



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0067848
(43) 공개일자 2016년06월14일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04N 5/32 (2006.01) *H04N 5/335* (2011.01)
H04N 5/357 (2011.01)
- (52) CPC특허분류
H04N 5/32 (2013.01)
H04N 5/3355 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2016-7008684
- (22) 출원일자(국제) 2014년09월02일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2016년04월01일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2014/004502
- (87) 국제공개번호 WO 2015/052864
국제공개일자 2015년04월16일
- (30) 우선권주장
JP-P-2013-212612 2013년10월10일 일본(JP)
- (71) 출원인
소니 주식회사
일본국 도쿄도 미나토구 코난 1-7-1
- (72) 발명자
니시하라 토시유키
일본국 도쿄도 미나토구 코난 1-7-1 소니 주식회사 내
- (74) 대리인
최달용

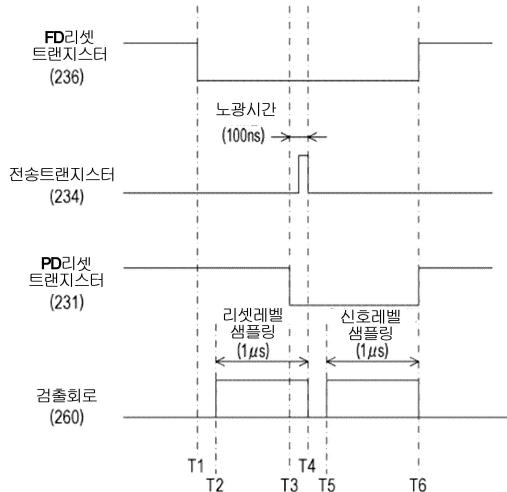
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 **촬상 소자, 방사선 검출 장치 및 촬상 소자의 제어 방법**

(57) 요 약

광전 변환 소자는, 광을 전하로 변환하여 축적한다. 부유 확산 영역은, 광전 변환 소자로부터 전송된 전하의 양에 응한 전압을 생성한다. 부유 확산 영역 리셋 트랜지스터는, 생성된 전압을 초기화한다. 변환부는, 전압을 디지털 신호로 변환하는 변환 처리를 행한다. 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터는, 전압이 초기화된 후의 소정의 타이밍에서 광전 변환 소자에 축적된 전하의 양을 초기화한다. 전송 트랜지스터는, 변환 처리에 필요로 하는 시간보다 짧은 노광 시간이 소정의 타이밍부터 경과한 때에 광전 변환 소자로부터 부유 확산층으로의 전송을 행한다.

대 표 도 - 도4



(52) CPC특허분류

H04N 5/3532 (2013.01)

H04N 5/357 (2013.01)

H04N 5/3742 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

광을 전하로 변환하여 축적하는 광전 변환 소자와,
 상기 광전 변환 소자로부터 전송된 상기 전하의 양에 응한 전압을 생성하는 부유 확산 영역과,
 상기 광전 변환 소자에 축적된 상기 전하의 양을 초기화하는 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터와,
 노광 시간 동안, 상기 축적된 전하를 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 전송하는 전송 트랜지스터를 구비하고,
 상기 노광 시간의 시작은, 제1 상태로부터 제2 상태로 상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터의 변화에 대응하는 것을 특징으로 하는 활상 소자.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 광전 변환 소자, 상기 부유 확산 영역, 상기 부유 확산 영역 리셋 트랜지스터, 상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터, 변환부 및 상기 전송 트랜지스터를 각각 포함하는 복수의 화소를 포함하는 화소 어레이부를 더 구비하고,

상기 화소 어레이부는, 복수의 영역으로 구분되고,

상기 부유 확산 영역 리셋 트랜지스터는, 상기 생성된 전압을 초기화하고,

상기 변환부는, 상기 생성된 전압을 디지털 신호로 변환하고, 상기 복수의 영역의 각각의 영역에 대해 상기 변환된 디지털 신호를 출력하는 것을 특징으로 하는 활상 소자.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 초기화된 전압으로부터 변환된 디지털 신호를 유지된 노이즈 성분으로서 유지하는 노이즈 성분 유지부를 상기 복수의 영역의 각각의 영역에 대해 마련한 유지부와,

상기 생성된 전압으로부터 변환된 상기 디지털 신호로부터 상기 유지된 노이즈 성분을 제거하는 노이즈 제거 처리를 행하는 노이즈 제거부를 더 구비하고,

상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터는, 상기 복수의 영역의 적어도 하나의 영역에서 상기 전하의 양을 초기화하고,

상기 전송 트랜지스터는, 상기 복수의 영역의 적어도 하나의 영역에 대해 상기 축적된 전하를 상기 광전 변화 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 전송하고,

상기 변환부는, 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 상기 축적된 전하의 상기 전송이 행하여진 때, 상기 초기화된 전압 및 상기 생성된 전압의 각각을 변환하는 것을 특징으로 하는 활상 소자.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 초기화된 전압으로부터 변환된 디지털 신호를 하나 이상의 상기 영역에 대해 유지된 노이즈 성분으로서 유지하는 노이즈 성분 유지부와,

상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 상기 전송이 행하여진 때, 상기 생성된 전압으로부터 변환된 상기 디지털 신호로부터 상기 유지된 노이즈 성분을 제거하는 노이즈 제거부를 더 구비하고,

상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터는, 하나 이상의 상기 영역에 대해 상기 전하의 양을 초기화하고,
상기 전송 트랜지스터는, 하나 이상의 상기 영역에 대해 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로
상기 축전된 전하의 상기 전송을 행하는 것을 특징으로 하는 촬상 소자.

청구항 5

제1항에 있어서,
배치된 상기 변환부를 포함하는 변환부 배치 기판과,
배치된 상기 광전 변환 소자, 상기 부유 확산 영역 리셋 트랜지스터, 상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터 및
상기 전송 트랜지스터를 포함하는 화소 배치 기판을 더 구비하고,
상기 화소 배치 기판은, 상기 변환부 배치 기판상에 적층되어 있는 것을 특징으로 하는 촬상 소자.

청구항 6

방사선이 입사되면 광을 생성하는 신틸레이터와,
광을 전하로 변환하여 축적하는 광전 변환 소자와,
상기 광전 변환 소자로부터 전송된 상기 전하의 양에 응한 전압을 생성하는 부유 확산 영역과,
상기 광전 변환 소자에 축적된 상기 전하의 양을 초기화하는 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터와,
노광 시간 동안, 상기 축적된 전하를 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 전송하는 전송 트랜
지스터와,
노이즈가 제거된 디지털 신호에 의거하여 노광 시간 내에 방사선이 입사되었는지의 여부를 검출하는 방사선 검
출부를 구비하고,
상기 노광 시간의 시작은, 제1 상태로부터 제2 상태로 상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터의 변화에 대응하는
것을 특징으로 하는 방사선 검출 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,
상기 광전 변환 소자, 상기 부유 확산 영역, 상기 부유 확산 영역 리셋 트랜지스터, 변환부, 상기 광전 변환 소
자 리셋 트랜지스터 및 상기 전송 트랜지스터를 각각 포함하는 복수의 화소를 포함하는 촬상 소자를 더 구비하
고,
상기 화소 어레이부는, 복수의 영역으로 구분되고,
상기 부유 확산 영역 리셋 트랜지스터는, 상기 생성된 전압을 초기화하고,
상기 변환부는, 상기 생성된 전압을 디지털 신호로 변환하고, 상기 복수의 영역의 각각의 영역에 대해 상기 변
환된 디지털 신호를 출력하고,
상기 방사선 검출부는, 상기 촬상 소자의 각각에 대해 상기 방사선이 상기 신틸레이터에 입사되었는지 여부를
검출하는 것을 특징으로 하는 방사선 검출 장치.

