



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2009-0051410  
(43) 공개일자 2009년05월22일

(51) Int. Cl.

*H04N 5/335* (2006.01) *H01L 27/146* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0117792

(22) 출원일자 2007년11월19일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

**삼성전자주식회사**

경기도 수원시 영통구 매탄동 416

(72) 발명자

**이종진**

서울 송파구 석촌동 54-31번지 효신아파트 403호

**고주현**

경기 성남시 분당구 정자동 느티마을주공3단지아파트 301동 401호

**안정착**

경기 용인시 기흥구 동백동 백현마을 코아루APT 2201동 1704호

(74) 대리인

**박영우**

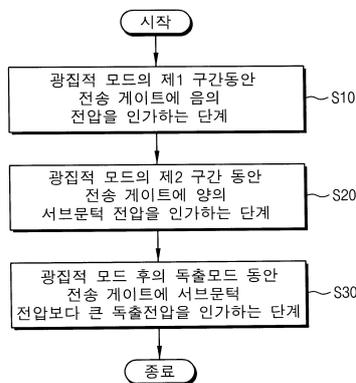
전체 청구항 수 : 총 14 항

**(54) 이미지 센서의 구동 방법**

**(57) 요약**

광감지기와 플로팅 디퓨전 영역 사이에 전송 게이트가 형성된 픽셀들을 포함하는 이미지 센서를 구동하기 위하여, 광집적 모드의 제 1 구간 동안 상기 전송 게이트에 음의 전압을 인가하고, 상기 광집적 모드의 제 2 구간 동안 상기 전송 게이트에 양의 서브문턱(sub-threshold) 전압을 인가한다. 상기 광집적 모드 후의 독출 모드 동안 상기 전송 게이트에 상기 서브문턱 전압보다 큰 독출 전압을 인가한다. 광집적 모드의 대부분의 시간 동안 전송 게이트에 음의 전압을 인가함으로써 이미지 센서의 노이즈를 감소시키고, 선형 응답과 로그 응답이 병합하여 이미지 센서의 넓은 동적 범위를 구현할 수 있다.

**대표도** - 도1



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

광감지기와 플로팅 디퓨전 영역 사이에 전송 게이트가 형성된 픽셀(pixel, 단위 화소)들을 포함하는 이미지 센서의 구동 방법으로서,

광집적 모드의 제 1 구간 동안 상기 전송 게이트에 음의 전압을 인가하는 단계;

상기 광집적 모드의 제 2 구간 동안 상기 전송 게이트에 양의 서브문턱(sub-threshold) 전압을 인가하는 단계; 및

상기 광집적 모드 후의 독출 모드 동안 상기 전송 게이트에 상기 서브문턱 전압보다 큰 독출 전압을 인가하는 단계를 포함하는 이미지 센서의 구동 방법.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 광감지기와 상기 플로팅 디퓨전 영역이 형성된 기관의 벌크(bulk)에 블루밍 전류(blooming current)를 위한 경로를 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이미지 센서의 구동 방법.

### 청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 기관의 벌크에 블루밍 전류를 위한 경로를 형성하는 단계는,

상기 광감지기와 상기 플로팅 디퓨전 영역의 형성을 위한 이온빔의 입사 각도와 이온 에너지를 조절하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 이미지 센서의 구동 방법.

### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 전송 게이트에 상기 양의 서브문턱 전압을 인가하는 상기 광집적 모드의 제 2 구간의 지속 시간은 상기 픽셀의 로그 응답시 블루밍 커런트가 안정화되기 위한 시간인 것을 특징으로 하는 이미지 센서의 구동 방법.

### 청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 전송 게이트에 상기 양의 서브문턱 전압을 인가하는 상기 광집적 모드의 제 2 구간의 지속 시간은 1  $\mu$ s(micro second) 이상 6  $\mu$ s 이하인 것을 특징으로 하는 이미지 센서의 구동 방법.

### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 이미지 센서의 선형 응답과 로그 응답의 경계를 조절하기 위하여 상기 양의 서브문턱(sub-threshold) 전압을 제어하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이미지 센서의 구동 방법.

### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 광집적 모드 동안 상기 광감지기로부터 상기 플로팅 디퓨전 영역으로 유입되는 블루밍 전류를 외부로 배출하기 위한 전류 경로를 제공하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이미지 센서의 구동 방법.

### 청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 픽셀은 상기 플로팅 디퓨전 영역과 드레인 영역 사이의 전기적인 연결을 위한 리셋 게이트를 더 포함하고, 상기 광집적 모드 동안 상기 리셋 게이트에 논리 하이 레벨의 전압을 인가하여 상기 블루밍 전류를 상기 드레인

영역으로 배출하기 위한 전류 경로를 제공하는 단계; 및

상기 독출 모드 동안 상기 리셋 게이트에 논리 로우 레벨의 전압을 인가하여 상기 플로팅 디퓨전 영역과 상기 드레인 영역을 전기적으로 차단하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이미지 센서의 구동 방법.

**청구항 9**

제 8 항에 있어서, 상기 드레인 영역에 상기 이미지 센서의 전원 전압이 인가되는 것을 특징으로 하는 이미지 센서의 구동 방법.

**청구항 10**

제 1 항에 있어서,

상기 독출 모드 동안 상기 플로팅 디퓨전 영역의 전위를 샘플링하여 상기 광감지기에 입사한 빛의 세기에 상응하는 이미지 신호를 제공하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이미지 센서의 구동 방법.

**청구항 11**

제 10 항에 있어서,

상기 이미지 신호의 레벨에 따라 상기 이미지 센서의 선형 응답과 로그 응답을 구분하여 상기 이미지 신호를 처리하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이미지 센서의 구동 방법.

