동 도면에서, 저항(221) 및 포토 다이오드(300) 이외의 회로나 소자는, 생략되어 있다.

[0035] 저항(221)은, 전원과 포토 다이오드(300)의 캐소드 사이에 삽입된다. 포토 다이오드(300)는, 광을 광전변환하여 증폭하는 것이다. 포토 다이오드(300)로서, 예를 들면, SPAD가 사용된다.

[0036] 포토 다이오드(300)의 암(暗)상태(dark-state)의 캐소드 전위를 Vop로 한다. 포토 다이오드(300)가 반사광을 수광하여 애벌란시(avalanche) 증폭을 행하면, 대전류가 저항(221)에 흘러서 전압 강하가 발생한다. 이 전압 강하에 의해, 애벌란시 증폭이 발생하지 않게 되는 전위(Vbd)까지 캐소드 전위가 저하되면, 대전류가 멈춘다. 이 현상은 "퀜치"(quench)라고 불린다.

[0037] 다음에, 포토 다이오드(300)에 모인 전하가, 전위(Vop)에 의한 리차지(recharge)로 누설되고, 캐소드 전위는 퀜치 직후의 전위(Vbd)로부터 전위(Vop)로 복귀한다. 전위(Vop)로의 복귀에 의해, 포토 다이오드(300)는, 포톤에 반응할 수 있게 된다. 여기서, 포토 다이오드(300)에 축적된 전하량(Q)은, 다음의 식에 의해 표시된다. $Q=C\times(Vop-Vbd)$. 식에서, C는, 화소 회로(220)의 정전용량(화소용량)이다. Q의 단위는, 예를 들면, 쿨롬(coulomb)(C)이고, 화소용량(C)의 단위는, 예를 들면, 패럿(farad)(F)이다. 또한, 전위(Vop) 및 전위(Vbd)의 단위는, 예를 들면, 볼트(V)이다.

[0038] 캐소드 전위의 저하 시작의 시점부터, 전위(Vop)로 복귀한 시점까지의 시간은, 포토 다이오드(300)가 광자에 반응할 수 없는 시간이고, "데드 타임"(dead time)이라고 불려진다. 데드 타임 중, 애벌란시 증폭이 발생하고 나서 퀜치가 생길 때까지의 시간은 매우 짧기 때문에, 데드 타임의 길이는, 거의, 포토 다이오드(300)의 리차지 시간에 의해 제한된다. 이 리차지 시간은, 화소용량(C)이 작을수록 짧아진다. 이 때문에, 높은 프레임 레이트(즉, 수직 동기 신호의 주파수)를 실현할 때에는, 화소용량(C)의 저(低)용량화가 요구된다.

[0039] 또한, 화소 회로(220)를 거리측정 모듈(200)에 마련하고 있는데, 화소 회로(220)를 거리측정 모듈(200) 이외의 회로나 장치에 마련할 수도 있다. 예를 들면, 광통신을 행하는 회로 등이나 포톤 카운트를 행하는 회로 등에 화

소 회로(220)를 이용할 수 있다.

[0040] "포토 다이오드의 구성례"

[0041] 도 4는, 본 기술의 제1의 실시의 형태에서의 포토 다이오드(300)의 단면도의 한 예이다. 이 포토 다이오드(300)의 수광면에 수직한 방향을 Z방향으로 한다. 또한, 수광면에 평행한 소정 방향을 X방향으로 한다. X방향 및 Z방향에 수직한 방향을 Y방향으로 한다.

[0042] Z방향에서 본 때에, 포토 다이오드(300)의 외연(外緣)의 근방에는, 화소 사이를 분리하는 절연 영역(380)이 마련된다.

[0043] 또한, 수광면과, 절연 영역(380)의 측면에는, 커버 필름(385)이 형성된다. 수광면을 최하의 면으로 하여, 커버 필름(385)의 상부에는, 공핍층(370)이 형성된다. 공핍층(370)은, 예를 들면, N형 반도체에 의해 형성된다. 공핍층(370)의 상부에는, N층(361) 및 P층(362)으로 이루어지는 증폭 영역(360)이 형성된다. N층(361)은, P층(362)의 상부에 형성된다.

[0044] 또한, 수광면을 이면으로 하여, 이면에 대한 표면에는 피닝 영역(330)이 형성되고, 그 피닝 영역(330)에 애노드(anode) 전극(310), 캐소드 전극(320) 및 콘택트(350)가 매입되어 있다. 콘택트(350)에는, 소정의 기준 전위(접지 전위 등)가 인가된다. 애노드 전극(310) 및 콘택트(350)는, 예를 들면, 억셉터의 첨가에 의해 형성되고, 캐소드 전극(320)은, 예를 들면 도너(donor)의 첨가에 의해 형성된다. 또한, 콘택트(350)는, 특허청구의 범위에서의 기준 전극의 한 예이다.

[0045] 또한, 피닝 영역(330)의 불순물 농도는, Z방향에서 피닝 영역(330)과 증폭 영역(360) 사이에, 전위 장벽이 있는 배리어 영역(340)이 형성되도록 조정되어 있다. 불순물 농도의 상세에 관해서는 후술한다.

[0046] 공핍층(370)은, 광전변환에 의해 전하를 생성하고, 증폭 영역(360)은, 그 전하를 애벌란시 증폭한다. 그리고, 증폭된 전하는, 캐소드 전극(320)으로부터 출력된다.

[0047] 또한, 피닝 영역(330)의 불순물 농도는, 콘택트(350)보다도 낮은 값, 예를 들면, 1E17/입방센티미터(/㎤)로 설정된다. 또한, 피닝 영역(330)의 불순물 농도는, 배리어 영역(340)보다 높은 값인 것으로 한다.

[0048] 도 5는, 본 기술의 제1의 실시의 형태에서의 포토 다이오드(300)의 평면도의 한 예이다. Z방향에서 보아 포토 다이오드(300)의 형상은 예를 들면, 사각형이다. 이 포토 다이오드(300)의 외연에 따라 애노드 전극(310)이 배치된다. 애노드 전극(310)의 내측에 인접하여 캐소드 전극(320)이 배치된다. 그 캐소드 전극(320)의 내측에 인접하여 피닝 영역(330)이 마련된다. 피닝 영역(330)의 내부(중앙 등)에 콘택트(350)가 배치된다.

[0049] 도 6은, 본 기술의 제1의 실시의 형태에서의 포토 다이오드(300)의 포텐셜도의 한 예이다. 동 도면에서, 횡축은, X방향에서의, 포토 다이오드(300)의 외연으로부터의 거리를 나타내고, 종축은, Z방향의 거리(깊이)를 나타낸다. 또한, 동 도면에서, 영역의 색이 진할수록, 그 영역의 포텐셜이 높은 것을 나타낸다. 예를 들면, 피닝 영역(330)의 포텐셜은, 콘택트(350)보다도 높다. 이것은, 피닝 영역(330)의 불순물 농도가, 콘택트(350)보다도 낮기 때문이다.

[0050] 도 7은, 본 기술의 제1의 실시의 형태에서의 포토 다이오드의 깊이 방향의 포텐셜도의 한 예이다. 동 도면에서 종축은, 포텐셜을 나타내고, 횡축은, 도 6의 선분(Z1-Z2)에 있어서 표면에서의 깊이를 나타낸다.

[0051] 전술한 바와 같이, 피닝 영역(330)의 불순물 농도를 콘택트(350)보다도 낮게 하였기 때문에, 피닝 영역(330)의 포텐셜은, 콘택트(350)보다도 높아지고, 캐소드 전위에 가까워진다. 예를 들면, 3.0볼트(V)의 캐소드 전위에 대해, 콘택트(350)의 전위는, 2.7볼트(V)가 된다.

[0052] 또한, 피닝 영역(330)과 증폭 영역(360) 사이의 배리어 영역(340)의 포텐셜은, 피닝 영역(330)보다도 높다. 피닝 영역(330)에는, 캐소드 전극(320)이 매입되어 있기 때문에, 광이 입사되지 않더라도, 암전류(환언하면, 리크 전류)가 생길 우려가 있다. 이 리크 전류에서 홀은, 포텐셜이 낮은 쪽으로 이동한다. 그러나, 피닝 영역(330)과 증폭 영역(360) 사이에는, 배리어 영역(340)에서 전위 장벽이 생기고 있기 때문에, 홀이 증폭 영역(360)에 도달하는 일은 없다. 그 한편으로, 피닝 영역(330)과, 접지 전위의 콘택트(350) 사이에는 전위 장벽이 없고, 또한, 콘택트(350)의 전위가 피닝 영역(330)보다도 낮기 때문에, 홀은 그라운드에 흡수된다.

[0053] 또한, 리크 전류에서의 전자는, 포텐셜이 높은 쪽으로 이동한다. 전술한 바와 같이 피닝 영역(330)보다 캐소드 전위의 쪽이 전위가 높기 때문에, 전자는 캐소드 전극(320)으로부터 출력되고, 문제가 되지 않는다. 또한, 피닝 영역(330)보다 증폭 영역(360)의 쪽이 전위가 낮기 때문에, 전자가 증폭 영역(360)으로 튀어들어가는 일은

없다.

[0054] 이 결과, 암전류로서 발생한 홀은, 암전류로서 계측되지 않아, DCR의 열화를 억제할 수 있다.

[0055] 또한, 피닝 영역(330)의 불순물 농도를 콘택트(350)보다 작게 하면, 그렇지 않는 경우와 비교하여, 피닝 영역(330)과 캐소드 전극(320)과의 각각의 불순물 농도의 차이가 작아진다. 이에 의해, 피닝 영역(330)과 캐소드 전극(320) 사이의 공핍층 폭이 넓게 된다. 공핍층 폭이 넓게 되면, 피닝 영역(330)과 캐소드 전극(320)과의 접합 부분에 축적할 수 있는 전하량이 적어지고, 화소용량(C)이 감소한다.

[0056] 여기서, 피닝 영역(330)의 불순물 농도를 콘택트(350) 이상으로 한 비교례를 상정한다. 도 8은, 비교례에서의 포토 다이오드의 깊이 방향의 포텐셜도의 한 예이다.

[0057] 피닝 영역(330)의 불순물 농도를 콘택트(350) 이상으로 크게 하면, 배리어 영역(340)의 전위 장벽이 커져서, 리크 전류를 억제하기 쉬워진다. 그렇지만, 피닝 영역(330)과 캐소드 전극(320)과의 각각의 불순물 농도의 차이가 커져서, 그들 사이의 공핍층 폭이 좁아져서 화소용량(C)이 증대하여 버린다.

[0058] 도 9는, 본 기술의 제1의 실시의 형태에서의 화소 회로(220)의 동작의 한 예를 도시하는 타이밍 차트이다. 타이밍(T0)에서 포토 다이오드(300)가 반사광을 수광하여 애벌란시 증폭을 행하면, 대전류가 저항(221)에 흘러서 전압 강하가 발생한다. 이 전압 강하에 의해, 타이밍(T1)에서 애벌란시 증폭이 발생하지 않게 되는 접지 전위(GND)(또는 0볼트)까지 캐소드 전위가 저하되면, 대전류가 멈춘다.

[0059] 다음에, 포토 다이오드(300)에 모인 전하가, 전위(Vop)에 의한 리차지로 누설되고, 타이밍(T2)에서 캐소드 전위는 퀜치 직후의 접지 전위(GND)로부터 전위(Vop)로 복귀한다.

[0060] 캐소드 전위의 저하 시작의 타이밍(T0)부터, 전위(Vop)로 복귀한 타이밍(T2)까지의 시간은, 데드 타임에 해당한다. 이 데드 타임의 길이는, 거의, 타이밍(T1 내지 T2)의 리차지 시간에 의해 제한된다.

[0061] 포토 다이오드(300)에서는, 피닝 영역(330)의 불순물 농도를 콘택트(350)보다 작게 하였기 때문에, 화소용량(C)을 감소시켜서 리차지 시간을 단축할 수 있다. 이에 의해, 데드 타임을 단축하여 고(高)프레임 레이트를 실현할 수 있다.

[0062] 도 10은, 비교례에서의 화소 회로의 동작의 한 예를 도시하는 타이밍 차트이다. 이 비교례에서는, 피닝 영역(330)의 불순물 농도를 콘택트(350) 이상으로 하였기 때문에 화소용량(C)이 증대하고, 리차지 시간이 길어져 버린다. 이 결과, 데드 타임이 길어지고, 고프레임 레이트의 실현이 곤란해진다.

[0063] "포토 다이오드의 제조 방법"

[0064] 도 11은, 본 기술의 제1의 실시의 형태에서의 기판 실장 전의 포토 다이오드(300)의 단면도의 한 예이다. 표면부터 깊은 순서로 이온 주입이 행하여진다. 예를 들면, 이온 주입에 의해 공핍층(370)이 형성되고, 다음에 증폭 영역(360)이 형성된다. 그리고, 애노드 전극(310), 캐소드 전극(320) 및 콘택트(350)가 매입되고, 피닝 영역(330)이 형성된다. 피닝 영역(330)의 형성에 의해, 증폭 영역(360)과의 사이에는 전위 장벽(배리어 영역(340))이 생긴다.

[0065] 도 12는, 본 기술의 제1의 실시의 형태에서의 기판 실장 후의 포토 다이오드(300)의 단면도의 한 예이다. 애노드 전극(310), 캐소드 전극(320) 및 콘택트(350)는, 기판(401 및 402)에 신호선을 통하여 접속된다.

[0066] 도 13은, 본 기술의 제1의 실시의 형태에서의 절연 영역 형성 전의 포토 다이오드의 단면도의 한 예이다. 기판(401 및 402)의 접속 후에 있어서, 수광면이, 연마 장치(410)에 의해 연마된다.

[0067] 도 14는, 본 기술의 제1의 실시의 형태에서의 절연 영역 형성 후의 포토 다이오드의 단면도의 한 예이다. 연마 후에 있어서, 절연 영역(380)이 포토 다이오드(300)의 외연 부근에 형성되고, 화소 사이가 분리된다.

[0068] 도 15는, 본 기술의 제1의 실시의 형태에서의 커버 필름(385) 형성 후의 포토 다이오드의 단면도의 한 예이다. 절연 영역(380)의 형성 후에 있어서, 수광면과, 절연 영역(380)의 측면에 커버 필름(385)이 형성된다.