청구항 8

제6항에 있어서,
상기 방사선 검출부는, 일정 기간 내의 방사선의 검출수에 의거하여 상기 검출된 방사선의 빈도를 구하고,
상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터는, 상기 검출된 방사선의 빈도가 소정 빈도보다 높은 경우에는, 상기 생
성된 전압이 초기화된 후에 상기 전하의 양을 초기화시키고,
상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터는, 상기 소정 빈도가 상기 검출된 방사선의 빈도보다 높은 경우에는, 상
기 생성된 전압이 초기화되기 전에 상기 전하의 양을 초기화시키는 것을 특징으로 하는 방사선 검출 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 전송 트랜지스터는, 상기 검출된 방사선의 빈도가 상기 소정 빈도보다 높은 경우에는, 전압을 디지털 신호로 변환하는데 필요로 하는 시간보다 짧은 노광 시간 동안, 상기 축적된 전하를 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 전송하고,

상기 전송 트랜지스터는, 상기 소정 빈도가 상기 검출된 방사선의 빈도보다 높은 경우에는, 전압을 디지털 신호로 변환하는데 필요로 하는 시간보다 긴 노광 시간 동안, 상기 축적된 전하를 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 전송하는 것을 특징으로 하는 방사선 검출 장치.

청구항 10

광을 전하로 변환하여 축적하는 광전 변환 소자로부터 전송된 상기 전하의 양에 응한 전압을 생성하는 부유 확산 영역에 의하여 생성된 상기 전압을 초기화하고,

전압을 디지털 신호로 변환하고,

광전 변환 소자 리셋 트랜지스터가, 상기 광전 변환 소자에 축적된 상기 전하의 양을 초기화하고,

노광 시간 동안, 상기 축적된 전하를 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 전송하고,

상기 노광 시간의 시작은, 제1 상태로부터 제2 상태로 상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터의 변화에 대응하는 것을 특징으로 하는 활상 소자의 제어 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

복수의 영역으로 구분된 복수의 화소를 포함하는 화소 어레이부를 더 포함하고,

상기 생성된 전압을 초기화하고,

상기 생성된 전압을 디지털 신호로 변환하고,

상기 복수의 영역의 각각의 영역에 대해 상기 변환된 디지털 신호를 출력하는 것을 특징으로 하는 활상 소자의 제어 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 초기화된 전압으로부터 변환된 디지털 신호를 유지된 노이즈 성분으로서 유지하고,

상기 생성된 전압으로부터 변환된 상기 디지털 신호로부터 상기 유지된 노이즈 성분을 제거하고,

상기 복수의 영역의 적어도 하나의 영역에서 상기 전하의 양을 초기화하고,

상기 복수의 영역의 적어도 하나의 영역에서 상기 초기화된 전하의 양을 전송하고,

상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 상기 축적된 전하의 상기 전송이 행하여진 때, 상기 초기화된 전압 및 상기 생성된 전압의 각각을 변환하는 것을 특징으로 하는 활상 소자의 제어 방법.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 초기화된 전압으로부터 변환된 디지털 신호를 하나 이상의 상기 영역에 대해 유지된 노이즈 성분으로서 유지하고,

상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 상기 전송이 행하여진 때, 상기 생성된 전압으로부터 변환된 상기 디지털 신호로부터 상기 유지된 노이즈 성분을 제거하고,

상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터는, 하나 이상의 상기 영역에 대해 상기 전하의 양을 초기화하고,

상기 전송 트랜지스터는, 하나 이상의 상기 영역에 대해 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 상기 축전된 전하의 상기 전송을 행하는 것을 특징으로 하는 활상 소자의 제어 방법.

청구항 14

제10항에 있어서,

변환부 배치 기판상에 화소 배치 기판을 적층하고,

상기 화소 배치 기판은, 상기 광전 변환 소자, 상기 부유 확산 영역 리셋 트랜지스터, 상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터 및 상기 전송 트랜지스터를 포함하고,

상기 변환부 배치 기판은, 상기 변환부를 포함하는 것을 특징으로 하는 활상 소자의 제어 방법.

청구항 15

광을 전하로 변환하여 축적하는 광전 변환 소자로부터 전송된 상기 전하의 양에 응한 전압을 생성하는 부유 확산 영역에 의하여 생성된 상기 전압을 초기화하고,

전압을 디지털 신호로 변환하고,

광전 변환 소자 리셋 트랜지스터가, 상기 광전 변환 소자에 축적된 상기 전하의 양을 초기화하고,

노광 시간 동안, 상기 축적된 전하를 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 전송하고,

노이즈가 제거된 디지털 신호에 의거하여 상기 노광 시간 내에 방사선이 입사되었는지의 여부를 검출하고,

상기 노광 시간의 시작은, 제1 상태로부터 제2 상태로 상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터의 변화에 대응하는 것을 특징으로 하는 방사선 검출 장치의 제어 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

복수의 영역으로 구분된 복수의 화소를 포함하는 화소 어레이부를 더 포함하고,

상기 생성된 전압을 초기화하고,

상기 생성된 전압을 디지털 신호로 변환하고,

상기 복수의 영역의 각각의 영역에 대해 상기 변환된 디지털 신호를 출력하는 것을 특징으로 하는 방사선 검출 장치의 제어 방법.

청구항 17

제15항에 있어서,

일정 기간 내의 방사선의 검출수에 의거하여 상기 검출된 방사선의 빈도를 구하고,

상기 검출된 방사선의 빈도가 소정 빈도보다 높은 경우에는, 상기 생성된 전압이 초기화된 후에 상기 전하의 양을 초기화시키고,

상기 소정 빈도가 상기 검출된 방사선의 빈도보다 높은 경우에는, 상기 생성된 전압이 초기화되기 전에 상기 전하의 양을 초기화시키는 것을 특징으로 하는 방사선 검출 장치의 제어 방법.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 검출된 방사선의 빈도가 상기 소정 빈도보다 높은 경우에는, 전압을 디지털 신호로 변환하는데 필요로 하는 시간보다 짧은 노광 시간 동안, 상기 축적된 전하를 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 전송하고,

상기 소정 빈도가 상기 검출된 방사선의 빈도보다 높은 경우에는, 전압을 디지털 신호로 변환하는데 필요로 하는 시간보다 긴 노광 시간 동안, 상기 축적된 전하를 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 전송

하는 것을 특징으로 하는 방사선 검출 장치의 제어 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 기술은, 활상 소자, 방사선 검출 장치 및 활상 소자의 제어 방법에 관한 것이다. 상세하게는, 미약광을 검출한 활상 소자, 방사선 검출 장치 및 활상 소자의 제어 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 근래, SPECT(Single Photon Emission Computed Tomography : 감마 카메라)나 PET(Positron Emission Tomography) 등을 이용한 의료 진단 기기의 도입이 진행되고 있다. 이들의 SPECT나 PET에서의 방사선의 포톤 카운팅에서는, 검출 장치에 높은 시간 분해능이 요구되는 동시에, 개개의 방사선 1광자가 갖는 에너지 강도의 검출이 요구되고, 에너지 강도에 응한 카운트의 필터링이 실시된다.

