



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0127153
(43) 공개일자 2021년10월21일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 7/4865 (2020.01) G01S 17/18 (2020.01)
G01S 7/4861 (2020.01) G01S 7/487 (2006.01)
H01L 27/146 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G01S 7/4865 (2013.01)
G01S 17/18 (2020.01)
- (21) 출원번호 10-2021-7024929
- (22) 출원일자(국제) 2019년01월15일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2021년08월05일
- (86) 국제출원번호 PCT/IB2019/050316
- (87) 국제공개번호 WO 2020/148570
국제공개일자 2020년07월23일

- (71) 출원인
에플 뿔리떼끄너 빼데탈 드 로잔느 (으삐에프엘)
스위스 체하-1015 로잔느 으삐에프엘 이노베이션
파크 제이
- (72) 발명자
부카이마, 아심
스위스 2000 너샤텔 뤼 마리-드-느므루 5
카이존, 안토니노
스위스 2014 볼 뤼 드 라 구뜨 도르 10
엔츠, 크리스티안
스위스 2024 썩-또뎡-소쥬 뤼 데 뷁띠뜨-빈느 30
- (74) 대리인
이은철, 이우영, 전병기

전체 청구항 수 : 총 13 항

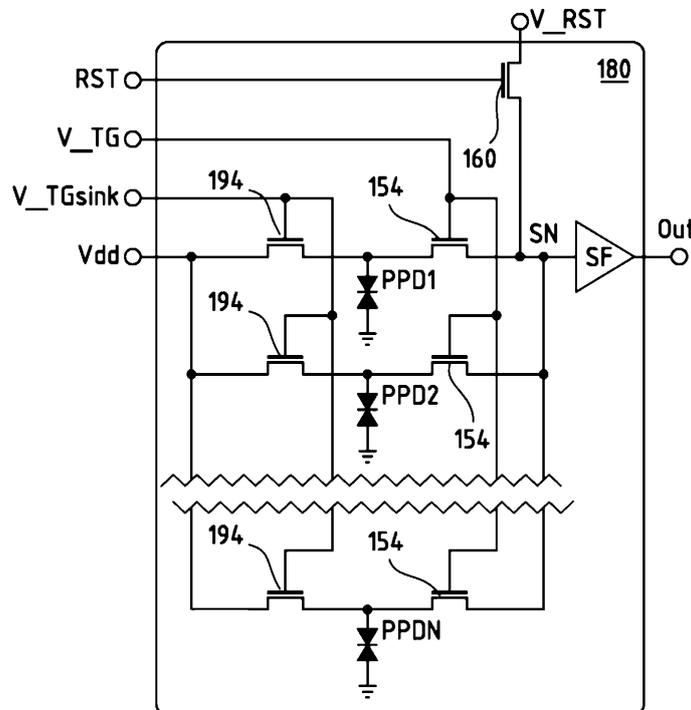
(54) 발명의 명칭 비행시간 디바이스 및 3D 광 검출기

(57) 요약

매크로-픽셀(180)을 형성하기 위해 적어도 부분적으로 상호 접속되는 감광성 픽셀들의 어레이를 갖는 CMOS 집적 회로를 포함하는 ToF(Time-of-Flight) 광학 디바이스 및 3D 광 검출기에 관한 것이다. 각각의 매크로-픽셀(180)은 병렬로 복수의 트랜지스터를 통해 공통 감지 노드(SN)에 포토캐리어들을 제공하는 복수의 개별 픽셀들을 그

(뒷면에 계속)

대표도 - 도7



롭화한다. 바람직하게는 집적 회로는, 복수의 매크로 픽셀의 감지 노드들 SN의 퍼텐셜을 결합하고, 및/또는 에너지 효율적인 방식으로 상관된 이중 샘플링을 수행하도록 구성된 스위치드 커패시터 회로들을 포함한다. 이제 각 픽셀은 피닝된 광검출기, PPD, 퍼텐셜 웰 및 양의 전압 소스 사이에 추가 싱크 게이트(194)를 가진다. 이 추가 싱크 게이트(194)에 의해, 감지 노드로 전하를 전송하지 않고 PPD의 저장 웰을 비울 수 있다. 트랜스퍼 게이트 전압 V_{TG} 의 값은 퍼텐셜 장벽이 완전히 낮아지지 않고 $V_b < V_p$ 값으로 감소되도록 적응될 수 있다. 이러한 방식으로 PPD의 퍼텐셜 웰은 부분적으로만 비워진다. 이는 V_{TRAN} 으로부터 상수 값을 빼는 것과 같으며 배경 조명 값을 0으로 하는데 이용될 수 있다. 중요하게도, 퍼텐셜 웰에 남아 있는 전하는 다음 집적 전에 싱크 트랜지스터(194)에 의해 방전되고 연속 사이클들에 영향을 미치지 않는다.

(52) CPC특허분류

G01S 7/4861 (2013.01)

G01S 7/4876 (2013.01)

H01L 27/14609 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

타겟(10)까지 거리의 비접촉식 결정을 위한 ToF(비행시간) 광학 디바이스에 있어서, 상기 ToF 광학 디바이스는:

- 타겟(10)에 충돌하는 변조된 광 빔을 발생시키는 광원(60);
- 상기 타겟으로부터 후방 산란된 광을 수신하는 광 검출기(42); 및
- 상기 광 검출기에 의해 수신된 후방 산란된 광의 시간 구조로부터 상기 타겟의 거리를 결정하도록 구성된 논리 회로를 포함하고,
- 상기 광 검출기는, 적어도 픽셀들의 서브세트가 상호 접속되어 매크로 픽셀(180)을 형성하는 감광성 픽셀들의 어레이를 갖는 집적 회로를 포함하고, 상기 매크로 픽셀의 픽셀들은 공통 감지 노드(SN)를 공유하는, ToF 광학 디바이스.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 매크로 픽셀(180)의 픽셀들은 각각 포토캐리어들을 수집하기 위한 퍼텐셜 웰(PPD1, PPD2, PPDN), 상기 퍼텐셜 웰과 상기 매크로 픽셀의 공통 감지 노드(SN) 사이의 제1 트랜지스터(154)를 가지고, 매크로 픽셀에서 상기 제1 트랜지스터들(154)의 게이트들은 상기 매크로 픽셀의 상기 포퍼셜 웰들에 저장된 포토캐리어들을 상기 공통 감지 노드로 동시에 전송하기 위해 병렬로 접속되거나 또는 동시에 작동되는, ToF 광학 디바이스.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 매크로 픽셀의 픽셀들은 각각 상기 퍼텐셜 웰과 주어진 퍼텐셜에 유지되는 싱크 노드 사이의 제2 트랜지스터(194)를 포함하고, 매크로 픽셀에서 상기 제2 트랜지스터들(194)의 게이트들은 상기 매크로 픽셀의 상기 퍼텐셜 웰들을 동시에 비우기 위해 병렬로 접속되거나 또는 동시에 작동되는, ToF 광학 디바이스.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 매크로-픽셀(180)은 상기 감지 노드를 소정의 퍼텐셜로 강제하는 리셋 트랜지스터(160), 및 입력이 상기 감지 노드(SN)에 접속된 증폭기(SF)를 포함하는, ToF 광학 디바이스.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 CMOS 집적 회로는 매크로 픽셀의 상기 감지 노드의 상기 퍼텐셜의 상관된 이중 샘플링을 수행하도록 구성된 하나 이상의 스위치드 커패시터 회로들(222)을 포함하는, ToF 광학 디바이스.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 CMOS 집적 회로는 복수의 매크로-픽셀들의 상기 감지 노드들의 상기 퍼텐셜을 결합하도록 구성된 하나 이상의 스위치드 커패시터 회로들을 포함하는, ToF 광학 디바이스.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 논리 회로는 상기 전송된 신호(80)와 동기화된 다수의 주기적 윈도우들에서 상기 수신된 신호를 집적하도록 구성되는, ToF 광학 디바이스.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 논리 회로는 수신된 펄스들의 세기를 나타내는 제1 값, 및 소