[0069] 도 16은, 본 기술의 제1의 실시의 형태에서의 포토 다이오드(300)의 제조 방법의 한 예를 도시하는 플로우 차트이다. 이온 주입에 의해, 공핍층(370)이나 증폭 영역(360)이 형성된다(스텝 S901). 다음에, 신호선이 배선되고(스텝 S902), 이면이 연마된다(스텝 S903). 그리고, 절연 영역(380)이 형성되고(스텝 S904), 커버 필름이 형성된다(스텝 S905). 스텝 S905의 후에, 나머지 공정이 실행되어, 포토 다이오드(300)의 제조 공정이 종료된다.

[0070] 이와 같이, 본 기술의 제1의 실시의 형태에서는, 피닝 영역(330)의 불순물 농도를 콘택트(350)보다도 낮게 하였

기 때문에, 피닝 영역(330)과 캐소드 전극(320)과의 불순물 농도의 차이를 작게 하고, 그들 사이의 공핍층 폭을 넓게 할 수 있다. 이에 의해, 화소 회로(220)의 정전용량을 감소시킬 수 있다.

[0071] <2. 제2의 실시의 형태>

[0072] 상술한 제1의 실시의 형태에서는, 피닝 영역(330)의 불순물 농도를 콘택트(350)보다도 낮게 하고 있는데, 그 불순물 농도를 콘택트(350) 이상으로 하는 경우와 비교하여, 전위 장벽이 작아진다. 이 때문에, 암전류가 증대한 때에는, 암전류에서의 홀이 전위 장벽을 건너뛰어 증폭 영역(360)에 뛰어들어갈 우려가 있다. 이 제2의 실시의 형태의 포토 다이오드(300)는, 피닝 영역(330)의 불순물 농도의 조정 이외의 방법에 의해, 화소용량을 감소시킨 점에서 제1의 실시의 형태와 다르다.

[0073] 도 17은, 본 기술의 제2의 실시의 형태에서의 포토 다이오드(300)의 단면도의 한 예이다. 이 제2의 실시의 형태의 포토 다이오드(300)는, 콘택트(350)가 캐소드 전극(320)과 신호선을 통하여 접속되는 점에서 제1의 실시의 형태와 다르다. 이에 의해, 콘택트(350)에는, 캐소드 전위가 인가되어, 콘택트(350)와 캐소드 전극(320) 사이의 전위차가 없어진다. 따라서 포토 다이오드(300)에 접속된 회로에서 본, 포토 다이오드(300)의 화소용량(C)이 제1의 실시의 형태와 비교하여 감소한다.

[0074] 또한, 콘택트(350) 및 그라운드 사이의 배선과, 캐소드 전극(320)에 접속된 배선 사이에 전위차가 있으면 배선 용량이 생기지만, 제2의 실시의 형태에서는, 이들의 배선 사이에 전위차가 없기 때문에, 배선 용량이 생기지 않는다. 따라서 그 만큼, 화소용량(C)을 더욱 감소시킬 수 있다.

[0075] 또한, 제2의 실시의 형태의 피닝 영역(330)의 불순물 농도는, 콘택트(350)보다 작게 하여도 좋고, 그 이상으로 할 수도 있다. 또한, 제2의 실시의 형태의 포토 다이오드(300)의 제조 방법은, 콘택트(350)와 캐소드 전극(320)이 접속되는 점 이외는, 제1의 실시의 형태와 마찬가지이다.

[0076] 또한, 캐소드 전극(320) 및 콘택트(350)는, 특허청구의 범위에 기재된 한 쌍의 전극의 한 예이다.

[0077] 이와 같이, 본 기술의 제2의 실시의 형태에서는, 캐소드 전극(320) 및 콘택트(350)에 동일한 전위를 인가하였기 때문에, 그들에 다른 전위를 인가한 경우보다도 화소용량을 감소시킬 수 있다.

[0078] <3. 제3의 실시의 형태>

[0079] 상술한 제1의 실시의 형태에서는, 이온 주입에 의해 포토 다이오드(300)에 피닝 영역(330)을 형성하고 있는데, 이온 주입에 의해, 포토 다이오드(300)를 형성하는 기판상에 결함 데미지가 생길 우려가 있다. 이 제3의 실시의 형태는, 포토 다이오드(300)에 인접하는 MOS(Metal Oxide Semiconductor) 트랜지스터의 반도체층을 피닝 영역으로서 이용하는 점에서 제1의 실시의 형태와 다르다.

[0080] 도 18은, 본 기술의 제3의 실시의 형태에서의 화소 회로(220)의 단면도의 한 예이다. 제3의 실시의 형태의 화소 회로(220)는, 트랜지스터(390)를 또한 구비한다. 또한, 포토 다이오드(300)에는 피닝 영역(330)이 형성되지 않는다.

[0081] 트랜지스터(390)는, 메탈층(391), 산화막(392) 및 반도체층(393)을 구비하는 MOS 트랜지스터이다. 반도체층(393)은, 포토 다이오드(300)의 배리어 영역(340)의 상부에 마련되고, 그 상부에 산화막(392)이 마련된다. 또한, 산화막(392)의 상부에 메탈층(391)이 마련된다.

[0082] 메탈층(391)은, 트랜지스터(390)의 게이트로서 이용되고, 반도체층(393)에는 소스 및 드레인이 형성된다.

[0083] 트랜지스터(390)의 게이트에는, 기준 전위(접지 전위 등)보다 낮은 부바이어스(negative bias)가 인가된다. 이에 의해, 암전류에서의 홀을 유기하여 암전류를 억제할 수 있다. 즉, 반도체층(393)이 피닝 영역으로서 기능한다.

[0084] 한편, 포토 다이오드(300)의 실리콘 표면에는, 피닝을 위한 불순물을 첨가하지 않아도 좋기 때문에, 불순물 첨가에 의한 결함 데미지를 없앨 수 있다. 또한, 산화막(392)을 고품질의 것으로 하면, 계면준위가 저하되기 때문에, DCR을 저하시킬 수 있다. 이 때문에, 계면준위 저하에 의한 DCR의 저하만큼, 피닝 영역(반도체층(393))의 전위를 높게할 수 있다. 이에 의해, 제1의 실시의 형태와 비교하여, 더욱 화소용량(C)을 감소시킬 수 있다.

[0085] 이와 같이, 본 기술의 제3의 실시의 형태에 의하면, 트랜지스터(390)의 게이트 전극에 부바이어스를 인가함에 의해 암전류를 억제하기 때문에, 포토 다이오드(300)에 피닝 영역을 형성할 필요가 없어진다. 이에 의해, 피닝 영역의 형성에 의한 포토 다이오드(300)의 결함 데미지를 없앨 수 있다.

[0086] <4. 제4의 실시의 형태>

[0087] 상술한 제1의 실시의 형태에서는, 캐소드 전극(320)을 피닝 영역(330)의 주위에 형성하고 있는데, 화소 사이즈가 커질수록, 캐소드 전극(320)과 피닝 영역(330)과의 접합 부분이 길어져서, 화소용량이 증대하여 버린다. 여기서, 접합 부분의 길이는, 캐소드 전극(320)과 피닝 영역(330)과의 경계선에 평행한 방향에서의 길이를 의미한다. 이 제4의 실시의 형태의 포토 다이오드(300)는, 캐소드 전극(320)을 피닝 영역(330)의 내부에 배치하여, 화소용량을 감소시킨 점에서 제1의 실시의 형태와 다르다.

[0088] 도 19는, 본 기술의 제4의 실시의 형태에서의 포토 다이오드(300)의 평면도의 한 예이다. 이 제4의 실시의 형태의 포토 다이오드(300)에서는, Z방향에서 보아, 피닝 영역(330)의 내부(중앙 등)에 캐소드 전극(320)이 배치되어 있다. 또한, 콘택트(350)는, 피닝 영역(330)의 주위에 배치된다. 캐소드 전극(320)을 피닝 영역(330)의 내부에 배치함에 의해, 캐소드 전극(320)과 피닝 영역(330)과의 접합 부분이 제1의 실시의 형태보다 짧아지고, 화소용량이 감소한다.

[0089] 이와 같이, 본 기술의 제4의 실시의 형태에서는, 캐소드 전극(320)을 피닝 영역(330)의 내부에 배치하였기 때문에, 캐소드 전극(320)을 피닝 영역(330)의 주위에 배치하는 경우보다도, 접합 부분을 단축할 수 있다. 이에 의해, 화소 회로(220)의 정전용량을 감소시킬 수 있다.

[0090] <5. 제5의 실시의 형태>

[0091] 상술한 제1의 실시의 형태에서는, 포토 다이오드(300)의 형상을 사각형으로 하고 있다. 그러나, 사각형으로 한 경우, 포토 다이오드(300)의 단부(端部)에서 강한 전류계가 발생하기 쉬워지고, 증폭 영역(360) 이외에서 애벌란시 증폭이 발생하여 화소 회로(220)의 구동이 저해될 우려가 있다. 이 현상은, 에지 브레이크 다운 현상(edge breakdown phenomenon)이라고 불린다. 이 제5의 실시의 형태의 포토 다이오드(300)의 형상을 원형으로 한 점에서 제1의 실시의 형태와 다르다.

[0092] 도 20은, 본 기술의 제5의 실시의 형태에서의 포토 다이오드(300)의 평면도의 한 예이다. 이 제5의 실시의 형태의 포토 다이오드(300)는, 수광면에 평행한 평면에서의 형상이 원형인 점에서 제1의 실시의 형태와 다르다. 포토 다이오드(300) 내의, 캐소드 전극(320), 피닝 영역(330)이나 콘택트(350)의 각각의 형상도 원형이다.

[0093] 포토 다이오드(300)의 형상을 원형으로 하면, 증폭 영역(360)의 실효 면적이 작아지기 때문에 포톤 1개당에 대한 애벌란시 증폭의 발생 확률(PDE: Photon Detection Efficiency)이 작아질 가능성이 있다. 그렇지만, 포토 다이오드(300)의 단부에서 강한 전류계가 발생하기 어렵게 되기 때문에, 에지 브레이크 다운 현상을 억제할 수 있다. 또한, 장기(長期) 신뢰성(long-term reliabiliyt)을 높게 할 수 있다.

[0094] 또한, 포토 다이오드(300)의 형상을 원형으로 하고 있지만, 오각형이나 육각형 등의 원에 가까운 다각형이라도 좋다.

[0095] 이와 같이, 본 기술의 제5의 실시의 형태에서는, 포토 다이오드(300)의 형상을 원형으로 하였기 때문에, 에지가 없어져서 에지 브레이크 다운 현상을 억제할 수 있다.

[0096] <6. 이동체에의 응용례>

[0097] 본 개시에 관한 기술(본 기술)은, 다양한 제품에 응용할 수 있다. 예를 들면, 본 개시에 관한 기술은, 자동차, 전기 자동차, 하이브리드 전기 자동차, 자동 이륜차, 자전거, 퍼스널모빌리티, 비행기, 드론, 선박, 로봇 등의 어느 한 종류의 이동에 탑재되는 장치로서 실현되어도 좋다.

[0098] 도 21은, 본 개시에 관한 기술이 적용될 수 있는 이동체 제어 시스템의 한 예인 차량 제어 시스템의 개략적인 구성례를 도시하는 블록도이다.

[0099] 차량 제어 시스템(12000)은, 통신 네트워크(12001)을 통하여 접속된 복수의 전자 제어 유닛을 구비한다. 도 21에 도시한 예에서는, 차량 제어 시스템(12000)은, 구동계 제어 유닛(12010), 바디계 제어 유닛(12020), 차외 정보 검출 유닛(12030), 차내 정보 검출 유닛(12040), 및 통합 제어 유닛(12050)을 구비한다. 또한, 통합 제어 유닛(12050)의 기능 구성으로서고, 마이크로 컴퓨터(12051), 음성 화상 출력부(12052), 및 차량탑재 네트워크 I/F(interface)(12053)가 도시되어 있다.

[0100] 구동계 제어 유닛(12010)은, 각종 프로그램에 따라 차량의 구동계에 관련되는 장치의 동작을 제어한다. 예를 들면, 구동계 제어 유닛(12010)은, 내연 기관 또는 구동용 모터 등의 차량의 구동력을 발생시키기 위한 구동력 발생 장치, 구동력을 차륜에 전달하기 위한 구동력 전달 기구, 차량의 타각을 조절하는 스티어링 기구, 및, 차량

의 제동력을 발생시키는 제동 장치 등의 제어 장치로서 기능한다.

[0101] 바디계 제어 유닛(12020)은, 각종 프로그램에 따라 차체에 장비된 각종 장치의 동작을 제어한다. 예를 들면, 바디계 제어 유닛(12020)은, 키레스 엔트리 시스템, 스마트 키 시스템, 파워 윈도우 장치, 또는, 헤드 램프, 백 램프, 브레이크 램프, 윙커 또는 포그램프 등의 각종 램프의 제어 장치로서 기능한다. 이 경우, 바디계 제어 유닛(12020)에는, 키를 대체하는 휴대기로부터 발신되는 전파 또는 각종 스위치의 신호가 입력될 수 있는다. 바디계 제어 유닛(12020)은, 이들의 전파 또는 신호의 입력을 받아들이고, 차량의 도어 로크 장치, 파워 윈도우 장치, 램프 등을 제어한다.

[0102] 차외 정보 검출 유닛(12030)은, 차량 제어 시스템(12000)을 탑재한 차량의 외부의 정보를 검출한다. 예를 들면, 차외 정보 검출 유닛(12030)에는, 촬상부(12031)가 접속된다. 차외 정보 검출 유닛(12030)은, 촬상부(12031)에 차외의 화상을 촬상시킴과 함께, 촬상된 화상을 수신한다. 차외 정보 검출 유닛(12030)은, 수신한 화상에 의거하여, 사람, 차, 장애물, 표지 또는 노면상의 문자 등의 물체 검출 처리 또는 거리 검출 처리를 행하여도 좋다.

[0103] 촬상부(12031)는, 광을 수광하고, 그 광의 수광량에 응한 전기 신호를 출력하는 광센서이다. 촬상부(12031)는, 전기 신호를 화상으로서 출력 할 수도 있고, 거리측정의 정보로서 출력 할 수도 있다. 또한, 촬상부(12031)가 수광하는 광은, 가시광이라도 좋고, 적외선 등의 비가시광이라도 좋다.