**청구항 12**

제 10 항에 있어서,

상기 독출 모드 전에 상기 플로팅 디퓨전 영역의 전위를 샘플링하여 상관 이중 샘플링(CDS, correlated double sampling)을 위한 기준 신호를 제공하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이미지 센서의 구동 방법.

**청구항 13**

제 1 항에 있어서,

상기 독출 모드 동안 상기 전송 게이트에 인가되는 상기 독출 전압은 상기 이미지 센서의 전원 전압인 것을 특징으로 하는 이미지 센서의 구동 방법.

**청구항 14**

제 1 항에 있어서,

상기 이미지 센서는 상기 제 1 구간 동안 상기 전송 게이트에 인가되는 상기 음의 전압을 제공하기 위한 전압 발생기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이미지 센서의 구동 방법.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**기술분야**

<1> 본 발명은 이미지 센서에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 광감지기와 플로팅 디퓨전 영역 사이에 전송 게이트가 형성된 단위 화소(pixel)들을 포함하는 이미지 센서의 구동 방법에 관한 것이다.

**배경기술**

<2> 이미지 센서는 광학 영상(photo image)을 전기적 신호로 변환시키는 장치로서 디지털 카메라, 휴대폰 등과 같은 장치 및 시스템에 광범위하게 사용되고 있다.

<3> 이미지 센서의 종류는 크게 전하 결합 소자(CCD; Charge-Coupled Device) 타입과 상보성 금속 산화막 반도체(CMOS; Complementary Metal Oxide Semiconductor) 타입으로 분류된다. CCD 타입은 CMOS 타입에 비해서 소비전력 측면에서는 불리하지만, 노이즈가 적고 이미지 품질이 우수하다. CMOS 타입은 일반적인 반도체 제조 기술로

생산가능하기 때문에 증폭 및 신호처리와 같은 주변 시스템과의 통합이 용이하여 생산비용을 낮출 수 있고 처리 속도가 빠르면서 CCD 타입에 비해서 소비 전력이 훨씬 낮다는 이점이 있다.

- <4> 통상적인 이미지 센서는 복수의 픽셀(pixel, 단위 화소)들이 이차원 매트릭스 형태로 배열된 픽셀 어레이를 포함한다. 각 픽셀은 입사광에 의해 전하를 생성하는 포토다이오드(photodiode)와 같은 광감지기(photodetector)와 상기 생성된 전하를 전기적인 신호로 변환하기 위한 트랜지스터와 같은 소자들을 포함한다. 현재 보편적인 CMOS 이미지 센서의 픽셀 구조로는 3-트랜지스터 구조, 4-트랜지스터 구조 등이 있으며, 복수의 픽셀들이 일부 트랜지스터를 공유하는 구조도 존재한다.
- <5> 이미지 센서의 동적 범위(DR, dynamic range)는 피사체의 명암을 구별할 수 있는 이미지 센서의 성능을 나타낸다. 이미지 센서가 식별 가능한 최대 신호의 레벨(포화 레벨)을 S라 하고 이미지 센서의 노이즈 레벨을 N이라고 할 때, 통상적으로 동적 범위는 dB 단위로 환산하여  $20\log(S/N)$ 로 나타낼 수 있다. 상기 식에서 알 수 있는 바와 같이, 이미지 센서의 노이즈 레벨(N)을 감소시키거나 이미지 신호의 포화 레벨(S)을 증가시킴으로써 이미지 센서의 동적 범위를 확장할 수 있다.
- <6> 선형 이미지 센서(linear image sensor)는 입사광에 선형적으로 비례하는 전기적인 이미지 신호를 출력하기 때문에 감지된 이미지 신호의 후속 처리가 간단한 장점이 있다. 그러나 선형 이미지 센서의 동적 범위는 약 75 dB 이하로서 매우 제한적이다. 선형 이미지 센서의 동적 범위를 증가시키기 위해서 다양한 방법이 모색되고 있으나, 통상적으로 픽셀에 포함되는 포토다이오드와 같은 광감지기의 전하 수용 용량을 증가하여야 하기 때문에 이미지 센서의 크기가 증가하고 비용 또한 증가한다. 따라서 이러한 방법으로 선형 이미지 센서의 동적 범위를 증가시키는 것은 일정한 한계가 있으며 소형화를 지향하는 이미지 센서에는 부적합하다.
- <7> 로그형 이미지 센서(logarithmic image sensor)는 MOS 트랜지스터의 서브문턱 전도(sub-threshold conduction)의 개념에 기초한 구성을 갖는다. 선형 이미지 센서와는 다르게 로그형 이미지 센서는 입사광에 대수적(logarithmic)으로 비례하는 이미지 신호의 출력을 제공하기 때문에 약 100 dB 이상의 넓은 동적 범위를 가질 수 있다. 그러나 로그형 이미지 센서는 약한 입사광의 경우에는 RC 응답 시간이 길어지고, 입사광에 대하여 압축된(compressed) 형태의 전기적인 신호를 출력하기 때문에 노이즈에 취약한 단점이 있다.
- <8> 일반적으로 이미지 센서의 픽셀 어레이를 구성하는 픽셀들 중에서 액티브 픽셀은 기판에 광감지기와 플로팅 디퓨전 영역이 형성되고 그 사이의 기판 상부에 형성된 전송 게이트를 포함한다. 전송 게이트의 스위칭 동작에 의해 액티브 픽셀에서는 광집적 모드와 독출 모드가 분리될 수 있다. 일반적인 로그형 이미지 센서는 트랜지스터의 서브문턱 전도(sub-threshold conduction) 동작에 의하여 광집적기 동안에 발생된 광전류에 비례하는 전압 신호를 이미지 신호로서 출력한다. 포토다이오드와 같은 광감지기에서 광집적 모드 동안 발생된 전하가 포토다이오드의 전하 수용 능력을 초과하는 경우에는 광전하들은 블루밍 전류(blooming current)로서 외부로 배출된다. 일반적인 로그형 이미지 센서는 서브문턱 전도와 블루밍 전류의 경로의 확보를 위하여 광집적기 동안 전송 게이트를 문턱 전압 근처의 값으로 구동한다. 이 경우 전송 게이트 하부의 다크 소스(dark source)를 활성화하여 노이즈를 증가시키고, 특히 고온에서 이러한 문제가 심각해진다.