[0003] 예를 들면, 체내에 테크네튬 등 미량의 감마선원을 도입하고, 방출되는 감마선의 위치 정보로부터 감마선원의 체내 분포를 구함으로써, 체내의 혈류 상태나 허혈증 등의 관련 질환이 진단된다. 이 검출에는 SPECT(감마 카메라) 장치가 사용되고, SPECT 장치에서 신틸레이터 및 광전자 증배판을 사용하는 구성이 제안되어 있다(예를 들면, 특히 문헌 1 참조.). 또한, 감마선의 입사 위치 외에, 감마선의 에너지 강도를 검출하는 SPECT 장치가 제안되어 있다(예를 들면, 특히 문헌 2 참조.).

[0004] SPECT 장치에서의 감마선 검출의 개략을 설명한다. 이 SPECT 장치는, 콜리메이터, 신틸레이터, 광전자 증배판, 변환 장치, 및, 연산 장치를 구비한다. 체내의 감마선원으로부터 발생한 감마선이, 콜리메이터를 통과하여 신틸레이터에 입사하면, 신틸레이터는 형광을 발하고, 어레이형상으로 배치된 광전자 증배판에서, 그 광이 검출된다. 광전자 증배판이, 그 광을 증폭하여 전류 펄스를 발하고, 그들의 전류 펄스는 전압 변환기, 앰프 및 AD 변환기로 이루어지는 변환 장치를 통하여, 각 광검출 소자에의 입사광량치(入射光量值)로서 연산 장치에 출력된다.

[0005] 한편 체내에서 콤포턴 산란을 받아서 감쇠한 감마선이, 콜리메이터를 통과하여 검출된 경우가 있다. 이 신호는 본래의 위치 정보를 소실한 노이즈이다. 또는 우주선 등에 의해 이상하게 높은 신호로서 발하는 노이즈도 있다. SPECT 장치는 이들의 노이즈를, 산란을 받지 않는 프라이머리의 감마선으로부터 에너지 변별에 의해 필터링한다. 연산 장치는 각 광전자 증배판에 접속된 변환 장치로부터의 출력을 기초로, 개개의 감마선에 관해 노이즈의 변별과 위치 판정을 행한다. 신틸레이터가 1매판(枚板)으로 이루어지는 경우, 그 발광은 복수의 광전자 증배판에 의해 동시에 검출된다. 연산 장치는 예를 들면 출력의 총합으로부터 감마선의 에너지를, 출력의 중심(重心)부터 감마선의 입사 위치를 특정한다. 개개의 감마선 입사를 독립한 이벤트로서 판정하기 위해서는, 이들의 작업은 매우 고속으로 행하여질 필요가 있다. 이렇게 하여 프라이머리(즉, 노이즈가 아니다)라고 판정된 감마선의 이벤트 회수가 카운트되어, 감마선원의 체내 분포가 동정(同定)된다.

[0006] 이와 같은 에너지 변별을 수반한 방사선의 포톤 카운팅은, 위치 정보가 소실되어 노이즈가 된 산란선((散亂線)을 필터링할 수 있고, 높은 활상 콘트라스트를 얻을 수 있기 때문에, 근래 X선의 투과 활상에도 채용되고, 그 효과가 인식되어 있다. 포톤 카운팅을 X선의 투과 화상의 활상에 이용하는 장치가 제안되어 있고(예를 들면, 특히 문헌 3 및 특히 문헌 4 참조.), 그들은 맘모그래피(mammography)나 X선 CT(Computed Tomography)에의 응용이 기대되고 있다.

[0007] 한편 본원의 발명자는, 시분할 및 복수 화소에 의한 면분할을 병용하여 다이내믹 레이저를 올린, 포톤 카운팅에 의한 새로운 활상 소자를 제안하고 있다(예를 들면, 특히 문헌 5 참조.). 이 활상 소자에서는, CMOS(Complementary Metal-Oxide Semiconductor) 이미저의 회로 구성이 단층되어 있다. 이와 같은 디바이스는 칩 내의 화소 어레이 전체를 하나의 수광면으로 한 포톤 카운팅용 디바이스로서 사용할 수도 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 일본 특개2006-242958호 공보

(특허문헌 0002) 일본 특표2006-508344호 공보

(특허문현 0003) 일본 특개2011-24773호 공보

(특허문현 0004) 일본 특개2004-77132호 공보

(특허문현 0005) 일본 특개2011-97581호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 그러나, 상술한 장치에서는, 광자수를 정확하게 검출하는 것이 곤란하다. 우선, 특히 문현 1 내지 5에 기재와 같게, 반도체 CMOS 이미저(imager), 또는, 그 유사 구조를 이용한 반도체 광자 카운터와 신틸레이션을 조합시켜서, 방사선 계수를 행하는 것으로 가정한다. 이와 같은 구조로 광검출을 행하는 경우, 광검출의 시간 분해능은 프레임 레이트에 의해 규정된다. 이 프레임 레이트는, 유효 화소 전부를 판독하여 출력하기 위해 필요로 하는 회로 성능에 의해 규정되고, 통상 수밀리초부터 수십밀리초의 오더이다.
- [0010] 한편, 예를 들면 수광부 1평방밀리미터당에 입사되는 방사선의 개수는, 감마 카메라에서는 1초당 100개 이하임에 대해, 맘모그래피에서는 수만 내지 수백만개, CT 활상에서는 더욱 자릿수(桁) 오더로 높아진다. 이들을 전부 카운트하려면 수마이크로초, 또는 나노초 오더로 검출 및 판정의 사이클을 완료할 필요가 있다. 따라서 방사선 포톤 카운팅을 맘모그래피와 CT 활상에 응용하기 위해서는, 시간 분해능이 부족하다는 문제가 있다.
- [0011] 여기서, 64행×64열의 화소가 어레이형상으로 배치되어 있는 CMOS 이미저를 상정한다. 이 CMOS 이미저는, 검출 판정 회로, 레지스터 및 출력 회로를 또한 구비하는 것으로 한다. CMOS 이미저에서, 각 화소로 검출된 입사광은, 광전 변환된 전하로서 화소 내에 축적된다. 검출 판정 회로는, 열마다 마련된다. 각각의 검출 판정 회로는, 예를 들면, AD(Analog to Digital) 변환기를 가지며, 각각의 AD 변환기에 열 내의 64화소가 접속된다. 검출 회로에의 화소 출력의 판독시에는 1행이 선택되고, 64화소의 출력이 64개의 검출 회로에 병렬로 판독되어 AD 변환되고, 포톤의 유무가 디지털 판정된다. 검출 및 판정된 각 화소의 출력 결과는, 일단 레지스터에 보존되고, 다음행의 판독 기간 내에 출력 회로에 전송되어, 디지털 데이터로서 출력된다.
- [0012] 각 행의 판독은 순차적으로 순환적으로 행하여지고, 64회의 판독으로 일순한다. 판독을 위해 축적 전하가 전송된 시점에서 포토 다이오드는 리셋되기 때문에, 어느 프레임이 판독하고 나서, 다음의 프레임이 판독까지의 사이에, 노광 시간과 광전 변환된 전하의 축적 기간이 마련된다.
- [0013] 이와 같은 CMOS 이미저를 단일한 수광면을 갖는 수광 소자로서, 상술한 광전자 증배판의 대신에 사용하는 것을 생각한다. 예를 들면 각 이미저의 전면(前面)에는 광학산 수단이 배치되고, 신틸레이터로부터의 형광은, 거의 균일하게 이미저에 입사하는 것으로 한다.
- [0014] 어느 프레임의 X행째의 노광 시간 내의 시각(T2_1)에서 신틸레이터에 X선이 입사하면, 그 때 발한 형광은 모든 화소에 동시에 수광되고, 행마다의 판독에 수반하여 순서대로 출력된다. 그리고 전 유효행의 판독이 일순할 때 까지의 기간, 유의한 출력(D2_1)이 계속해서 발생한다. 또한, 다음의 프레임의 Y행째의 노광 시간 내의 시각(T2_2)에서 다음의 X선이 신틸레이터에 입사하면, 마찬가지로 출력(D2_2)가 발생한다.
- [0015] 예를 들면, CMOS 이미저에서의 각 행의 판독에 5마이크로초를 필요로 한다고 하면, 64행을 일순시키는데는 320 마이크로초가 필요하고, 출력(D2_1 및 D2_2)은 그 기간 계속해서 발생한다. 여기서 X선이 320마이크로초보다 짧은 간격으로 신틸레이터에 입사한 경우, D2_1과 D2_2의 출력은 혼합되어, X선의 에너지 판정도, 포톤 카운팅도 불가능하게 된다. 즉, 이미저의 시간 분해능은, 이른바 프레임 레이트에 의해 규정되어 버린다. 프레임 레이트에서는, 전술한 바와 같이 포톤 카운팅에서 시간 분해능이 부족하고, 포톤 카운팅의 정밀도를 향상시키는 것이 곤란하다.
- [0016] 본 기술은 이와 같은 상황을 감안하여 나온 것으로, 활상 소자에서 매우 단시간의 노광을 실현하는 기술을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0017] 본 기술은, 상술한 문제점을 해소하기 위해 이루어진 것으로, 그 제1의 측면은, 광을 전하로 변환하여 축적하는 광전 변환 소자와, 상기 광전 변환 소자로부터 전송된 상기 전하의 양에 응한 전압을 생성하는 부유 확산 영역