[0104] 차내 정보 검출 유닛(12040)은, 차내의 정보를 검출한다. 차내 정보 검출 유닛(12040)에는, 예를 들면, 운전자의 상태를 검출하는 운전자 상태 검출부(12041)가 접속된다. 운전자 상태 검출부(12041)는, 예를 들면 운전자를 촬상하는 카메라를 포함하고, 차내 정보 검출 유닛(12040)은, 운전자 상태 검출부(12041)로부터 입력되는 검출 정보에 의거하여, 운전자의 피로 정도 또는 집중 정도를 산출하여도 좋고, 운전자가 앉아서 졸고 있지 않는지를 판별하여도 좋다.

[0105] 마이크로 컴퓨터(12051)는, 차외 정보 검출 유닛(12030) 또는 차내 정보 검출 유닛(12040)에서 취득되는 차내외의 정보에 의거하여, 구동력 발생 장치, 스티어링 기구 또는 제동 장치의 제어 목표치를 연산하고, 구동계 제어 유닛(12010)에 대해 제어 지령을 출력할 수 있다. 예를 들면, 마이크로 컴퓨터(12051)는, 차량의 충돌 회피 또는 충격 완화, 차간 거리에 의거한 추종 주행, 차속 유지 주행, 차량의 충돌 경고, 또는 차량의 레인 일탈 경고 등을 포함하는 ADAS(Advanced Driver Assistance System)의 기능 실현을 목적으로 한 협조 제어를 행할 수가 있다.

[0106] 또한, 마이크로 컴퓨터(12051)는, 차외 정보 검출 유닛(12030) 또는 차내 정보 검출 유닛(12040)에서 취득된 차량의 주위의 정보에 의거하여 구동력 발생 장치, 스티어링 기구 또는 제동 장치 등을 제어함에 의해, 운전자의 조작에 근거하지 않고서 자율적으로 주행하는 자동 운전 등을 목적으로 한 협조 제어를 행할 수가 있다.

[0107] 또한, 마이크로 컴퓨터(12051)는, 차외 정보 검출 유닛(12030)에서 취득되는 차외의 정보에 의거하여, 바디계 제어 유닛(12020)에 대해 제어 지령을 출력할 수 있다. 예를 들면, 마이크로 컴퓨터(12051)는, 차외 정보 검출 유닛(12030)에서 검지한 선행차 또는 대향차의 위치에 응하여 헤드 램프를 제어하고, 하이 빔을 로우 빔으로 전환하는 등의 눈부심 방지를 도모하는 것을 목적으로 한 협조 제어를 행할 수가 있다.

[0108] 음성 화상 출력부(12052)는, 차량의 탑승자 또는 차외에 대해, 시각적 또는 청각적으로 정보를 통지하는 것이 가능한 출력 장치에 음성 및 화상 중의 적어도 일방의 출력 신호를 송신한다. 도 21의 예에서는, 출력 장치로서, 오디오 스피커(12061), 표시부(12062) 및 인스트루먼트 패널(12063)이 예시되어 있다. 표시부(12062)는, 예를 들면, 온 보드 디스플레이 및 헤드 업 디스플레이의 적어도 하나를 포함하고 있어도 좋다.

[0109] 도 22는, 촬상부(12031)의 설치 위치의 예를 도시하는 도면이다.

[0110] 도 22에서는, 촬상부(12031)로서, 촬상부(12101, 12102, 12103, 12104, 12105)를 갖는다.

[0111] 촬상부(12101, 12102, 12103, 12104, 12105)는, 예를 들면, 차량(12100)의 프런트 노우즈, 사이드 미러, 리어 범퍼, 백 도어 및 차실내의 프론트유리의 상부 등의 위치에 마련된다. 프런트 노우즈에 구비되는 촬상부(12101) 및 차실내의 프론트유리의 상부에 구비되는 촬상부(12105)는, 주로 차량(12100)의 전방의 화상을 취득한다. 사이드 미러에 구비되는 촬상부(12102, 12103)는, 주로 차량(12100)의 측방의 화상을 취득한다. 리어 범퍼 또는 백 도어에 구비되는 촬상부(12104)는, 주로 차량(12100)의 후방의 화상을 취득한다. 차실내의 프론트유리의 상부에 구비되는 촬상부(12105)는, 주로 선행 차량 또는, 보행자, 장애물, 신호기, 교통 표지 또는 차선 등의 검출에 사용된다.

[0112] 또한, 도 22에는, 촬상부(12101 내지 12104)의 촬영 범위의 한 예가 도시되어 있다. 촬상 범위(12111)는, 프런

트 노우즈에 마련된 촬상부(12101)의 촬상 범위를 나타내고, 촬상 범위(12112, 12113)는, 각각 사이드 미러에 마련된 촬상부(12102, 12103)의 촬상 범위를 나타내고, 촬상 범위(12114)는, 리어 범퍼 또는 백 도어에 마련된 촬상부(12104)의 촬상 범위를 나타낸다. 예를 들면, 촬상부(12101 내지 12104)에서 촬상된 화상 데이터가 중합시킴에 의해, 차량(12100)을 상방에서 본 부감(俯瞰) 화상(overlooking image)을 얻을 수 있다.

[0113] 촬상부(12101 내지 12104)의 적어도 하나는, 거리 정보를 취득하는 기능을 갖고 있어도 좋다. 예를 들면, 촬상부(12101 내지 12104)의 적어도 하나는, 복수의 촬상 소자로 이루어지는 스테레오 카메라라도 좋고, 위상차 검출용의 화소를 갖는 촬상 소자라도 좋다.

[0114] 예를 들면, 마이크로 컴퓨터(12051)는, 촬상부(12101 내지 12104)로부터 얻어진 거리 정보를 기초로, 촬상 범위(12111 내지 12114) 내에서의 각 입체물까지의 거리와, 이 거리의 시간적 변화(차량(12100)에 대한 상대 속도)를 구함에 의해, 특히 차량(12100)의 진행로상에 있는 가장 가까운 입체물로, 차량(12100)과 개략 같은 방향으로 소정의 속도(예를 들면, 0㎞/h 이상)로 주행하는 입체물을 선행차로서 추출할 수 있다. 또한, 마이크로 컴퓨터(12051)는, 선행차와의 사이에 미리 확보하여야 할 차간 거리를 설정하고, 자동 브레이크 제어(추종 정지 제어도 포함한다)나 자동 가속 제어(추종 발진 제어도 포함한다) 등을 행할 수가 있다. 이와 같이 운전자의 조작에 근거하지 않고서 자율적으로 주행하는 자동 운전 등을 목적으로 한 협조 제어를 행할 수가 있다.

[0115] 예를 들면, 마이크로 컴퓨터(12051)는, 촬상부(12101 내지 12104)로부터 얻어진 거리 정보를 기초로, 입체물에 관한 입체물 데이터를, 2륜차, 보통 차량, 대형 차량, 보행자, 전신주 등 그 밖의 입체물로 분류하여 추출하고, 장애물의 자동 회피에 이용할 수 있다. 예를 들면, 마이크로 컴퓨터(12051)는, 차량(12100)의 주변의 장애물을, 차량(12100)의 드라이버가 시인 가능한 장애물과 시인 곤란한 장애물로 식별한다. 그리고, 마이크로 컴퓨터(12051)는, 각 장애물과의 충돌의 위험도를 나타내는 충돌 리스크를 판단하고, 충돌 리스크가 설정치 이상으로 충돌 가능성이 있는 상황인 때에는, 오디오 스피커(12061)나 표시부(12062)를 통하여 드라이버에게 경보를 출력하는 것이나, 구동계 제어 유닛(12010)을 통하여 강제 감속이나 회피 조타를 행함으로써, 충돌 회피를 위한 운전 지원을 할 수가 있다.

[0116] 촬상부(12101 내지 12104)의 적어도 하나는, 적외선을 검출하는 적외선 카메라라도 좋다. 예를 들면, 마이크로 컴퓨터(12051)는, 촬상부(12101 내지 12104)의 촬상 화상 중에 보행자가 존재하는지의 여부를 판정함으로써 보행자를 인식할 수 있다. 이들의 보행자의 인식은, 예를 들면 적외선 카메라로서의 촬상부(12101 내지 12104)의 촬상 화상에서의 특징점을 추출하는 순서와, 물체의 윤곽을 나타내는 일련의 특징점에 패턴 매칭 처리를 행하여 보행자인지의 여부를 판별하는 순서에 의해 행하여진다. 마이크로 컴퓨터(12051)가, 촬상부(12101 내지 12104)의 촬상 화상 중에 보행자가 존재한다고 판정하고, 보행자를 인식하면, 음성 화상 출력부(12052)는, 당해 인식된 보행자에게 강조를 위한 사각형 윤곽선을 중첩 표시하도록, 표시부(12062)를 제어한다. 또한, 음성 화상 출력부(12052)는, 보행자를 나타내는 아이콘 등을 소망하는 위치에 표시하도록 표시부(12062)를 제어하여도 좋다.

[0117] 이상, 본 개시에 관한 기술이 적용될 수 있는 차량 제어 시스템의 한 예에 관해 설명하였다. 본 개시에 관한 기술은, 이상 설명한 구성 중, 예를 들면, 차외 정보 검출 유닛(12030)에 적용될 수 있는다. 구체적으로는, 도 1의 거리측정 모듈(100)을, 도 21의 차외 정보 검출 유닛(12030)에 적용할 수 있다. 차외 정보 검출 유닛(12030)에 본 개시에 관한 기술을 적용함에 의해, 암전류를 억제하여 정확한 거리 데이터를 얻을 수 있기 때문에, 차량 제어 시스템의 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

[0118] 또한, 상술한 실시의 형태는 본 기술을 구현화하기 위한 한 예를 나타낸 것으로, 실시의 형태에서의 사항과, 특허청구의 범위에서의 발명 특정 사항은 각각 대응 관계를 갖는다. 마찬가지로, 특허청구의 범위에서의 발명 특정 사항과, 이것과 동일 명칭을 붙인 본 기술의 실시의 형태에서의 사항은 각각 대응 관계를 갖는다. 단, 본 기술은 실시의 형태로 한정되는 것이 아니고, 그 요지를 일탈하지 않는 범위에서 실시의 형태에 여러 가지의 변형을 행함에 의해 구현화할 수 있다.

[0119] 또한, 본 명세서에 기재된 효과는 어디까지나 예시이고, 한정되는 것이 아니고, 또한, 다른 효과가 있어도 좋다.

[0120] 당업자에 의하여 첨부된 청구항 및 균등물의 범위 안에서 다양한 수정, 조합, 하위 조합 및 변경이 설계 요구 및 다른 요인에 따라 발생할 수 있음을 이해하여야 한다.

[0121] 또한, 본 기술은 이하와 같은 구성도 취할 수 있다.

[0122] (1) 광전변환된 전하를 증폭하는 증폭 영역과,

[0123] 상기 증폭된 전하를 출력하는 캐소드 전극과,

[0124] 소정의 기준 전위가 인가된 기준 전극과,

[0125] 상기 캐소드 전극 및 상기 기준 전극이 매입되며 상기 기준 전극보다도 불순물 농도가 낮은 피닝 영역과,

[0126] 상기 피닝 영역과 상기 증폭 영역 사이에 배치되며 상기 피닝 영역보다도 불순물 농도가 낮은 배리어 영역을 포함하는 포토 다이오드.

[0127] (2) 상기 캐소드 전극은, 수광면에 평행한 소정 평면에서 상기 피닝 영역의 주위에 형성되는 상기 (1)에 기재된 포토 다이오드.

[0128] (3) 상기 캐소드 전극은, 수광면에 평행한 소정 평면에서 상기 피닝 영역의 내부에 형성되는 상기 상기 (1)부터 (2)의 어느 하나에 기재된 포토 다이오드.

[0129] (4) 수광면에 평행한 소정 평면에서 상기 캐소드 전극, 상기 기준 전극 및 상기 피닝 영역의 형상은 사각형인 상기 (1)부터 (3)의 어느 하나에 기재된 포토 다이오드.

[0130] (5) 수광면에 평행한 소정 평면에서 상기 캐소드 전극, 상기 기준 전극 및 상기 피닝 영역의 형상은 원형 및 다각형의 어느 하나인 상기 (1)부터 (4)의 어느 하나에 기재된 포토 다이오드.

[0131] (6) 광전변환된 전하를 증폭하는 증폭 영역과,

[0132] 상기 증폭된 전하를 출력하기 위한, 전위가 동일한 한 쌍의 전극과,

[0133] 상기 한 쌍의 전극이 매입된 피닝 영역과,

[0134] 상기 피닝 영역과 상기 증폭 영역 사이에 배치되며 상기 피닝 영역보다도 불순물 농도가 낮은 배리어 영역을 포함하는 포토 다이오드.

[0135] (7) 광전변환된 전하를 증폭하는 증폭 영역과,

[0136] 상기 증폭된 전하를 출력하는 캐소드 전극과,

[0137] 소정의 기준 전위가 인가된 기준 전극과,

[0138] 상기 소정의 기준 전위보다도 낮은 부바이어스가 게이트에 인가된 트랜지스터와,

[0139] 상기 트랜지스터와 상기 증폭 영역 사이에 배치된 배리어 영역을 포함하는 화소 회로.

[0140] (8) 광전변환된 전하를 증폭하는 증폭 영역을 형성하는 증폭 영역 순서와,

[0141] 소정의 기준 전위가 인가되는 기준 전극보다도 불순물 농도가 낮은 피닝 영역을 형성하는 피닝 영역 형성 순서와,

[0142] 상기 기준 전극과 상기 증폭된 전하를 출력하는 캐소드 전극을 상기 피닝 영역에 매입하는 전극 형성 순서를 포함하는 포토 다이오드의 제조 방법.

[0143] (9) 광전변환된 전하를 증폭하는 증폭 영역을 형성한 증폭 영역 순서와,

[0144] 피닝 영역을 형성하는 피닝 영역 형성 순서와,

[0145] 상기 증폭된 전하를 출력하기 위한, 전위가 동일한 한 쌍의 전극을 상기 피닝 영역에 매입한 전극 형성 순서를 포함하는 포토 다이오드의 제조 방법.

[0146] (10)

[0147] 기판에 배치되고, 입사광을 전하로 변환하는 광전변환 영역;

[0148] 상기 광전변환 영역 상의 제1의 용량형의 제1의 영역;

[0149] 상기 제1의 영역에 인접하여 상기 기판에 배치되고, 상기 광전변환 영역에 연결된 캐소드;

[0150] 상기 캐소드에 인접하여 상기 기판에 배치된 애노드; 및

[0151] 상기 기판에 배치된 상기 제1의 용량형의 콘택트를 구비하고,

[0152] 상기 제1의 영역의 불순물 농도는 상기 콘택트의 불순물 농도와 다른 애벌란시 포토 다이오드 센서.