정의 간격만큼 상기 전송된 펄스들의 종료 후에 수신된 상기 펄스들의 부분만을 집적하는 제2 값을 계산하도록 더 구성되는, ToF 광학 디바이스.

청구항 9

제7항 또는 제8항에 있어서, 상기 논리 회로는 배경 조명 값을 평가하기 위해, 상기 광원으로부터의 신호가 기대되지 않는 윈도우들에서의 상기 수신된 신호를 집적하도록 구성되는, ToF 광학 디바이스.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항의 ToF 광학 디바이스, 및 상기 어레이에 상기 타겟의 이미지를 투사하도록 구성되고 상기 타겟의 대응하는 복수의 점들의 상기 거리를 결정하기 위한 복수의 매크로 픽셀들을 포함하는 이미징 광학 시스템을 포함하는 3D 광 검출기.

청구항 11

타겟(10)의 거리를 결정하기 위한 방법으로서, 상기 방법은:

- 상기 타겟(10)에 충돌하는 광 펄스들을 포함하는 변조된 빔을 발생시키는 단계;
- 상기 타겟으로부터 후방 산란된 광을 수신하는 단계;
- 상기 전송된 신호(80)와 동기화된 다수의 주기적 윈도우들에서 상기 수신된 광 신호를 집적하는 단계; 및
- 상기 집적된 광 신호들에 기초하여 상기 발생된 광과 상기 수신된 신호 사이의 타임 시프트를 결정하는 단계를 포함하는, 타겟의 거리 결정 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

- 상기 수신된 펄스들의 세기를 나타내는 제1 값, 및 소정의 간격만큼 상기 전송된 펄스들의 종료 후에 수신된 상기 펄스들의 부분만을 집적하는 제2 값을 계산하는 단계; 및
- 상기 제1 및 제2 값에 기초하여 상기 발생된 광과 상기 수신된 신호 사이의 타임 시프트를 결정하는 단계를 포함하는, 타겟의 거리 결정 방법.

청구항 13

제11항 또는 제12항에 있어서, 상기 광원으로부터의 광이 기대되지 않는 윈도우들에서 상기 수신된 광 신호를 집적하여 배경 조명을 측정하는 단계를 포함하는, 타겟의 거리 결정 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 실시 예들에서, 광 감지 디바이스들의 어레이(array)를 포함하는 광 검출기(optical detector), 및 이러한 검출기 및 변조된 광원과 함께 작동하여 임의의 반사기(reflector)까지 광의 비행 시간(time of flight)을 측정하는 처리 전자 디바이스에 관한 것이다.

[0002] 본 발명의 응용은 상기 비행 시간을 측정함으로써 반사기까지의 거리를 결정하는 광학 거리 측정기(optical rangefinder), 뿐만 아니라 상기 검출기를 작동 및 제어하고 상대 신호들을 처리하는 방법이다. 본 발명은 사진 및 비디오 카메라, 스마트폰, 3D 스캐너, 생체 식별 디바이스들, 자동차 응용들 및 기타 분야들에서 유리하게 사용될 수 있다

배경 기술

[0003] 최근 몇 년 동안 주로 모바일 애플리케이션, 게임 및 자동차로부터의 요구 사항들에 의해 추동된, 3D 비전 시스템들 및 광학 거리측정기들에 대한 관심이 급증했다. 이들 중 TOF(Time-of-Flight) 기술은 광 펄스의 방출과 하나 또는 여러 물체들로부터 후방 산란된 광의 수신 사이의 시간 지연(time delay)의 측정에 의존한다.

[0004] 물체까지의 거리를 결정하기 위해 레이저 빔을 사용하는 레이저 거리 측정기 및 LIDARS가 알려져 있고 측량, 군

사, 3D 스캐닝 및 기타 응용 분야들에서 널리 채용된다. 이러한 디바이스들은 빠르고 민감한 광검출기들(photodetectors)을 필요로 하며, 이러한 목적에 종종 고체 상태 애벌랜치 광다이오드들(APD; solid-state avalanche photodiodes) 및 단일 광자 애벌랜치 다이오드들(SPAD; single-photon avalanche diodes)가 장착된다. 진공 광전자 증배관(vacuum photomultipliers) 및 다중 채널 플레이트(multi-channel plates)도 사용된다.

[0005] 다른 제안된 TOF 디바이스들은 단일 채널 또는 다양한 이미징(imaging) 장치의 기존 고체 광검출기에 의해 후방 산란된 광을 검출한다. 후자의 경우, 프레임의 여러 픽셀들에 대해 거리가 결정되면, 그 결과는 3D 비전 시스템이다.

[0006] 고체 이미지 CMOS 센서들이 휴대폰, 카메라 및 과학 이미징 디바이스에 널리 사용된다. 이러한 디바이스들에서 빛을 전기 신호로 변환하는 것은 피닝된 광검출기들(pinned photodetectors)(PPD, PIN 다이오드와 혼동하지 말 것)의 어레이에 의해 수행되며, 각 PPD는 빛을 충돌시킴으로써 생성된 광전자가 소정 시간 동안 집적될(integrated) 수 있는 매립 퍼텐셜 웰 영역(buried potential well region)과, 상기 집적된 전하(charge)를 감지 노드(sense node)로 전송하도록 개방될 수 있는 트랜스퍼 게이트(transfer gate)를 가진다. CMOS 이미지 센서는 전형적으로 각 픽셀, 종종 소스 팔로워 트랜지스터(source-follower transistor)에서 어떤 형태의 증폭(amplification)을 포함한다.