과, 상기 생성된 전압을 초기화하는 부유 확산 영역 리셋 트랜지스터와, 상기 전압을 디지털 신호로 변환하는 변환 처리를 행하는 변환부와, 상기 전압이 초기화된 후의 소정의 타이밍에서 상기 광전 변환 소자에 축적된 상기 전하의 양을 초기화하는 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터와, 상기 변환 처리에 필요로 하는 시간보다 짧은 노광 시간이 상기 소정의 타이밍부터 경과한 때에 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로의 상기 전송을 행하는 전송 트랜지스터를 구비하는 활상 소자, 및, 그 제어 방법이다. 이에 의해, 변환 처리에 필요로 하는 시간보다 짧은 노광 시간이 소정의 타이밍부터 경과한 때에 광전 변환 소자로부터 부유 확산 영역으로의 전송이 행하여진다는 작용을 가져온다.

[0018] 또한, 이 제1의 측면에서, 상기 광전 변환 소자, 상기 부유 확산 영역, 상기 부유 확산 영역 리셋 트랜지스터, 상기 광전 변환 소자 트랜지스터 및 상기 전송 트랜지스터를 각각이 구비하는 복수의 화소로 이루어지는 화소 어레이부를 구비하고, 상기 화소 어레이부는, 복수의 영역으로 구분되고, 상기 변환부는, 상기 변환한 디지털 신호를 상기 영역마다 출력하여도 좋다. 이에 의해, 디지털 신호가 영역마다 출력된다는 작용을 가져온다.

[0019] 또한, 이 제1의 측면에서, 상기 초기화된 전압으로부터 변환된 디지털 신호를 노이즈 성분으로서 유지하는 노이즈 성분 유지부를 상기 복수의 영역의 각각에 마련한 유지부와, 상기 전송이 행하여지면 상기 전압으로부터 변환된 상기 디지털 신호에 대해 상기 유지된 노이즈 성분을 제거하는 노이즈 제거 처리를 행하는 노이즈 제거부를 또한 구비하고, 상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터는, 상기 소정의 타이밍에 상기 복수의 영역의 전부에서 상기 전하의 양을 초기화하고, 상기 전송 트랜지스터는, 상기 노광 시간이 상기 소정의 타이밍부터 경과한 때에 상기 복수의 영역의 전부에서 상기 전송을 행하고, 상기 변환부는, 상기 초기화된 전압과 상기 전송이 행하여진 때의 상기 전압의 각각에 대해 상기 변환 처리를 행하여 상기 디지털 신호로 변환하여도 좋다. 이에 의해, 노광 시간이 소정의 타이밍부터 경과한 때에 상기 복수의 영역의 전부에서 전송이 행하여진다는 작용을 가져온다.

[0020] 또한, 이 제1의 측면에서, 상기 초기화된 전압으로부터 변환된 디지털 신호를 상기 복수의 영역의 어느 하나의 노이즈 성분으로서 유지하는 노이즈 성분 유지부와, 상기 전송이 행하여지면 상기 전압으로부터 변환된 상기 디지털 신호에 대해 상기 유지된 노이즈 성분을 제거하는 노이즈 제거 처리를 행하는 노이즈 제거부를 또한 구비하고, 상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터는, 상기 복수의 영역의 어느 하나에서 상기 전하의 양을 초기화하고, 상기 전송 트랜지스터는, 상기 복수의 영역의 어느 하나에서 상기 전송을 행하여도 좋다. 이에 의해, 복수의 영역의 어느 하나에서 전하의 양이 초기화되고, 전송이 행하여진다는 작용을 가져온다.

[0021] 또한, 이 제1의 측면에서, 상기 변환부가 배치된 변환부 배치 기판과, 상기 광전 변환 소자, 상기 부유 확산 영역 리셋 트랜지스터, 상기 광전 변환 소자 트랜지스터 및 상기 전송 트랜지스터가 배치되고, 상기 변환부 배치 기판에 적층된 화소 배치 기판을 구비하여도 좋다. 이에 의해, 변환부가 배치된 변환부 배치 기판에 적층된 화소 배치 기판에 화소가 배치된다는 작용을 가져온다.

[0022] 또한, 본 기술의 제2의 측면은, 방사선이 입사되면 광을 생성하는 신틸레이터와, 상기 생성된 광을 전하로 변환하여 축적하는 광전 변환 소자와, 상기 광전 변환 소자로부터 전송된 상기 전하의 양에 응한 전압을 생성하는 부유 확산 영역과, 상기 생성된 전압을 초기화하는 부유 확산 영역 리셋 트랜지스터와, 상기 전압을 디지털 신호로 변환하는 변환 처리를 행하는 변환부와, 상기 전압이 초기화된 후의 소정의 타이밍에서 상기 광전 변환 소자에 축적된 상기 전하의 양을 초기화하는 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터와, 상기 변환 처리에 필요로 하는 시간보다 짧은 노광 시간이 상기 소정의 타이밍부터 경과한 때에 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로의 상기 전송을 행하는 전송 트랜지스터와, 상기 노이즈가 제거된 디지털 신호에 의거하여 노광 시간 내에 방사선이 입사되었는지의 여부를 검출하는 방사선 검출부를 구비하는 방사선 검출 장치이다. 이에 의해, 변환 처리에 필요로 하는 시간보다 짧은 노광 시간이 소정의 타이밍부터 경과한 때에 광전 변환 소자로부터 부유 확산 영역으로의 전송이 행하여진다는 작용을 가져온다.

