



등록특허 10-2740857



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년12월09일
(11) 등록번호 10-2740857
(24) 등록일자 2024년12월05일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 7/4914 (2020.01) *G01J 1/44* (2006.01)
G01S 17/88 (2006.01) *G01S 7/4912* (2020.01)
H01L 27/146 (2006.01) *H04N 5/32* (2023.01)
- (52) CPC특허분류
G01S 7/4914 (2013.01)
G01S 17/88 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-7016811
- (22) 출원일자(국제) 2019년04월09일
심사청구일자 2022년03월22일
- (85) 번역문제출일자 2020년06월11일
- (65) 공개번호 10-2021-0003711
- (43) 공개일자 2021년01월12일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2019/015423
- (87) 국제공개번호 WO 2019/203057
국제공개일자 2019년10월24일
- (30) 우선권주장
JP-P-2018-081068 2018년04월20일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문현
JP2008084962 A*
JP2014081254 A*
JP2017108380 A*
US20120249998 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문현

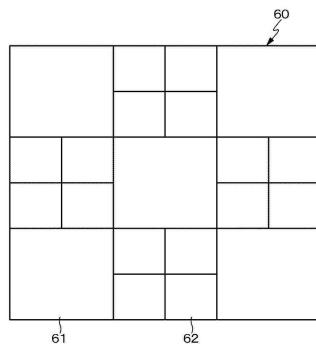
전체 청구항 수 : 총 13 항

심사관 : 나영준

(54) 발명의 명칭 수광 장치 및 측거 장치

(57) 요 약

수광 장치는, 감광성 소자에 의한 광자의 검출에 응답하여 신호를 생성하도록 구성된 감광성 소자를 각각 포함하는 복수의 화소를 포함하는 화소 어레이를 포함하고, 복수의 화소는, 제1 화소에 입사되는 제1 광자를 검출하기 위한 제1 감도를 갖는 제1 화소, 및 제2 화소에 입사되는 제2 광자를 검출하기 위한 제2 감도를 갖는 제2 화소를 포함하고, 제2 감도는 제1 감도보다 더 낮다.

대 표 도 - 도8

(52) CPC특허분류

G01S 7/4918 (2013.01)
H01L 27/14607 (2013.01)
H04N 5/32 (2023.01)
G01J 2001/442 (2013.01)
G01J 2001/4433 (2013.01)
G01J 2001/444 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

광자의 검출에 응답하여 신호를 생성하도록 구성된 감광성 소자를 각각 포함하는 복수의 화소를 포함하는 화소 어레이를 포함하고,

상기 복수의 화소는:

제1 단일 광자 애벌랜치 다이오드(SPAD)를 포함하는 제1 감광성 소자를 갖는 제1 화소,

제2 SPAD를 포함하는 제2 감광성 소자를 갖는 제2 화소,

제3 SPAD를 포함하는 제3 감광성 소자를 갖는 제3 화소 - 상기 제1 화소의 수광 면적은 상기 제2 화소의 수광 면적과 상기 제3 화소의 수광 면적보다 더 큼 -, 및

제4 SPAD를 포함하는 제4 감광성 소자를 갖는 제4 화소 - 상기 제4 화소의 수광 면적은 상기 제2 화소의 상기 수광 면적과 상기 제3 화소의 상기 수광 면적보다 더 큼 - 를 포함하고,

상기 제2 화소는 상기 제1 화소와 상기 제3 화소 사이에 배치되고,

상기 제3 화소는 상기 제2 화소와 상기 제4 화소 사이에 배치되는, 수광 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 화소와 상기 제2 화소는 상기 화소 어레이의 동일한 행(row)에 있는, 수광 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1 화소와 상기 제2 화소는 상기 화소 어레이의 동일한 열(column)에 있는, 수광 장치.

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 제1 화소 또는 상기 제2 화소의 동작은 주변광의 세기에 따라 스위칭하도록 구성되는, 수광 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 제1 화소 내의 감광성 소자의 반도체층의 두께는 상기 제2 화소 내의 감광성 소자의 반도체층의 두께보다 더 두꺼운, 수광 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,
적어도 하나의 전압원을 더 포함하고,

상기 적어도 하나의 전압원은, 상기 제1 화소에 제1 초과 바이어스 전압(excess bias voltage)을 제공하고 상기 제2 화소에 제2 초과 바이어스 전압을 제공하도록 구성되고, 상기 제1 초과 바이어스 전압은 상기 제2 초과 바이어스 전압보다 더 높은, 수광 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,
상기 제1 초과 바이어스 전압은, 상기 제1 화소 내의 감광성 소자의 애노드 전극에 의해 수신되는 애노드 전압에 따라 설정되는, 수광 장치.

청구항 11

제10항에 있어서,
주변광의 세기를 검출하도록 구성된 주변광 검출기를 더 포함하고,
상기 애노드 전압은 주변광의 세기에 따라 설정되는, 수광 장치.

청구항 12

삭제

청구항 13

제1항, 제3항, 제4항, 그리고 제7항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 수광 장치는 차량에 탑재되도록 구성되는, 수광 장치.

청구항 14

측정 물체에 대해 광을 조사하도록 구성된 광원; 및
상기 측정 물체에 의해 반사된 광을 수광하도록 구성된 수광 장치를 포함하고,
상기 수광 장치는 복수의 화소를 포함하는 화소 어레이를 포함하고, 상기 복수의 화소 각각은 입사되는 적어도 하나의 광자를 검출하는 것에 응답하여 신호를 생성하도록 구성된 감광성 소자를 포함하고,

상기 복수의 화소는:

제1 SPAD를 포함하는 제1 감광성 소자를 갖는 제1 화소,
제2 SPAD를 포함하는 제2 감광성 소자를 갖는 제2 화소,
제3 SPAD를 포함하는 제3 감광성 소자를 갖는 제3 화소 - 상기 제1 화소의 수광 면적은 상기 제2 화소의 수광 면적과 상기 제3 화소의 수광 면적보다 더 큼 -, 및
제4 SPAD를 포함하는 제4 감광성 소자를 갖는 제4 화소 - 상기 제4 화소의 수광 면적은 상기 제2 화소의 상기 수광 면적과 상기 제3 화소의 상기 수광 면적보다 더 큼 - 를 포함하고,
상기 제2 화소는 상기 제1 화소와 상기 제3 화소 사이에 배치되고,
상기 제3 화소는 상기 제2 화소와 상기 제4 화소 사이에 배치되는, 수광 시스템.

청구항 15

삭제

청구항 16

제14항에 있어서,

상기 제1 화소와 상기 제2 화소는 상기 화소 어레이의 동일한 행에 있는, 수광 시스템.

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

제14항에 있어서,

상기 제1 화소 내의 감광성 소자의 반도체층의 두께는 상기 제2 화소 내의 감광성 소자의 반도체층의 두께보다 더 두꺼운, 수광 시스템.

청구항 20

제14항에 있어서,

적어도 하나의 전압원을 더 포함하고,

상기 적어도 하나의 전압원은, 상기 제1 화소에 제1 초과 바이어스 전압을 제공하고 상기 제2 화소에 제2 초과 바이어스 전압을 제공하도록 구성되고, 상기 제1 초과 바이어스 전압은 상기 제2 초과 바이어스 전압보다 더 높은, 수광 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

[관련 출원에 대한 교차 참조]

[0002]

본 출원은 2018년 4월 20일자로 출원된 일본 우선권 특허 출원 제2018-081068호의 이익을 주장하며, 그 전체 내용이 본 명세서에 참고로 통합되어 있다.

[0003]

[기술분야]

[0004]

본 개시는 수광 장치 및 측거 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0005]

측거 장치는, 수광부로서, 광자 수광에 응답하여 신호를 생성하도록 구성된 소자를 포함한다(예를 들면, 특허문현 1 참조). 그러한 종래 기술에 따른 측거 장치는, TOF(time of flight)의 측정 결과를 미리 정해진 측정 시간에 걸쳐 축적함으로써 얻어진 히스토그램의 신호 처리를 고안함으로써 확대된 다이나믹 레인지(dynamic range)를 갖고 있다. 구체적으로, 낮은 광량의 경우에는 펄스의 수가 검출되고, 높은 광량의 경우에는 펄스 폭이 검출된다.

선행기술문현

특허문현

[0006]

(특허문현 0001) 특허문현 1: 일본특허공개 제2014-81254호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007]

본 개시는, 히스토그램 신호 처리를 고안하지 않고서 다이나믹 레인지지를 확대할 수 있는 수광 장치, 및 수광 장

치를 포함하는 측거 장치를 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 개시에 따르면, 수광 장치가 제공된다. 수광 장치는, 감광성 소자에 의한 광자의 검출에 응답하여 신호를 생성하도록 구성된 감광성 소자를 각각 포함하는 복수의 화소를 포함하는 화소 어레이를 포함하고, 복수의 화소는, 제1 화소에 입사되는 제1 광자를 검출하기 위한 제1 감도를 갖는 제1 화소, 및 제2 화소에 입사되는 제2 광자를 검출하기 위한 제2 감도를 갖는 제2 화소를 포함하고, 제2 감도는 제1 감도보다 더 낮다.

[0009] 본 개시에 따르면, 수광 시스템이 제공된다. 수광 시스템은, 측정 물체에 대해 광을 조사하도록 구성된 광원, 및 측정 물체에 의해 반사된 광을 수광하도록 구성된 수광 장치를 포함하고, 수광 장치는, 감광성 소자에 입사되는 적어도 하나의 광자를 검출하는 것에 응답하여 신호를 생성하도록 구성된 감광성 소자를 각각 포함하는 복수의 화소를 포함하는 화소 어레이를 포함하고, 화소 어레이부는, 제1 화소에 입사되는 제1 광자를 검출하기 위한 제1 감도를 갖는 제1 화소, 및 제2 화소에 입사되는 제2 광자를 검출하기 위한 제2 감도를 갖는 제2 화소를 포함하고, 제2 감도는 제1 감도보다 더 낮다.

발명의 효과

[0010] 본 개시의 일 실시형태에 따르면, 히스토그램 신호 처리를 고안하지 않고서 다이나믹 레인지의 확대가 달성될 수 있다.

[0011] 본 기술은 전술한 효과에 반드시 한정되는 것이 아니고, 본 명세서에 개시된 임의의 효과를 달성할 수도 있다. 또한, 본 명세서에 개시된 효과는 단지 예시이며, 본 기술은 거기에 한정되지 않고, 부가적인 효과를 달성할 수도 있다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 본 개시의 일 실시형태에 따른 측거 장치를 나타내는 개략 구성도이다.

도 2a 및 도 2b는 각각 본 개시의 일 실시형태에 따른 측거 장치의 구체적인 구성을 나타내는 블록도이다.

도 3a는 SPAD(single photon avalanche diode) 소자를 포함하는 수광 장치의 기본적인 화소 회로의 제1 예를 나타내는 회로도이고, 도 3b는 SPAD 소자를 포함하는 수광 장치의 기본적인 화소 회로의 제2 예를 나타내는 회로도이다.

도 4a는 SPAD 소자의 PN 접합의 전류-전압 특성을 나타내는 특성도이고, 도 4b는 화소 회로의 회로 동작의 설명을 위한 과정도이다.

도 5는 조사 광량이 상대적으로 적은 경우의 SPAD 소자의 데드 타임(dead time; DT)의 설명을 위한 과정도이다.

도 6은 조사 광량이 상대적으로 많은 경우의 SPAD 소자의 데드 타임(DT)의 설명을 위한 과정도이다.

도 7a는 데드 타임(DT)과 입사광량-카운트값 특성의 관계를 나타내는 특성도이고, 도 7b는 광자 검출 확률(PDE)과 입사광량-카운트값 특성의 관계를 나타내는 특성도이다.

도 8은 실시예 1에 따른 화소 어레이부의 개략 구성을 나타내는 평면도이다.

도 9a는 실시예 2에 따른 화소 어레이부의 개략 구성을 나타내는 평면도이고, 도 9b는 수광부의 단면 구조를 나타내는 단면도이다.

도 10a는 실시예 3에 따른 화소 어레이부의 개략 구성을 나타내는 평면도이고, 도 10b는 초과 바이어스 전압(excess bias voltage)(V_{EX})과, 감도 지표로서의 확률(PDE)의 관계를 나타내는 특성도이다.

도 11은 초과 바이어스 전압(V_{EX})을 작게 설정한 경우의 SPAD 소자의 감도의 설명을 위한 과정도이다.

도 12는 실시예 4에 따른 수광 장치의 개략 구성을 나타내는 회로 블록도이다.

도 13은 본 개시의 일 실시형태에 따른 기술이 적용되는 예시적인 이동체 제어 시스템으로서의 차량 제어 시스템의 예시적인 개략 구성을 나타내는 블록도이다.