[0007] TOF 거리 센서들 및 3D 카메라들을 위한 CMOS 이미지 센서들의 사용이 제안되었다. 이러한 사용 사례는 보통 상당한 수의 광전자들을 축적하기 위해 큰 픽셀들이 필요하지만, 픽셀 크기가 크면 감지 노드로의 전하 전송이 느려지고, 결과적으로 거리 분해능(distance resolution)이 나빠진다. 여러 픽셀들의 출력을 평균화(averaging)하는 시스템들이 고려되었지만, 그들은 설계 복잡성, 느린 관독 및 더 많은 전력 소비가 따른다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 목적은 상기 언급된 한계를 극복하는 피닝된 광다이오드들(pinned photodiodes)의 어레이를 갖는 개선된 감광 디바이스를 제공하는 것이다. 본 발명에 따르면, 이러한 목적은 첨부된 청구범위의 목적에 의해, 특히 타겟(target)까지의 거리의 비접촉식 결정을 위한 비행 시간(ToF) 광학 디바이스에 의해 달성된다: 이 ToF 광학 디바이스는, 타겟에 충돌하는 변조된 광 빔을 발생시키는 광원; 타겟으로부터 후방 산란된 광을 수신하는 광 검출기; 및 상기 광 검출기에 의해 수신된 후방 산란광의 시간 구조로부터 타겟의 거리를 결정하도록 구성된 논리 회로를 포함하고, 여기서 상기 광 검출기는 적어도 픽셀들의 서브세트(subset)가 상호 접속되어 매크로 픽셀(macro-pixel)을 형성하는 감광성 픽셀들의 어레이를 갖는 집적 회로를 포함하고, 상기 매크로 픽셀의 픽셀들은 공통 감지 노드(SN)를 공유한다.

과제의 해결 수단

[0009] 종속 청구항은 다음과 같은 선택적인 유리한 양상들에 관한 것이다: 상기 매크로 픽셀의 픽셀들은 각각 퍼텐셜 웰, 상기 퍼텐셜 웰과 상기 공통 감지 노드(SN) 사이의 제1 트랜지스터를 가지고, 매크로 픽셀에서 제1 트랜지스터들의 게이트들은 병렬로 접속되거나 또는 동시에 작동된다; 또한 상기 퍼텐셜 웰과 주어진 퍼텐셜에 유지되는 싱크 노드(sink node) 사이의 제2 트랜지스터를 포함하고, 매크로 픽셀에서 제2 트랜지스터들의 게이트들은 병렬로 접속되거나 또는 동시에 작동되고, 또는 상기 감지 노드를 소정의 퍼텐셜로 강제하는 리셋 트랜지스터를 포함하고, 및 입력이 상기 감지 노드에 접속된 증폭기를 포함한다; 스위치드 커패시터 회로들(switched capacitor circuits)이 상기 매크로 픽셀의 상기 감지 노드의 상기 퍼텐셜의 상관된 이중 샘플링(correlated double sampling)을 수행하도록, 및/또는 복수의 매크로-픽셀들의 상기 감지 노드들의 상기 퍼텐셜을 결합하도록 구성된다; 선행하는 청구항들중 어느 하나의 ToF 광학 디바이스를 포함하는 3D 광 검출기.

[0010] 본 발명의 독립적인 양상은, 타겟의 거리를 결정하기 위한 방법에 관한 것이고, 이 방법은 다음을 포함한다: 상기 타겟(10)에 충돌하는 광 펄스들을 포함하는 변조된 빔을 발생시키는 단계; 상기 타겟으로부터 후방 산란된 광을 수신하는 단계; 상기 전송된 신호와 동기화된 다수의 주기적 윈도우들(multiple periodic windows)에서 상기 수신된 광 신호를 집적하는 단계; 및 상기 집적된 광 신호들에 기초하여 상기 발생된 광과 상기 수신된 신호 사이의 타임 시프트를 결정하는 단계. 선택적으로, 이 방법은 상기 수신된 펄스들의 세기를 나타내는 제1 값 및 소정의 간격만큼 상기 전송된 펄스들의 종료 후에 수신된 상기 펄스들의 부분만을 집적하는 제2 값의 계산, 및 배경 조명의 측정을 포함한다.

도면의 간단한 설명

- [0011] 본 발명은 예로서 제공되고 도면에 의해 예시된 실시 예의 설명의 도움으로 더 잘 이해 될 것이다.
 도1은 광원이 변조된 발광 복사(modulated luminous radiation)을 타겟에 보내고 후방 산란된 광이 센서에 의해 검출되고 처리되어 타겟까지의 거리, 또는 검출기가 이미징 기능이 있는 경우, 3D 이미지를 결정하는 간접 비행 시간 디바이스를 단순화된 개략도 형태로 보여준다.
 도2는 본 발명에서 후방 산란 광 신호의 가능한 처리를 보여주는 단순화된 크로노그램(chronogram)이다.
 도3 및 도4는 본 발명에 적용할 수 있는 PPD 감광성 픽셀의 구조를 각각 단면도, 상면도로 개략적으로 예시한다.
 도5a 내지 도5d는 도3에 나타낸 바와 같은 PPD 픽셀에서 및 연속적인 동작 단계들에서의 상이한 퍼텐셜들 및 대응하는 캐리어들의 전송을 예시한다. 도5e는 도5c의 변형 예이다.
 도6은 저전력 이중 상관 샘플링 스테이지의 단순화된 개략도이다.
 도7은 매크로 픽셀 구조를 보여준다.
 도8은 주변 광(ambient light)의 감산(subtraction)을 포함하는 대안적인 처리를 도시한다.
 도9는 복수의 매크로 픽셀들로부터 나오는 신호를 처리하도록 설계된 전자 회로의 하나의 가능한 구성이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0012] 도1은 본 발명의 양상에 따른 디바이스를 간략화된 개략 방식으로 예시한다. 디바이스는 적절하게 구동되는 고체 상태 LED, 고체 상태 레이저, 예를 들어 VCSEL 레이저, 또는 임의의 다른 광원일 수 있는 변조된 광원(60)을 가진다. 광원(60)에 의해 발생된 광은 타겟(10)에 충돌한다. 타겟에 의해 산란된 광의 일부는 본 발명의 디바이스로 다시 향하고, 여기서 광 검출기(42)에 의해 검출된다.
- [0013] 광원(60)에 의해 방출된 복사의 파장은 본질적인 것은 아니며, 본 발명은 적절한 스펙트럼 응답을 갖는 광검출기(42)를 선택함으로써 적외선 또는 자외선 조명을 사용할 수 있다. 그러나 바람직한 구현에서, 본 발명은 전자기 스펙트럼의 가시 광선, 근적외선 또는 중적외선 영역에서의 복사를 이용한다.
- [0014] 비행 시간은 투과된 광에 변조된 신호와 후방 산란된 신호에서 검출된 신호 사이의 시간적 시프트로부터 간접적으로 결정된다. 가능한 구현에서, 광원(60)에 의해 방출된 광은 어둠의 간격들로 분리된 등거리의 직사각형 광 펄스들의 연속으로 구성되지만, 이것이 가능한 유일한 선택은 아니며 실제로 광원(60)의 변조가, 예를 들어 사인파 변조(sinusoidal modulation), 가변 지속 시간 또는 속도의 펄스, 처프(chirps), 의사랜덤 시퀀스(pseudorandom sequences) 및 많은 다른 신호들을 포함하는 경계 범위들 내에서 변동될 수 있다.
- [0015] 타임 시프트의 결정, 따라서 타겟까지의 거리의 결정은 광검출기(42)의 출력에서 이용 가능한 신호를 수신하는 적절한 논리 처리 회로에 의해 수행된다. 여기서 논리 회로는 간단하게 ADC(51) 및 마이크로컨트롤러(52)로 표현되지만, 이는 임의의 적절한 구성 부품을 포함할 수 있다. 논리 회로는 또한 선형 또는 비선형 아날로그 부품, 예를 들어 증폭기들 또는 아날로그 가산기들을 포함할 수 있으며, 광 검출기(42)와 동일한 집적 회로에서 완전히 또는 부분적으로 실현될 수 있다.
- [0016] 본 발명의 디바이스는 임의의 수의 인공 또는 자연 광원들(15)으로부터의 배경 조명이 있는 정상적인 일상 환경에서 작동하도록 설계된다. 시간적 시프트의 결정은, 나중에 설명되는 바와 같이, 이러한 광원들의 존재가 그 결과의 유효성에 영향을 미치지 않는 방식으로 수행된다. 주변 광이 일정하다고 간주될 수 있기 때문에, 종종 주변 광의 효과는 처리 과정에서 수정되거나 보상될 수 있다. 대안적으로, 검출기(42)는 광원(60)에 의해 방출된 광의 파장을 정밀하게 선택하기 위해 스펙트럼 필터를 포함할 수 있다.
- [0017] 바람직하게는, 광 수집 디바이스가 검출기(42) 상의 수신된 광의 세기를 증가시키기 위해 사용된다. 가능한 변형들에서, 광 수집 디바이스(71)는 이미징 대물렌즈일 수 있고, 검출기(42)는 이미지 감지 어레이일 수 있다. 이러한 실시 예는 타겟의 이미지 상의 여러 지점의 거리를 결정할 수 있는 3D 광 검출기일 수 있다.
- [0018] 도2는 광원과 후방 산란된 광 사이의 타임 시프트를 결정하기 위해 본 발명의 프레임에서 사용될 수 있고 임의의 적합한 광 검출기에 적용될 때 독립적인 발명을 구성할 수 있는 유리한 처리 방법을 보여준다. 광원(60)의 진폭 변조는 선(80)으로 표시된다. 이는 방출 없이 동일한 일시정지들(equal pauses)로 분리된 폭 w의 직사각형