**발명의 내용**

**해결 하고자하는 과제**

- <9> 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명은 이미지 센서의 크기를 증가시키지 않으면서 선형 응답과 로그 응답을 병합하여 넓은 동적 범위를 갖는 동시에 로그 응답 특성의 구현에 따른 노이즈를 감소할 수 있는 이미지 센서의 구동 방법을 제공하는 것을 일 목적으로 한다.
- <10> 또한, 본 발명은 상기 방법에 의해 구동되는 이미지 센서 및 이를 포함하는 시스템을 제공하는 것을 일 목적으로 한다.

**과제 해결수단**

- <11> 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명의 일 실시예에 따른 이미지 센서의 구동 방법에 의해, 광감지기와 플로팅 디퓨전 영역 사이에 전송 게이트가 형성된 픽셀(pixel, 단위 화소)들을 포함하는 이미지 센서에서, 광집적 모드의 제 1 구간 동안 상기 전송 게이트에 음의 전압을 인가하고, 상기 광집적 모드의 제 2 구간 동안 상기 전송 게이트에 양의 서브문턱(sub-threshold) 전압을 인가한다. 상기 광집적 모드 후의 독출 모드 동안 상기 전송 게이트에 상기 서브문턱 전압보다 큰 독출 전압을 인가한다.

- <12> 일 실시예에서, 상기 광감지기와 상기 플로팅 디퓨전 영역이 형성된 기관의 벌크(bulk)에 불루밍 전류(blooming current)를 위한 경로를 형성할 수 있다. 상기 기관의 벌크에 불루밍 전류를 위한 경로를 형성하기 위하여, 상기 광감지기와 상기 플로팅 디퓨전 영역의 형성을 위한 이온빔의 입사 각도와 이온 에너지를 조절할 수 있다.
- <13> 일 실시예에서, 상기 전송 게이트에 상기 양의 서브문턱 전압을 인가하는 상기 광집적 모드의 제 2 구간의 지속 시간은 상기 픽셀의 로그 응답시 불루밍 커런트가 안정화되기 위한 시간일 수 있다. 예를 들어, 상기 전송 게이트에 상기 양의 서브문턱 전압을 인가하는 상기 광집적 모드의 제 2 구간의 지속 시간은 1  $\mu$ s(micro second) 이상 6  $\mu$ s 이하일 수 있다.
- <14> 일 실시예에서, 상기 이미지 센서의 선형 응답과 로그 응답의 경계를 조절하기 위하여 상기 양의 서브문턱(sub-threshold) 전압을 제어할 수 있다.
- <15> 일 실시예에서, 상기 광집적 모드 동안 상기 광감지기로부터 상기 플로팅 디퓨전 영역으로 유입되는 불루밍 전류를 외부로 배출하기 위한 전류 경로를 제공할 수 있다.
- <16> 상기 픽셀이 상기 플로팅 디퓨전 영역과 드레인 영역 사이의 전기적인 연결을 위한 리셋 게이트를 더 포함하는 경우, 상기 광집적 모드 동안 상기 리셋 게이트에 논리 하이 레벨의 전압을 인가하여 상기 불루밍 전류를 상기 드레인 영역으로 배출하기 위한 전류 경로를 제공하고, 상기 독출 모드 동안 상기 리셋 게이트에 논리 로우 레벨의 전압을 인가하여 상기 플로팅 디퓨전 영역과 상기 드레인 영역을 전기적으로 차단할 수 있다. 상기 드레인 영역에 상기 이미지 센서의 전원 전압이 인가될 수 있다.
- <17> 상기 독출 모드 동안 상기 플로팅 디퓨전 영역의 전위를 샘플링하여 상기 광감지기에 입사한 빛의 세기에 상응하는 이미지 신호를 제공할 수 있다. 상기 이미지 신호의 레벨에 따라 상기 이미지 센서의 선형 응답과 로그 응답을 구분하여 상기 이미지 신호를 처리할 수 있다.
- <18> 상기 독출 모드 전에 상기 플로팅 디퓨전 영역의 전위를 샘플링하여 상관 이중 샘플링(CDS, correlated double sampling)을 위한 기준 신호를 제공할 수 있다.
- <19> 일 실시예에서, 상기 독출 모드 동안 상기 전송 게이트에 인가되는 상기 독출 전압은 상기 이미지 센서의 전원 전압일 수 있다.
- <20> 상기 이미지 센서는 상기 제 1 구간 동안 상기 전송 게이트에 인가되는 상기 음의 전압을 제공하기 위한 전압 발생기를 더 포함할 수 있다.