도 14는 측거 장치의 예시적인 설치 위치를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0013] 이하, 본 개시의 기술을 실시하기 위한 모드(이하, "실시형태"라고 지칭됨)에 대해 첨부 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 본 개시의 기술은 실시형태에 한정되는 것이 아니고, 실시형태에서의 다양한 종류의 값 등을 예시이다. 이하의 설명에서, 동일한 요소 또는 동일한 기능을 갖는 요소는 동일한 참조 부호에 의해 나타내지고, 그의 임의의 중복된 설명을 생략한다. 설명은 이하의 순서로 주어진다.
- [0014] 1. 본 개시의 실시형태에 따른 수광 장치 및 측거 장치의 전반적인 설명
- [0015] 2. 실시 형태에 따른 측거 장치
- [0016] 2-1. SPAD 소자를 포함하는 수광 장치의 기본 구성
- [0017] 2-2. SPAD 소자의 데드 타임(DT)
- [0018] 3. 실시형태에 따른 수광 장치
- [0019] 3-1. 실시예 1(수광 면적을 변경하는 예)
- [0020] 3-2. 실시예 2(반도체층의 두께를 변경하는 예)
- [0021] 3-3. 실시예 3(초과 바이어스 전압을 변경하는 예)
- [0022] 3-4. 실시예 4(실시예 3의 변형예: 초과 바이어스 전압을 조정하는 예)
- [0023] 4. 본 개시의 실시형태에 따른 기술의 응용예(이동체의 예)
- [0024] 5. 본 개시의 구성
- [0025] <본 개시의 실시형태에 따른 수광 장치 및 측거 장치의 전반적인 설명>
- [0026] 본 개시의 일 실시형태에 따른 수광 장치 및 측거 장치에 있어서, 제1 감도는, 미리 정해진 광 세기보다 더 낮은 세기를 갖는 입사광을 검출할 수 있는 감도일 수 있고, 제2 감도는 미리 정해진 광량 이하에서 포화에 이르지 않는 감도일 수 있다.
- [0027] 전술한 바람직한 구성을 갖는 본 개시의 수광 장치 및 측거 장치에 있어서, 제1 감도를 갖는 화소의 수광 면적은 제2 감도를 갖는 화소의 수광 면적보다 더 클 수 있고, 제1 감도를 갖는 화소의 수광부의 반도체층의 두께는 제2 감도를 갖는 화소의 수광부의 반도체층의 두께보다 더 두꺼울 수 있다.
- [0028] 또한, 전술한 바람직한 구성을 갖는 본 개시의 수광 장치 및 측거 장치에 있어서, 제1 감도를 갖는 화소의 초과 바이어스 전압값은 제2 감도를 갖는 화소의 초과 바이어스 전압의 전압값보다 더 높을 수 있다. 이 경우, 초과 바이어스 전압의 전압값은 수광부의 애노드 전극에 인가되는 애노드 전압의 전압값에 의해 설정될 수 있다. 또한, 애노드 전압의 전압값은 주변광의 세기에 따라 설정될 수 있다.
- [0029] 또한, 전술한 바람직한 구성을 갖는 본 개시의 수광 장치 및 측거 장치에 있어서, 수광부는 단일 광자 애벌랜치 다이오드(single photon avalanche diode)를 포함할 수 있다.
- [0030] <실시형태에 따른 측거 장치>
- [0031] 도 1은 본 개시의 일 실시형태에 따른 측거 장치를 나타내는 개략 구성도이다. 본 실시형태에 따른 이 측거 장치(1)는, 측정 물체인 물체(10)까지의 거리를 측정하는 측정 방법으로서, 물체(10)를 향해 방출된 광(예를 들면, 레이저빔)이, 물체(10)에서 반사된 후 되돌아올 때까지의 시간을 측정하는 TOF 방법을 채용하고 있다. TOF 방법에 의한 거리 측정을 실현하기 위해, 본 실시형태에 따른 측거 장치(1)는 광원(20) 및 수광 장치(30)를 포함한다. 또한, 수광 장치(30)는 후술하는 바와 같은 본 개시의 실시형태에 따른 수광 장치이다.
- [0032] 도 2a 및 도 2b는 본 실시형태에 따른 측거 장치(1)의 구체적인 구성을 나타낸다. 광원(20)은, 예를 들면, 레이저 드라이버(21), 레이저 광원(22), 및 확산 렌즈(23)를 포함하고, 물체(10)에 대해 레이저빔을 방출한다. 레이저 드라이버(21)는, 제어부(40)의 제어 하에서 레이저 광원(22)을 구동한다. 레이저 광원(22)은, 예를 들면 반도체 레이저를 포함하고, 레이저 드라이버(21)에 의해 구동되어 레이저빔을 방출한다. 확산 렌즈(23)는, 레이저 광원(22)로부터 방출된 레이저빔을 확산하고, 확산된 레이저빔을 물체(10)에 대해 방출한다.
- [0033] 수광 장치(30)는 수광 렌즈(31), 광 센서(32), 및 논리 회로(33)를 포함하고, 레이저 조사부(20)로부터 방출되

어 물체(10)에서 반사된 후에 반사 레이저빔으로서 되돌아오는 조사 레이저빔을 수광한다. 수광 렌즈(31)는, 물체(10)로부터의 반사 레이저빔을 광 센서(32)의 수광면 상에 집광한다. 광 센서(32)는, 각각의 화소에서, 수광 렌즈(31)를 통해 물체(10)로부터의 반사 레이저빔을 수광하고, 레이저빔을 광전 변환한다.

[0034] 광 센서(32)로부터의 출력 신호는, 논리 회로(33)를 통해 제어부(40)에 공급된다. 광 센서(32)의 상세에 대해서는 후술한다. 제어부(40)는, 예를 들면, CPU(Central Processing Unit) 등에 의해 이루어지고, 광원(20) 및 수광 장치(30)를 제어하고, 광원(20)으로부터 물체(10)를 향해 방출된 레이저빔이, 물체(10)에서 반사된 후 되돌아올 때까지의 시간(t)을 측정한다. 시간(t)에 기초하여, 물체(10)까지의 거리(L)를 계산할 수 있다. 시간(t)은, 광원(20)으로부터 펄스 광을 방출할 때의 타이밍에 타이머를 시작하고 수광 장치(30)에 의해 펄스 광을 수광할 때의 타이밍에 타이머를 중지시키는 방법에 의해 측정된다. 다른 시간 측정 방법에서는, 광원(20)으로부터 미리 정해진 주기로 펄스 광을 방출하고, 수광 장치(30)에 의해 펄스 광을 수광할 때의 주기를 검출하고, 발광 주기와 수광 주기 간의 위상차에 기초하여 시간(t)을 측정할 수도 있다. 시간 측정은 복수회 실행되고, 시간(t)은 복수회 측정된 시간들을 축적함으로써 얻어진 히스토그램의 피크를 검출함으로써 측정된다.

[0035] 광 센서(32)는, 수광부를 각각 포함하는 화소들이 2차원 어레이로 배치되어 있는 2차원 어레이 센서(소위, 에어리어 센서)일 수도 있거나, 또는 수광부를 각각 포함하는 화소들이 직선으로 배치되어 있는 1차원 어레이 센서(소위, 라인 센서)일 수도 있다.

[0036] 또한, 본 실시형태에서, 광 센서(32)는, 각각의 화소의 수광부가, 광자 수광에 응답하여 신호를 생성하도록 구성된 소자, 예컨대, 단일 광자 애벌랜치 다이오드(SPAD) 소자를 포함하는 센서이다. 구체적으로, 본 실시형태에 따른 수광 장치(30)는, 각각의 화소의 수광부가 SPAD 소자를 포함하는 구성을 갖고 있다. 수광부는 SPAD 소자에 한정되지 않고, APD(Avalanche Photo Diode)나 CAPD(Current Assisted Photonic Demodulator) 등의 다양한 종류의 소자들 중 하나일 수도 있다.

[0037] (SPAD 소자를 포함한 수광 장치의 기본 회로)

[0038] 도 3a는 SPAD 소자를 포함하는 수광 장치(30)의 기본적인 화소 회로의 제1 예를 나타내고, 도 3b는 그의 제2 예를 나타낸다. 여기서, 각각의 도면은 하나의 화소의 기본 구성을 나타내고 있다.

[0039] 제1 예에 따른 화소 회로(50)에서, SPAD 소자(51)는, 캐소드 전극이, 부하인 저항 소자(R)를 통해 전원 전압(V_{DD})이 제공되는 단자(52)와 접속되고, 애노드 전극이, 애노드 전압(V_{bd})이 제공되는 단자(53)와 접속되어 있다. 단자(52) 및 단자(53)는 각각 전원 전압(V_{DD}) 및 애노드 전압(V_{bd})을 제공하는 전압원에 연결되어 있다. 애노드 전압(V_{bd})은 애벌랜치 증배(avalanche multiplication)를 야기하는 큰 부전압이다. 용량 소자(C)가 애노드 전극과 접지에 접속되어 있다. 또한, SPAD 소자(51)의 캐소드 전압(V_{CA})이, 서로 직렬로 접속되는 P형 MOS 트랜지스터(Q_p) 및 N형 MOS 트랜지스터(Q_n)를 포함하는 CMOS 인버터(54)를 통해 SPAD 출력(화소 출력)으로서 도출된다.

[0040] SPAD 소자(51)에는, 브레이크다운 전압(V_{BD}) 이상의 전압이 제공된다. 브레이크다운 전압(V_{BD}) 이상의 과잉 전압은, 초과 바이어스 전압(V_{EX})이라고 지칭되고, 전형적으로 대략 2 내지 5V이다. SPAD 소자(51)는, 안정적인 DC 점이 없는 가이거 모드(Geiger mode)라고 불리는 영역에서 동작한다. 도 4a는 SPAD 소자(51)의 PN 접합의 I(전류)-V(전압) 특성을 나타낸다.

[0041] 제2 예에 따른 화소 회로(50)는, 제1 예에 따른 화소 회로(50)에서의 부하인 저항 소자(R)를 P형 MOS 트랜지스터(Q_L)로 대체한다는 점에서 제1 예와 다르다. 그 밖의 회로 구성은 기본적으로 동일하다.

[0042] 후속하여, 전술한 바와 같이 구성되는 화소 회로(50)의 회로 동작에 대해 도 4b에 나타낸 과정도를 참조하여 설명한다.

[0043] SPAD 소자(51)에 전류가 흐르지 않고 있는 상태에서는, SPAD 소자(51)에 $V_{DD} - V_{bd}$ 의 전압이 인가되고 있다. 이 전압값($V_{DD} - V_{bd}$)은 $(V_{BD} + V_{EX})$ 이다. 그리고, SPAD 소자(51)의 PN 접합부에서 암전자 발생 레이트(DCR, Dark Count Rate) 및 광 조사에 의해 발생된 전자가 애벌랜치 증배를 야기하여, 이에 의해 애벌랜치 전류가 발생한다. 이 현상은, 차광된 상태(어떠한 광도 입사하지 않고 있는 상태)에서도 확률적으로 발생하고 있다. 이것이 암전자 발생 레이트(DCR)이다.

- [0044] 캐소드 전압(V_{CA})이 저하되고, SPAD 소자(51)의 단자간의 전압이 PN 다이오드의 브레이크다운 전압(V_{BD})이 될 때, 애벌랜치 전류가 정지한다. 그리고, 애벌랜치 증배에서 발생되어 축적된 전자가, 부하인 저항 소자(R)(또는 P형 MOS 트랜지스터(Q_L))를 통해 방전되고, 캐소드 전압(V_{CA})은 전원 전압(V_{DD})까지 회복하고, 초기 상태로 돌아간다. 이 동작이, 소위 퀘칭(quenching) 동작이다.
- [0045] SPAD 소자(51)에 광이 입사하여 적어도 하나의 전자-정공 쌍이 발생될 때, 그 쌍이 애벌랜치 전류를 발생시킨다. 그리하여, 하나의 광자의 입사조차도, 어떤 확률(PDE; Photon Detection Efficiency)로 검출될 수 있다. 이 광자를 검출하는 확률(PDE)은, 통상, 대략 수 % 내지 20%이다.
- [0046] 전술한 동작이 반복된다. 또한, 이러한 일련의 동작에서, 캐소드 전압(V_{CA})이 CMOS 인버터(54)에 의해 파형 정형되고, 하나의 광자의 도착 시각을 시작점으로 하는 펄스 폭(T)을 갖는 펄스 신호가 SPAD 출력(화소 출력)으로서 얻어진다.
- [0047] 전술한 바와 같이, SPAD 소자(51)는, 단일 광자의 입사를, 어떤 확률(PDE)로 검출할 수 있는 고성능 광 센서이다. 그러나, 한번 광자 검출을 수행한 후에, SPAD 소자(51)는, 수 ns 내지 수십 ns 동안의, SPAD 소자(51)가 광자에 반응할 수 없는 기간, 즉, 데드 타임(DT; Dead Time)을 갖고 있다. 따라서, 고광량 조건이 만족되어서 광자의 검출 빈도가 증가될 때, 데드 타임(DT)의 총 지속기간이 관측 시간에 대하여 무시할 수 없을 정도로 너무 길어져서, 광 검출의 정밀도가 저하된다.
- [0048] (광자에 대한 어떠한 반응도 가능하지 않은 데드 타임(DT))
- [0049] 이하에서는, SPAD 소자(51)가 광자에 반응할 수 없는 데드 타임(DT)에 대해, 도 5의 파형도를 참조하여 보다 구체적으로 설명한다. 전술한 바와 같이, SPAD 소자(51)는, 캐소드 전압(V_{CA})이 전원 전압(V_{DD})까지 회복하는 시간에 기인하고, 광 입사에 대한 어떠한 반응도 가능하지 않은 데드 타임(DT)을 갖고 있다. 예를 들면, 영역 a에서는, 애벌랜치 증배가 2회 일어나고, 이에 따라 SPAD 출력으로서 2개의 펄스 신호가 생성된다. 그러나, 영역 b에서는, 애벌랜치 증배가 2회 일어나지만, 1개의 펄스 신호만이 생성된다.
- [0050] 이론적으로, SPAD 소자(51)가 한번 반응하고 나서, 캐소드 전압(V_{CA})이, 다음 스테이지에서의 CMOS 인버터(54)의 임계 전압 이상의 전압이 될 때까지 발생된 광 입사에 대해서는, SPAD 소자(51)는 어떠한 SPAD 출력도 생성하지 않는다. 그리하여, 이 지속기간이 데드 타임(DT)이며, 펄스 폭(T)이 임계값이다.
- [0051] 도 5의 경우에, SPAD 소자(51)에 대한 조사 광량은 상대적으로 적다. 조사 광량이 상대적으로 많고, 광의 반응 수가 많은 경우에, 도 6에 나타낸 바와 같이, SPAD 소자(51)의 실제 응답 횟수는 영역 c 및 영역 d에서 증가되지만, 데드 타임(DT)의 영향으로 의한 펄스 신호 카운팅의 누락이 크게 영향을 받는다. 이러한 현상은, 긴 데드 타임(DT) 및 높은 광자 검출 확률(PDE)의 조건 하에서 더 현저해진다.
- [0052] 보다 상세한 논리식이 이하에서 주어진다. 이하의 식에서, m 은 펄스 신호 카운트값, n 은 입사광량에 대한 이상적인 응답 빈도, t_{dead} 는 데드 타임(DT)의 시간이다.
- [0053]
$$m = n \cdot \exp(-n \cdot t_{dead})$$
- [0054] 데드 타임(DT)의 시간(t_{dead})이 길고, 입사광량에 대한 이상적인 응답 빈도(n)가 많을수록, 이론식과의 편차가 커진다.
- [0055] SPAD 소자(51)의 이상적인 특성은, 펄스 신호 카운트값(m)이 입사광량에 대해 선형으로 변화하는 것이다. 그러나, 더 큰 데드 타임(DT)을 갖는 샘플이, 도 7a에 나타낸 바와 같이, 더 약한 입사광에서 포화에 이르는 경향이 있다. 이러한 경향은, 도 7b에 나타낸 바와 같이, 더 높은 광자 검출 확률(PDE)을 갖는 SPAD(즉, 더 높은 감도를 갖는 SPAD)에서 일어날 가능성이 더 크다. 그리하여, 도 7b에 나타낸 특성은, 더 높은 감도를 갖는 SPAD가 더 빨리 포화에 이르는 경향이 있다는 것을 나타내고 있다.
- [0056] 그런데, 후술하는 바와 같이, SPAD 소자(51)를 광 센서(32)로서 이용하는 수광 장치(30)를 포함하는 측거 장치(1)는, 자동차 등의 이동체에 탑재되어 사용될 수 있다. 예를 들면, 자동차의 자동 운전에서는, 자동차가 규제에 의해 최대 광량에 제한이 있는 레이저빔의 조사를 통해 300m 앞의 장애물을 검출할 수 있을 것이 요구된다. 그리하여, SPAD 소자(51)의 감도는 높을 필요가 있다. 그러나, SPAD 소자(51)는, 아침 햇살이나 강력한 반사광 등의 조건 하에서도 정상적으로 동작할 필요가 있고, 도 7a 및 도 7b에 나타내는 고객 요구 최대 광량 이하에서