[0153] (11)

[0154] 상기 제1의 영역의 불순물 농도는 상기 콘택트의 불순물 농도보다 낮은 상기 (10)에 기재된 애벌란시 포토 다이오드 센서.

[0155] (12)

[0156] 상기 기판에 배치되고, 상기 제1의 광전변환 영역과 상기 제1의 영역 사이에 위치하는 상기 제1의 용량형의 제2의 영역을 더 구비하고, 상기 제1의 영역의 불순물 농도는 상기 제2의 영역의 불순물 농도보다 높은 상기 (10)부터 (11)의 어느 하나에 기재된 애벌란시 포토 다이오드 센서.

[0157] (13)

[0158] 상기 광전변환 영역과 인접하는 광전변환 영역 사이의 상기 기판에 형성된 절연 구조체를 더 구비하는 상기 (10)부터 (12)의 어느 하나에 기재된 애벌란시 포토 다이오드 센서.

[0159] (14)

[0160] 상기 캐소드는 상기 애노드와 상기 제1의 영역 사이에 위치하는 상기 (10)부터 (13)의 어느 하나에 기재된 애벌란시 포토 다이오드 센서.

[0161] (15)

[0162] 상기 기판의 광입사면 상의 막을 더 구비하고, 상기 막은 상기 절연 구조체의 측면 상에 있는 상기 (10)부터 (14)의 어느 하나에 기재된 애벌란시 포토 다이오드 센서.

[0163] (16)

[0164] 평면에서 보아, 상기 제1의 영역은 상기 콘택트를 둘러싸고, 상기 캐소드는 상기 제1의 영역을 둘러싸는 상기 (10)부터 (15)의 어느 하나에 기재된 애벌란시 포토 다이오드 센서.

[0165] (17)

[0166] 평면에서 보아, 상기 애노드는 상기 캐소드를 둘러싸는 상기 (10)부터 (16)의 어느 하나에 기재된 애벌란시 포토 다이오드 센서.

[0167] (18)

[0168] 평면에서 보아, 상기 콘택트는 상기 제1의 영역의 중심 영역에 위치하는 상기 (10)부터 (17)의 어느 하나에 기재된 애벌란시 포토 다이오드 센서.

[0169] (19)

[0170] 상기 콘택트 및 상기 캐소드는 제1의 전압을 수신하는 제1의 신호선에 연결되고, 상기 애노드는 제2의 전압을 수신하는 제2의 신호선에 연결되는 상기 (10)부터 (18)의 어느 하나에 기재된 애벌란시 포토 다이오드 센서.

[0171] (20)

[0172] 상기 애노드, 상기 캐소드, 및 상기 제1의 영역은 사각형 또는 원형 중 하나인 상기 (10)부터 (19)의 어느 하나에 기재된 애벌란시 포토 다이오드 센서.

[0173] (21)

[0174] 평면에서 보아, 상기 제1의 영역은 상기 캐소드를 둘러싸고, 상기 콘택트는 상기 제1의 영역을 둘러싸고, 상기 애노드는 상기 콘택트를 둘러싸는 상기 (10)부터 (20)의 어느 하나에 기재된 애벌란시 포토 다이오드 센서.

[0175] (22)

[0176] 트랜지스터를 더 구비하고,

[0177] 상기 트랜지스터는,

[0178] 상기 제1의 영역에 형성된 소스 및 드레인;

[0179] 상기 제1의 영역 상의 산화층; 및

[0180] 상기 산화층 상의 게이트를 포함하는 상기 (10)부터 (21)의 어느 하나에 기재된 애벌란시 포토 다이오드 센서.

[0181] (23)

[0182] 기판에 배치되고, 입사광을 전하로 변환하는 광전변환 영역;

[0183] 상기 기판에 배치된 제1의 용량형의 제1의 영역;

[0184] 상기 제1의 영역에 인접하여 상기 기판에 배치되고, 상기 광전변환 영역에 연결된 캐소드;

[0185] 상기 캐소드에 인접하여 상기 기판에 배치된 애노드; 및

[0186] 상기 제1의 영역에 배치된 상기 제1의 용량형의 콘택트를 구비하고,

[0187] 상기 제1의 영역의 불순물 농도는 상기 콘택트의 불순물 농도보다 낮은 애벌란시 포토 다이오드 센서.

[0188] (24)

[0189] 상기 기판에 배치되고, 상기 광전변환 영역과 상기 제1의 영역 사이에 위치하는 상기 제1의 용량형의 제2의 영역을 더 구비하는 상기 (23)에 기재된 애벌란시 포토 다이오드 센서.

[0190] (25)

[0191] 상기 제1의 영역의 불순물 농도는 상기 제2의 영역의 불순물 농도보다 높은 상기 (23)부터 (24)의 어느 하나에 기재된 애벌란시 포토 다이오드 센서.

[0192] (26)

[0193] 상기 광전변환 영역과 인접하는 광전변환 영역 사이의 상기 기판에 형성된 절연 구조체를 더 구비하는 상기 (23)부터 (25)의 어느 하나에 기재된 애벌란시 포토 다이오드 센서.

[0194] (27)

[0195] 상기 기판의 광입사면 상의 막을 더 구비하고, 상기 막은 상기 절연 구조체의 측면 상에 있는 상기 (23)부터 (26)의 어느 하나에 기재된 애벌란시 포토 다이오드 센서.

[0196] (28)

[0197] 평면에서 보아, 상기 제1의 영역은 상기 콘택트를 둘러싸고, 상기 캐소드는 상기 제1의 영역을 둘러싸는 상기 (23)부터 (27)의 어느 하나에 기재된 애벌란시 포토 다이오드 센서.

[0198] (29)

[0199] 기판에 배치되고, 입사광을 전하로 변환하는 광전변환 영역;

[0200] 상기 광전변환 영역 상의 제1의 용량형의 제1의 영역;

[0201] 상기 제1의 영역에 인접하여 상기 기판에 배치되고, 상기 광전변환 영역에 연결된 제1의 전극;

[0202] 상기 제1의 전극에 인접하여 상기 기판에 배치된 제2의 전극; 및

[0203] 상기 제1의 영역에 배치된 상기 제1의 용량형의 제3의 전극을 구비하고,

[0204] 상기 제1의 영역의 불순물 농도는 상기 제3의 전극의 분순물 농도보다 낮은 애벌란시 포토 다이오드 센서.

[0205] 당업자에 의하여 첨부된 청구항 및 균등물의 범위 안에서 다양한 수정, 조합, 하위 조합 및 변경이 설계 요구 및 다른 요인에 따라 발생할 수 있음을 이해하여야 한다.