**효 과**

- <21> 상기와 같은 본 발명의 실시예들에 따른 이미지 센서의 구동 방법은 이미지 센서의 크기를 증가시키지 않으면서도 선형 응답과 로그 응답을 병합하여 동적 범위를 확장함으로써 이미지 센서의 성능을 향상시킬 수 있다.
- <22> 또한, 상기와 같은 본 발명의 실시예들에 따른 이미지 센서의 구동 방법은 광집적 모드의 대부분의 시간 동안 전송 게이트에 음의 전압을 인가함으로써 전송 게이트 하부의 다크 소스를 억제하여 이미지 센서의 노이즈를 감소시킬 수 있다.

**발명의 실시를 위한 구체적인 내용**

- <23> 본문에 개시되어 있는 본 발명의 실시예들에 대해서, 특정한 구조적 내지 기능적 설명들은 단지 본 발명의 실시예를 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로, 본 발명의 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있으며 본문에 설명된 실시예들에 한정되는 것으로 해석되어서는 안된다.
- <24> 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- <25> 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로 사용될 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위로부터 이탈되지 않은 채 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.
- <26> 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에

직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 "~사이에"와 "바로 ~사이에" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.

- <27> 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- <28> 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미이다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미인 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- <29> 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세하게 설명하고자 한다. 도면상의 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 참조부호를 사용하고 동일한 구성요소에 대해서 중복된 설명은 생략한다.
- <30> 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 이미지 센서의 구동 방법을 나타내는 순서도이다.
- <31> 도 1에 도시된 방법은 포토다이오드와 같은 광감지기와 플로팅 디퓨전 영역 사이에 전송 게이트가 형성된 픽셀(pixel, 단위 화소)들을 포함하는 이미지 센서를 구동하기 위하여 이용될 수 있다. 픽셀의 구체적인 구성에 대해서는 도 3의 예를 참조하여 후술하기로 한다.
- <32> 이미지 센서의 동작 모드는 크게 광집적 모드(integration mode)와 독출 모드(read mode)로 구분될 수 있다. 광집적 모드 동안에는 이미지 센서의 셔터가 개방되어 입사광에 의해 전자-전공 쌍과 같은 전하 캐리어가 광감지기에 생성되어 피사체의 이미지에 관한 정보가 수집된다. 광집적 모드 후의 독출 모드 동안에는 셔터가 폐쇄되고 전하 캐리어의 형태로 수집된 상기 피사체의 이미지에 관한 정보가 전기적인 신호로 변환된다.
- <33> 본 발명의 이미지 센서의 구동 방법에 따라, 먼저 광집적 모드의 제 1 구간 동안 상기 전송 게이트에 음의 전압을 인가하고(단계 S10). 그 후 상기 광집적 모드의 제 2 구간 동안 상기 전송 게이트에 양의 서브문턱(sub-threshold) 전압을 인가한다(단계 S20). 상기 광집적 모드 후의 독출 모드 동안 상기 전송 게이트에 상기 서브문턱 전압보다 큰 독출 전압을 인가한다(단계 S30).
- <34> 후술하는 바와 같이 광집적 모드의 제 1 구간 동안 상기 전송 게이트에 음의 전압을 인가(단계 S10)함으로써, 전송 게이트 하부의 다크 소스를 억제하여 이미지 센서의 노이즈를 감소하고, 선형 응답과 로그 응답을 병합함으로써 이미지 센서의 동적 범위를 확장할 수 있다.
- <35> 이하에서는 이미지 센서 및 픽셀의 구성의 일 예를 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 이미지 센서의 구동 방법을 더욱 상세하게 설명하기로 한다.
- <36> 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 이미지 센서를 나타내는 블록도이다.
- <37> 도 2를 참조하면, 이미지 센서(10)는 픽셀 어레이(100), 행 구동기(200), 타이밍 컨트롤러(300) 및 음전압 발생기(400)를 포함한다.
- <38> 픽셀 어레이(100)는 일정한 방식으로 배열된 복수의 픽셀(pixel, 단위 화소)들을 포함된다. 예를 들어 픽셀들은 이차원 매트릭스 형태로 배열되고, 행 구동기(row driver)(200)에 의해 행 단위로 선택되어 이미지 센싱 동작을 수행할 수 있다. 픽셀 어레이(100)는 피사체의 이미지 정보를 나타내는 전기적인 신호인 이미지 신호(Vout) 및/또는 상관 이중 샘플링(CDS, correlated double sampling)을 위한 기준 신호(Vref)를 출력한다.
- <39> 타이밍 컨트롤러(300)는 이미지 센서(10)의 동작 모드에 따른 타이밍을 제어한다. 도 2에 도시하지는 않았으나, 이미지 센서(10)는 상관 이중 샘플링을 위한 CDS 회로, 아날로그-디지털 컨버터(ADC, analog-to-digital convert), 외부 장치와의 신호 전달을 위한 인터페이스 등을 더 포함할 수 있고, 타이밍 컨트롤러(300)는 이러한 구성 요소들의 동작 타이밍을 제어할 수 있다.