포화에 이르지 않아야 한다. 따라서, SPAD 소자(51)를 광 센서(32)로서 이용하는 수광 장치(30)는, 높은 다이나믹 레인지에서 동작하고, 다시 말하면, 약한 입사광에 반응할 수 있지만 강한 입사광에서 포화에 이르지 않을 것이 요구된다.

[0057] <실시형태에 따른 수광 장치>

[0058] 본 실시형태에서는, 다이나믹 레인지지를 확대하기 위해, 각각이 SPAD 소자(51)를 포함하는 복수의 화소를 포함하는 화소 어레이부를 포함하는 수광 장치(30)에 있어서, 화소 어레이부가, 제1 감도를 갖는 화소(소위, 고감도 화소), 및 제1 감도보다 더 낮은 제2 감도를 갖는 화소(소위, 저감도 화소)를 포함한다. 따라서, 고감도 화소는 약한 입사광에 대해 반응하고, 저감도 화소는 강한 입사광에 대해 반응하며, 이는 다이나믹 레인지의 확대를 가져올 수 있다.

[0059] 고감도 화소의 감도(즉, 제1 감도)는, 미리 정해진 광 세기보다 더 낮은 세기를 갖는 입사광(미리 정해진 양보다 더 적은 양의 광자)을 검출할 수 있는 감도일 수 있다. 또한, 저감도 화소의 감도(즉, 제2 감도)는, 미리 정해진 광량 이하, 구체적으로는, 도 7a 및 도 7b에 나타내는 고객 요구 최대 광량 이하에서 포화에 이르지 않는 감도인 것이 바람직하다.

[0060] 이 예에서, 화소 감도는 제1 감도 및 제2 감도의 2단계로 설정되지만, 본 기술은 2단계의 감도의 설정에 한정되는 것이 아니다. 제1 감도 및 제2 감도 중 하나 또는 둘 모두가 3단계 이상의 감도의 설정으로 더욱 세분될 수도 있다.

[0061] 이하에서는, 다이나믹 레인지지를 확대하기 위한 본 실시형태의 구체적인 실시예에 대해 설명한다.

[0062] (실시예 1)

[0063] 실시예 1은, 화소 어레이부 내의 각각의 화소의 사이즈를 변경함으로써 다이나믹 레인지지를 확대하는 예이다. 도 8은 실시예 1에 따른 화소 어레이부의 개략 구성을 나타낸다.

[0064] 실시예 1에서는, 화소가 행렬 형상으로 2차원 배치되어 있는 화소 어레이부(60)가, 상대적으로 큰 화소 사이즈를 갖는 제1 화소(61)와, 제1 화소(61)의 화소 사이즈보다 더 작은 화소 사이즈를 갖는 제2 화소(62)를 포함한다.

[0065] 이 예는, 제1 화소(61)와, 제1 화소(61)의 사이즈와 동일한 사이즈를 갖는 영역에 배치된 4개의 제2 화소(62)가 격자 형상으로 배열되어 있는 화소 배열을 예시적으로 기술한다. 그러나, 본 기술은 이 화소 배열에 한정되는 것이 아니고, 제1 화소(61)와 제2 화소(62)가 화소 어레이부(60) 내에 혼재되어 있는 임의의 화소 배열에 기본적으로 적용 가능하다.

[0066] 제1 화소(61)와 제2 화소(62)의 화소 사이즈들 간의 차이는, 제1 화소(61)와 제2 화소(62)의 수광 면적이 서로 다르다는 것을 의미한다. 구체적으로, 도 8로부터 명백한 바와 같이, 제1 화소(61)의 수광 면적은 제2 화소(62)의 수광 면적보다 더 크다. 따라서, 제1 화소(61)는 제2 화소(62)의 감도보다 더 높은 감도를 갖는다.

[0067] 전술한 바와 같이, 실시예 1에 따른 수광 장치(30)는, 화소 어레이부(60) 내에, 상대적으로 큰 화소 사이즈(수광 면적)를 갖는 제1 화소(61)와, 상대적으로 작은 화소 사이즈(수광 면적)를 갖는 제2 화소(62)를 포함한다. 이러한 구성에 의하면, 제1 화소(61)에 의해 낮은 입사광량의 조건 하에서 광자를 확실하게 검출할 수 있고, 제2 화소(62)에 의해 높은 입사광량의 조건 하에서 포화되지 않고서 검출 동작을 수행할 수 있다. 그 결과, 수광 장치(30)의 다이나믹 레인지가 확대된다.

[0068] (실시예 1의 응용예)

[0069] 실시예 1은 다음과 같은 응용예를 가질 수 있다.

[0070] - 응용예 1

[0071] 제1 화소(61) 및 제2 화소(62)의 출력은, 화소 사이즈에 따라 가중되고 합산되어 광량 판정을 수행하도록 될 수 있다. 자동차 등의 이동체에 탑재되는 측거 장치, 예컨대 LIDAR(Light Detection and Ranging, Laser Imaging Detection and Ranging) 장치는, 레이저빔이 물체에서 반사된 후에 되돌아올 때까지의 시간을 측정함으로써 물체까지의 거리를 계산하는 기능에 더하여, 반사광의 광량을 판정함으로써 물체를 인식하는 기능(예를 들면, 도로 상의 하얀 선을 인식하는 기능)을 갖고 있다. 이러한 기능은 반사광의 광량의 판정을 필요로 하며, 그에 따라, 판정 결과를 이용하여, 제1 화소(61) 및 제2 화소(62)의 출력을, 화소 사이즈(수광 면적)에 따라 가중하고,

그의 합산에 기초하여 반사광의 광량을 판정하도록 할 수 있다.

- 응용예 2

[0073] 주변광의 세기(광량)에 따라, 어느 하나의 화소 사이즈를 갖는 화소(제1 화소(61) 또는 제2 화소(62))만이 동작될 수 있다. 자동차 등의 이동체에 탑재되는 측거 장치, 예컨대 LIDAR 장치는, 레이저빔 방출 전의 비발광 상태에서 주변광의 정도가 판정되는 준비 모드를 갖는다. 준비 모드에서의 판정 결과를 이용하여, 주변광의 세기에 기초하여, 큰 화소 사이즈를 갖는 제1 화소(61)를 사용할지, 또는 작은 화소 사이즈를 갖는 제2 화소(62)를 사용할지의 여부를 판정하도록 할 수 있다.

- 응용예 3

[0075] 상대적으로 큰 화소 사이즈를 갖는 제1 화소(61), 및 상대적으로 작은 화소 사이즈를 갖는 제2 화소(62)를 시간순차 방식으로 선택적으로 사용할 수도 있다. 예를 들면, 큰 화소 사이즈를 갖는 제1 화소(61), 및 작은 화소 사이즈를 갖는 제2 화소(62)를 교대로 동작시키거나, 또는 이전 평가 결과에 기초하여 큰 화소 사이즈를 갖는 제1 화소(61)를 사용할지 또는 작은 화소 사이즈를 갖는 제2 화소(62)를 사용할지 여부를 판정할 수도 있다.

(실시예 2)

[0077] 실시예 2는, 화소의 수광부의 반도체층의 두께를 변경함으로써 다이나믹 레인지지를 확대하는 예이다. 도 9a는 실시예 2에 따른 화소 어레이부의 개략 구성을 나타내고, 도 9b는 수광부의 단면 구조를 나타낸다.

[0078] 도 9b에 나타내는 바와 같이, 반도체 기판, 예를 들면 p^- 기판(71)은, 반도체층인 n^- 웨(72)과, p^+ 확산층(73)의 저면 사이의 pn 접합을 통해 애별랜치 증배를 야기하도록 구성된 SPAD 소자를 포함한다. p^+ 확산층(73)의 주변부에는, p^- 웨(74)의 가드 링이 형성되어 있다. 따라서, 브레이크다운 전압(V_{BD})보다 더 낮은 전압에서 소프트 브레이크다운(soft breakdown)이 생기는 것이 방지된다.

[0079] 전술한 구조를 갖는 수광부에 있어서, 반도체층인 n^- 웨(72)이 더 큰 두께(t)를 갖는 SPAD 소자에서 광 입사시에 전자-정공 쌍이 발생할 가능성이 더 크고, 그에 따라 광자 검출 확률(PDE) 및 감도가 높다. 그리하여, 실시예 2에서는, SPAD 소자의 n^- 웨(72)의 두께(t)를 변경함으로써 도 9a에 나타내는 바와 같이, 화소 어레이부(60) 내에, 상대적으로 높은 감도를 갖는 제1 화소(63)와 상대적으로 낮은 감도를 갖는 제2 화소(64)가 제공되어 있다.

[0080] 이 예는, 고감도 화소인 제1 화소(63)와 저감도 화소인 제2 화소(64)가 격자 형상으로 배열되어 있는 화소 배열을 예시적으로 기술한다. 그러나, 본 기술은 이 화소 배열에 한정되는 것이 아니고, 제1 화소(63)와 제2 화소(64)가 화소 어레이부(60) 내에 혼재되어 있는 임의의 화소 배열에 기본적으로 적용 가능하다.

[0081] 고감도 화소와 저감도 화소가 화소 어레이부(60) 내에 혼재되어 있을 때, 실시예 2에서, SPAD 소자의 n^- 웨(72)의 두께(t)는, 저감도 화소인 제2 화소(64)에서보다 고감도 화소인 제1 화소(63)에서 더 두껍다.

[0082] 전술한 바와 같이, 실시예 2에 따른 수광 장치(30)는, 화소 어레이부(60) 내에, 상대적으로 두꺼운 두께(t)의 n^- 웨(72)을 갖는 제1 화소(63)와, 상대적으로 얇은 두께(t)의 n^- 웨(72)을 갖는 제2 화소(64)를 포함한다. 이러한 구성에 의하면, 제1 화소(63)는 낮은 입사광량의 조건 하에서 광자를 확실하게 검출할 수 있고, 제2 화소(64)는 높은 입사광량의 조건 하에서 포화에 이르지 않고서 검출 동작을 수행할 수 있다. 그 결과, 수광 장치(30)의 다이나믹 레인지가 확대된다.

(실시예 2의 응용예)

[0084] 실시예 2는, 실시예 1과 조합하여 이용될 수도 있다. 구체적으로, 수광 장치(30)는, 화소 어레이부(60) 내에, 상대적으로 두꺼운 두께(t)의 n^- 웨(72)을 갖는 제1 화소(63) 및 상대적으로 얇은 두께(t)의 n^- 웨(72)을 갖는 제2 화소(64)에 더하여, 상대적으로 큰 화소 사이즈를 갖는 제1 화소(61) 및 상대적으로 작은 화소 사이즈를 갖는 제2 화소(62)를 포함할 수도 있다.

[0085] 또한, 실시예 2는 실시예 1의 응용예 1 내지 응용예 3과 유사한 응용예들을 가질 수도 있다.