펄스들의 규칙적인 연속을 나타낸다. 광검출기(42)에 의해 수신된 광은 평균적으로 $\Delta t=c \cdot d$ 로 주어지는 양만큼 지연된 펄스들을 나타내는 플롯(83)으로 나타내지며, 여기서 c 는 광속을 나타내고 d 는 거리를 나타낸다.

- [0019] 논리 회로는 광원 변조(80)와 동기화된 2개의 연속적인 주기적 윈도우들 $G1, G2$ 를 적용하여 수신된 신호(83)를 집적한다. 집적 시간은 신호 및 잡음 고려 사항들에 의해 결정되고 $Q1$ 및 $Q2$ 로 표시된 2개의 집적된 세기 값들 (two integrated intensity values)을 산출한다. 집적 윈도우 $G1$ 및 $G2$ 는, 수신된 펄스들이 두 윈도우들의 합 집합 $G1UG2$ 에 완전히 포함될 것으로 기대되는 반면 지연된 윈도우 $G2$ 는 전송된 신호 80의 트레일링 에지 후에 도착하는 투과된 펄스의 부분만을 포함하도록 구성된다.
- [0020] 그 다음, 논리 회로는 양 $R=Q2/(Q1+Q2)$ 를 계산한다. R 은 신호(80)와 신호(83) 사이의 타임 시프트에 비례하고, 본질적으로 타겟(10)까지의 거리에 비례한다. 비례 상수는 사전에 계산되거나 쉽게 보정될(calibrated) 수 있다.
- [0021] 윈도우들 $G1$ 및 $G2$ 가 변조된 광원(80)의 트레일링 에지(trailing edge)와 동시에 시작하고 종료하기 때문에, R 은 범위 $[0, w \cdot c]$ 에서 거리로부터 선형적으로 의존한다는 것이 관찰될 것이다. 그러나 이것은 본 발명의 본질적인 특징은 아니다: 본 발명은 윈도우들의 다른 타이밍을 사용할 수 있다. 예를 들어, 윈도우들 $G1, G2$ 는 지연될 수 있어 측정 범위를 대응하여 시프트할 수 있다; 최대 거리 범위는 폭 w 를 길게 하거나 짧게 함으로써, 또는 더 지연된 게이트 신호들을 부가함으로써 변경될 수 있다; 집적 시간은 S/N 비(ratio)를 향상시키기 위해 길게 할 수 있고 또는 대역폭을 증가시키기 위해 짧게 할 수 있다. 바람직하게는, 본 발명의 논리 회로는, 필요에 따라, 내부 적응 절차의 제어 하에 또는 외부 명령에 따라 이들 및 다른 파라미터들을 조정할 수 있다.
- [0022] 본 발명의 디바이스는 복수의 광검출기 사이트들(sites) 또는 픽셀들을 갖는 어레이를 채택하고, 바람직하게는 각 사이트는 광검출기들로서 피닝된 광다이오드들(PPD)을 포함하며, 그에 대해 주요 요소들은 도3 및 도4에서 가능한 CMOS 구현에서 개략적으로 나타내진다.
- [0023] 각 픽셀은 하부 p 층(151)(기준 퍼텐셜(reference potential)에 연결될 수 있음) 및 $p+$ 피닝층(153) 내에 샌드위치된 n 형 매립 퍼텐셜 웰 영역(n -type buried potential well region)(152)을 포함한다. 공핍된 상태(depleted state)에서, 임의의 광자 유도된 캐리어(photon-induced carrier)가 없다면, 웰 영역(152)의 퍼텐셜은 도5a에 도시된 바와 같이 피닝 퍼텐셜(pinning potential)이라 불리는 양의 값 V_p 를 자발적으로 취한다. 트랜스퍼 게이트 영역(155)은 게이트(154)의 퍼텐셜(V_{TG})에 의해 높이가 제어될 수 있는 퍼텐셜 장벽(potential barrier)이고, 감지 노드 영역(158)은 트랜지스터(157)에 의해 소정의 값 V_{RST} 으로 충전되고 소스 팔로워(160)에 의해 판독될 수 있는 $n+$ 영역이다. 이 도와 다음 도에서 PPD의 $p+-n-p$ 구조는 대면하는 두 개의 기준 접합 다이오드들을 포함하는 기호로 표시되었지만, 문헌에서는 이러한 구조들이 다양한 방식으로 표시된다.
- [0024] 중요한 점은, 포토 다이오드들과 다른 광검출기들을 다르게 형성하여, PPD가 입사 광 세기에 비례하는 광전류를 생성하지 않는다는 것이다. 왜냐하면 정상적인 조건들에서 광전자들이 n 영역(152)의 퍼텐셜 웰에 수집되기 때문이다. 광전자들은 게이트 전극(154)에 충분한 퍼텐셜을 인가함으로써 트랜스퍼 게이트 아래의 장벽이 낮아질 때까지 수집 영역(152)에 저장된다. PPD는 본질적으로 집적하는 디바이스(integrating device)이다. PPD의 또 다른 장점은 매우 낮은 암 전류(dark currents)와 샷 노이즈(shot noise)를 가지고 낮은 조명 수준에서 뛰어난 성능을 제공한다는 것이다.
- [0025] 도5a 내지 도5d는 그러한 픽셀의 판독에 내포된 일련의 동작들을 도시한다: 도6a는 집적 단계(integration phase)를 도시한다. 사이클은 공핍 상태의 PPD 퍼텐셜 웰로 시작하고, 게이트 전극 (154)이 낮은 퍼텐셜에 있으므로, 배리어 V_B 가 닫힌다. 충돌하는 복사는 상기 웰에 축적되는 광전자들로 변환된다.
- [0026] 도5b는 도5a의 집적 직전 또는 동안에 일어날 수 있는 리셋(reset) 동작을 보여준다: 트랜지스터(157)는 순간적으로 전도(conduction)로 설정되고, 이에 의해 감지 노드는 미리 결정된 양(positive)의 퍼텐셜 V_{RST} 로 충전된 다음 플로우팅(floating) 상태로 남는다.
- [0027] 집적 단계의 끝에서, 도5c에 도시된 전송 단계(transfer phase)가 발생한다: 퍼텐셜 장벽은 트랜스퍼 게이트 전극(154)에 적절한 높은 퍼텐셜을 적용함으로써 순간적으로 낮아진다. 광전자들은 낮은 퍼텐셜에 있는 감지 노드로 이동한다(migrate).
- [0028] 도5d에서 볼 수 있는 판독 최종 단계에서, 퍼텐셜 장벽이 다시 상승하고, 소스 팔로워가 V_{TRAN} 값을 감지한다. 집적된 충전 값은 $Q = (V_{TRAN}-V_{RST}) \cdot C_{SN}$ 이다. 여기서 C_{SN} 은 감지 노드의 용량(capacity)을 나타낸다.