[0023] 또한, 이 제2의 측면에서, 상기 광전 변환 소자, 상기 부유 확산 영역, 상기 부유 확산 영역 리셋 트랜지스터, 상기 변환부, 상기 광전 변환 소자 트랜지스터 및 상기 전송 트랜지스터를 각각이 구비하는 복수의 화소가 배치된 활상 소자를 복수 구비하고, 상기 검출부는, 상기 활상 소자마다 상기 방사선이 입사되었는지의 여부를 검출하여도 좋다. 이에 의해, 활상 소자마다 방사선이 입사되었는지의 여부가 검출된다는 작용을 가져온다.

[0024] 또한, 이 제2의 측면에서, 상기 방사선 검출부는, 일정 기간 내의 상기 방사선의 검출수로부터 상기 방사선의 검출 빈도를 구하고, 상기 광전 변환 소자 트랜지스터는, 상기 방사선의 검출 빈도가 소정 빈도보다 높은 경우에는 상기 전압이 초기화된 후의 상기 소정의 타이밍에서 상기 전하의 양을 초기화시키고, 상기 소정 빈도가 상기 검출 빈도보다 높은 경우에는 상기 전압이 초기화되기 전에 상기 전하의 양을 초기화시켜도 좋다. 이에

의해, 방사선의 검출 빈도가 소정 빈도보다 높은 경우에는 전압이 초기화된 후의 상기 소정의 타이밍에서 전하의 양이 초기화되고, 소정 빈도가 검출 빈도보다 높은 경우에는 전압이 초기화되기 전에 전하의 양이 초기화된다는 작용을 가져온다.

[0025] 또한, 이 제2의 측면에서, 상기 전송 트랜지스터는, 상기 방사선의 검출 빈도가 소정 빈도보다 높은 경우에는 상기 변환 처리에 필요로 하는 시간보다 짧은 노광 시간이 상기 소정의 타이밍부터 경과한 때에 상기 전송을 행하고, 상기 소정 빈도가 상기 검출 빈도보다 높은 경우에는 적어도 상기 변환 처리에 필요로 하는 시간이 상기 소정의 타이밍부터 경과한 때에 상기 전송을 행하여도 좋다. 이에 의해, 방사선의 검출 빈도가 소정 빈도보다 높은 경우에는 변환 처리에 필요로 하는 시간보다 짧은 노광 시간이 소정의 타이밍부터 경과한 때에 전송이 행하여지고, 소정 빈도가 검출 빈도보다 높은 경우에는 적어도 변환 처리에 필요로 하는 시간이 소정의 타이밍부터 경과한 때에 전송이 행하여진다는 작용을 가져온다.

[0026] 본 기술의 실시의 형태에 관하여, 광을 전하로 변환하여 축적하는 광전 변환 소자와, 상기 광전 변환 소자로부터 전송된 상기 전하의 양에 응한 전압을 생성하는 부유 확산 영역과, 상기 광전 변환 소자에 축적된 상기 전하의 양을 초기화하는 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터와, 노광 시간 동안, 상기 축적된 전하를 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 전송하는 전송 트랜지스터와, 노이즈가 제거된 디지털 신호에 의거하여 노광 시간 내에 방사선이 입사되었는지의 여부를 검출하는 방사선 검출부를 구비하고, 상기 노광 시간의 시작은, 제1 상태로부터 제2 상태로 상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터의 변화에 대응하는 활상 소자를 제공한다.

[0027] 본 기술의 다른 실시의 형태에 관하여, 방사선이 입사되면 광을 생성하는 신틸레이터와, 광을 전하로 변환하여 축적하는 광전 변환 소자와, 상기 광전 변환 소자로부터 전송된 상기 전하의 양에 응한 전압을 생성하는 부유 확산 영역과, 상기 광전 변환 소자에 축적된 상기 전하의 양을 초기화하는 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터와, 노광 시간 동안, 상기 축적된 전하를 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 전송하는 전송 트랜지스터와, 노이즈가 제거된 디지털 신호에 의거하여 노광 시간 내에 방사선이 입사되었는지의 여부를 검출하는 방사선 검출부를 구비하고, 상기 노광 시간의 시작은, 제1 상태로부터 제2 상태로 상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터의 변화에 대응하는 방사선 검출 장치를 제공한다.

[0028] 본 기술의 다른 실시의 형태에 관하여, 광을 전하로 변환하여 축적하는 광전 변환 소자로부터 전송된 상기 전하의 양에 응한 전압을 생성하는 부유 확산 영역에 의하여 생성된 상기 전압을 초기화하고, 전압을 디지털 신호로 변환하고, 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터가, 상기 광전 변환 소자에 축적된 상기 전하의 양을 초기화하고, 노광 시간 동안, 상기 축적된 전하를 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 전송하고, 상기 노광 시간의 시작은, 제1 상태로부터 제2 상태로 상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터의 변화에 대응하는 활상 소자의 제어 방법을 제공한다.

[0029] 본 기술의 다른 실시의 형태에 관하여, 광을 전하로 변환하여 축적하는 광전 변환 소자로부터 전송된 상기 전하의 양에 응한 전압을 생성하는 부유 확산 영역에 의하여 생성된 상기 전압을 초기화하고, 전압을 디지털 신호로 변환하고, 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터가, 상기 광전 변환 소자에 축적된 상기 전하의 양을 초기화하고, 노광 시간 동안, 상기 축적된 전하를 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 전송하고, 노이즈가 제거된 디지털 신호에 의거하여 상기 노광 시간 내에 방사선이 입사되었는지의 여부를 검출하고, 상기 노광 시간의 시작은, 제1 상태로부터 제2 상태로 상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터의 변화에 대응하는 방사선 검출 장치의 제어 방법을 제공한다.

발명의 효과

[0030] 본 기술에 의하면, 활상 소자의 노광 시간을 단축할 수 있다는 우수한 효과를 이룰 수 있다. 또한, 여기에 기재된 효과는 반드시 한정되는 것이 아니고, 본 개시 중에 기재되고 싶은 어느 하나의 효과라도 좋다.

도면의 간단한 설명

[0031] 도 1은 제1의 실시의 형태에서의 방사선 검출 장치의 한 구성례를 도시하는 블록도.

도 2는 제1의 실시의 형태에서의 활상 소자의 한 구성례를 도시하는 블록도.

도 3은 제1의 실시의 형태에서의 화소의 한 구성례를 도시하는 회로도.

도 4는 제1의 실시의 형태에서의 화소의 제어의 한 예를 도시하는 타이밍 차트이다.

도 5는 제1의 실시의 형태에서의 화소 어레이부 및 검출 회로의 한 구성례를 도시하는 도면.

도 6은 제1의 실시의 형태에서의 검출 회로의 동작의 한 예를 도시하는 플로 차트.

도 7은 제1의 실시의 형태에서의, 2차원 화상을 취득할 때의 노광 제어의 한 예를 도시하는 도면.

도 8은 제1의 실시의 형태에서의 광검출을 행할 때의 노광 제어의 한 예를 도시하는 도면.

도 9는 제1의 실시의 형태의 제1의 변형례에서의 화소의 제어의 한 예를 도시하는 타이밍 차트.