- 응용예 1

- [0087] 제1 화소(63) 및 제2 화소(64)의 출력은, n^- 웨(72)의 두께(t)에 따라 가중되고 합산되어 광량 판정을 수행하도록 될 수 있다. 그 구체예는 실시예 1의 응용예 1에서의 구체예와 동일하다.
- [0088] - 응용예 2
- [0089] 주변광의 세기(광량)에 따라, 어느 하나의 두께(t)의 n^- 웨(72)을 갖는 화소(제1 화소(63) 또는 제2 화소(64))만이 동작될 수 있다. 그 구체예는 실시예 1의 응용예 2에서의 구체예와 동일하다.
- [0090] - 응용예 3
- [0091] 상대적으로 두꺼운 두께(t)의 n^- 웨(72)을 갖는 제1 화소(63) 및 상대적으로 얇은 두께(t)의 n^- 웨(72)을 갖는 제2 화소(64)를 시간 순차 방식으로 선택적으로 사용할 수도 있다. 그 구체예는 실시예 1의 응용예 3에서의 구체예와 동일하다.
- [0092] (실시예 3)
- [0093] 실시예 3은, 화소의 수광부, 즉, SPAD 소자의 초과 바이어스 전압(V_{EX})을 변경함으로써 다이나믹 레인지지를 확대하는 예이다. 초과 바이어스 전압(V_{EX})은, SPAD 소자에 인가되는 브레이크다운 전압(V_{BD}) 이상의 과잉 전압이다. 도 10a는 실시예 3에 따른 화소 어레이부의 개략 구성을 나타내고, 도 10b는 초과 바이어스 전압(V_{EX})과, 감도 지표로서의 확률(PDE)의 관계를 나타낸다.
- [0094] 도 10b로부터 명백한 바와 같이, 광자 검출 확률(PDE), 즉, SPAD 소자의 감도는, 초과 바이어스 전압(V_{EX})의 전압값을 감소시킴으로써 줄어들 수 있고, 그에 따라 고광량의 조건 하에서 광 포화가 일어날 가능성이 낮아진다. 또한, 초과 바이어스 전압(V_{EX})의 전압값이 감소될 때, 도 11에 나타내는 바와 같이, SPAD 출력의 펄스 폭, 즉, 광자에 대한 어떠한 반응도 가능하지 않은 데드 타임(DT)이 줄어들고, 그리하여 고광량의 조건 하에서의 광 포화 특성이 전술한 이론식에 기초하여 개선될 수 있다.
- [0095] 초과 바이어스 전압(V_{EX}), 광자 검출 확률(PDE), 광자에 대한 어떠한 반응도 가능하지 않은 데드 타임(DT), 및 SPAD 소자의 특성은, 다음과 같은 관계를 갖고 있다. 구체적으로, 상대적으로 높은 초과 바이어스 전압(V_{EX}), 상대적으로 높은 확률(PDE), 및 상대적으로 긴 데드 타임(DT)을 갖는 SPAD 소자는 상대적으로 높은 감도를 가지며, 포화에 이를 가능성이 상대적으로 높다. 상대적으로 낮은 초과 바이어스 전압(V_{EX}), 상대적으로 낮은 확률(PDE), 및 상대적으로 짧은 데드 타임(DT)을 갖는 SPAD 소자는, 상대적으로 낮은 감도를 가지며, 포화에 이를 가능성이 상대적으로 낮다.
- [0096] 이러한 방식으로, SPAD 소자의 감도는, SPAD 소자에 인가되는 초과 바이어스 전압(V_{EX})의 전압값에 기초하여 조정될 수 있다. 초과 바이어스 전압(V_{EX})의 전압값은, 도 3a 및 도 3b에 있어서 단자(53)에 제공되는 애노드 전압(V_{bd})의 전압값에 기초하여 변경될 수 있다. 전술한 바와 같이, 애노드 전압(V_{bd})은 적어도 하나의 전압원에 의해 제공된다. 애노드 전압(V_{bd})의 전압값은 전형적으로, 화소 어레이부 내의 화소들에 공통인 고정된 값으로 설정된다.
- [0097] 그리하여, 실시예 3에서는, SPAD 소자에 인가되는 초과 바이어스 전압(V_{EX})의 전압값을 변경함으로써, 도 10a에 나타내는 바와 같이, 화소 어레이부(60) 내에, 상대적으로 높은 감도를 갖는 제1 화소(65) 및 상대적으로 낮은 감도를 갖는 제2 화소(66)가 제공되어 있다.
- [0098] 이 예는, 고감도 화소인 제1 화소(65)와, 저감도 화소인 제2 화소(66)가 격자 형상으로 배열되어 있는 화소 배열을 예시적으로 기술한다. 그러나, 본 기술은 이 화소 배열에 한정되는 것이 아니고, 제1 화소(65)와 제2 화소(66)가 화소 어레이부(60) 내에 혼재되어 있는 임의의 화소 배열에 기본적으로 적용 가능하다. 또한, 초과 바이어스 전압(V_{EX})의 전압값은, 제1 화소(65)와 제2 화소(66)에서 2단계로 설정하는 것에 한정되지 않고, 3단계 이상으로 설정될 수도 있다. 구체적으로, 화소 배열은 고감도 화소, 중간 감도 화소, 및 저감도 화소를 갖는 화소의 혼재를 포함할 수도 있다.
- [0099] 전술한 바와 같이, 실시예 3에 따른 수광 장치(30)는, 화소 어레이부(60) 내에, 상대적으로 높은 초과 바이어스

전압(V_{EX})을 갖는 제1 화소(65)와, 상대적으로 낮은 초과 바이어스 전압(V_{EX})을 갖는 제2 화소(66)를 포함한다. 이러한 구성에 의하면, 제1 화소(65)는 낮은 입사광량의 조건 하에서 광자를 확실하게 검출할 수 있고, 제2 화소(66)는 높은 입사광량의 조건 하에서 포화에 이르지 않고서 검출 동작을 수행할 수 있다. 그 결과, 수광 장치(30)의 다이나믹 레인지가 확대된다.

[0100] (실시예 3의 응용예)

[0101] 실시예 3은, 실시예 1과 조합하여, 실시예 2와 조합하여, 또는 실시예 1 및 실시예 2와 조합하여 이용될 수도 있다. 구체적으로, 수광 장치(30)는, 화소 어레이부(60) 내에, 상대적으로 높은 초과 바이어스 전압(V_{EX})을 갖는 제1 화소(65), 및 상대적으로 낮은 초과 바이어스 전압(V_{EX})을 갖는 제2 화소(66)에 더하여, 상대적으로 큰 화소 사이즈를 갖는 제1 화소(61), 및 상대적으로 작은 화소 사이즈를 갖는 제2 화소(62)를 포함할 수도 있다.

[0102] 대안적으로, 수광 장치(30)는, 화소 어레이부(60) 내에, 상대적으로 높은 초과 바이어스 전압(V_{EX})을 갖는 제1 화소(65), 및 상대적으로 낮은 초과 바이어스 전압(V_{EX})을 갖는 제2 화소(66)에 더하여, 상대적으로 두꺼운 두께(t)의 n^- 웰(72)을 갖는 제1 화소(63) 및 상대적으로 얇은 두께(t)의 n^- 웰(72)을 갖는 제2 화소(64)를 포함할 수도 있다.

[0103] 대안적으로, 수광 장치(30)는, 화소 어레이부(60) 내에, 상대적으로 높은 초과 바이어스 전압(V_{EX})을 갖는 제1 화소(65), 및 상대적으로 낮은 초과 바이어스 전압(V_{EX})을 갖는 제2 화소(66)에 더하여, 상대적으로 큰 화소 사이즈를 갖는 제1 화소(61) 및 상대적으로 작은 화소 사이즈를 갖는 제2 화소(62), 및 상대적으로 두꺼운 두께(t)의 n^- 웰(72)을 갖는 제1 화소(63) 및 상대적으로 얇은 두께(t)의 n^- 웰(72)을 갖는 제2 화소(64)를 포함할 수도 있다.

[0104] 또한, 실시예 3은 실시예 1의 응용예 1 내지 응용예 3과 유사한 응용예들을 가질 수도 있다.

[0105] - 응용예 1

[0106] 제1 화소(65) 및 제2 화소(66)의 출력은, 초과 바이어스 전압(V_{EX})에 따라 가중되고 합산되어 광량 판정을 수행하도록 될 수 있다. 그 구체예는 실시예 1의 응용예 1에서의 구체예와 동일하다.

[0107] - 응용예 2

[0108] 주변광의 세기(광량)에 따라, 어느 하나의 초과 바이어스 전압(V_{EX})을 갖는 화소(제1 화소(65) 또는 제2 화소(66))만이 동작될 수 있다. 그 구체예는 실시예 1의 응용예 2에서의 구체예와 동일하다.

[0109] - 응용예 3

[0110] 상대적으로 높은 초과 바이어스 전압(V_{EX})을 갖는 제1 화소(65) 및 상대적으로 낮은 초과 바이어스 전압(V_{EX})을 갖는 제2 화소(66)를 시간 순차 방식으로 선택적으로 사용할 수도 있다. 그 구체예는 실시예 1의 응용예 3에서의 구체예와 동일하다.

[0111] (실시예 4)

[0112] 실시예 4는 실시예 3의 변형예이며, 주변광의 세기(광량)에 따라 초과 바이어스 전압(V_{EX})의 전압값의 크기를 조정하는 예이다. 도 12는 실시예 4에 따른 수광 장치의 개략 구성을 나타낸다.

[0113] 실시예 4에서는, 실시예 3과 유사하게, SPAD 소자의 초과 바이어스 전압(V_{EX})을 변경함으로써 다이나믹 레인지가 확대되고, 주변광의 세기(광량)에 따라 초과 바이어스 전압(V_{EX})의 전압값의 크기가 조정된다. 그리하여, 실시예 4에 따른 수광 장치는, 화소 회로(50)의 단자(53)에 인가되는 애노드 전압(V_{bd})을 설정하도록 구성된 애노드 전압 설정부(71), 및 주변광의 세기(광량)를 검출하도록 구성된 주변광 검출부(72)를 포함한다.

[0114] 애노드 전압 설정부(71)는, 주변광 검출부(72)에 의해 검출된 주변광의 세기에 따라 연속적으로 또는 단계적으로 애노드 전압(V_{bd})의 전압값을 설정한다. 따라서, 초과 바이어스 전압(V_{EX})의 전압값의 크기는, 주변광의 세기에 따라 연속적으로 또는 단계적으로 조정된다. 그 결과, 화소 사이즈(수광 면적) 또는 수광부의 반도체층의

두께를 변경하지 않고서 화소 감도를 바꿀 수 있고, 그에 따라 다이나믹 레인지가 확대될 수 있다.

[0115] 주변광 검출부(72)는 주지된 광 센서일 수도 있다. 대안적으로, LIDAR 장치는, 레이저빔 방출 전의 비발광 상태에서 주변광의 정도가 판정되는 준비 모드를 갖는다. 그리하여, 자동차 등의 이동체에 탑재되는 측거 장치의 수광 장치로서 실시예 4에 따른 수광 장치가 사용되는 경우에, 준비 모드에서 판정되는 주변광의 세기는, 애노드 전압 설정부(71)에 대한 입력으로서 사용될 수도 있다.

[0116] 실시예 4에 따른 수광 장치의 화소 회로(50)로서, 도 3a에 나타내는 화소 회로를 사용하는 예에 대해 이상 설명 했지만, 도 3b에 나타내는 화소 회로를 사용하는 경우에 동일한 설명이 적용된다.

[0117] <본 개시의 실시형태에 따른 기술의 응용예>

[0118] 또한, 본 개시의 실시형태에 따른 기술은 다양한 제품에 적용할 수 있다. 이하에, 보다 구체적인 응용예에 대해 설명한다. 예를 들면, 본 개시의 실시형태에 따른 기술은, 자동차, 전기자동차, 하이브리드 전기자동차, 자동이륜차, 자전거, 퍼스널 모빌리티, 비행기, 드론, 선박, 로봇, 건설기계, 및 농업기계(트랙터) 등 중 임의의 종류의 이동체에 탑재되는 측거 장치로서 실현되어도 된다.

[0119] (이동체)

[0120] 도 13은 본 개시의 실시형태에 따른 기술이 적용될 수 있는 이동체 제어 시스템의 일례인 차량 제어 시스템(7000)의 개략적인 구성예를 나타내는 블록도이다. 차량 제어 시스템(7000)은 통신 네트워크(7010)를 통해 접속된 복수의 전자 제어 유닛을 구비한다. 도 13에 나타낸 예에서는 차량 제어 시스템(7000)은 구동계 제어 유닛(7100), 보디계 제어 유닛(7200), 배터리 제어 유닛(7300), 차외 정보 검출 유닛(7400), 차내 정보 검출 유닛(7500) 및 통합 제어 유닛(7600)을 구비한다. 이들 복수의 제어 유닛을 접속하는 통신 네트워크(7010)는, 예를 들면, CAN(Controller Area Network), LIN(Local Interconnect Network), LAN(Local Area Network) 또는 FlexRay(등록상표) 등의 임의의 규격에 준거한 차재 통신 네트워크여도 된다.

[0121] 각 제어 유닛은, 각종 컴퓨터 프로그램에 따라 연산 처리를 행하는 마이크로컴퓨터와, 마이크로컴퓨터에 의해 실행되는 컴퓨터 프로그램 및 각종 연산에 사용되는 파라미터 등을 기억하는 기억부와, 각종 제어 대상의 장치를 구동하는 구동 회로를 구비한다. 각 제어 유닛은, 통신 네트워크(7010)를 통해 다른 제어 유닛과의 사이에서 통신을 행하기 위한 네트워크 I/F를 구비함과 함께, 차내외의 장치 또는 센서 등과의 사이에서 유선 통신 또는 무선 통신에 의해 통신을 행하기 위한 통신 I/F를 구비한다. 도 13에서는 통합 제어 유닛(7600)의 기능 구성으로서, 마이크로컴퓨터(7610), 범용 통신 I/F(7620), 전용 통신 I/F(7630), 측위부(7640), 비콘 수신부(7650), 차내 기기 I/F(7660), 음성 화상 출력부(7670), 차재 네트워크 I/F(7680) 및 기억부(7690)가 도시되어 있다. 다른 제어 유닛도 마찬가지로, 마이크로컴퓨터, 통신 I/F 및 기억부 등을 구비한다.

[0122] 구동계 제어 유닛(7100)은, 각종 컴퓨터 프로그램에 따라 차량의 구동계에 관련하는 장치의 동작을 제어한다. 예를 들면, 구동계 제어 유닛(7100)은 내연기관 또는 구동용 모터 등의 차량 구동력을 발생시키기 위한 구동력 발생 장치, 구동력을 차륜에 전달하기 위한 구동력 전달 기구, 차량 타각을 조절하는 스티어링 기구, 및 차량의 제동력을 발생시키는 제동 장치 등의 제어 장치로서 기능한다. 구동계 제어 유닛(7100)은 ABS(Antilock Brake System) 또는 ESC(Electronic Stability Control) 등의 제어 장치로서의 기능을 가져도 된다.