- [0029] 바람직하게는, 소스 팔로워(160)는 리셋 시 감지 노드의 퍼텐셜 V_{RST} 및 전송 후 퍼텐셜 V_{TRAN} 의 상관 이중 샘플링 (correlated double sampling)을 수행한다. 차 $V_{TRAN}-V_{RST}$ 는 수치적으로 또는 전용 아날로그 회로에 의해 더 잘 얻어질 수 있다. 상관 이중 샘플링은 일정한 V_{RST} 값을 제거할 뿐만 아니라 플리커 노이즈(flicker noise)도 감소시킨다.
- [0030] 도7은 본 발명의 범위에서 2 개의 연속적인 상관된 샘플들 사이의 차를 계산하기 위해 이용될 수 있는 스위치드 커패시터 회로(switched capacitor circuit)(222)의 단순화된 개략도를 보여준다. 이 회로는 스위치 S1, 스위치 S2를 각각 순간적으로 단음으로써, 입력으로부터 별도로 충전될 수 있거나, 또는, 스위치 S3을 닫고 스위치 S1과 S2를 열어 뚫으로써, 반대 극성으로 병렬로 접속될 수 있는 동일한 값의 두 개의 커패시터 C1, C2를 포함한다. 스위치들은 MOSFET 또는 임의의 다른 방식으로 구현될 수 있다.
- [0031] 어떤 가능한 동작들의 시퀀스(그러나 유일한 가능한 것은 아님)에서, 도7의 이중 상관 샘플링 회로의 입력은 픽셀의 출력에 접속될 수 있고, 리셋 스위치(160)가 닫혀있는 동안, 스위치들 S1은 값 V_{RST} 를 커패시터 C1에 복사하기 위해 S1을 닫힐 수 있다. 연속적으로, 위에서 설명한 집적 및 전송 단계들 후, 스위치 S2는 순간적으로 닫혀 값 C_{TRAN} 을 커패시터 C2로 복사한다. S1, S2를 열고 S3을 단음으로써, 커패시터 C1, C2가 병렬로 연결되지만 C1의 극성이 반전된다: 이 스테이지의 출력은 $(V_{TRAN}-V_{RST})/2$ 이다.
- [0032] 유리하게는, 이중 상관 샘플링 스테이지(222)는, 휴대용 및 웨어러블(wearable) 애플리케이션들에서 가장 중요한 무시할 수 있는 전력 소비로 빠르고 정밀한 방식으로 V_{RST} 값의 감산을 수행할 수 있다. 본 발명의 디바이스는, 상술한 바와 같이 픽셀들의 리셋 전압 V_{RST} 을 감산하거나, 배경 조명 값, 또는 데이터 처리에 의해 요구되는 다른 값을 감산하기 위한 여러 스테이지들을 포함할 수 있다. 그것은 다양한 상황에서 유용할 수 있는 몇몇 수정 예들에 적합하다. 예를 들어 커패시터의 값들이 가중 감산(weighted subtraction)을 수행하도록 선택될 수 있으며, 출력 버퍼의 이득은 1(unity)과 다를 수 있다.
- [0033] 도7은 본 발명의 바람직한 실시 예에서 이용되는 광검출기 디바이스의 일부 구조를 나타낸다. 도4의 픽셀과 관련하여, 각각의 픽셀은 이제 PPD 포텐셜 웰과 양 전압원(positive voltage source) 사이에 추가 싱크 게이트(additional sink gate)(194)를 가진다. 이 추가 싱크 게이트에 의해, 전하를 감지 노드로 전송하지 않고도 PPD의 저장 웰(storage well)을 비울 수 있다. 이것은 예를 들어 전자 글로벌 셔터(electronic global shutter)를 구현하는 데 이용될 수 있다.
- [0034] 도7의 디바이스의 또 다른 개선은 복수의 PPD가 상호 접속되어 "매크로 픽셀(macropixel)(180)"을 형성한다는 것이다. 매크로 픽셀의 각 셀은 PPD와 두 개의 트랜스퍼 게이트를 갖지만, 그들은 모두 동일한 감지 노드 SN을 공유하고 소스 팔로워와 리셋 트랜지스터를 공통으로 가진다. 매크로 픽셀에서 개별 픽셀들은 모든 싱크 게이트들의 제어 전극들이 상호 접속되고 트랜스퍼 게이트들의 모든 제어 전극들이 상호 접속되어, 저장 웰들의 비우기(emptying), 집적 및 전송 단계들이 매크로 픽셀의 모든 픽셀에서 동시에 이루어지도록 구성된다. 이것은 롤링 방식(rolling fashion)으로 여러 픽셀들로부터 공유 감지 노드로 전하를 전송하는 아키텍처들(architectures)과 다르다.
- [0035] 매크로 픽셀은 공간적으로 콤팩트한 픽셀들의 클러스터(cluster), 어레이의 행/열, 또는 어레이의 임의의 픽셀들의 구성에 대응할 수 있으며, 그들이 표면에 어떻게 구성되든, 도시된 바와 같이 전기적으로 접속되든 상관없다.
- [0036] 도7의 매크로 픽셀 배치는, 여러 개별 PPD로부터의 광전자들이 공유된 감지 노드로 전송되고 매크로 픽셀이 PPD의 고유한 저잡음 능력을 가지면서도 넓은 면적을 가진 단일 광검출기처럼 동작하기 때문에 유리하다. 픽셀들이 동기식으로 작동하기 때문에 집적 윈도우(integration window)가 시간에 따라 정밀하게 결정될 수 있다.
- [0037] 중요하게는, 매크로 픽셀의 속도는 개별 픽셀들에서 포토캐리어(photocarrrier)의 확산 시간(diffusion time)에 의해 결정된다. 상기 개시된 방식으로 매크로 픽셀에서 개별 픽셀들을 결합함으로써, 본 발명의 디바이스는 광검출기들의 응답 시간을 악화시키지 않으면서 광 수집을 증가시킨다. 이것은 광 비행 시간 검출기에 특히 바람직하고 유리하다.
- [0038] 도5e에 보여진, 도5a-5d의 동작 사이클에 대한 흥미로운 변형 예는, 퍼텐셜 장벽이 완전히 낮아지지 않고 $V_B < V_P$ 값으로 감소되도록 트랜스퍼 게이트 전압 V_{TG} 의 값을 조정하는 것으로 구성된다. 이러한 방식으로 PPD의 퍼텐