- <40> 본 발명의 일 실시예에 따른 이미지 센서의 구동 방법은, 상기 설명한 바와 같이, 광집적 모드의 제 1 구간 동안 상기 전송 게이트에 음의 전압을 인가한다. 이를 위하여 이미지 센서(10)는 음전압 발생기(negative voltage generator)(400)를 포함할 수 있다. 통상 이미지 센서는 양의 전원 전압(VDD)을 공급받아 전압 분배 방식으로 다양한 레벨의 전압을 제공할 수 있으나, 음의 전압은 전압 분배 방식으로 발생시킬 수 없다. 따라서 음전압 발생기(400)는 전하 펌프 또는 DC-DC 컨버터를 이용하여 전원 전압으로부터 음의 전압을 발생하고, 발생된 음의 전압을 행 구동기(200)에 제공한다. 실시예에 따라서는 음의 전압이 이미지 센서 칩의 패드를 통하여 외부로부터 제공될 수도 있다.
- <41> 도 3은 도 2의 이미지 센서에 포함된 픽셀의 일 예를 나타내는 회로도이다.
- <42> 도 3을 참조하면, 이미지 센서의 픽셀(pixel, 단위 화소)은 포토다이오드(PD)와 같은 광감지기, 전송 트랜지스터(M11), 리셋 트랜지스터(M12), 소스 플로워 트랜지스터(M13), 및 선택 트랜지스터(M14)를 포함하는 4-트랜지스터 구조로 구성될 수 있다. 도 3에는 일 예로서 4-트랜지스터 구조를 도시하고 있으나, 본 발명의 일 실시예에 따른 이미지 센서의 픽셀은 반드시 4-트랜지스터 구조에만 한정되는 것은 아니며, 3-트랜지스터 구조, 5-트랜지스터 구조, 복수의 픽셀들이 일부 트랜지스터를 공유하는 구조 등도 가능하다.
- <43> 이하에서는 도 3을 참조하여 이미지 센서의 일반적인 동작을 설명한다.
- <44> 리셋 트랜지스터(M12)의 게이트(RG)의 전압이 상승하여 리셋 트랜지스터(M12)가 턴온(turn-on)되면 센싱 노드인 플로팅 디퓨전 노드(FD) 즉 플로팅 디퓨전 영역의 전위가 전원 전압(VDD)으로 리셋된다. 광집적 모드 동안에 외부에서 수광된 빛이 포토다이오드(PD)에 입사되면 이에 비례하여 전자-전공 쌍(EHP; Electron Hole Pair)이 생성되어 포토다이오드(PD)에 축적된다. 광집적 모드 후의 독출 모드에서, 전송 트랜지스터(M11)의 게이트(TG)의 전압이 상승하면 포토다이오드(PD) 영역에 축적된 전하는 플로팅 디퓨전 노드(FD)로 전달된다. 전달된 신호 전하량에 비례하여 플로팅 디퓨전 노드(FD)의 전위가 하강하면 소스 플로워 트랜지스터(M13)의 소스 전위가 변화된다. 선택 신호(SEL)가 활성화되면 선택 트랜지스터(M14)가 활성화되어 이미지 신호(Vout)가 출력된다.
- <45> 이러한 방식으로 이미지 센서의 각 픽셀(110)은 입사광을 광전 변환하여 이미지 신호(Vout)를 출력한다. 또한, 상기 독출 모드 전에 상기 플로팅 디퓨전 노드(FD)의 전위를 샘플링하여 상관 이중 샘플링을 위한 기준 신호(Vref)를 제공할 수 있다. 상관 이중 샘플링은 당업자에게 잘 알려져 있으므로 그 설명을 생략한다.
- <46> 도 4를 참조하여 후술할 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 이미지 센서의 구동 방법은, 특히 상기 전송 트랜지스터(M11)의 게이트, 즉 전송 게이트(TG)의 전압을 효과적으로 제어하여 이미지 센서의 노이즈 감소 및 동적 범위의 확장을 도모할 수 있다.
- <47> 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 이미지 센서의 구동 방법을 나타내는 타이밍도이다.
- <48> 도 3 및 도 4를 참조하면, 광집적 모드의 제 1 구간(t1 내지 t2) 동안 전송 게이트(TG)에 음의 전압(Vneg)을 인가하고, 광집적 모드의 제 2 구간(t2 내지 t3) 동안 전송 게이트(TG)에 양의 서브문턱(sub-threshold) 전압(Vsth)을 인가한다. 입사광의 세기가 일정한 경계 값 이상인 경우 광감지기의 전하 수용 능력을 초과하여 발생한 전하들에 의한 불루밍 전류(blooming current)가 발생하고 이 때 픽셀(110)은 로그 응답에 따른 이미지 신호(Vout)를 출력한다.
- <49> 전송 게이트(TG)에 양의 서브문턱 전압(Vsth)을 인가하는 광집적 모드의 제 2 구간(t2 내지 t3)의 지속 시간은 픽셀(110)의 로그 응답 동작시 불루밍 전류가 안정화되기 위한 시간이 확보될 수 있도록 설정된다. 불루밍 전류가 안정화된다는 것은 광감지기로부터 플로팅 디퓨전 노드(FD)로 유입되는 전류가 리셋 트랜지스터(M12) 등을 통하여 배출되는 전류와 평형을 이루어 불루밍 전류가 실질적으로 일정한 값을 유지하는 것을 의미한다. 전송 트랜지스터(M11)의 특성에 따라 차이는 있으나, 제 2 구간(t2 내지 t3)의 지속 시간은 1  $\mu$ s(micro second) 이상 6  $\mu$ s 이하의 짧은 시간으로 설정될 수 있다. 예를 들어, 행 단위로 동작하는 픽셀 어레이의 행의 수가 약 1000개이고 30 fps(frame per second)의 동영상 촬영하는 경우, 하나의 행에 해당하는 동작 주기는 약 33  $\mu$ s이다. 이 경우 전송 게이트(TG)에 양의 서브문턱 전압(Vsth)을 인가하는 제 2 구간(t2 내지 t3)은 수  $\mu$ s로 설정되고 전송 게이트(TG)에 음의 전압(Vneg)을 인가하는 제 1 구간은 약 25  $\mu$ s 이상으로 설정될 수 있다. 이와 같이 광집적 모드의 대부분의 시간 동안 전송 게이트(TG)에 음의 전압(Vneg)을 인가함으로써 전송 게이트(TG) 하부의 다크 소스를 억제하여 이미지 센서의 노이즈를 감소시킬 수 있다.
- <50> 상기 광집적 모드 후의 독출 모드(t4 내지 t5) 동안에 전송 게이트(TG)에 상기 서브문턱 전압(Vsth)보다 큰 독출 전압을 인가한다. 예를 들어, 도 4에 도시한 바와 같이, 독출 모드(t4 내지 t5) 동안 전송 게이트(TG)에 인

가되는 독출 전압은 이미지 센서의 전원 전압(VDD)일 수 있다.