[0123] 구동계 제어 유닛(7100)에는 차량 상태 검출부(7110)가 접속된다. 차량 상태 검출부(7110)에는, 예를 들면, 차체의 축회전 운동의 각속도를 검출하는 자이로 센서, 차량의 가속도를 검출하는 가속도 센서, 또는 액셀 페달의 조작량, 브레이크 페달의 조작량, 스티어링 휠의 조타각, 엔진 회전수 또는 차륜의 회전속도 등을 검출하기 위한 센서 중 적어도 하나가 포함된다. 구동계 제어 유닛(7100)은, 차량 상태 검출부(7110)로부터 입력되는 신호를 이용해서 연산 처리를 행하고, 내연 기관, 구동용 모터, 전동 파워 스티어링 장치 또는 브레이크 장치 등을 제어한다.

[0124] 보디계 제어 유닛(7200)은, 각종 컴퓨터 프로그램에 따라 차체에 장비된 각종 장치의 동작을 제어한다. 예를 들면, 보디계 제어 유닛(7200)은, 키리스 엔트리(keyless entry) 시스템, 스마트 키 시스템, 파워 윈도우 장치, 또는 헤드램프, 후방 램프, 브레이크 램프, 깜빡이 또는 안개등 등의 각종 램프의 제어 장치로서 기능한다. 이 경우, 보디계 제어 유닛(7200)은, 키를 대체하는 휴대기에 의해 발신되는 전파 또는 각종 스위치의 신호를 수신 할 수 있다. 보디계 제어 유닛(7200)은 이 전파 또는 신호의 입력을 수신하여, 차량의 도어록 장치, 파워 윈도우 장치, 램프 등을 제어한다.

[0125] 배터리 제어 유닛(7300)은, 각종 컴퓨터 프로그램에 따라 구동용 모터의 전력 공급원인 이차전지(7310)를 제어

한다. 예를 들면, 배터리 제어 유닛(7300)은, 이차전지(7310)를 구비한 배터리 장치로부터, 배터리 온도, 배터리 출력 전압 또는 배터리의 잔존 용량 등의 정보를 수신한다. 배터리 제어 유닛(7300)은 이들 신호를 이용해서 연산 처리를 행하여, 이차전지(7310)의 온도 조절 제어 또는 배터리 장치에 구비된 냉각 장치 등의 제어를 행한다.

[0126] 차외 정보 검출 유닛(7400)은 차량 제어 시스템(7000)을 탑재한 차량의 외부 정보를 검출한다. 예를 들면, 차외 정보 검출 유닛(7400)에는 활상부(7410) 및 차외 정보 검출부(7420) 중 적어도 일방이 접속된다. 활상부(7410)에는 ToF(Time Of Flight) 카메라, 스테레오 카메라, 단안 카메라, 적외선 카메라 및 그 밖의 카메라 중 적어도 하나가 포함된다. 차외 정보 검출부(7420)에는 예를 들면, 현재 날씨 또는 기상을 검출하기 위한 환경 센서, 또는 차량 제어 시스템(7000)을 탑재한 차량 주위의 다른 차량, 장애물 또는 보행자 등을 검출하기 위한 주위 정보 검출 센서 중 적어도 하나가 포함된다.

[0127] 환경 센서는 예를 들면, 우천을 검출하는 빗방울 센서, 안개를 검출하는 안개 센서, 일조 정도를 검출하는 일조 센서, 또는 강설을 검출하는 눈 센서 중 적어도 하나여도 된다. 주위 정보 검출 센서는 초음파 센서, 레이더 장치, 또는 LIDAR(Light Detection and Ranging, Laser Imaging Detection and Ranging) 장치 중 적어도 하나여도 된다. 이들 활상부(7410) 및 차외 정보 검출부(7420)는 각각 독립한 센서 또는 장치로서 구비되어도 되고, 복수의 센서 또는 장치가 통합된 장치로서 구비되어도 된다.

[0128] 여기서, 도 14는 활상부(7410) 및 차외 정보 검출부(7420)의 설치 위치의 예를 나타낸다. 활상부(7910, 7912, 7914, 7916, 7918)는, 예를 들면, 차량(7900)의 프론트 노즈, 사이드 미러, 리어 범퍼, 백 도어 및 차실 내의 프런트 클래스 상부 중 적어도 하나의 위치에 설치된다. 프론트 노즈에 구비되는 활상부(7910) 및 차실 내의 프런트 클래스 상부에 구비되는 활상부(7918)는, 주로 차량(7900)의 전방의 화상을 취득한다. 사이드 미러에 구비되는 활상부(7912, 7914)는, 주로 차량(7900)의 측방의 화상을 취득한다. 리어 범퍼 또는 백 도어에 구비되는 활상부(7916)는, 주로 차량(7900)의 후방 화상을 취득한다. 차실 내의 프런트 클래스 상부에 구비되는 활상부(7918)는, 주로 선행 차량 또는 보행자, 장애물, 신호기, 교통 표지 또는 차선 등의 검출에 이용된다.

[0129] 또한, 도 14에는 각각의 활상부(7910, 7912, 7914, 7916)의 활영 범위의 일례가 도시되어 있다. 활상 범위 (a)는 프론트 노즈에 설치된 활상부(7910)의 활상 범위를 나타내고, 활상 범위 (b), (c)는 각각 사이드 미러에 설치된 활상부(7912, 7914)의 활상 범위를 나타내고, 활상 범위 (d)는 리어 범퍼 또는 백 도어에 설치된 활상부(7916)의 활상 범위를 나타낸다. 예를 들면, 활상부(7910, 7912, 7914, 7916)로 활상된 화상 데이터가 중첩됨으로써, 차량(7900)을 상방으로부터 본 부감 화상을 얻을 수 있다.

[0130] 차량(7900)의 프론트, 리어, 사이드, 코너 및 차실 내의 프런트 클래스 상부에 설치되는 차외 정보 검출부(7920, 7922, 7924, 7926, 7928, 7930)는, 예를 들면 초음파 센서 또는 레이더 장치여도 된다. 차량(7900)의 프론트 노즈, 리어 범퍼, 백 도어 및 차실 내의 프런트 클래스 상부에 설치되는 차외 정보 검출부(7920, 7926, 7930)는, 예를 들면 LIDAR 장치여도 된다. 이를 차외 정보 검출부(7920~7930)는, 주로 선행 차량, 보행자 또는 장애물 등의 검출에 이용된다.

[0131] 도 13을 참조하여 설명을 계속한다. 차외 정보 검출 유닛(7400)은, 활상부(7410)에 차외의 화상을 활상시킴과 함께, 활상된 화상 데이터를 수신한다. 또한, 차외 정보 검출 유닛(7400)은, 접속되어 있는 차외 정보 검출부(7420)로부터 검출 정보를 수신한다. 차외 정보 검출부(7420)가 초음파 센서, 레이더 장치 또는 LIDAR 장치인 경우에는, 차외 정보 검출 유닛(7400)은 초음파 또는 전자파 등을 발신시킴과 함께, 수신된 반사파의 정보를 수신한다. 차외 정보 검출 유닛(7400)은, 수신한 정보에 기초하여, 사람, 차, 장애물, 표지 또는 노면 상의 문자 등의 물체 검출 처리 또는 거리 검출 처리를 행하여도 된다. 차외 정보 검출 유닛(7400)은, 수신한 정보에 기초하여, 강우, 안개 또는 노면 상황 등을 인식하는 환경 인식 처리를 행해도 된다. 차외 정보 검출 유닛(7400)은, 수신한 정보에 기초하여, 차외의 물체까지의 거리를 산출해도 된다.

[0132] 또한, 차외 정보 검출 유닛(7400)은, 수신한 화상 데이터에 기초하여, 사람, 차, 장애물, 표지 또는 노면 상의 문자 등을 인식하는 화상 인식 처리 또는 거리 검출 처리를 행해도 된다. 차외 정보 검출 유닛(7400)은, 수신한 화상 데이터에 대해 왜곡 보정 또는 위치맞춤 등의 처리를 행함과 함께, 다른 활상부(7410)에 의해 활상된 화상 데이터를 합성하여, 부감 화상 또는 파노라마 화상을 생성해도 된다. 차외 정보 검출 유닛(7400)은, 다른 활상부(7410)에 의해 활상된 화상 데이터를 이용하여, 시점 변환 처리를 행해도 된다.

[0133] 차내 정보 검출 유닛(7500)은, 차내의 정보를 검출한다. 차내 정보 검출 유닛(7500)에는, 예를 들면, 운전자의 상태를 검출하는 운전자 상태 검출부(7510)가 접속된다. 운전자 상태 검출부(7510)는, 운전자를 활성화하는 카메

라, 운전자의 생체 정보를 검출하는 생체 센서 또는 차실 내의 음성을 집음하는 마이크 등을 포함해도 된다. 생체 센서는, 예를 들면, 좌면 또는 스티어링 휠 등에 설치되어, 좌석에 앉은 탑승자 또는 스티어링 휠을 쥐는 운전자의 생체 정보를 검출한다. 차내 정보 검출 유닛(7500)은, 운전자 상태 검출부(7510)로부터 입력되는 검출 정보에 기초하여, 운전자의 피로 정도 또는 집중 정도를 산출해도 되고, 운전자가 좋고 있지 않은지를 판별해도 된다. 차내 정보 검출 유닛(7500)은, 집음된 음성 신호에 대해 잡음 제거 처리 등의 처리를 행해도 된다.

[0134] 통합 제어 유닛(7600)은 각종 컴퓨터 프로그램에 따라 차량 제어 시스템(7000) 내의 동작 전반을 제어한다. 통합 제어 유닛(7600)에는, 입력부(7800)가 접속되어 있다. 입력부(7800)는, 예를 들면, 터치 패널, 버튼, 마이크로폰, 스위치 또는 레버 등, 탑승자에 의해 입력 조작될 수 있는 장치에 의해 실현된다. 통합 제어 유닛(7600)에는, 마이크로폰에 의해 입력되는 음성을 음성 인식함으로써 얻어진 데이터가 입력되어도 된다. 입력부(7800)는, 예를 들면, 적외선 또는 그 밖의 전파를 이용한 리모트컨트롤 장치여도 되고, 차량 제어 시스템(7000)의 조작에 대응한 휴대전화 또는 PDA(Personal Digital Assistant) 등의 외부 접속 기기여도 된다. 입력부(7800)는, 예를 들면 카메라여도 되며, 그 경우 탑승자는 제스처에 의해 정보를 입력할 수 있다. 또는, 탑승자가 장착한 웨어러블 장치의 움직임을 검출함으로써 얻어진 데이터가 입력되어도 된다. 또한, 입력부(7800)는, 예를 들면, 상기 입력부(7800)를 이용해서 탑승자 등에 의해 입력된 정보에 기초하여 입력 신호를 생성하고, 통합 제어 유닛(7600)에 출력하는 입력 제어 회로 등을 포함해도 된다. 탑승자 등은 이 입력부(7800)를 조작함으로써, 차량 제어 시스템(7000)에 대해 각종 데이터를 입력하거나 처리 동작을 지시한다.

[0135] 기억부(7690)는 마이크로컴퓨터에 의해 실행되는 각종 컴퓨터 프로그램을 기억하는 ROM(Read Only Memory) 및 각종 파라미터, 연산 결과 또는 센서 값 등을 기억하는 RAM(Random Access Memory)을 포함하고 있어도 된다. 또한, 기억부(7690)는 HDD(Hard Disc Drive) 등의 자기 기억 디바이스, 반도체 기억 디바이스, 광 기억 디바이스 또는 광 자기 기억 디바이스 등에 의해 실현해도 된다.

[0136] 범용 통신 I/F(7620)는, 외부 환경(7750)에 존재하는 다양한 기기와의 사이의 통신을 중개하는 범용적인 통신 I/F이다. 범용 통신 I/F(7620)는, GSM(등록상표)(Global System of Mobile communications), WiMAX, LTE(Long Term Evolution) 또는 LTE-A(LTE-Advanced) 등의 셀룰러 통신 프로토콜, 또는 무선 LAN(Wi-Fi(등록상표)라고도 함), Bluetooth(등록상표) 등의 그 밖의 무선 통신 프로토콜을 실장하여도 된다. 범용 통신 I/F(7620)는, 예를 들면, 기지국 또는 액세스 포인트를 통해, 외부 네트워크(예를 들면, 인터넷, 클라우드 네트워크 또는 사업자 고유의 네트워크) 상에 존재하는 기기(예를 들면, 애플리케이션 서버 또는 제어 서버)에 접속해도 된다. 또한, 범용 통신 I/F(7620)는, 예를 들면 P2P(Peer To Peer) 기술을 이용하여, 차량의 근방에 존재하는 단말(예를 들면, 운전자, 보행자 또는 점포의 단말, 또는 MTC(Machine Type Communication) 단말)과 접속해도 된다.

[0137] 전용 통신 I/F(7630)는, 차량에서의 사용을 목적으로 하여 책정된 통신 프로토콜을 지원하는 통신 I/F이다. 전용 통신 I/F(7630)는, 예를 들면, 하위 레이어의 IEEE 802.11p와 상위 레이어의 IEEE 1609의 조합인 WAVE(Wireless Access in Vehicle Environment), DSRC(Dedicated Short Range Communications), 또는 셀룰러 통신 프로토콜과 같은 표준 프로토콜을 실장하여도 된다. 전용 통신 I/F(7630)는, 전형적으로는 차량간(Vehicle to Vehicle) 통신, 차량과 인프라간(Vehicle to Infrastructure) 통신, 차량과 집간(Vehicle to Home)의 통신 및 차량과 보행자간(Vehicle to Pedestrian) 통신 중 하나 이상을 포함하는 개념인 V2X 통신을 수행한다.