도 10은 제1의 실시의 형태의 제1의 변형례에서의 장시간 노광을 행할 때의 노광 제어의 한 예를 도시하는 도면.

도 11은 제1의 실시의 형태의 제1의 변형례에서의 각 구획을 차례로 선택하는 노광 제어의 한 예를 도시하는 도면.

도 12는 제1의 실시의 형태의 제2의 변형례에서의 방사선 검출 장치의 한 구성례를 도시하는 블록도.

도 13은 제2의 실시의 형태에서의 검출 회로의 한 구성례를 도시하는 도면.

도 14는 제2의 실시의 형태에서의 화소의 제어의 한 예를 도시하는 타이밍 차트.

도 15는 제2의 실시의 형태에서의 활상 소자의 동작의 한 예를 도시하는 플로 차트.

도 16은 제2의 실시의 변형례에서의 화소의 제어의 한 예를 도시하는 타이밍 차트.

도 17은 제3의 실시의 형태에서의 방사선 검출 장치의 한 구성례를 도시하는 사시도.

도 18은 제3의 실시의 형태에서의 화소 블록의 한 구성례를 도시하는 도면.

도 19는 제3의 실시의 형태에서의 검출 블록의 한 구성례를 도시하는 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032] 이하, 본 기술을 실시하기 위한 형태(이하, 실시의 형태라고 칭한다)에 관해 설명한다. 설명은 이하의 순서에 의해 행한다.

[0033] 1. 제1의 실시의 형태(샘플링 기간보다 짧은 노광 시간에 의해 노광하는 예)

[0034] 2. 제2의 실시의 형태(샘플링 기간보다 짧은 노광 시간에 의해 전 구획에서 일제히 노광하는 예)

[0035] 3. 제3의 실시의 형태(적충된 기판에서 샘플링 기간보다 짧은 노광 시간에 의해 노광하는 예)

[0036] <1. 제1의 실시의 형태>

[0037] "반도체 광검출 장치의 구성례"

도 1은, 제1의 실시의 형태에서의 방사선 검출 장치(100)의 한 구성례를 도시하는 블록도이다. 이 방사선 검출 장치(100)는, 콜리메이터(110), 신틸레이터(120), 광가이드(130), 활상 소자(200) 및 데이터 처리부(140)를 갖는다.

[0039] 콜리메이터(110)는, 활상 소자(200)에 대해 수직으로 입사된 방사선만을 통과시키는 것이다. 이 콜리메이터(110)는, 예를 들면, 납을 사용하여 형성된다. 콜리메이터(110)를 통과한 방사선은, 신틸레이터(120)에 입사된다.

[0040] 신틸레이터(120)는, 콜리메이터(110)를 통과한 방사선을 받아서 신틸레이션광을 발하는 것이다. 광가이드(130)는, 신틸레이션광을 집광하여 활상 소자(200)에 유도하는 것이다. 또한, 이 광가이드(130)는 광균일화 기능을 내장하고 있고, 활상 소자(200)의 수광면에는 신틸레이션광이 거의 균일화되어 조사된다.

[0041] 활상 소자(200)는, 미약한 신틸레이션광을 검출하는 것이다. 이 활상 소자(200)는 복수의 화소를 구비하고, 화소마다, 신틸레이션광의 광강도를 측정한다. 활상 소자(200)는, 광강도의 측정 결과를 디지털 데이터로서 신호선(149)을 통하여 데이터 처리부(140)에 공급한다.

[0042] 데이터 처리부(140)는, 각 광강도 결과를 기초로 방사선의 에너지 변별을 행함과 함께, 유의한 데이터의 발생 회수를 계측하고, 방사선의 포톤 카운팅을 실시하는 것이다. 또한, 데이터 처리부(140)는, 특허청구의 범위에 기재된 방사선 검출부의 한 예이다.

[0043] "활상 소자의 구성례"

[0044] 도 2는, 제1의 실시의 형태에서의 활상 소자(200)의 한 구성례를 도시하는 블록도이다. 이 활상 소자(200)는, 구동 회로(210)와, 화소 어레이부(220)와, 검출 회로(240 및 260)와, 레지스터(285 및 286)와, 출력 회로(287)를 구비한다.

[0045] 화소 어레이부(220)는, 2차원 격자형상으로 배열된 복수의 화소(230)를 구비한다. 화소 어레이부(220)에서, 예를 들면, 8행×32열의 화소(230)가 배열된다. 여기서, 행은 화소 어레이부(220)에서 어느 일방향으로 복수의 화소(230)가 배열된 것이고, 열은 화소 어레이부(220)에서 행과 직교하는 방향으로 복수의 화소(230)가 배열된 것이다. 이들의 화소(230)의 형상은 장방형이고, 그 행방향의 사이즈와 열방향의 사이즈의 비는 약 1:4이다. 따라서 이들의 장방형의 화소(230)를 8행×32열 배열한 화소 어레이부(220)의 형상은, 개략 정방형이 된다.

[0046] 또한, 화소 어레이부(220)는, 4구획으로 분할되어 있다. 1번쩨의 구획은, 1행째 및 5행째의 2행으로 이루어지는 구획이고, 2번쩨의 구획은, 2행째 및 6행째의 2행으로 이루어지는 구획이다. 3번쩨의 구획은, 3행째 및 7행째의 행으로 이루어지고, 4번쩨의 구획은 4행째 및 8행째의 행으로 이루어진다. 각 구획 내의 2행에서는, 구동 회로(210)에 의해, 동시에 의해 노광 시간이 제어되고, 검출 회로(240 및 260)에 의해, 동시에 디지털 데이터의 판독이 행하여진다. 즉, 각 구획은, 노광 제어 및 판독의 단위로서 이용된다.

[0047] 여기서, "노광"이란 기계적으로 셔터를 개폐하여 활상 소자(200)에 광을 유도하는 것이 아니고, 구동 회로(210)가 화소(230)를 전자적으로 제어하여, 광으로부터 변환한 전하를 축적시키는 것을 의미한다. 이와 같은 노광은, 전자 셔터를 이용한 노광이라고 불린다. 전자 셔터를 이용한 노광의 제어에서는, 광전 변환 소자에 축적된 전하의 양의 초기화에 의해 노광이 시작하고, 광전 변환 소자로부터 부유 확산층으로의 전하의 전송에 의해 노광이 종료된다.

[0048] 또한, 화소 어레이부(220)를 2행 단위로 4개의 구획으로 분할하고 있지만, 이 분할 방법으로 한정되지 않는다. 예를 들면, 2행 이외의 수의 행을 하나의 구획으로서 분할하여도 좋고, 소정수의 열을 하나의 구획으로서 분할하여도 좋다.

[0049] 화소(230)는, 광을 전하로 변환하여, 그 전하의 양에 응한 전압을 생성하는 것이다. 이 화소(230)에는, 행방향 및 열방향에 대해 수직한 방향에 따라 신틸레이션광이 입사광으로서 입사된다. 화소(230)는, 그 입사광을 전하로 변환(광전 변환)하여, 그 전하의 양에 응한 전압을 생성한다.

[0050] 또한, 화소(230)의 각각은, 신호선(217, 218 및 219)을 통하여 구동 회로(210)에 접속된다. 여기서, 검출 회로(240 및 260)는, 열마다 마련된다. 1 내지 4행째의 행에서, 각 열의 화소(230)는, 그 열에 대응한 검출 회로(240)에 수직 신호선(238)을 통하여 접속된다. 한편 5 내지 8행째의 행에서, 각 열의 화소(230)는, 그 열에 대응한 검출 회로(260)에 수직 신호선(239)을 통하여 접속된다.