설 웰은 단지 부분적으로 비워진다. 이는 V_{TRAN} 으로부터 상수 값을 감산하는 것과 같으며, 예를 들어 배경 조명 값을 0으로 하는데 이용될 수 있다. 중요하게는, 포텐셜 웰에 남아있는 전하는 다음 집적 전에 싱크 트랜지스터 (194)에 의해 방전되고 연속적인 사이클에 영향을 미치지 않는다.

- [0039] 도8은 도2와 관련하여 전술한 처리 방법의 다른 변형을 예시한다. 집적 게이트들 G1, G2는 수신된 펄스들이 더 넓은 제2 게이트 G2에 완전히 포함될 것으로 기대되도록 구성되며, 지연된 게이트들 G1은 전송된 신호(80)의 트레일링 에지 뒤에 도착하는 전송된 펄스의 일부만을 포함한다. 이 신호는 G1, G2 구간 동안만 집적되는 것이 아니라, 광원으로부터의 임의의 펄스를 기록하지 않고 주변 광만 기록하도록 충분히 지연된, GA1 및 GA2로 표시된 동일한 길이의 지연된 구간에서도 집적된다.
- [0040] 이 변형에서, 수신된 신호(82)는 4개의 윈도우들 Q1, QA1, Q2, QA2에 집적되고 4개의 값들 Q1, QA1, Q2 및 QA2를 제공한다. 값 QA1 및 QA2는 주변 조명을 나타내며 광원(80)으로부터의 신호만 유지하기 위해 각각 Q1, Q2로부터 감산된다. 값 Q2-QA2는 상기 측정을 정규화하고 그것을 레이저 전력(laser power) 및 타겟의 반사율(reflectance)과 독립적으로 만드는 데 이용될 수 있다. 따라서 논리 회로는 신호들(80 및 83) 사이의 타임 시프트에, 및 고유하게는 타겟(10)까지의 거리에 비례하는 양 $R'=(Q1-QA1)/(Q2+QA2)$ 로부터 거리를 평가한다. 비례 상수는 사전에 계산되거나 쉽게 보정될 수 있다.
- [0041] 이전 예에서와 같이, 게이트 신호들 G1이 변조된 광원(80)의 트레일링 에지와 동시에 시작되므로, R은 범위 $[0, w \cdot c]$ 에서의 거리로부터 선형적으로 의존된다. 다시 말하면, 이것은 본질적인 것은 아니며 다른 측정 범위를 선택하기 위해 상기 윈도우들이 시간을 다르게 설정될 수 있다.
- [0042] 본 발명은, 수신된 신호(83)가 전송된 신호(80)와 동기화된 다수의 주기적 윈도우에 집적되는, 설명된 것과 같은 처리 알고리즘을 사용하는 것이 바람직하다. 윈도우들은, 그들이 전체 펄스를 집적하고 타겟의 세기와 반사율에서의 인자(factor)에 이용될 수 있는 정규화 값(normalization value) 및 전송된 펄스들의 종료 후 소정의 간격만큼 수신된 펄스들의 일부만 집적하는 제2 값(second value)을 계산하는 것을 허용하도록 선택된다. 거리를 계산하는 이러한 방식은 제한된 하드웨어 자원을 가지는 모바일 디바이스에 특히 적합하다.
- [0043] 도9는 본 발명의 실현에 적합한 PPD 광검출기의 가능한 구현을 보여준다. 도는 또한 연관된 판독 및 디지털화 전자 장치의 일부를 보여 주고, 이러한 서브 회로들(sub-circuits)은 광검출기들과 동일한 칩에 전체적으로 또는 부분적으로 통합될 수 있다.
- [0044] 도9의 검출기는, 도7에 도시된 바와 같은 매크로 픽셀들로 구성된 복수의 PPD 픽셀을 포함한다. 각각의 매크로 픽셀은, 기하학적으로 콤팩트한 구성에서의 어레이에서, 예를 들어 3D 카메라의 경우에서, 픽셀들의 그룹에 대응할 수 있다; 또는 간단한 방법으로 평균 거리를 결정하려는 경우 전체 어레이에 걸쳐 분산된다. 각 매크로 픽셀은 최대 수백 또는 수천 개의 개별 픽셀들이 포함될 수 있다. 매크로 픽셀들은, 사용 사례에 따라, 보통의 이미징 픽셀들로 둘러싸이거나, 100,000개 이상의 개별 픽셀들을 포함할 수 있는, 상기 어레이의 전체 감광성 표면을 덮을 수 있다.
- [0045] 매크로 픽셀들은, 각 매크로 픽셀들로부터 전하들을 수집하여 그들을 평균화하는 평균화 스테이지(averaging stage)(44)에 접속된다. 각 픽셀의 제1 샘플은 스위치들 S2 및 S3을 열고 스위치들 S1을 닫음으로써 커패시터들 C에 저장된다. 그 다음 스위치들 S1이 열리고, 스위치들 S2가 닫히고, 제2 샘플이 커패시터들 C'에 저장된다. 이들 샘플들의 평균화는 스위치들 S3을 닫음으로써 수행되고, 그에 의해, 모든 커패시터들 C, 각각 커패시터들 C'가 병렬로 접속되고, 사실 상, 각 샘플들의 전체 전하를 저장하는 두 개의 더 큰 커패시터들이 된다. 이 프로세스는 무시할 수 있는 전력 소비로 평균화 및 다중 샘플링을 허용한다.
- [0046] 커패시터들 C에 저장된 전하는 스위치 S4를 일시적으로 닫음으로써 샘플 홀드 스테이지(sample-and-hold stage)(45)로 전송되고, ADC(51)에 의해 디지털화된다. 그 다음, 상기 샘플 홀드가 S2에 의해 리셋되고, 스위치 S5가 커패시터들 C'에 저장된 전하를 샘플링하고 디지털화하기 위해 닫힌다.
- [0047] 본 발명의 회로는, 개별 픽셀들이 롤링 방식으로 개별적으로 판독되는 종래의 이미지 센서들과 달리, 일관된 타이밍으로 (전체 어레이의) 매크로 픽셀들의 모든 픽셀들을 동시에 판독하고 평균 조명 값을 전달한다는 점에 유의한다.
- [0048] 도9의 회로는, 리셋 전압 V_{RST} 또는 하드웨어에서의 배경 조명 값(background illumination value)과 같이, 페데스탈 값들(pedestal values)의 특정 감산을 구현하기 위해, 도6과 관련하여 전술한 이중 상관 샘플링 스테이지들, 또는 기능적으로 등가인 스테이지들을 포함할 수 있다. 이것은 ADC(51)의 속도의 감소를 허용하고, 도6의