[0138] 측위부(7640)는 예를 들면, GNSS(Global Navigation Satellite System) 위성으로부터의 GNSS 신호(예를 들면, GPS(Global Positioning System) 위성으로부터의 GPS 신호)를 수신해서 측위를 실행하고, 차량의 위도, 경도 및 고도를 포함하는 위치 정보를 생성한다. 또한, 측위부(7640)는 무선 액세스 포인트와의 신호 교환에 의해 현재 위치를 특정하여도 되며, 또는 측위 기능을 갖는 휴대전화, PHS 또는 스마트폰과 같은 단말로부터 위치 정보를 취득해도 된다.

[0139] 비콘 수신부(7650)는, 예를 들면, 도로 상에 설치된 무선 통신국 등으로부터 발신되는 전파 또는 전자파를 수신하여, 현재 위치, 정체, 통행금지 또는 소요 시간 등의 정보를 취득한다. 또한, 비콘 수신부(7650)의 기능은 상술한 전용 통신 I/F(7630)에 포함되어도 된다.

[0140] 차내 기기 I/F(7660)는 마이크로컴퓨터(7610)와 차내에 존재하는 다양한 차내 기기(7760) 사이의 접속을 중개하는 통신 인터페이스이다. 차내 기기 I/F(7660)는, 무선 LAN, Bluetooth(등록상표), NFC(Near Field Communication) 또는 WUSB(Wireless USB)와 같은 무선 통신 프로토콜을 이용하여 무선 접속을 확립하여도 된다. 또한, 차내 기기 I/F(7660)는, 도시하지 않은 접속 단자(및 필요한 경우 케이블)를 통해, USB(Universal Serial Bus), HDMI(등록상표)(High-Definition Multimedia Interface), 또는 MHL(Mobile High-definition

Link) 등의 유선 접속을 확립하여도 된다. 차내 기기(7760)는, 예를 들면, 탑승자가 가진 모바일 기기 또는 웨어러블 기기, 또는 차량에 반입되거나 또는 장착된 정보기기 중 적어도 하나를 포함하고 있어도 된다. 또한, 차내 기기(7760)는, 임의의 목적지까지의 경로 탐색을 하는 네비게이션 장치를 포함하고 있어도 된다. 차내 기기 I/F(7660)는, 이 차내 기기(7760)와의 사이에서, 제어 신호 또는 데이터 신호를 교환한다.

[0141] 차내 네트워크 I/F(7680)는, 마이크로컴퓨터(7610)와 통신 네트워크(7010) 사이의 통신을 중개하는 인터페이스이다. 차내 네트워크 I/F(7680)는, 통신 네트워크(7010)에 의해 지원되는 소정의 프로토콜에 의거하여, 신호 등을 송수신한다.

[0142] 통합 제어 유닛(7600)의 마이크로컴퓨터(7610)는, 범용 통신 I/F(7620), 전용 통신 I/F(7630), 측위부(7640), 비콘 수신부(7650), 차내 기기 I/F(7660) 및 차내 네트워크 I/F(7680) 중 적어도 하나를 통해 취득되는 정보에 기초하여, 각종 컴퓨터 프로그램에 따라, 차량 제어 시스템(7000)을 제어한다. 예를 들면, 마이크로컴퓨터(7610)는, 취득되는 차내외의 정보에 기초하여, 구동력 발생 장치, 스티어링 기구 또는 제동 장치의 제어 목표 값을 연산하여, 구동계 제어 유닛(7100)에 대해 제어 지령을 출력해도 된다. 예를 들면, 마이크로컴퓨터(7610)는, 차량의 충돌 회피 또는 충격 완화, 차간 거리에 기초한 추종 주행, 차량 속도 유지 주행, 차량의 충돌 경고, 또는 차량의 차선 이탈 경고 등을 포함하는 ADAS(Advanced Driver Assistance System)의 기능 실현을 목적으로 한 협조 제어를 행해도 된다. 또한, 마이크로컴퓨터(7610)는, 취득되는 차량의 주위 정보에 기초하여 구동력 발생 장치, 스티어링 기구 또는 제동 장치 등을 제어함으로써, 운전자의 조작에 의하지 않고 자율적으로 주행하는 자동 운전 등을 목적으로 한 협조 제어를 행해도 된다.

[0143] 마이크로컴퓨터(7610)는, 범용 통신 I/F(7620), 전용 통신 I/F(7630), 측위부(7640), 비콘 수신부(7650), 차내 기기 I/F(7660) 및 차내 네트워크 I/F(7680) 중 적어도 하나를 통해 취득되는 정보에 기초하여, 차량과 주변의 구조물이나 인물 등의 물체와의 사이의 3차원 거리 정보를 생성하고, 차량의 현재 위치의 주변 정보를 포함하는 로컬 지도 정보를 작성해도 된다. 또한, 마이크로컴퓨터(7610)는, 취득되는 정보에 기초하여, 차량의 충돌, 보행자 등의 근접 또는 통행금지의 도로로의 진입 등의 위험을 예측하고, 경고용 신호를 생성해도 된다. 경고용 신호는, 예를 들면, 경고음을 발생시키거나, 경고 램프를 점등시키기 위한 신호여도 된다.

[0144] 음성 화상 출력부(7670)는, 차량의 탑승자 또는 차외에 대해, 시각적 또는 청각적으로 정보를 통지하는 것이 가능한 출력 장치로 음성 및 화상 중 적어도 일방의 출력 신호를 송신한다. 도 13의 예에서는, 출력 장치로서, 오디오 스피커(7710), 표시부(7720) 및 인스트루먼트 패널(7730)이 예시되어 있다. 표시부(7720)는, 예를 들면, 온 보드 디스플레이 및 헤드업 디스플레이의 적어도 하나를 포함하고 있어도 된다. 표시부(7720)는 AR(Augmented Reality) 표시 기능을 가지고 있어도 된다. 출력 장치는 이들 장치 외의, 헤드폰, 탑승자가 장착하는 안경형 디스플레이 등의 웨어러블 디바이스, 프로젝터 또는 램프 등의 다른 장치여도 된다. 출력 장치가 표시 장치인 경우, 표시 장치는 마이크로컴퓨터(7610)가 행한 각종 처리에 의해 얻어진 결과 또는 다른 제어 유닛으로부터 수신된 정보를 텍스트, 이미지, 표, 그래프 등의 여러가지 형식으로 시각적으로 표시한다. 또한, 출력 장치가 음성 출력 장치인 경우, 음성 출력 장치는 재생된 음성 데이터 또는 음향 데이터 등으로 이루어지는 오디오 신호를 아날로그 신호로 변환하여 청각적으로 출력한다.

[0145] 한편, 도 13에 나타낸 예에 있어서, 통신 네트워크(7010)를 통해 접속된 적어도 2개의 제어 유닛이 하나의 제어 유닛으로서 일체화되어도 된다. 또는, 각각의 제어 유닛이, 복수의 제어 유닛에 의해 구성되어도 된다. 나아가, 차량 제어 시스템(7000)이, 도시되지 않은 별도의 제어 유닛을 구비해도 된다. 또한, 상기 설명에 있어서, 임의의 제어 유닛이 담당하는 기능의 일부 또는 전부를, 다른 제어 유닛에 갖게 하여도 된다. 즉, 통신 네트워크(7010)를 통해 정보의 송수신이 되도록 되어 있으면, 소정의 연산 처리가 어떠한 제어 유닛에서 행해지도록 되어 있어도 된다. 마찬가지로, 임의의 제어 유닛에 접속되어 있는 센서 또는 장치가, 다른 제어 유닛에 접속됨과 함께, 복수의 제어 유닛이, 통신 네트워크(7010)를 통해 서로 겹출 정보를 송수신해도 된다.

[0146] 이상에서는, 본 개시의 실시형태에 따른 기술이 적용될 수 있는 예시적인 차량 제어 시스템에 대해 설명하였다. 본 개시의 실시형태에 따른 기술은, 전술한 구성 중, 예를 들면, 활상부(7910, 7912, 7914, 7916, 7918) 및 차외 정보 겹출부(7920, 7922, 7924, 7926, 7928, 7930)에 적용될 수 있다. 그리고, 본 개시의 실시형태에 따른 기술이 적용될 때, 수광 장치의 다이나믹 레인지가 확대될 수 있고, 약한 입사광에 대한 반응이 가능하고, 강한 입사광에서 포화에 이르지 않고서 동작을 수행할 수 있어, 이에 의해, 예를 들면, 활상 대상을 매우 정밀하게 겹출할 수 있는 차량 제어 시스템을 달성할 수 있다.

[0147] <본 개시의 구성>

- [0148] 본 개시는 후술되는 바와 같이 구성될 수도 있다.
- [0149] <<A. 수광 장치>>
- [0150] (A-1)
- [0151] 광자 수광에 응답하여 신호를 생성하도록 구성된 수광부를 각각 포함하는 복수의 화소를 포함하는 화소 어레이부를 포함하고,
- [0152] 화소 어레이부는 제1 감도를 갖는 화소, 및 제1 감도보다 더 낮은 제2 감도를 갖는 화소를 포함하는, 수광 장치.
- [0153] (A-2)
- [0154] 제1 감도는, 미리 정해진 광 세기보다 더 낮은 세기를 갖는 입사광을 검출할 수 있는 감도이며,
- [0155] 제2 감도는, 미리 정해진 광량 이하에서 포화에 이르지 않는 감도인, (A-1)에 따른 수광 장치.
- [0156] (A-3)
- [0157] 제1 감도를 갖는 화소의 수광 면적은, 제2 감도를 갖는 화소의 수광 면적보다 더 큰, (A-2)에 따른 수광 장치.
- [0158] (A-4)
- [0159] 제1 감도를 갖는 화소의 수광부의 반도체층의 두께는, 제2 감도를 갖는 화소의 수광부의 반도체층의 두께보다 더 두꺼운, (A-2)에 따른 수광 장치.
- [0160] (A-5)
- [0161] 제1 감도를 갖는 화소의 초과 바이어스 전압의 전압값은, 제2 감도를 갖는 화소의 초과 바이어스 전압의 전압값보다 더 높은, (A-2)에 따른 수광 장치.
- [0162] (A-6)
- [0163] 초과 바이어스 전압의 전압값은, 수광부의 애노드 전극에 인가되는 애노드 전압의 전압값에 의해 설정되는, (A-5)에 따른 수광 장치.
- [0164] (A-7)
- [0165] 애노드 전압의 전압값은 주변광의 세기에 따라 설정되는, (A-6)에 따른 수광 장치.
- [0166] (A-8)
- [0167] 수광부는 단일 광자 애벌랜치 다이오드를 포함하는, (A-1) 내지 (A-7) 중 어느 하나에 따른 수광 장치.
- [0168] <<B. 측거 장치>>
- [0169] (B-1)
- [0170] 측정 물체에 대해 광을 조사하도록 구성된 광원; 및
- [0171] 측정 물체에서 반사된 광을 수광하도록 구성된 수광 장치를 포함하고,
- [0172] 수광 장치는, 광자 수광에 응답하여 신호를 생성하도록 구성된 수광부를 각각 포함하는 복수의 화소를 포함하는 화소 어레이부를 포함하고,
- [0173] 화소 어레이부는 제1 감도를 갖는 화소, 및 제1 감도보다 더 낮은 제2 감도를 갖는 화소를 포함하는, 측거 장치.
- [0174] (B-2)
- [0175] 제1 감도는, 미리 정해진 광 세기보다 더 낮은 세기를 갖는 입사광을 검출할 수 있는 감도이며,
- [0176] 제2 감도는, 미리 정해진 광량 이하에서 포화에 이르지 않는 감도인, (B-1)에 따른 측거 장치.
- [0177] (B-3)
- [0178] 제1 감도를 갖는 화소의 수광 면적은, 제2 감도를 갖는 화소의 수광 면적보다 더 큰, (B-2)에 따른 측거 장치.

- [0179] (B-4)
- [0180] 제1 감도를 갖는 화소의 수광부의 반도체층의 두께는, 제2 감도를 갖는 화소의 수광부의 반도체층의 두께보다 더 두꺼운, (B-2)에 따른 측거 장치.
- [0181] (B-5)
- [0182] 제1 감도를 갖는 화소의 초과 바이어스 전압값은, 제2 감도를 갖는 화소의 초과 바이어스 전압값보다 더 높은, (B-2)에 따른 측거 장치.
- [0183] (B-6)
- [0184] 초과 바이어스 전압값은, 수광부의 애노드 전극에 인가되는 애노드 전압값에 의해 설정되는, (B-5)에 따른 측거 장치.
- [0185] (B-7)
- [0186] 애노드 전압의 전압값은 주변광의 세기에 따라 설정되는, (B-6)에 따른 측거 장치.
- [0187] (B-8)
- [0188] 수광부는 단일 광자 애벌랜치 다이오드를 포함하는, (B-1) 내지 (B-7) 중 어느 하나에 따른 측거 장치.
- [0189] (C-1)
- [0190] 감광성 소자에 의한 광자의 검출에 응답하여 신호를 생성하도록 구성된 감광성 소자를 각각 포함하는 복수의 화소를 포함하는 화소 어레이를 포함하고,
- [0191] 복수의 화소는, 제1 화소에 입사되는 제1 광자를 검출하기 위한 제1 감도를 갖는 제1 화소, 및 제2 화소에 입사되는 제2 광자를 검출하기 위한 제2 감도를 갖는 제2 화소를 포함하고, 제2 감도는 제1 감도보다 더 낮은, 수광 장치.
- [0192] (C-2)
- [0193] 화소 어레이와 통신 상태에 있는 프로세서를 더 포함하고,
- [0194] 프로세서는 일정 시간 간격 동안 감광성 소자들 각각에 의해 생성되는 신호들의 수를 카운트하도록 구성되는, (C-1)에 따른 수광 장치.
- [0195] (C-3)
- [0196] 제1 화소의 감광성 소자는, 제2 화소의 감광성 소자가 포화하도록 구성된 입사광량보다 더 적은 입사광량에서 포화하도록 구성된, (C-1) 또는 (C-2)에 따른 수광 장치.
- [0197] (C-4)
- [0198] 제1 화소의 수광 면적은 제2 화소의 수광 면적보다 더 큰, (C-1) 내지 (C-3) 중 어느 하나에 따른 수광 장치.
- [0199] (C-5)
- [0200] 제1 화소 내의 감광성 소자의 반도체층의 두께는 제2 화소 내의 감광성 소자의 반도체층의 두께보다 더 두꺼운, (C-1) 내지 (C-3) 중 어느 하나에 따른 수광 장치.
- [0201] (C-6)
- [0202] 제1 화소 내의 감광성 소자의 n-웰 영역의 두께는 제2 화소 내의 감광성 소자의 n-웰 영역의 두께보다 더 두꺼운, (C-5)에 따른 수광 장치.
- [0203] (C-7)
- [0204] 적어도 하나의 전압원을 더 포함하고,
- [0205] 적어도 하나의 전압원은, 제1 화소에 제1 초과 바이어스 전압을 제공하고 제2 화소에 제2 초과 바이어스 전압을 제공하도록 구성되고, 제1 초과 바이어스 전압은 제2 초과 바이어스 전압보다 더 높은, (C-1) 내지 (C-3) 중 어느 하나에 따른 수광 장치.