부호의 설명

[0206] 100 : 거리측정 모듈

110 : 발광부

120 : 제어부

130 : 거리측정 연산부

200 : 수광부

210 : 화소 어레이부

220 : 화소 회로

221 : 저항

230 : 판독 회로

300 : 포토 다이오드

310 : 애노드 전극

320 : 캐소드 전극

330 : 피닝 영역

340 : 배리어 영역

350 : 콘택트

360 : 증폭 영역

361 : N층

362 : P층

370 : 공핍층

380 : 절연 영역

385 : 커버 필름

390 : 트랜지스터

391 : 메탈층

392 : 산화막

393 : 반도체층

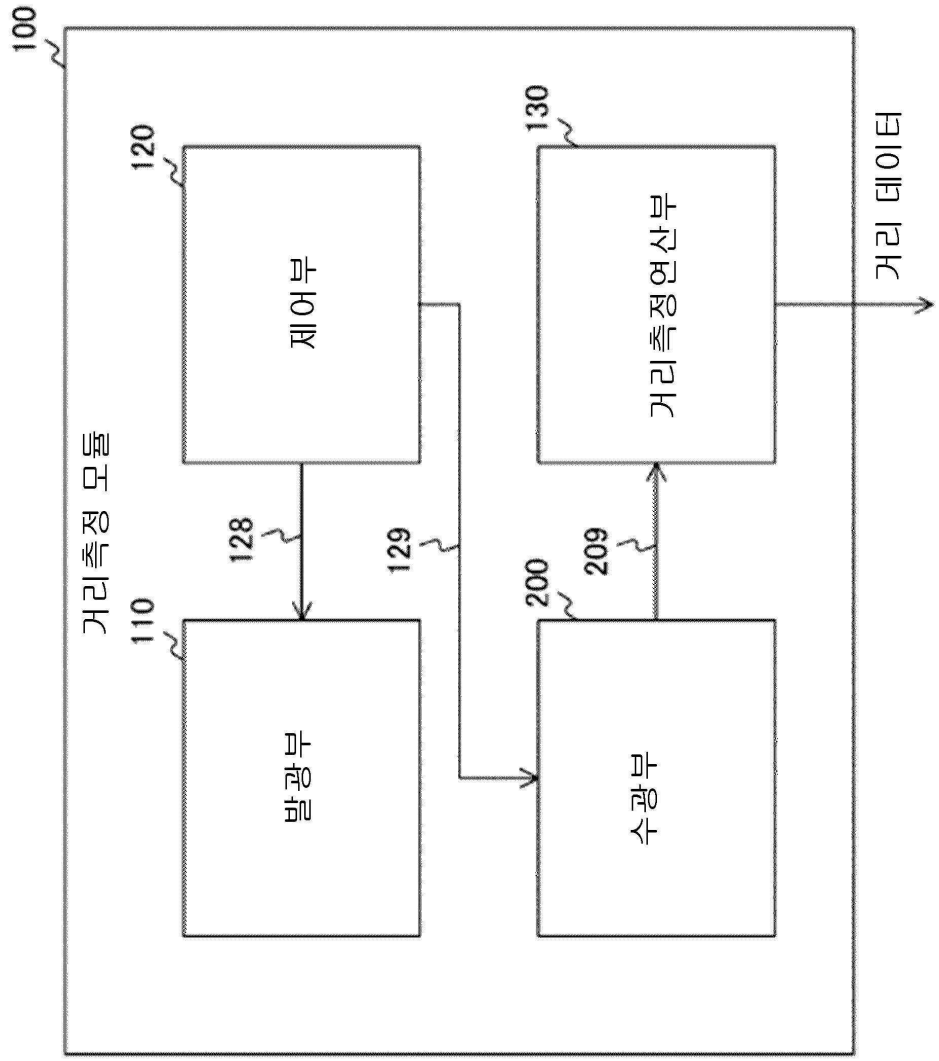
401, 402 : 기판

410 : 연마 장치

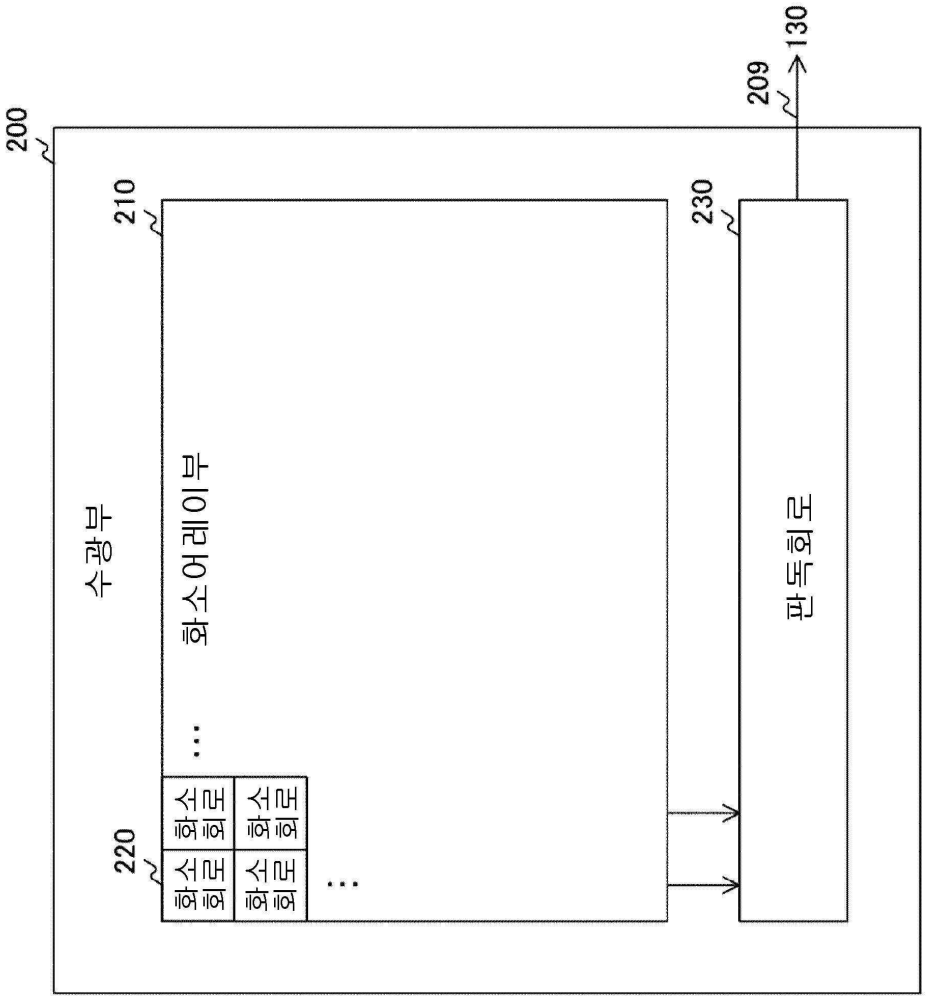
12030 : 차외 정보 검출 유닛

도면

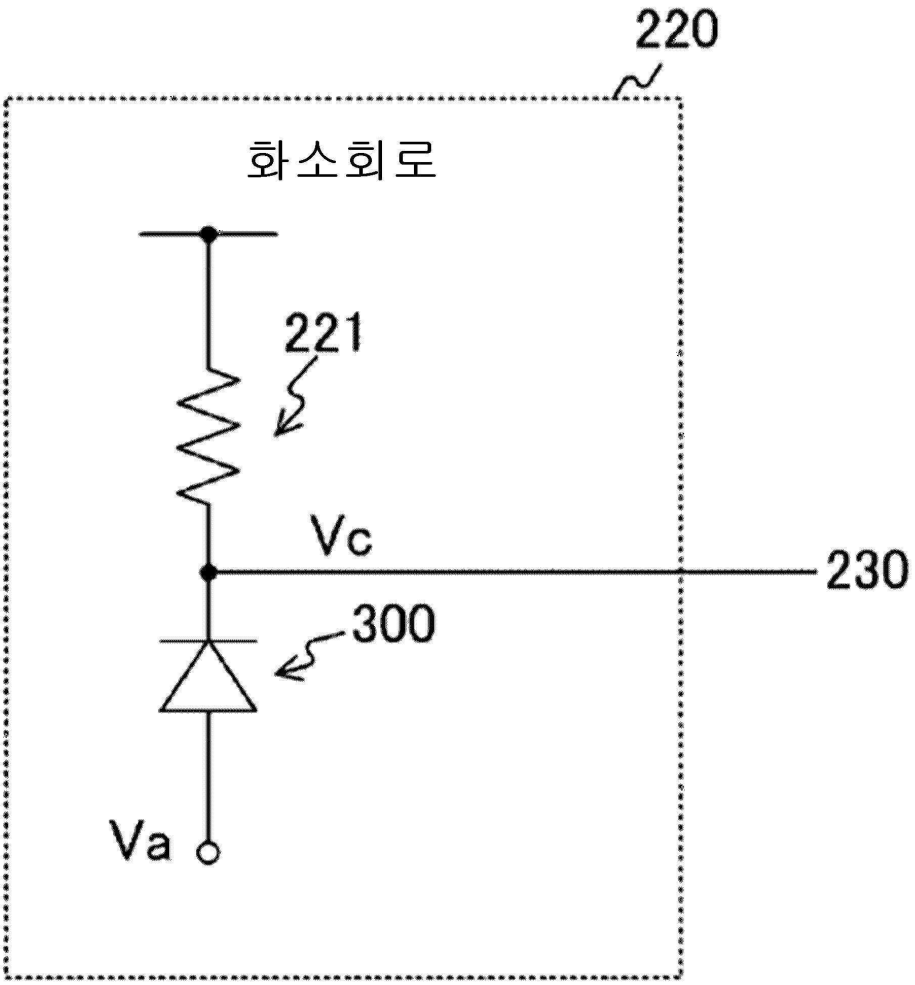
도면1


100
거리측정 모듈
120
제어부
130
거리측정연산부
거리 데이터
128
129
209
200
110
발광부
수광부

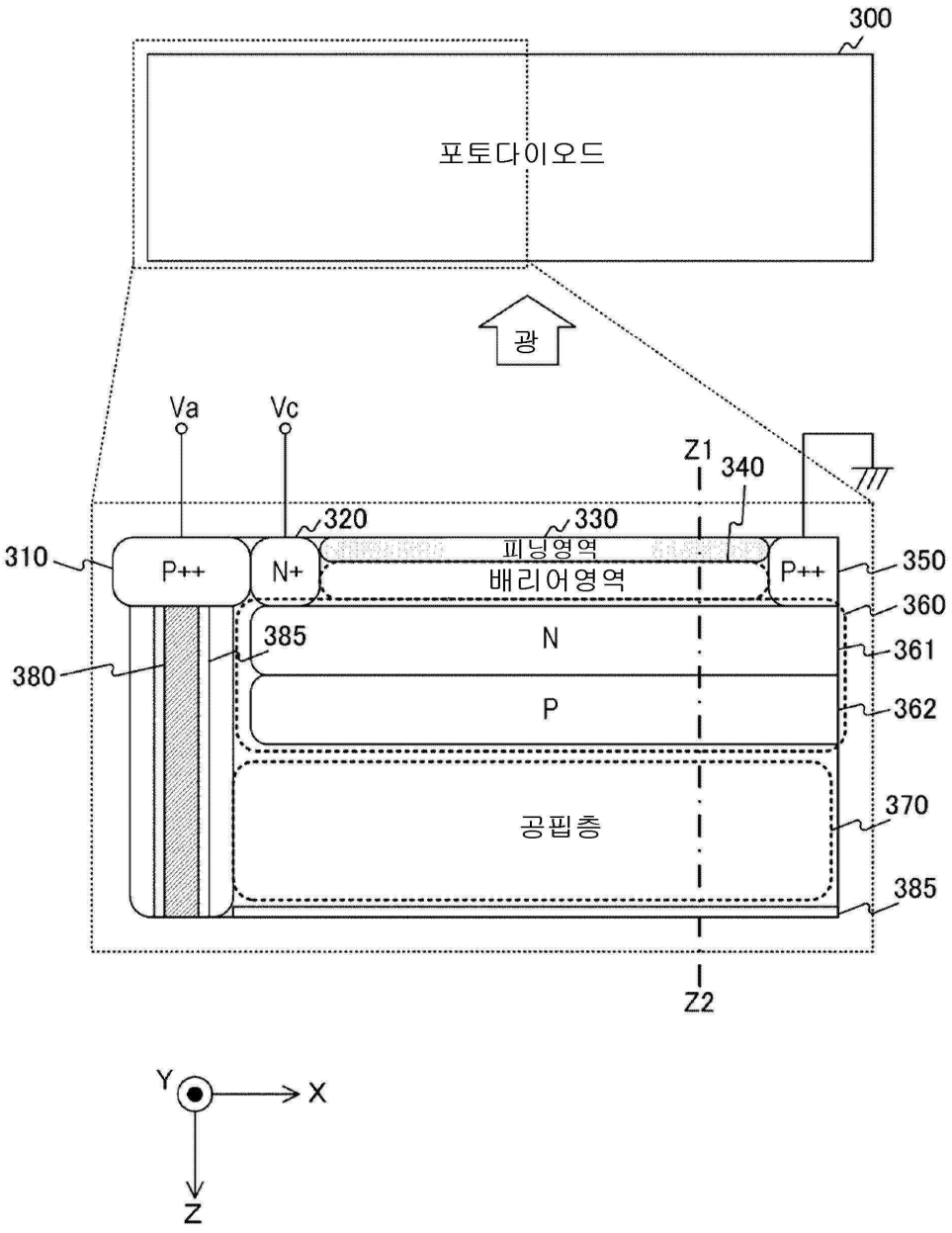
도면2



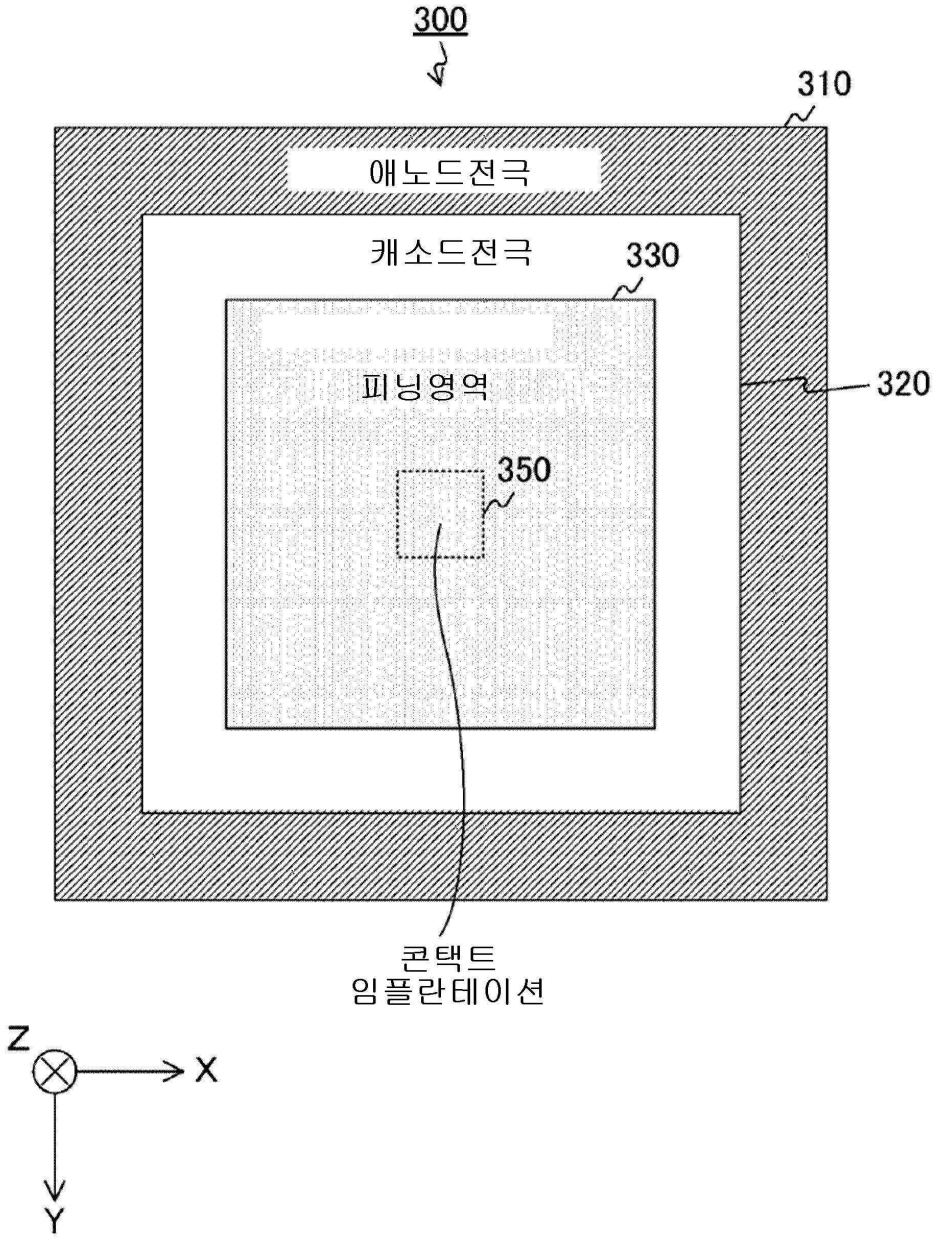
도면3



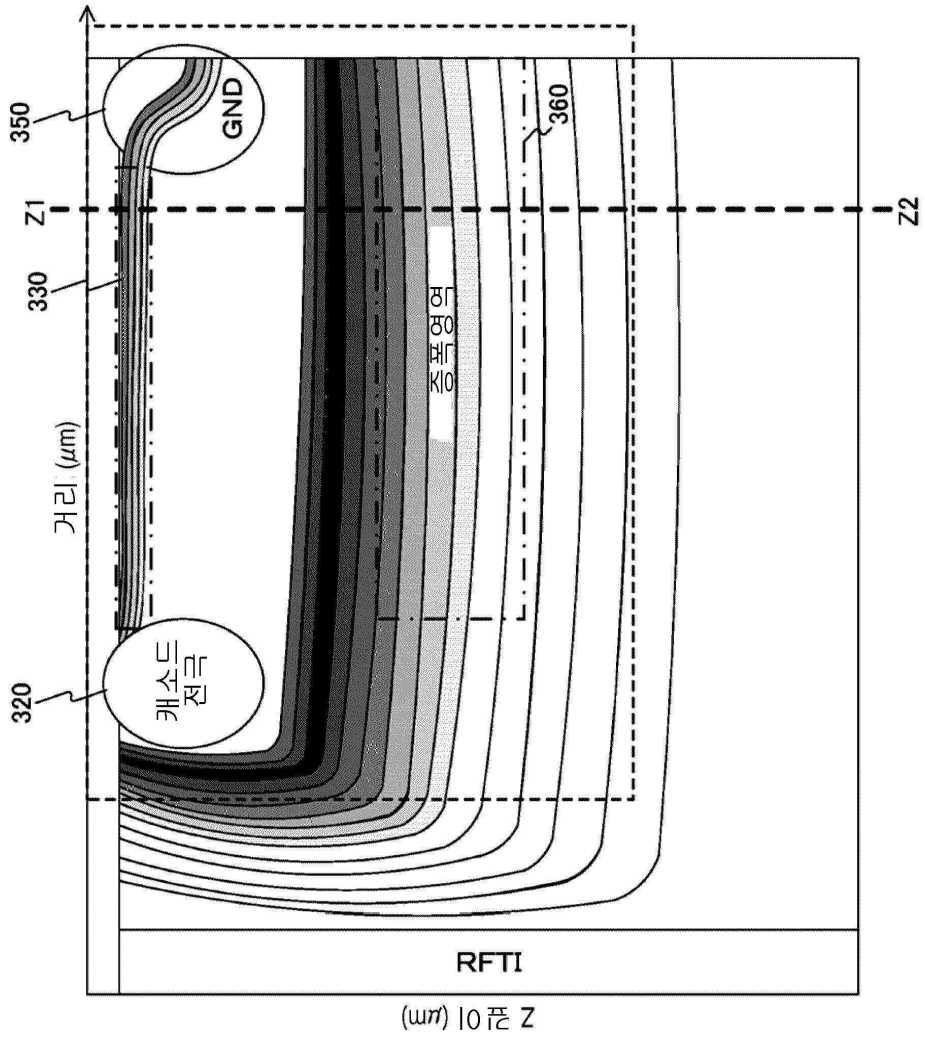
도면4


300
포토다이오드
광
Va
Vc
Z1
340
320
330
310
P++
N+
피닝영역
배리어영역
P++
350
360
385
N
361
380
P
362
공핍층
370
385
Z2
Y
X
Z