- <51> 광집적 모드의 제 2 구간(t2 내지 t3) 동안 전송 게이트(TG)에 양의 서브문턱(sub-threshold) 전압(Vsth)을 인가함으로써, 이미지 센서는 선형 응답 및 로그 응답을 병합한 응답 특성을 가질 수 있다. 서브문턱(sub-threshold) 전압(Vsth)은 전송 트랜지스터(M11)가 '서브문턱 전도'(sub-threshold conduction) 동작을 하도록 전송 트랜지스터(M11)의 문턱 전압에 가까운 값으로 설정된다. 당업자에게 잘 알려진 바와 같이 '서브문턱 전도'는 채널이 완전히 형성되지는 않았으나 게이트-소스 전압에 지수적인 의존성(exponential dependence)을 갖는 전류가 소스와 드레인 사이에 흐르는 것을 말하며, 트랜지스터가 불완전하게 턴온된 상태라고 할 수 있다.
- <52> 상기와 같이 전송 게이트(TG)에 인가되는 전압들은 픽셀의 특성에 따라 적절하게 조절될 수 있다. 예를 들어, 독출 전압(VDD)은 약 2.8V, 서브문턱 전압(Vsth)은 약 0.7~1.2V, 음의 전압(Vneg)은 약 -0.5 V이하로 설정될 수 있다.
- <53> 전송 게이트(TG)에 음의 전압(Vneg)이 인가되는 광집적 모드 동안 강한 빛이 광감지기(PD)에 입사되는 경우에, 상기 광감지기(PD)로부터 상기 플로팅 디퓨전 영역(FD)으로 유입되는 블루밍 전류를 외부로 배출하기 위한 전류 경로가 제공될 수 있다. 예를 들어, 도 3에 예시한 픽셀의 구성인 경우에, 플로팅 디퓨전 영역(FD)에 연결된 리셋 트랜지스터(M12)를 이용하여 상기 전류 경로가 제공될 수 있다. 플로팅 디퓨전 영역(FD)과 드레인 영역(즉 리셋 트랜지스터(M12)의 드레인에 해당)사이의 전기적인 연결을 위한 리셋 게이트(RG)의 전압은, 도 4에 도시된 바와 같이 제어될 수 있다. 즉, 광집적 모드 동안 리셋 게이트(RG)에 논리 하이 레벨의 전압을 인가하여 상기 블루밍 전류를 상기 드레인 영역으로 배출하기 위한 전류 경로를 제공하고, 독출 모드 동안 상기 리셋 게이트(RG)에 논리 로우 레벨의 전압을 인가하여 플로팅 디퓨전 영역(FD)과 상기 드레인 영역을 전기적으로 차단할 수 있다. 예를 들어, 상기 드레인 영역에는 이미지 센서의 전원 전압(VDD)이 인가될 수 있다.
- <54> 상기 독출 모드 동안 플로팅 디퓨전 영역(FD)의 전위를 샘플링함으로써, 광감지기(PD)에 입사한 빛의 세기에 상응하는 이미지 신호(Vout)를 제공할 수 있다. 도 6을 참조하여 후술할 바와 같이, 이미지 신호(Vout)의 레벨에 따라 이미지 센서의 선형 응답(linear response)과 로그 응답(logarithmic response)을 구분하여 각각의 알고리즘에 따라 이미지 신호(Vout)를 처리할 수 있다.
- <55> 상관 이중 샘플링(CDS, correlated double sampling)에 의해 이미지 신호(Vout)를 처리하는 이미지 센서에서는, 독출 모드 전에 플로팅 디퓨전 영역(FD)의 전위를 샘플링하여 기준 신호(Vref)가 제공될 수 있다.
- <56> 다크 레벨에 기초한 캘리브레이션, 로그 응답에 따른 신호의 복원 알고리즘 등과 같은 이미지 신호(Vout)의 후속 처리(postprocessing)는 당업자에게 잘 알려져 있으므로 그 설명을 생략한다.
- <57> 본 발명의 일 실시예에 따른 이미지 센서의 구동 방법은, 글로벌 셔터(global shutter) 방식과 롤링 셔터(rolling) 방식에 모두 채용될 수 있다. 예를 들어, 스틸 이미지를 촬상하는 경우에는 모든 행의 픽셀들에 대해 셔터가 개방되어 광집적 모드(t2 내지 t4)가 수행되고, 독출 모드(t4 내지 t5) 동안 각 행 단위에 전송 게이트에 독출 전압(VDD)이 순차적으로 인가될 수 있다. 또한 롤링 셔터 방식의 경우에는 각 행 단위로 광집적 모드(t2 내지 t4) 및 독출 모드(t4 내지 t5)가 반복적으로 수행될 수 있다.
- <58> 도 5는 블루밍 전류의 경로를 나타내는 픽셀의 단면도이다.
- <59> 도 5에는 도 3에 나타난 픽셀의 일부만이 도시되어 있으며, 기판(111)에 형성된 포토다이오드(112, 113)와 플로팅 디퓨전 영역(114), 그리고 그 사이의 기판(111) 상부에 형성된 전송 게이트(115)가 도 3의 전송 트랜지스터(M11)를 구성하는 예가 도시되어 있다. 포토다이오드는 p-타입 영역(112)과 n-타입 영역(113)을 포함하며, 광집적 모드에서 생성된 전자들은 n-타입 영역(113)에 축적된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 이미지 센서의 구동 방법에서는, 광집적 모드의 대부분의 시간 동안 전송 게이트(115)에 음의 전압(Vneg)이 인가되므로 전송 게이트(115)의 하부에 정공(hole)이 축적되고 공핍층(depletion layer)의 생성이 억제된다. 이 경우 포토다이오드(112, 113)와 플로팅 디퓨전 영역(114)이 형성된 기판(111)의 벌크(bulk)에 블루밍 전류(blooming current)를 위한 경로를 형성할 수 있다. 이온 임플란트(ion implantation) 방식에 의해 포토다이오드(112, 113)와 같은 광감지기와 플로팅 디퓨전 영역(114)을 기판(111) 내부에 형성하는 경우, 이온빔의 입사 각도와 이온 에너지를 조절하여 도 6에 도시된 바와 같이 기판(111)의 벌크에 블루밍 전류를 위한 경로를 형성할 수 있다. 이온 임플란트 방식은 당업자에게 잘 알려져 있으므로 설명을 생략한다.
- <60> 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 이미지 센서의 동작 특성을 나타내는 그래프이다.
- <61> 도 6을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 이미지 센서의 구동 방법에서는, 이미지 센서의 출력인 이미지