- [0206] (C-8)
- [0207] 제1 초과 바이어스 전압은, 제1 화소 내의 감광성 소자의 애노드 전극에 의해 수신되는 애노드 전압에 따라 설정되는, (C-7)에 따른 수광 장치.
- [0208] (C-9)
- [0209] 주변광의 세기를 검출하도록 구성된 주변광 검출기를 더 포함하고,
- [0210] 애노드 전압은 주변광의 세기에 따라 설정되는, (C-8)에 따른 수광 장치.
- [0211] (C-10)
- [0212] 감광성 소자는 단일 광자 애벌랜치 다이오드를 포함하는, (C-1) 내지 (C-9) 중 어느 하나에 따른 수광 장치.
- [0213] (C-11)
- [0214] 수광 장치는 차량에 탑재되도록 구성되는, (C-1) 내지 (C-10) 중 어느 하나에 따른 수광 장치.
- [0215] (C-12)
- [0216] 프로세서는, 제1 감도 및/또는 제2 감도에 응답하여 제1 화소 및/또는 제2 화소로부터 출력되는 신호에 각종 인자를 가하도록 구성되는, (C-2) 또는 (C-3)에 따른 수광 장치.
- [0217] (C-13)
- [0218] 프로세서는, 프로세서에 의해 카운트된 신호들의 수에 기초하여 수광 장치로부터 물체까지의 거리를 판정하도록 구성되는, (C-2) 또는 (C-3)에 따른 수광 장치.
- [0219] (C-14)
- [0220] 프로세서는, 프로세서에 의해 카운트된 신호들의 수에 기초하여 물체를 인식하도록 구성되는, (C-2) 또는 (C-3)에 따른 수광 장치.
- [0221] (C-15)
- [0222] 프로세서는 주변광의 세기를 검출하도록 구성되고,
- [0223] 제1 화소 및/또는 제2 화소의 동작은 주변광의 세기에 기초하여 결정되는, (C-2) 또는 (C-3)에 따른 수광 장치.
- [0224] (C-16)
- [0225] 측정 물체에 대해 광을 조사하도록 구성된 광원; 및
- [0226] 측정 물체에 의해 반사된 광을 수광하도록 구성된 수광 장치를 포함하고,
- [0227] 수광 장치는, 감광성 소자에 입사되는 적어도 하나의 광자를 검출하는 것에 응답하여 신호를 생성하도록 구성된 감광성 소자를 각각 포함하는 복수의 화소를 포함하는 화소 어레이를 포함하고,
- [0228] 화소 어레이부는, 제1 화소에 입사되는 제1 광자를 검출하기 위한 제1 감도를 갖는 제1 화소, 및 제2 화소에 입사되는 제2 광자를 검출하기 위한 제2 감도를 갖는 제2 화소를 포함하고, 제2 감도는 제1 감도보다 더 낮은, 수광 시스템.
- [0229] (C-17)
- [0230] 제1 화소의 감광성 소자는, 제2 화소의 감광성 소자가 포화하도록 구성된 입사광량보다 더 적은 입사광량에서 포화하도록 구성된, (C-16)에 따른 수광 시스템.
- [0231] (C-18)
- [0232] 적어도 하나의 전압원을 더 포함하고,
- [0233] 적어도 하나의 전압원은, 제1 화소에 제1 초과 바이어스 전압을 제공하고 제2 화소에 제2 초과 바이어스 전압을 제공하도록 구성되고, 제1 초과 바이어스 전압은 제2 초과 바이어스 전압보다 더 높은, (C-16) 또는 (C-17)에 따른 수광 시스템.
- [0234] (C-19)

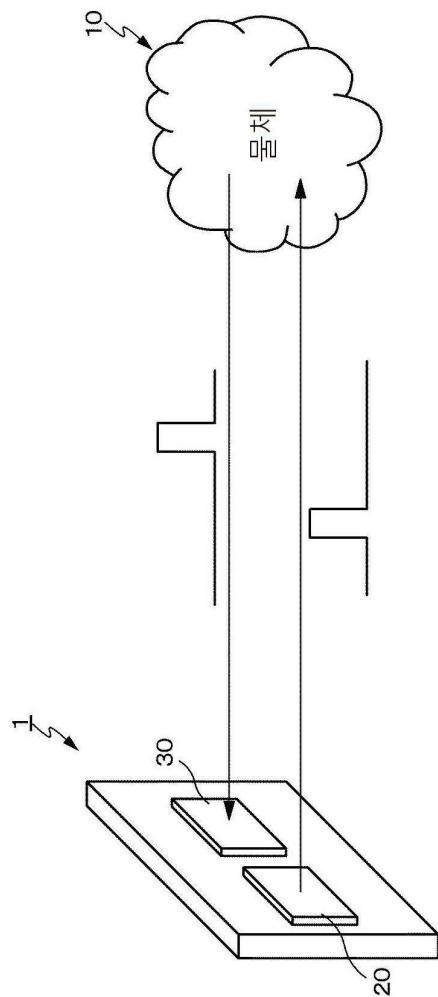
- [0235] 제1 초과 바이어스 전압은, 제1 화소 내의 감광성 소자의 애노드 전극에 의해 수신되는 애노드 전압에 따라 설정되는, (C-18)에 따른 수광 시스템.
- [0236] (C-20)
- [0237] 감광성 소자는 단일 광자 애벌랜치 다이오드를 포함하는, (C-16) 내지 (C-19) 중 어느 하나에 따른 수광 시스템.
- [0238] 당업자는, 첨부된 청구범위 또는 그 등가물의 범주 내에 있는 한, 다양한 변형, 조합, 하위조합 및 변경이, 설계 요건 및 다른 인자에 따라 이루어질 수도 있다는 것을 이해할 것이다.

부호의 설명

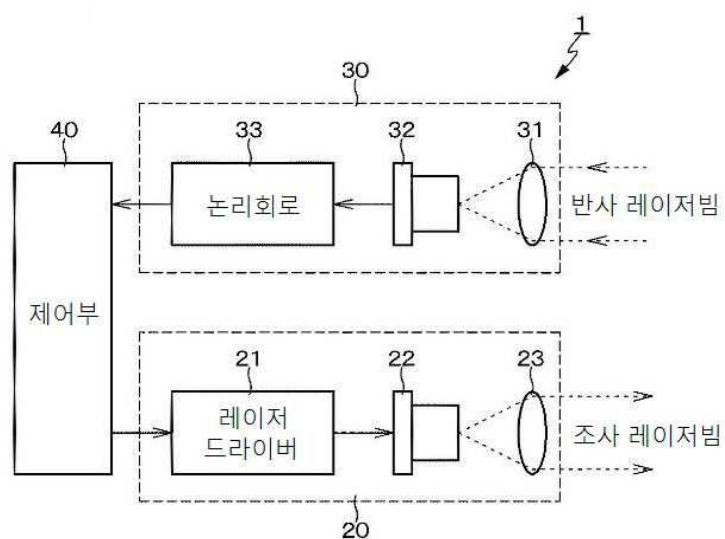
- [0239] 1: 측거 장치
 10: 물체(측정 물체)
 20: 광원
 21: 레이저 드라이버
 22: 레이저 광원
 23: 확산 렌즈
 30: 수광 장치
 31: 수광 렌즈
 32: 광 센서
 33: 논리 회로
 40: 제어부
 50: 화소 회로
 51: SPAD 소자
 60: 화소 어레이부
 61, 63, 65: 제1 화소(고감도 화소)
 62, 64, 66: 제2 화소(저감도 화소)
 71: 애노드 전압 설정부
 72: 주변광 검출부