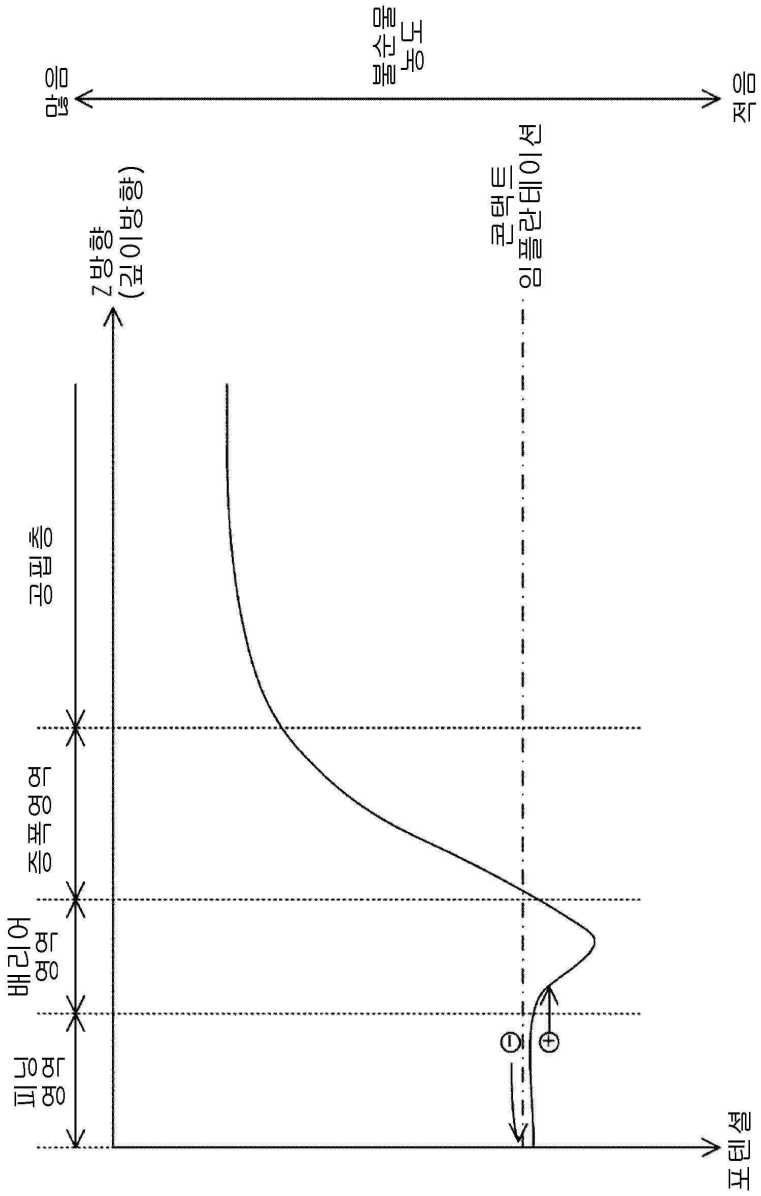
도면5



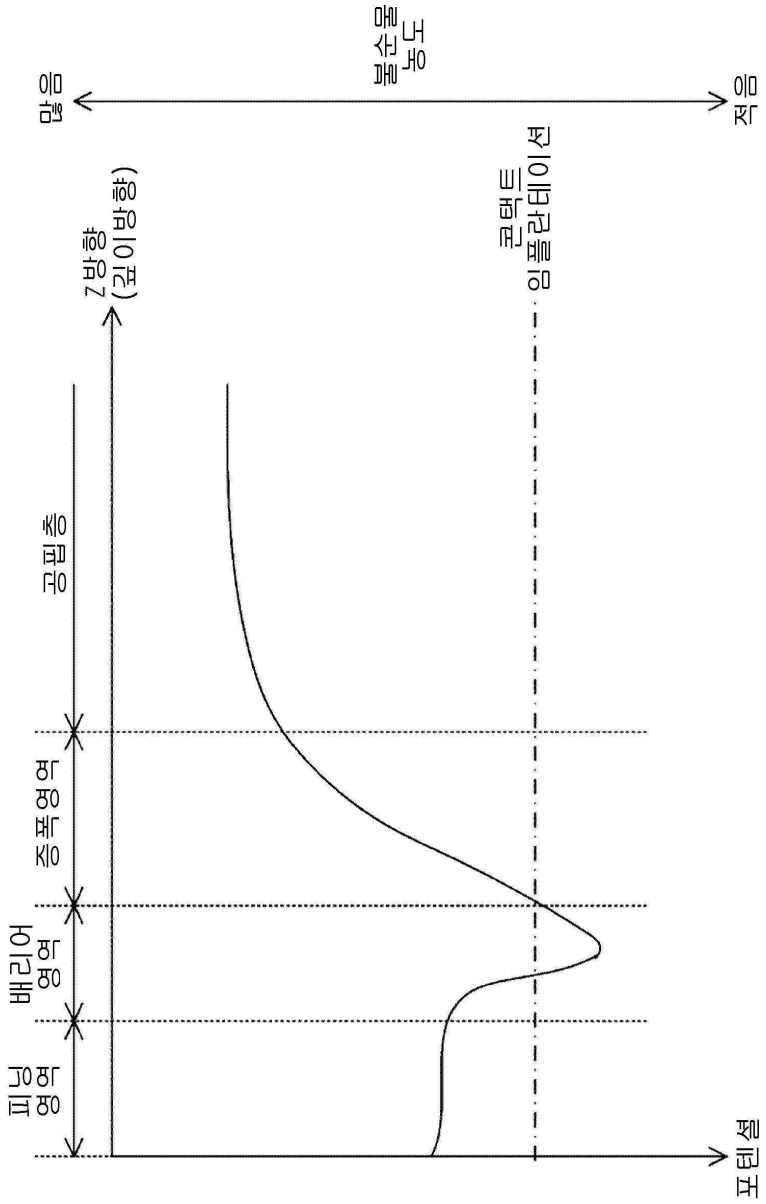
도면6



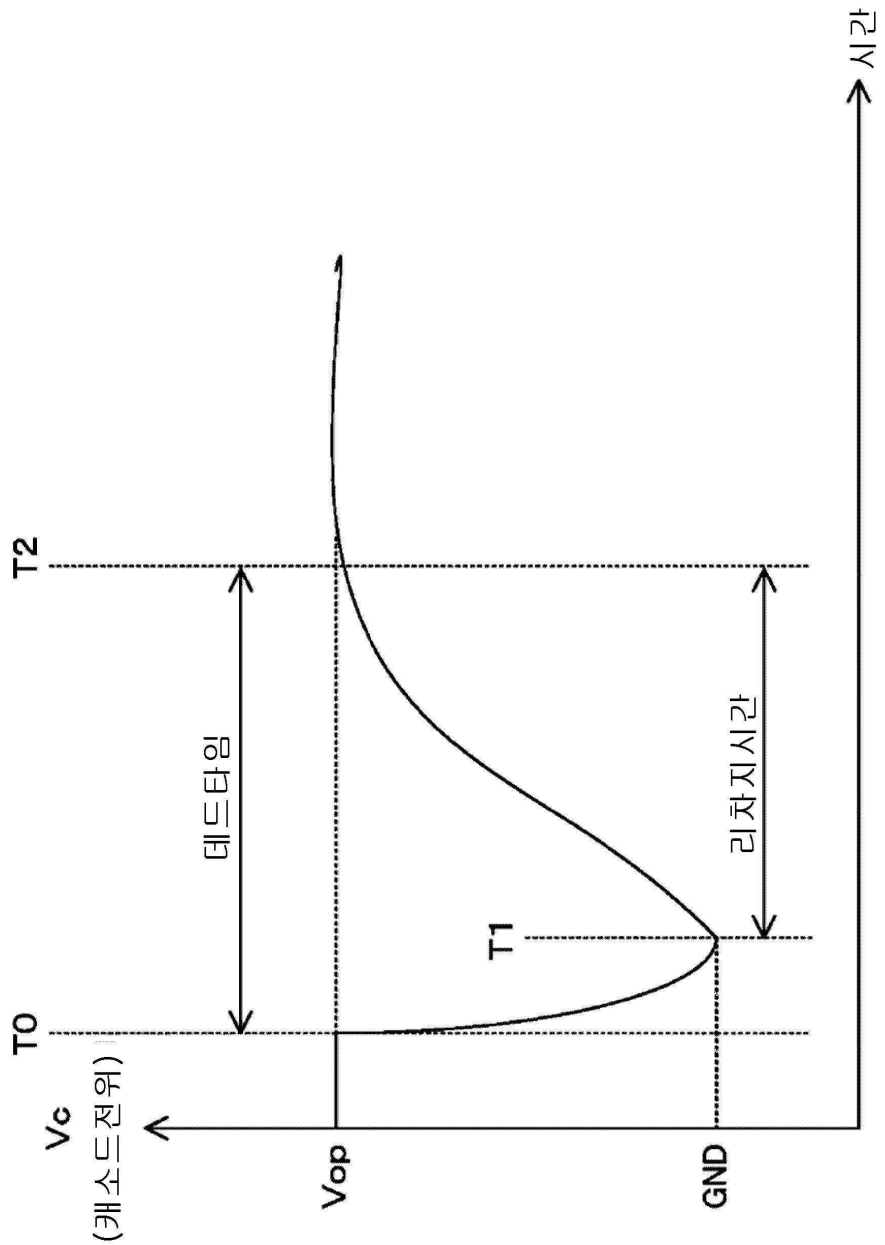
도면7



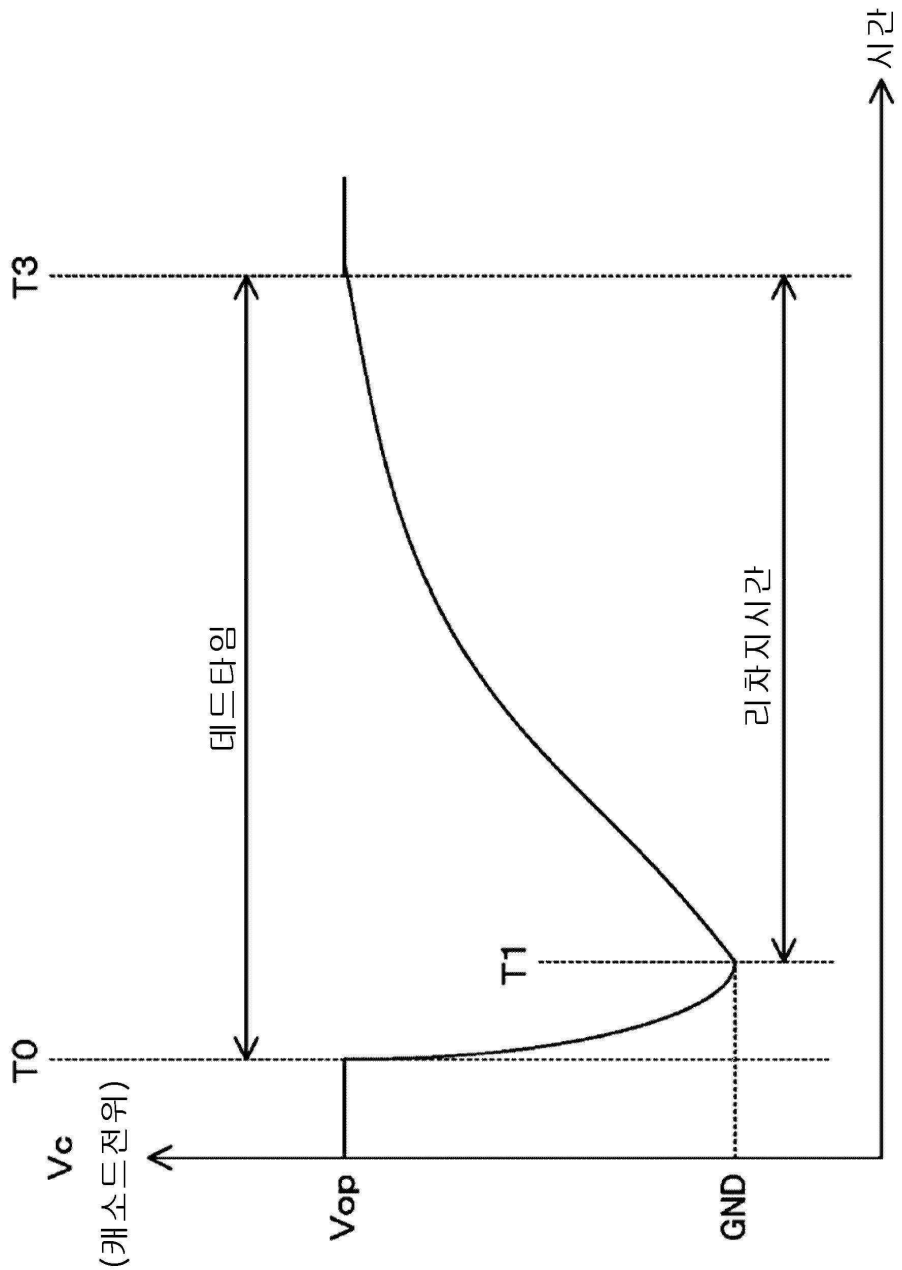
도면8



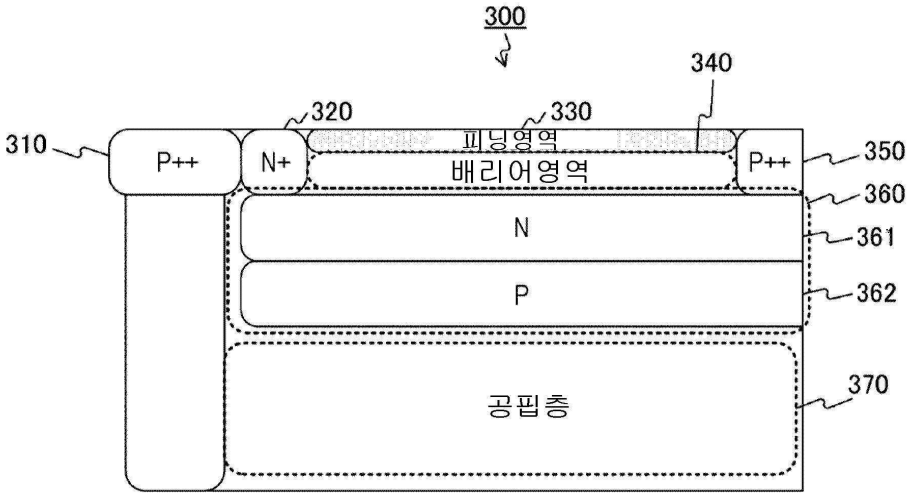
도면9



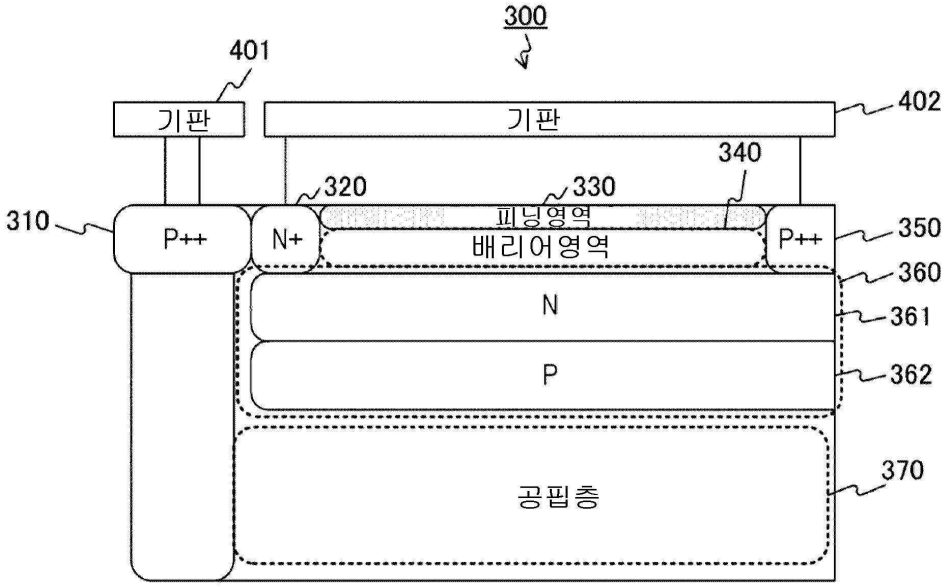
도면10



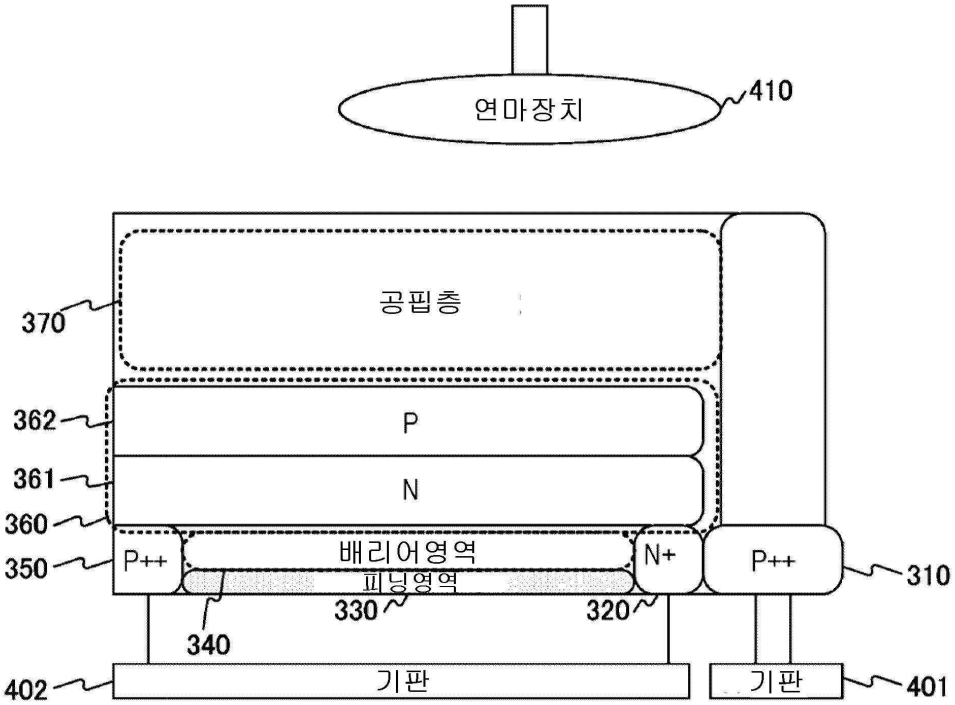
도면11


300
340
320
330
310
P++
N+
피닝영역
배리어영역
P++
350
360
N
361
P
362
공핍층
370

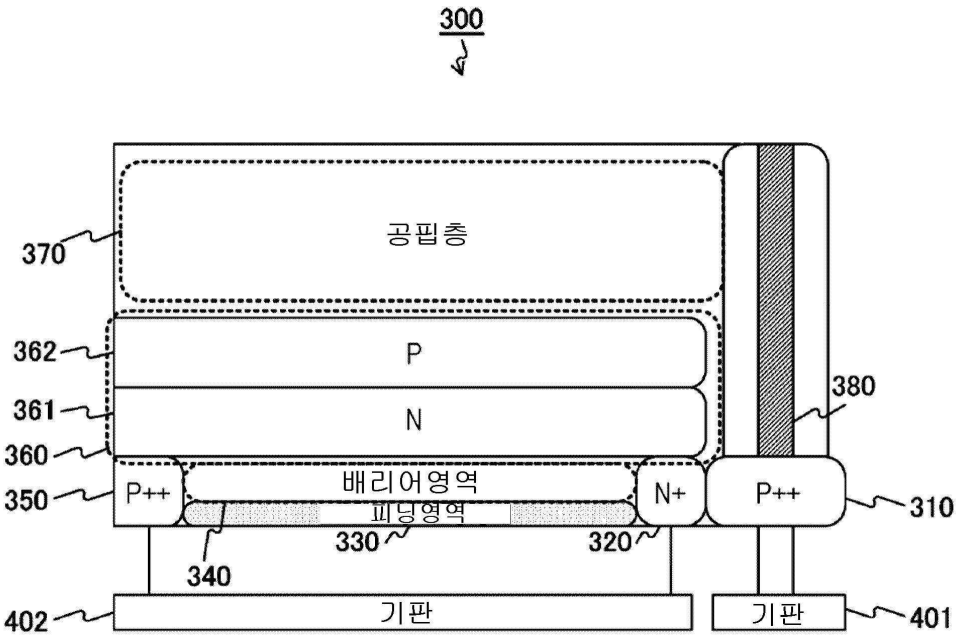
도면12


300
401
기판
기판
402
340
320