신호(Vout)가 선형 응답과 로그 응답이 병합된 응답 특성을 갖는다. 입사광의 세기에 상응하는 즉 광전류(Iph)가 경계점(A)보다 작은 구간에서는 이미지 신호(Vout)는 선형 응답 특성을 나타내고, 광전류(Iph)가 경계점(A)보다 큰 구간에서는 이미지 신호(Vout)는 로그 응답 특성을 나타낸다. 상기 경계점(A)에 해당하는 이미지 신호(Vout)의 레벨을 기준으로 이미지 신호(Vout)의 레벨에 의해 선형 응답과 로그 응답이 구분되고, 각각의 알고리즘에 따라 이미지 신호(Vout)를 처리하여 실제 입사광의 세기에 상응하는 신호가 복원될 수 있다.

- <62> 도 7은 선형 응답과 로그 응답의 경계의 조절 방법을 설명하기 위한 그래프이다.
- <63> 도 7을 참조하면, 제 1 곡선(C1)은 선형 응답과 로그 응답의 경계점(B)에 해당하는 입사광의 세기가 상대적으로 작은 경우를 나타내고, 제 2 곡선(C2)은 선형 응답과 로그 응답의 경계점(C)에 해당하는 입사광의 세기가 상대적으로 큰 경우를 나타낸다.
- <64> 도 4를 다시 참조하면, 광집적 모드의 제 2 구간(t2 내지 t3) 동안 전송 게이트(TG)에 인가되는 서브문턱(sub-threshold) 전압(Vsth)을 제어함으로써 이미지 센서의 선형 응답과 로그 응답의 경계를 조절할 수 있다. 즉 서브문턱(sub-threshold) 전압(Vsth)을 상대적으로 작게 설정하면 포토다이오드(PD)와 플로팅 디퓨전 영역(FD) 사이의 포텐셜 장벽이 상대적으로 낮아지므로 제 1 곡선(C1)과 같이 선형 응답과 로그 응답의 경계점(B)에 해당하는 입사광의 세기가 상대적으로 작아지고, 서브문턱(sub-threshold) 전압(Vsth)을 상대적으로 크게 설정하면 포토다이오드(PD)와 플로팅 디퓨전 영역(FD) 사이의 포텐셜 장벽이 상대적으로 높아지므로 제 1 곡선(C1)과 같이 선형 응답과 로그 응답의 경계점(C)에 해당하는 입사광의 세기가 상대적으로 커지게 된다.
- <65> 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 이미지 센서를 포함하는 시스템을 나타내는 블록도이다.
- <66> 도 8을 참조하면, 시스템(800)은 버스(50)를 통하여 연결된 이미지 센서(10), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor)(20), 화상 표시 장치(30) 및 저장 장치(40)를 포함한다. 이미지 센서(10)는 도 2 내지 도 7을 참조하여 설명한 본 발명의 일 실시예에 따른 이미지 센서가 채용되고, 이러한 이미지 센서의 넓은 동적 범위와 감소된 노이즈로 인하여 시스템(800) 전체의 성능이 향상될 수 있다.
- <67> 도 8은 이미지 센서(10)를 포함하는 시스템(800)의 하나의 예시이며, 본 발명의 일 실시예에 따른 이미지 센서(10) 및 그 구동 방법은 디지털 카메라(digital camera), 휴대폰(mobile phone), 컴퓨터 시스템(computing system), 게임기, 스캐너(scanner), 비전 시스템(vision system), 전자감시 시스템(surveillance system), 차량 항법 시스템 등과 같이 이미지 센서를 포함하는 모든 장치 및/또는 시스템에 적용될 수 있다.