도면

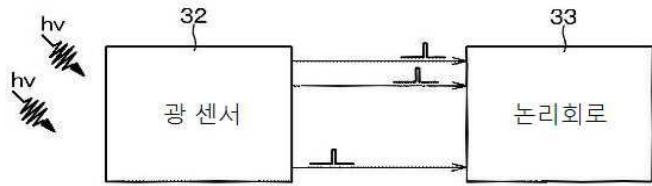
도면1



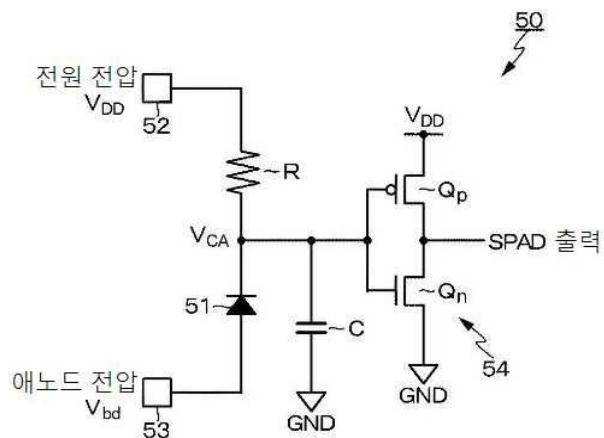
도면2a



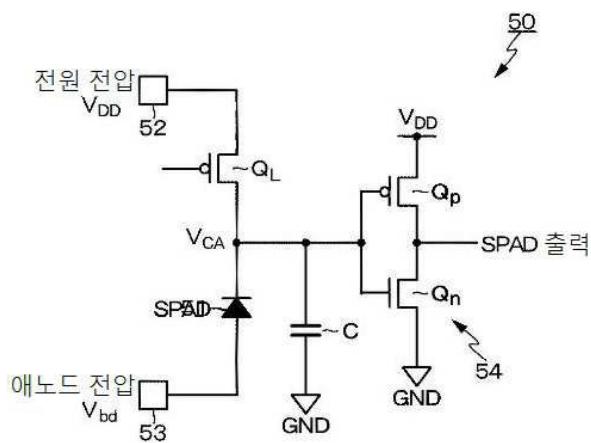
도면2b



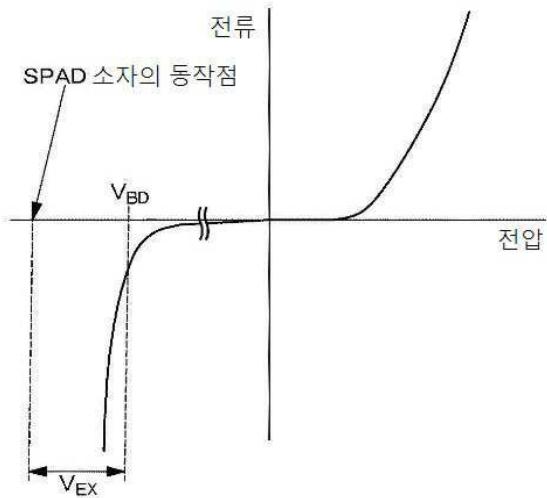
도면3a



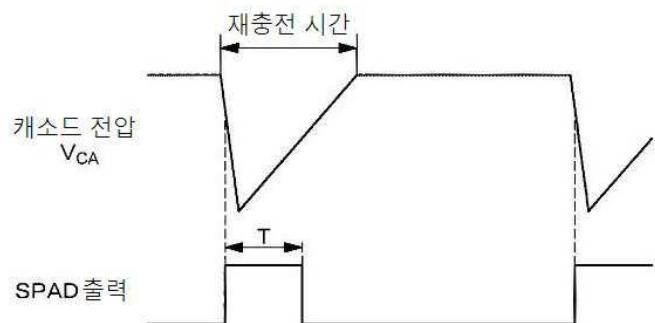
도면3b



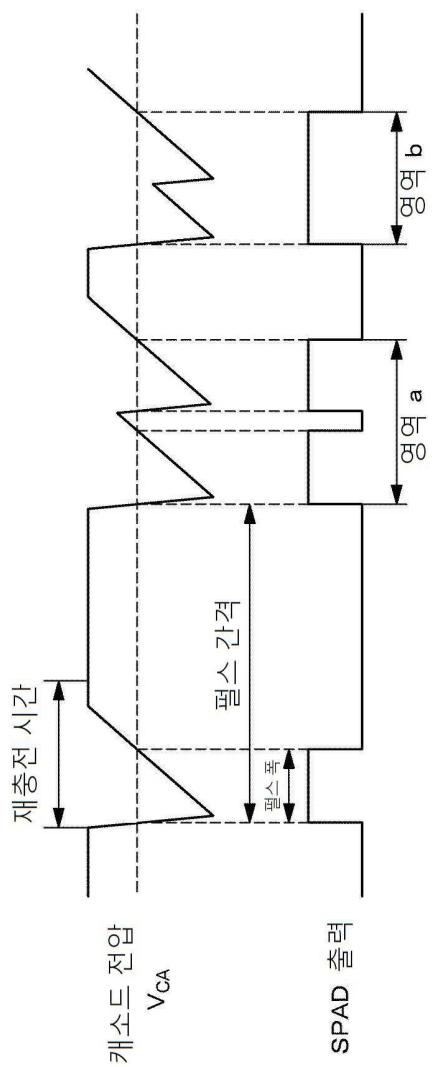
도면4a



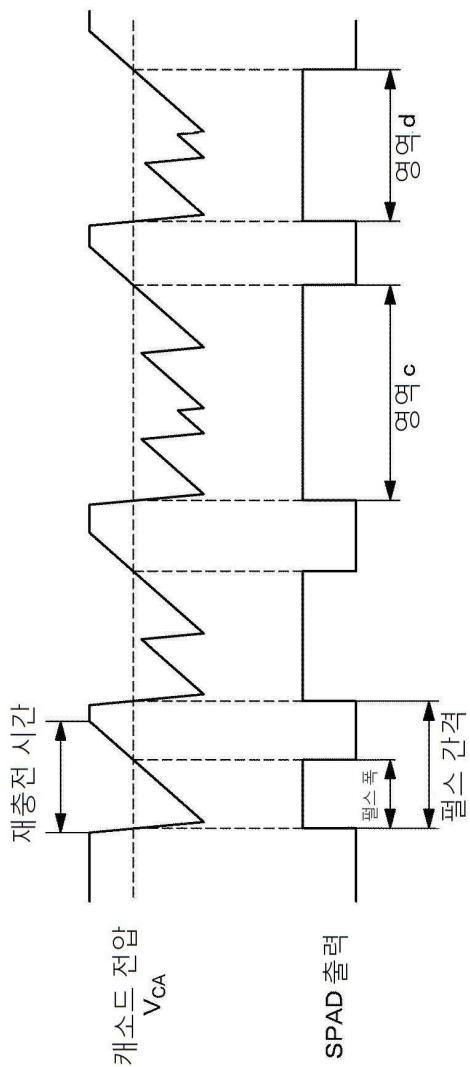
도면4b



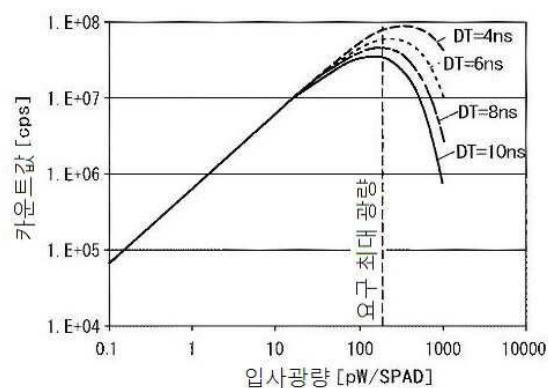
도면5



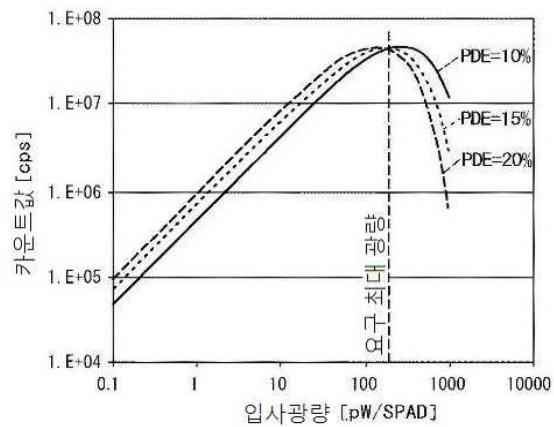
도면6



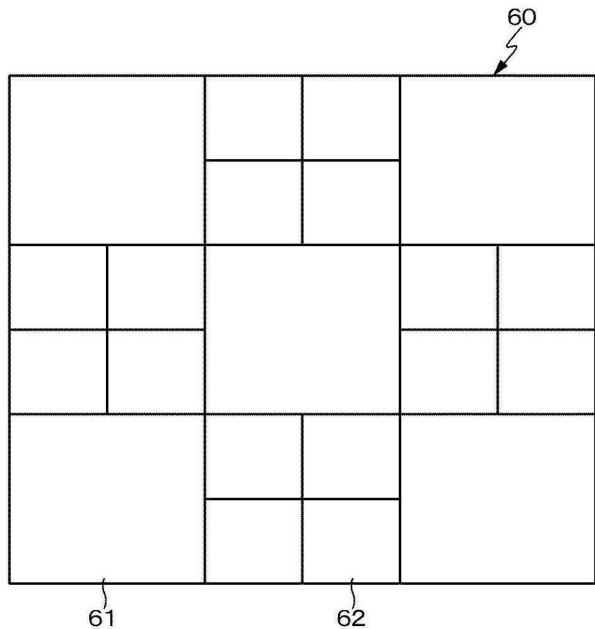
도면7a



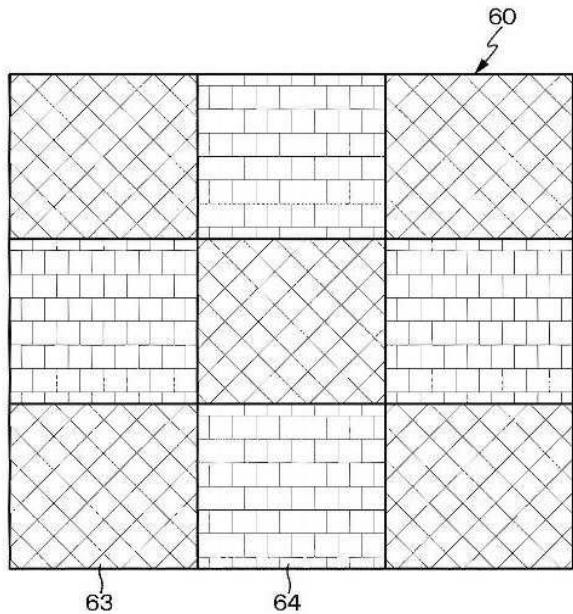
도면7b



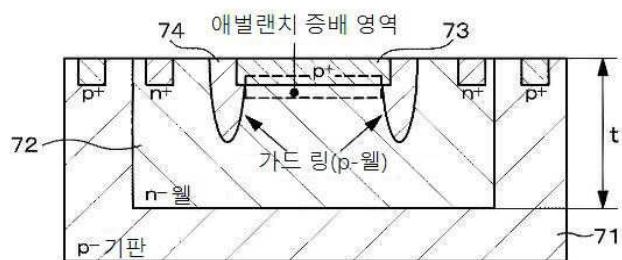
도면8



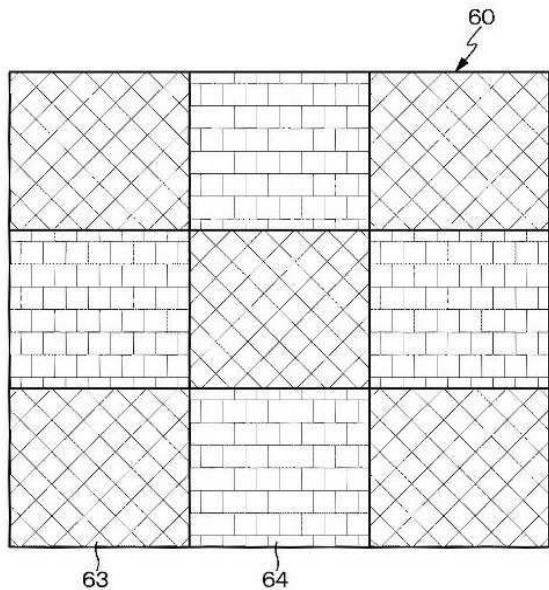
도면9a



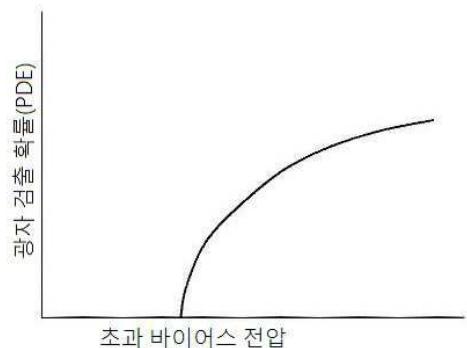
도면9b



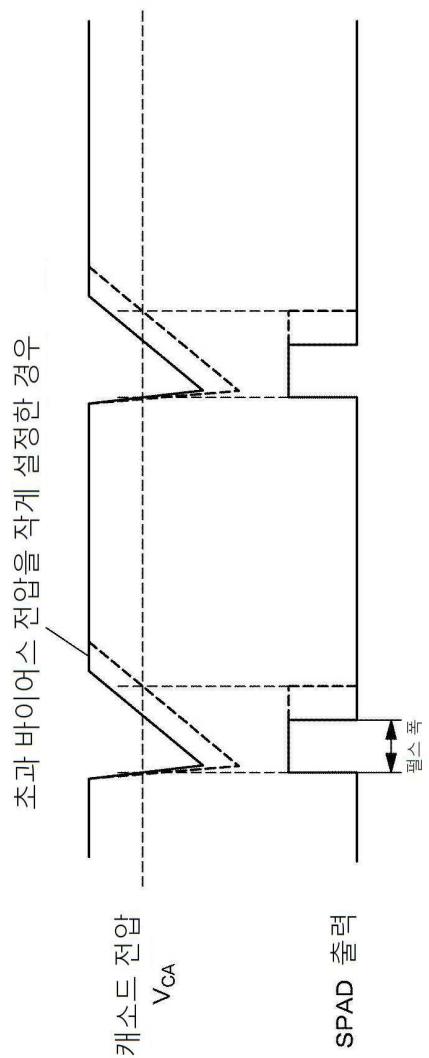
도면 10a



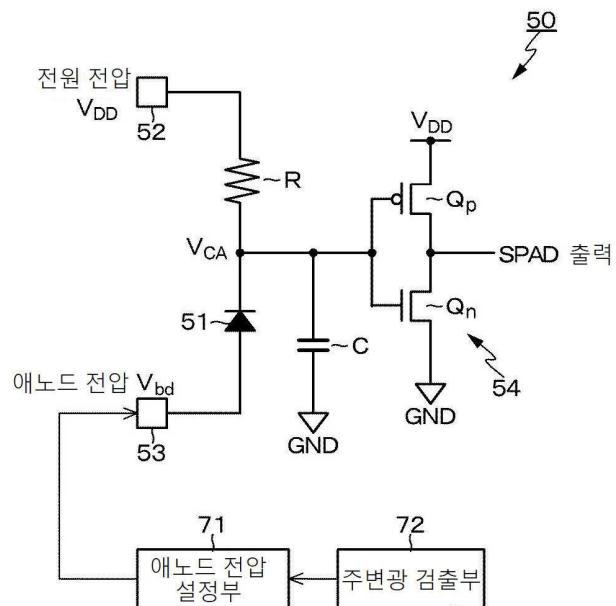
도면 10b



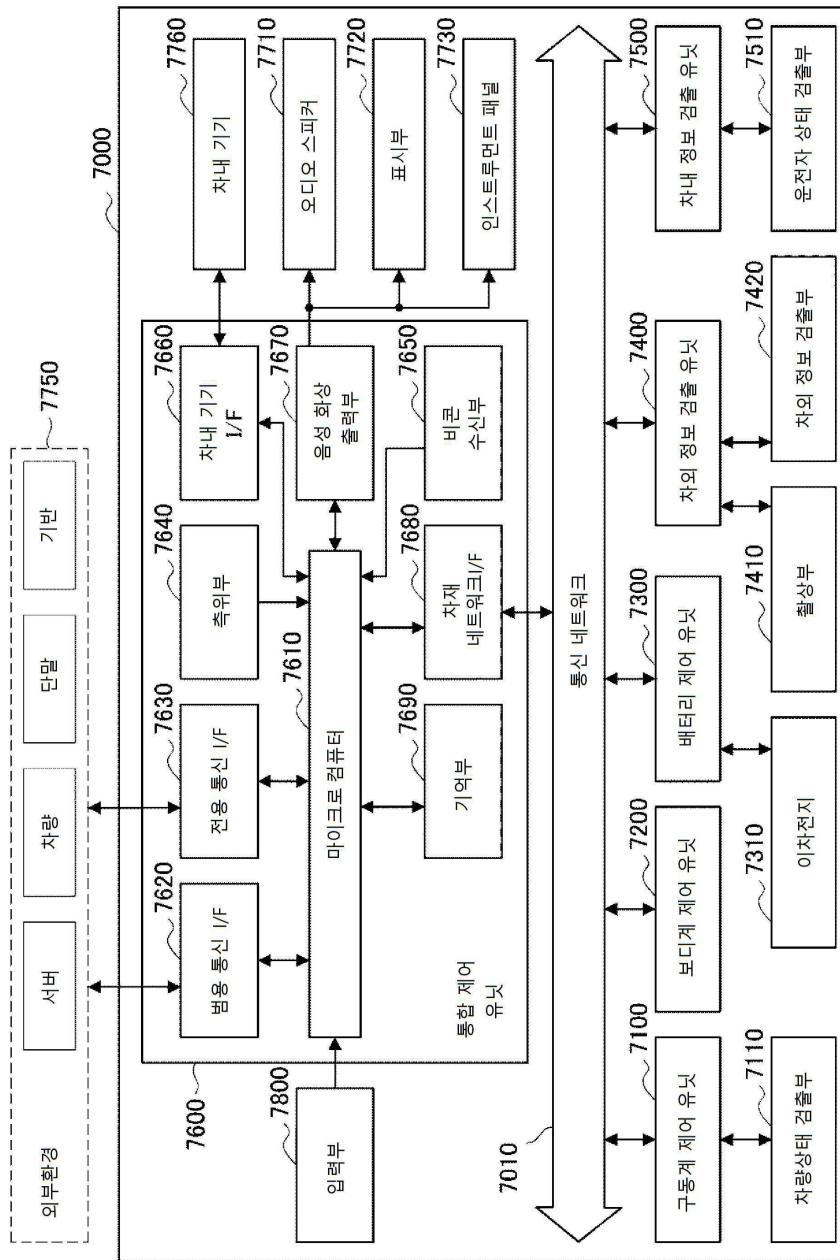
도면 11



도면12



도면13



도면14