이중 샘플링 스테이지의 전력 소비가 매우 낮기 때문에 휴대용 디바이스들에서 더 나은 배터리 수명으로 이어진다.

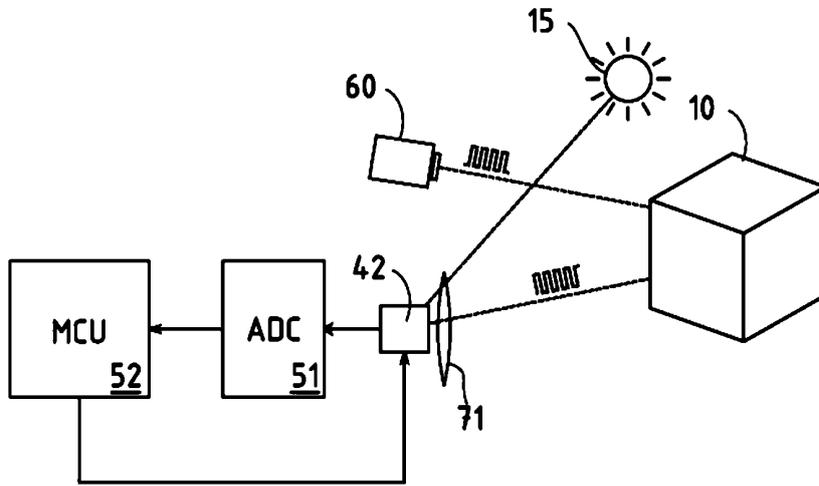
부호의 설명

[0049]

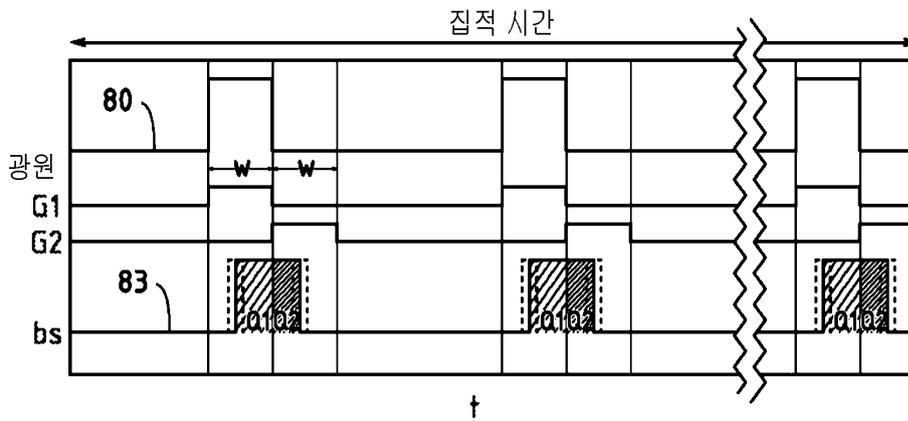
- 10 타겟
- 15 주변 광원
- 42 광 검출기
- 44 평균화기
- 45 샘플 홀드
- 51 ADC
- 52 논리 회로, 마이크로컨트롤러
- 60 광원, 레이저
- 71 대물렌즈
- 80 광원 세기
- 83 후방 산란광 세기
- 151 하층
- 152 저장 웰
- 153 피닝층
- 154 트랜스퍼 게이트 전극
- 155 트랜스퍼 채널
- 157 리셋 트랜지스터
- SN 감지 노드
- 160 소스 팔로워
- SF 소스 팔로워, 증폭기
- 180 매크로 픽셀
- 194 싱크 트랜지스터
- 222 이중 상관 샘플링 스테이지