330
310
P++
N+
피닝영역
배리어영역
P++
350
360
N
361
P
362
공핍층
370

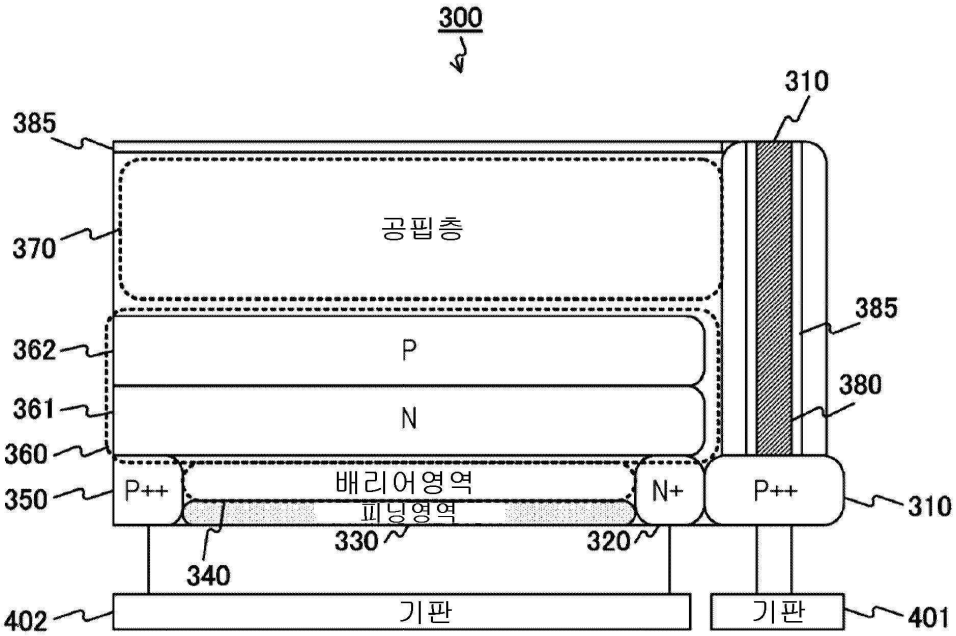
도면13


연마장치
410
공핍층
370
362
P
361
N
360
350
P++
배리어영역
피닝영역
N+
P++
310
330
320
340
402
기판
기판
401

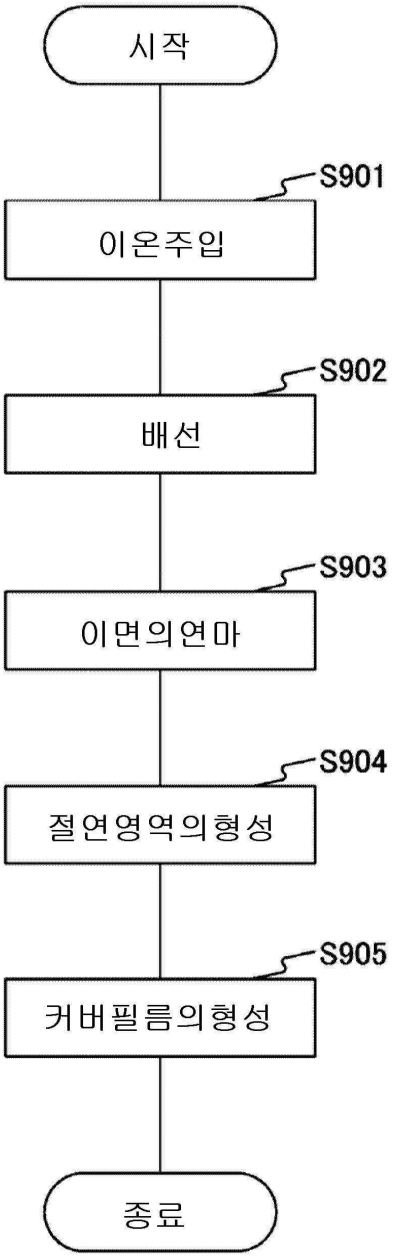
도면14


300
공핍층
370
362
P
361
N
380
360
350
P++
배리어영역
피닝영역
N+
P++
310
330
320
340
402
기판
기판
401

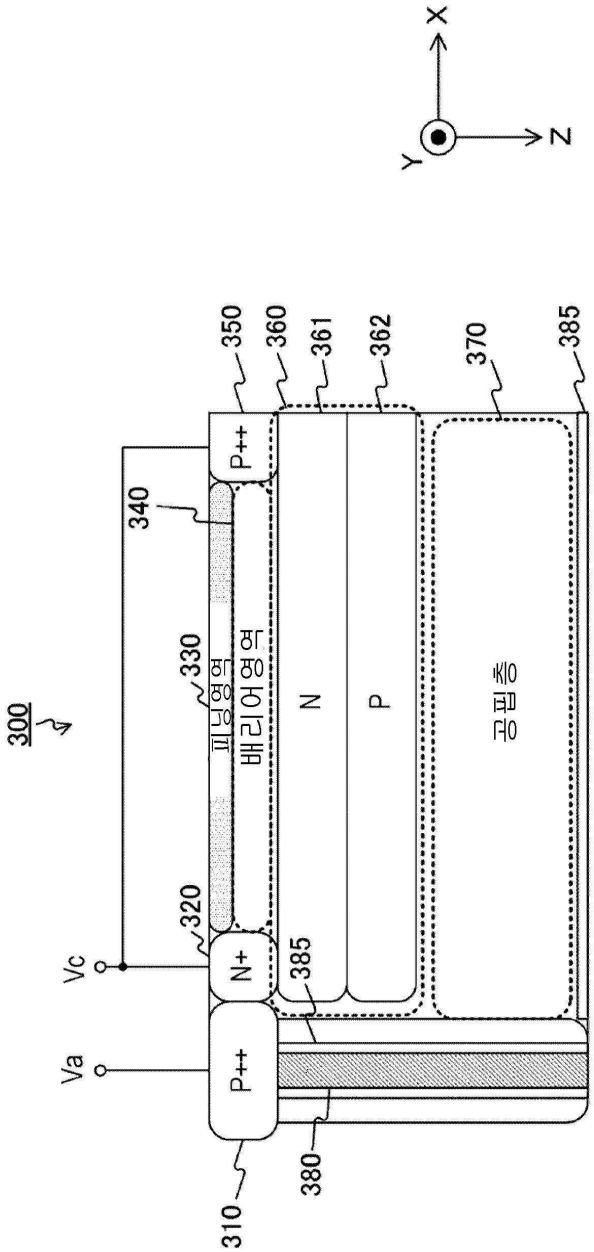
도면15


300
310
385
공핍층
370
385
362
P
380
361
N
360
350
P++
배리어영역
피닝영역
N+
P++
310
330
320
340
402
기판
기판
401