[0051] 구동 회로(210)는, 화소 어레이부(220)에서의 4구획을 차례로 선택하는 것이다. 이 구동 회로(210)에는, 활상 소자(200)의 외부로부터의 제어 신호가 입력된다. 이 제어 신호는, 유저의 조작에 따라 생성되는 신호이고, 노광 시간을 설정하는 설정 신호나, 포톤 카운팅의 시작 및 종료를 지시하는 지시 신호 등을 포함한다. 구동 회로(210)는, 포톤 카운팅의 시작이 지시되면, 4구획을 차례로 선택하여, 선택한 구획 내의 화소(230)를 동시에 노광시켜, 노광량에 응한 전압을 출력시킨다.

[0052] 검출 회로(240)는, 화소(230)에 축적된 전하량에 응한 전압을 검출하는 것이다. 이 검출 회로(240)는, 디지털 CDS(Correlated Double Sampling) 회로를 사용하여, 노광량에 응한 전압을 디지털 신호로 변환(환연하면, 샘플링)한다. 그리고, 검출 회로(240)는, 샘플링한 전압에 의거하여, 화소(230)에의 광자의 입사의 유무를 판정한다. 검출 회로(240)는, 판정 결과를 레지스터(285)에 유지시킨다.

[0053] 레지스터(285 및 286)는, 화소(230)에의 광자의 입사에 관한 판정 결과를 유지하는 것이다. 레지스터(285)는, 검출 회로(240)마다 배치되고, 그들의 검출 결과를 유지한다. 또한, 레지스터(286)는, 검출 회로(260)마다 배치되고, 그들의 검출 결과를 유지한다.

[0054] 출력 회로(287)는, 레지스터(285 및 286)에 유지된 판정 결과를 디지털 데이터로서, 차례로 출력하는 것이다.

[0055] "화소의 구성례"

[0056] 도 3은, 제1의 실시의 형태에서의 화소(230)의 한 구성례를 도시하는 회로도이다. 이 화소(230)는, PD 리셋 트랜지스터(231)와, 노드(232 및 235)와, 포토 다이오드(233)와, 전송 트랜지스터(234), FD 리셋 트랜지스터(23

6)와, 앰프 트랜지스터(237)를 구비한다. 전송 트랜지스터(234), FD 리셋 트랜지스터(236) 및 앰프 트랜지스터(237)로서, 예를 들면, MOS(Metal-Oxide-Semiconductor) 트랜지스터가 사용된다.

[0057] PD 리셋 트랜지스터(231)는, 포토 다이오드(233)를 리셋하는 스위칭 소자이다. 포토 다이오드(233)의 리셋이란, 포토 다이오드(233)에 의해 노드(232)에 축적된 전하의 양을 초기치로 하는 것이다. PD 리셋 트랜지스터의 게이트는 신호선(219)에 접속되고, 드레인은 노드(232)에 접속된다. 또한, PD 리셋 트랜지스터(231)는, 특허청구의 범위에 기재된 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터의 한 예이다.

[0058] 노드(232)는, 광전 변환된 전하를 축적하는 것이다. 포토 다이오드(233)는, 신틸레이션광을 전하로 변환하여 노드(232)에 축적하는 것이다. 매입형 포토 다이오드, 이른바 HAD(Hole Accumulated Diode)를, 포토 다이오드(233)로서 이용하는 것이 바람직하다. 또한, 노드(232) 및 포토 다이오드(233)는, 특허청구의 범위에 기재된 광전 변환 소자의 한 예이다.

[0059] 전송 트랜지스터(234)는, 광전 변환된 전하를 노드(232)로부터 노드(235)에 전송하는 것이다. 전송 트랜지스터(234)의 게이트는, 신호선(218)에 접속되고, 소스는 노드(232)에 접속되고, 드레인은 노드(235)에 접속된다.

[0060] 노드(235)는, 전송된 전하를 축적하여 축적한 전하량에 응한 전압을 생성하는 것이다. 이 노드(235)는, 부유 확산층 등에 의해 형성된다.

[0061] FD 리셋 트랜지스터(236)는, 부유 확산층을 리셋하는 것이다. 여기서, 부유 확산층의 "리셋"이란, 노드(235)의 전하량을 초기치로 함에 의해, 그 전하량에 응한 전압을 초기치로 하는 것이다. FD 리셋 트랜지스터(236)의 게이트는, 신호선(217)에 접속되고, 소스는 전원(VDD)에 접속되고, 드레인은, 노드(235)에 접속된다. 또한, FD 리셋 트랜지스터(236)는, 특허청구의 범위에 기재된 부유 확산층 리셋 트랜지스터의 한 예이다.

[0062] 앰프 트랜지스터(237)는, 부유 확산층(노드(235))의 전압을 증폭하여, 그 증폭된 전위에 응한 신호를 수직 신호선(239)에 출력하기 위한 것이다. 앰프 트랜지스터(237)의 게이트는, 노드(235)에 접속되고, 소스는 전원(VDD)에 접속되고, 드레인은, 수직 신호선(239)에 접속된다. 이 구성에 의해, 앰프 트랜지스터(237)는, 부유 확산층의 전압이 초기치로 리셋되어 있는 경우에는, 그 초기치의 전압(이하, "리셋 레벨"이라고 칭한다.)에 응한 리셋 신호를, 수직 신호선(239)에 출력한다. 또한, 포토 다이오드(233)가 축적한 전하가 노드(235)에 전송된 경우에는, 앰프 트랜지스터(237)는, 그 전하의 양에 응한 전압(이하, "신호 레벨"이라고 칭한다.)의 축적 신호를, 수직 신호선(239)에 출력한다.

[0063] 여기서, 구동 회로(210)는, 전송 트랜지스터(234)를 오프 상태로 한 채로, PD 리셋 트랜지스터(231)를 온 상태로 제어함에 의해, 포토 다이오드(233)의 리셋을 시작한다. 이에 의해, 노드(232)에 축적된 전하가 전부 전원(VDD)으로 인발된다. 그리고, 구동 회로(210)는, PD 리셋 트랜지스터(231)를 오프 상태로 제어함에 의해, 포토 다이오드(233)의 리셋을 종료한다. 포토 다이오드(233)는, 리셋에 의해 완전 공핍화되고, 리셋 조작 완료의 직후부터, 새로운 전하 축적을 시작한다.

[0064] 즉 구동 회로(210)는 PD 리셋 트랜지스터(231)를 온 상태로부터 오프 상태로 함에 의해, 포토 다이오드(233)에 노광 축적을 시작시킨다. 그리고, 구동 회로(210)는, 전송 트랜지스터(234)를 온 상태로 제어하고, 뒤이어 오프 상태로 제어함에 의해, 노광 축적을 종료시킨다.