도면

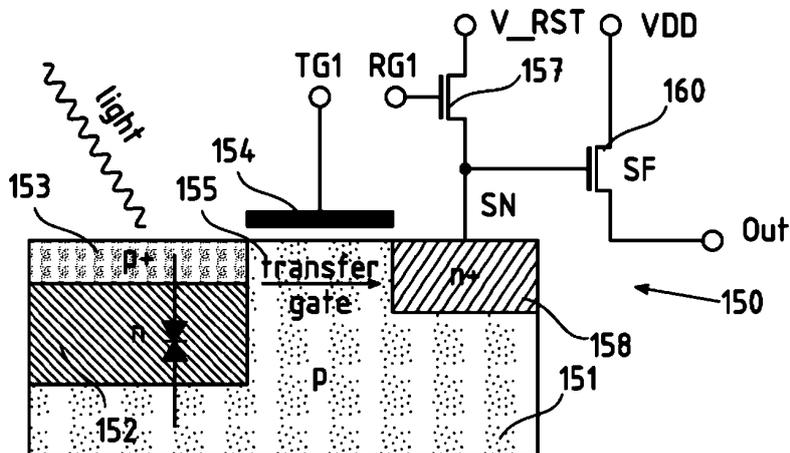
도면1



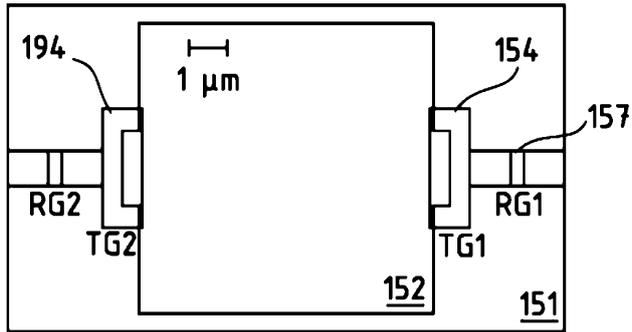
도면2



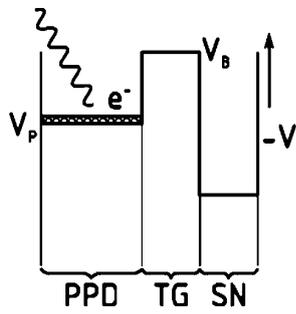
도면3



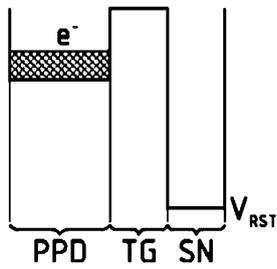
도면4



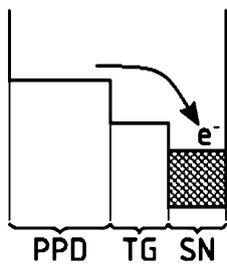
도면5a



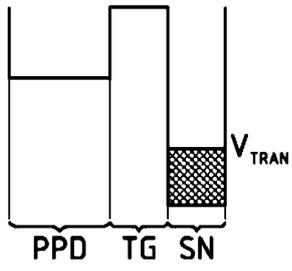
도면5b



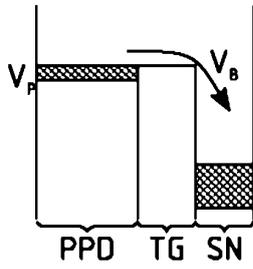
도면5c



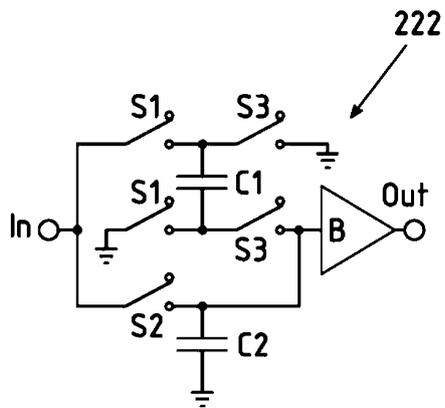
도면5d



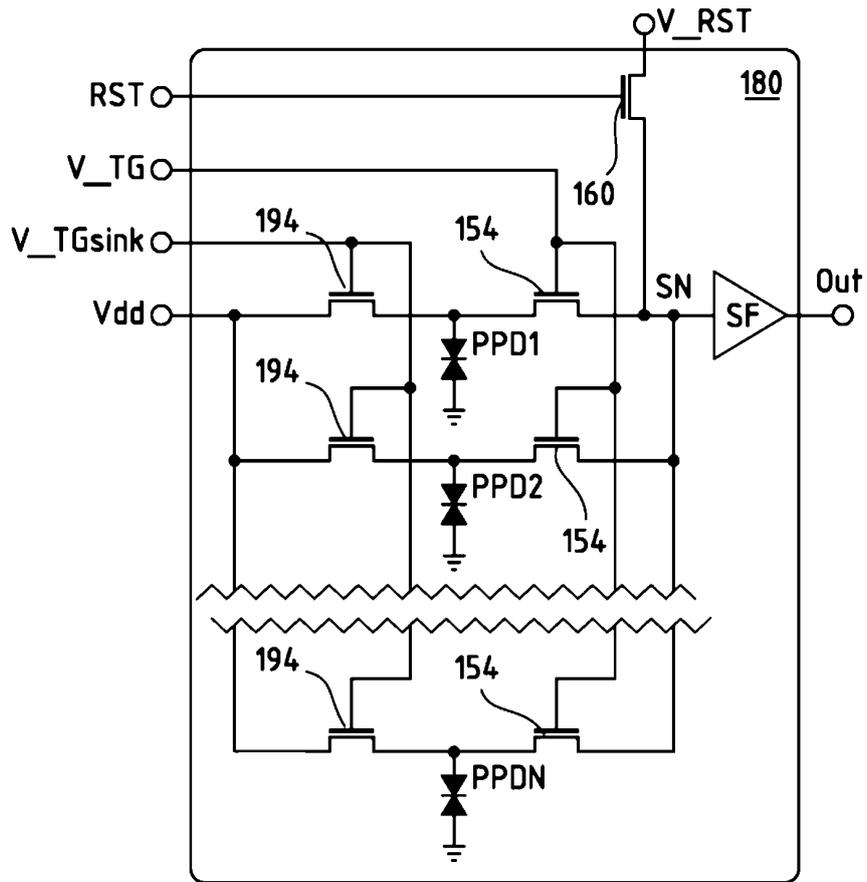
도면5e



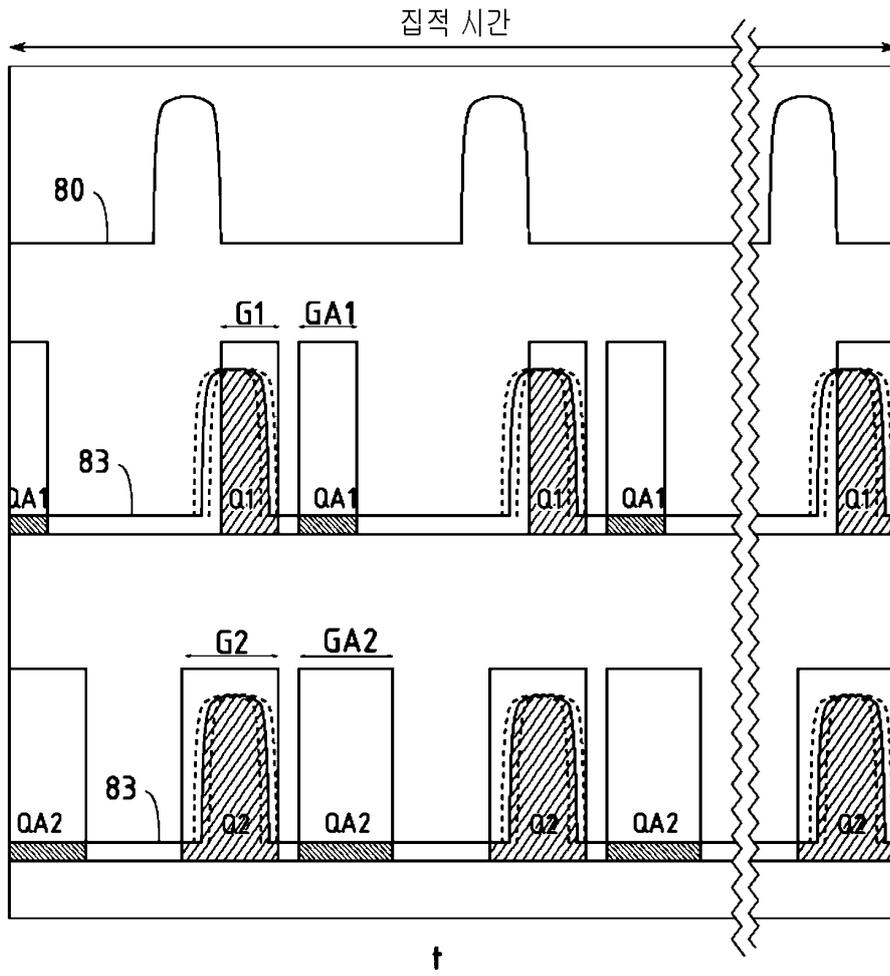
도면6



도면7



도면8



도면9