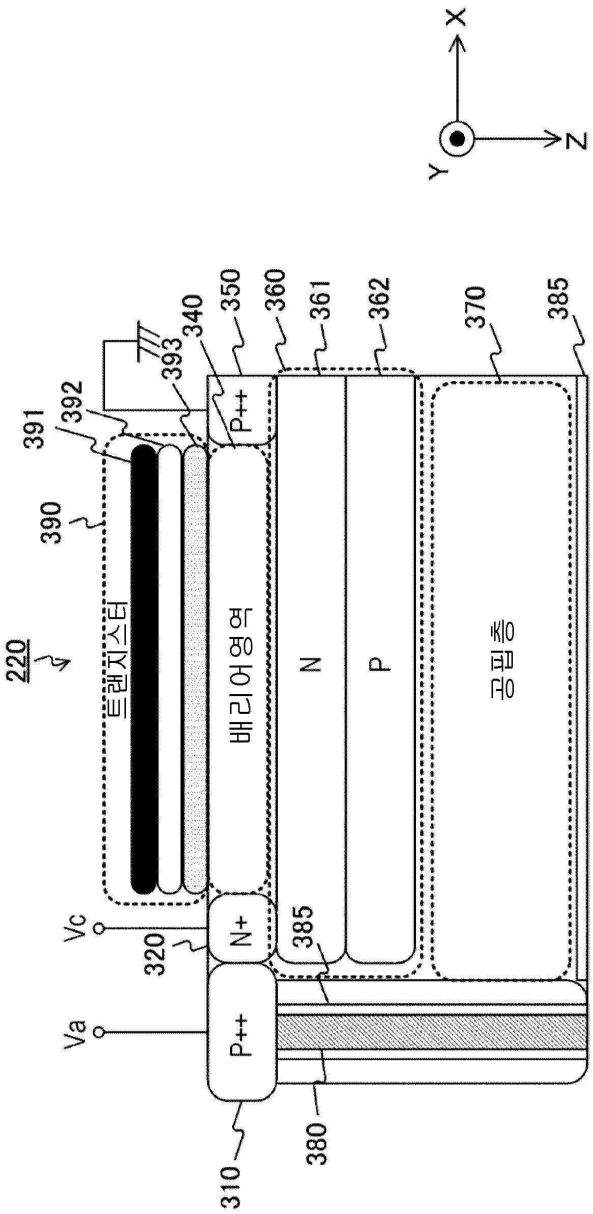
도면16



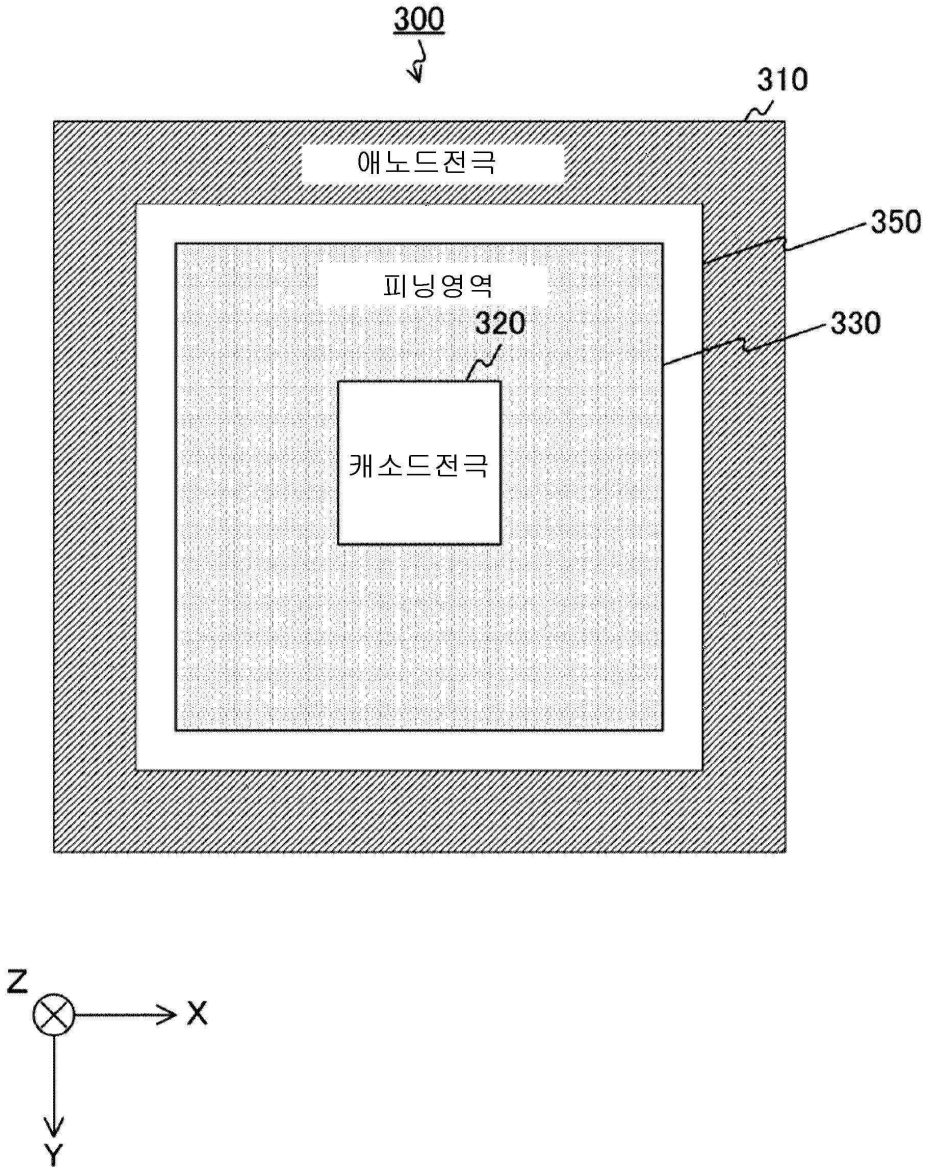
도면17


X
Y
Z
300
310
320
330
340
350
360
361
362
370
380
385
Va
Vc
P++
N+
P++
피닝영역
배리어영역
N
P
공핍층

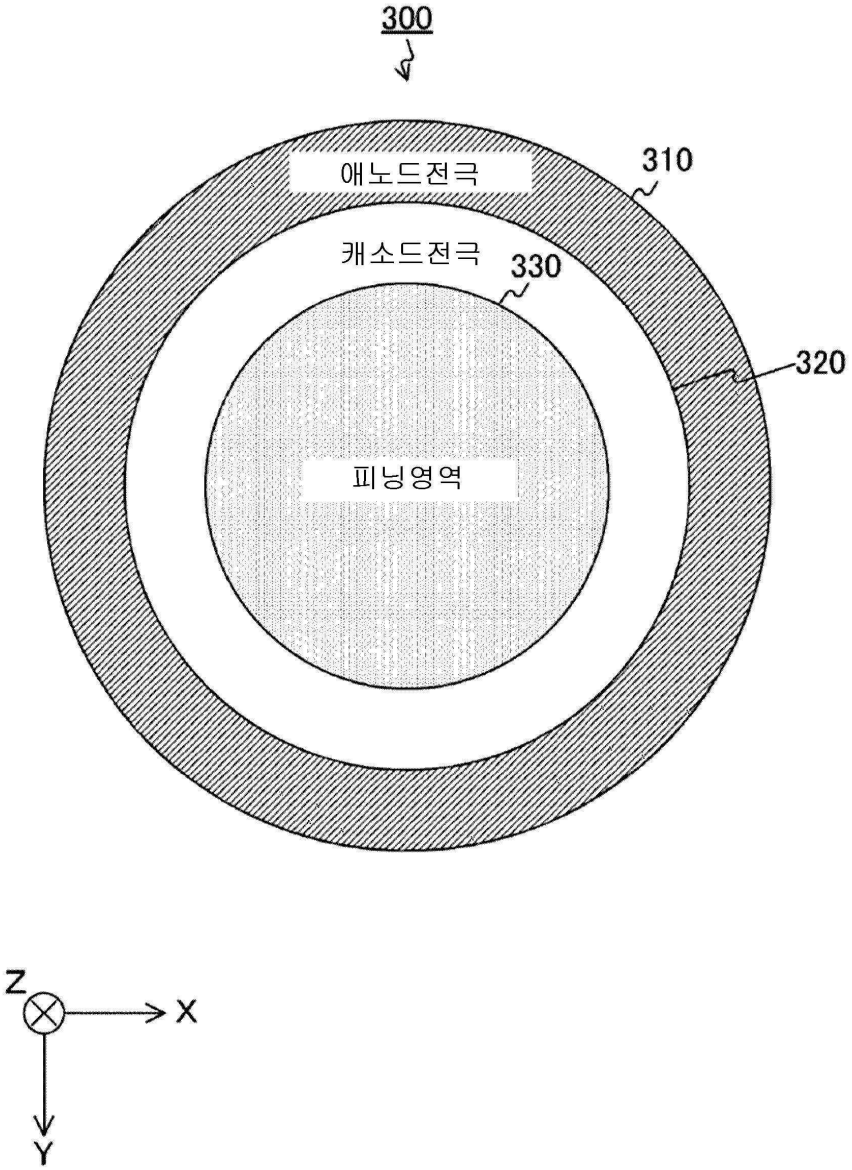
도면18


X
Y
Z
220
391
392
393
340
350
360
361
362
370
385
390
트랜지스터
배리어영역
N
P
공핍층
P++
N+
Vc
Va
320
385
380
310

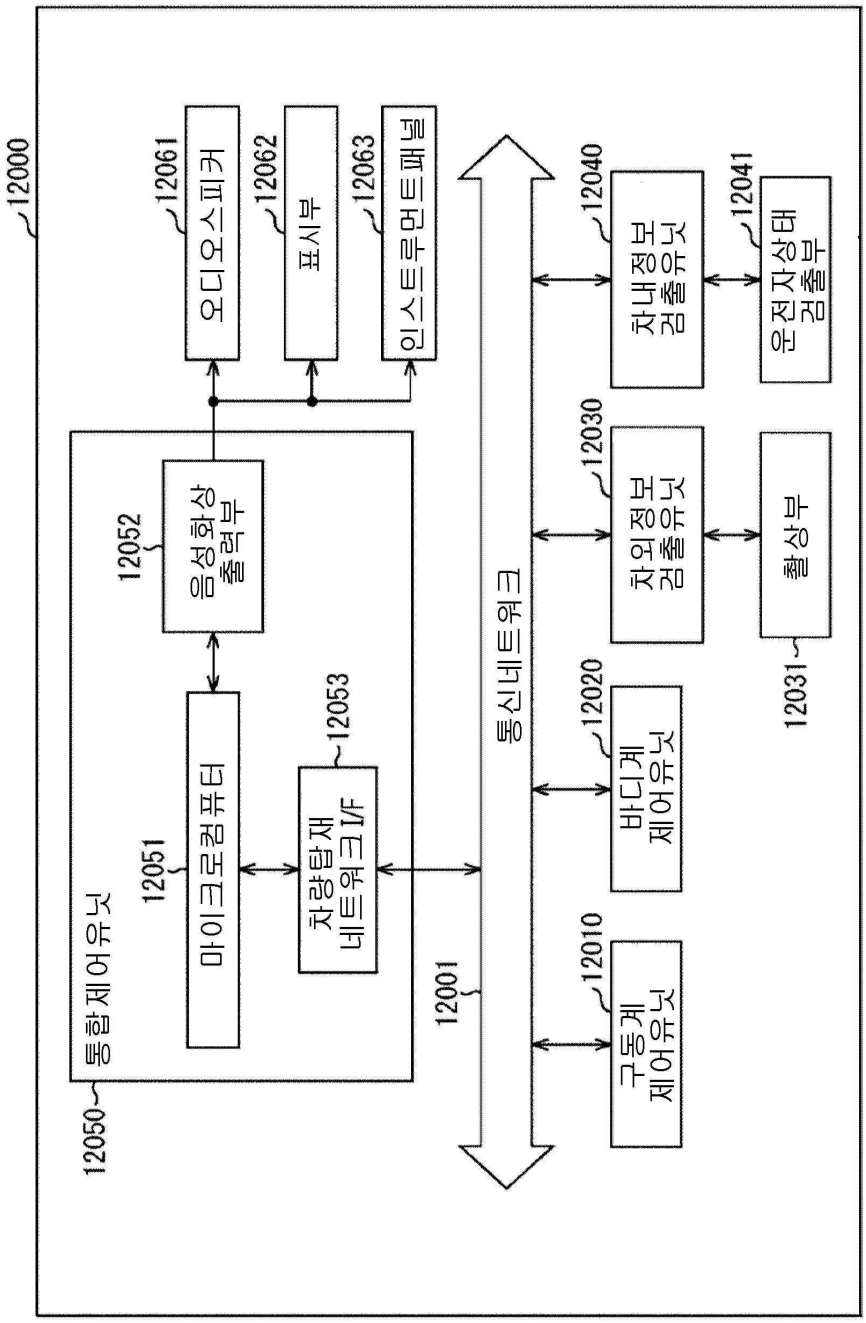
도면19



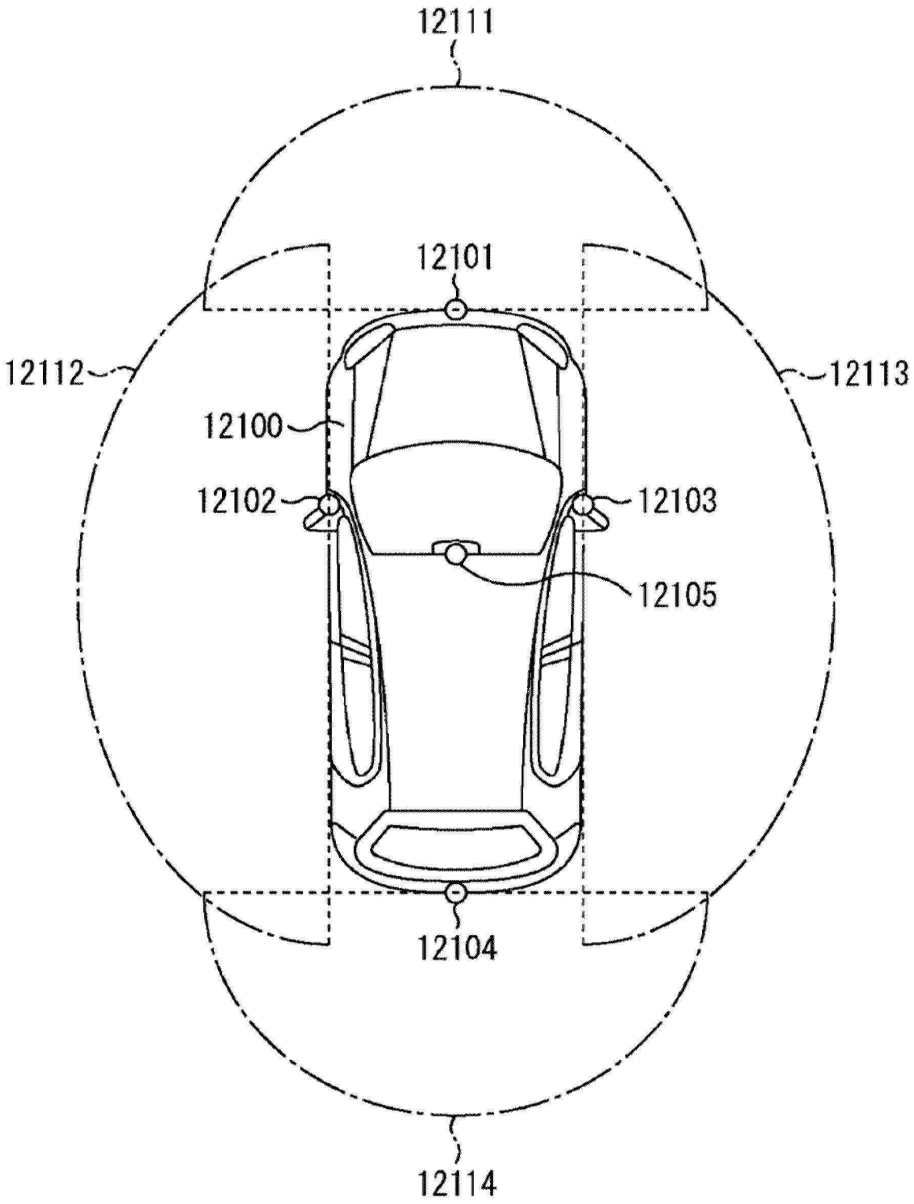
도면20



도면21


12000
12061
오디오스피커
12062
표시부
12063
인스트루먼트패널
12052
음성화상 출력부
12051
마이크로컴퓨터
12053
차량탑재 네트워크 I/F
12050
통합제어유닛
12001
통신네트워크
12010
구동계 제어유닛
12020
바디계 제어유닛
12030
차외정보 검출유닛
12031
촬상부
12040
차내정보 검출유닛
12041
운전자상태 검출부

도면22


12111
12101
12112
12113
12100
12102
12103
12105
12104
12114