**산업이용 가능성**

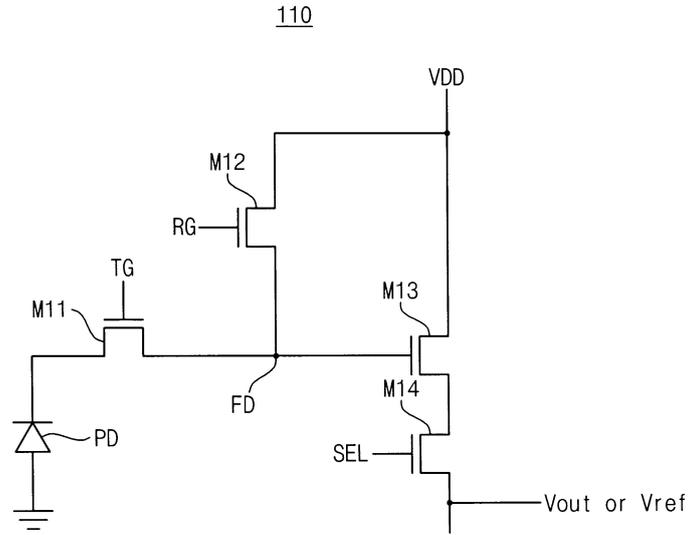
- <68> 본 발명은 넓은 동적 범위가 요구되는 이미지 센서 및 이를 포함하는 장치 및 시스템에 유용하게 이용될 수 있다. 특히 이미지 센서의 크기를 증가시키지 않으면서 노이즈를 감소시키고 동적 범위를 확장할 수 있으므로, 소형화가 요구되는 휴대용 장치에 더욱 유용하게 이용될 수 있다.
- <69> 상기에서는 본 발명이 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 것이다.

**도면의 간단한 설명**

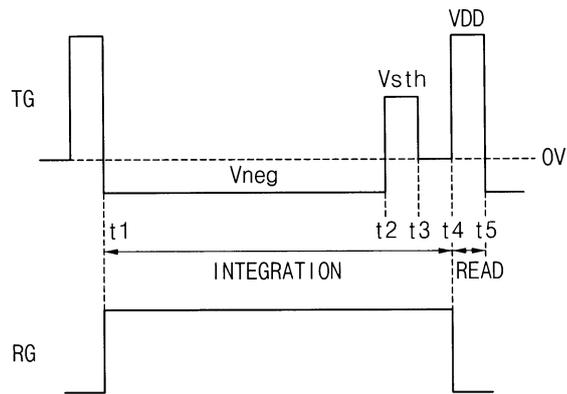
- <70> 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 이미지 센서의 구동 방법을 나타내는 순서도이다.
- <71> 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 이미지 센서를 나타내는 블록도이다.
- <72> 도 3은 도 2의 이미지 센서에 포함된 픽셀(pixel, 단위 화소)의 일 예를 나타내는 회로도이다.
- <73> 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 이미지 센서의 구동 방법을 나타내는 타이밍도이다.
- <74> 도 5는 블루밍 전류의 경로를 나타내는 픽셀의 단면도이다.
- <75> 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 이미지 센서의 동작 특성을 나타내는 그래프이다.
- <76> 도 7은 선형 응답과 로그 응답의 경계의 조절 방법을 설명하기 위한 그래프이다.
- <77> 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 이미지 센서를 포함하는 시스템을 나타내는 블록도이다.
- <78> <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>



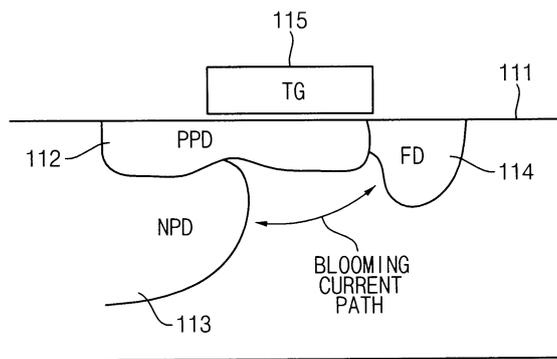
도면3



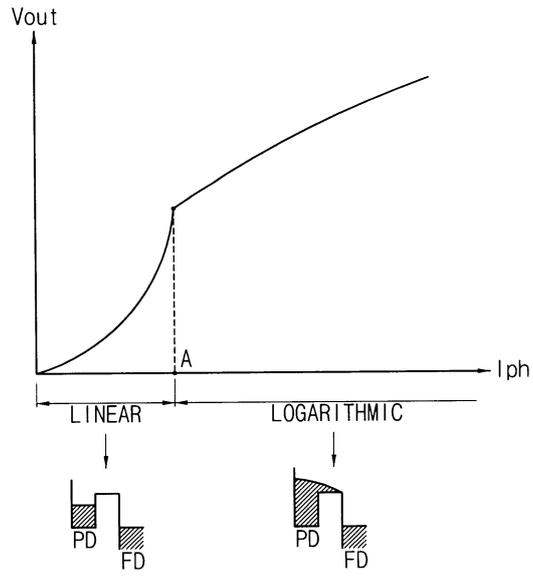
도면4



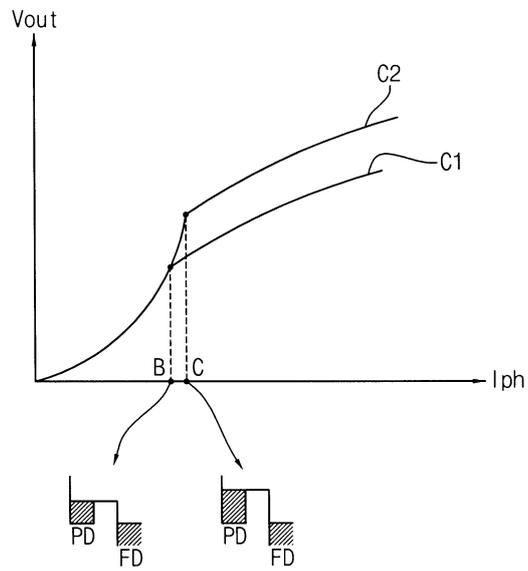
도면5



도면6



도면7



도면8