[0065] 또한, 구동 회로(210)는, 전송 트랜지스터(234)를 오프 상태로 한 채로, FD 리셋 트랜지스터(236)를 온 상태로 제어함에 의해, 부유 확산층의 리셋을 시작한다. 그리고, 구동 회로(210)는, FD 리셋 트랜지스터(236)를 오프 상태로 제어함에 의해, 부유 확산층의 리셋을 종료한다. 여기서 주의하여야 할 것은, 리셋 완료 상태에서의 부유 확산층의 전위는 정확한 전원 전압에 있는 것은 아니고, 오프시의 피드 스루나 kTC 노이즈가 포함되는 것이다. 또한 수직 신호선(239)에 나타나는 출력 신호에는, 앰프 트랜지스터(237)의 오프셋도 포함된다. 이 출력 신호(리셋 신호 및 축적 신호)는 화소(230)마다, 또한 부유 확산층의 리셋때마다 변동하기 때문에, 각 화소의 노광 조작마다, 검출 회로(260)에 의해 샘플링하여 보존할 필요가 있다. kTC 노이즈 등을 저감한 축적 신호는, 이 리셋 신호와 축적 신호 사이의 차분으로부터 구하여진다. 이와 같이, 리셋 신호 및 축적 신호의 차분을 검출함에 의해, kTC 노이즈 등을 저감하는 수법은, CDS(상간 2중 샘플링)라고 불린다.

[0066] 그런데, 화소(230) 이외의 화소 중에는, FD 리셋 트랜지스터 및 전송 트랜지스터를 양쪽 모두 온으로 함에 의해 포토 다이오드에 축적된 전하의 인발을 행하는 구성의 것이 존재한다. 그러나, 이 구성에서는, 전하의 인발 후에 전송 트랜지스터를 오프 한 시점에서 포토 다이오드의 리셋이 완료되고, 그 시점부터 노광이 시작된다. 한편 부유 확산층의 리셋과, 전압의 검출은 그 후에 새롭게 실시할 필요가 있다. 따라서 리셋 신호의 샘플링 기간 중에, 노광이 계속하게 되고, 축적 신호의 전송 및 검출은 적어도, 그 후가 된다. 이 때문에, FD 리셋 트랜지스터

및 전송 트랜지스터를 양쪽 모두 온으로 하여 전하량의 초기화를 시작하는 구성에서는, 노광 시간을 극단적으로 단축하는 것이 곤란해진다.

[0067] "화소의 제어례"

도 4는, 제1의 실시의 형태에서의 화소(230)의 제어의 한 예를 도시하는 타이밍 차트이다. 화소가 선택되지 않은 초기 상태에서, FD 리셋 트랜지스터(236) 및 PD 리셋 트랜지스터(231)는 온 상태이고, 전송 트랜지스터(234)는 오프 상태인 것으로 한다. 초기 상태에서는, PD 리셋 트랜지스터(231)가 온 상태이기 때문에, 포토 다이오드(233)의 전하는 전부 배출되어 있다. 또한, FD 리셋 트랜지스터(236)가 온 상태이기 때문에, 부유 확산층의 전위는, 거의 전원 전압(예를 들면, 3V)으로 초기화되어 있다.

[0069] 구동 회로(210)는 시각(T1)에서 화소를 선택한 것으로 한다. 구동 회로(210)는, 우선, FD 리셋 트랜지스터(236)를 오프 상태로 제어한다. 이에 의해, 부유 확산층의 전위는, 부유 상태가 되고, 그 포텐셜을 반영한 전위가 수직 신호선(239)으로부터 출력된다.

[0070] 시각(T1)부터 일정 시간이 경과한 시각(T2)에서, 검출 회로(260)는, 그 때의 전위를 리셋 레벨로 하여, 그 샘플링을 시작한다. 여기서, 부유 상태가 된 부유 확산층의 전위가 안정되려면, 일정 시간(예를 들면, 100나노초)가 필요하고, 그 시간이 경과한 후에, 샘플링이 시작되는 것으로 한다. 또한, 리셋 레벨의 샘플링에 필요로 하는 샘플링 기간은, 예를 들면, 1마이크로초(μs)이다. 또한, 신호 레벨의 샘플링 기간도 같은 정도인 것으로 한다.

[0071] 그리고, 리셋 레벨의 샘플링 기간 내의 시각(T3)에서, 구동 회로(210)는, PD 리셋 트랜지스터(231)를 오프 상태로 제어한다. 이에 의해, 포토 다이오드(233)가 리셋되고, 신호 전하의 노광 축적, 즉 노광이 시작된다.

[0072] 시각(T3)부터, 미리 설정된 노광 시간이 경과하는 시각(T4)의 직전에서, 구동 회로(210)는, 전송 트랜지스터(234)를 온 상태로 제어하여, 신호 전하를 부유 확산층에 전송시킨다. 그리고, 노광 시간이 경과한 시각(T4)에서, 구동 회로(210)는, 전송 트랜지스터(234)를 오프 상태로 제어한다. 이에 의해, 노광이 완료된다. 또한, 이 시각(T4)에서, 리셋 레벨의 샘플링이 종료된다.

[0073] 여기서, 노광 시간은, 리셋 레벨이나 신호 레벨의 샘플링 기간보다 짧은 시간으로 설정되어 있는 것으로 한다. 샘플링 기간이, 1마이크로초(μs)인 경우, 노광 시간은, 예를 들면, 100나노초(ns)로 설정된다.

[0074] 또한, 구동 회로(210)는, 리셋 레벨의 샘플링 기간 중에 노광을 시작시키는 구성으로 하고 있지만, 이 구성으로 한정되지 않는다. 구동 회로(210)는, 리셋 레벨의 샘플링 기간경과와 동시, 또는, 샘플링 기간이 경과한 후에, 노광을 시작시켜도 좋다.

[0075] 또한, 노광의 종료와 동시에 샘플링이 종료되는 구성으로 하고 있지만, 이 구성으로 한정되지 않는다. 노광의 종료 전에, 샘플링이 종료되는 타이밍에서 구동 회로(210)가 노광을 시작하여도 좋다.

[0076] 시각(T4)부터 일정 시간이 경과하여 부유 확산층의 전위가 안정된 시각(T5)에서, 검출 회로(260)는, 부유 확산층에 축적된 신호 전하의 양에 응한 전압을 신호 레벨로서 샘플링한다. 그리고, 검출 회로(260)는, 유지하여 둔 리셋 레벨과 신호 레벨과의 차분을 구하고, 그 차분의 전압의 신호를, 노이즈를 저감한 축적 신호로서 출력한다.

[0077] 신호 레벨의 샘플링이 종료된 시각(T6)에서, 구동 회로(210)는, PD 리셋 트랜지스터(231)를 온 상태로 제어하여 포토 다이오드(233)의 전하를 전부 배출한다. 또한, 구동 회로(210)는, 신호 레벨의 샘플링이 종료된 후에, PD 리셋 트랜지스터(231)를 온 상태로 제어하여도 좋다.

[0078] 상술한 제어에서는, 노광 시작 전에 부유 확산층이 리셋되고, 리셋 레벨의 샘플링이 시작되고 있다. 노광 시간 중에 리셋 레벨의 샘플링을 행하지 않기 때문에, 리셋 레벨의 샘플링에 걸리는 샘플링 기간 이상으로 노광 시간을 길게 할 필요가 없다. 이 노광 시간은, PD 리셋 트랜지스터(231) 및 전송 트랜지스터(234)의 제어 타이밍과, 포토 다이오드(233)로부터 부유 확산층으로의 전하의 전송에 필요로 하는 시간에 의해 규정되어 있다. 이 때문에, 상술한 제어에 의하면, 노광 시간을 수십나노초(ns) 또는, 그 이하의 오더로 단축할 수 있다.

[0079] 또한, 검출 회로(260)가 CDS를 문제 없이 실행하기 위해서는, 리셋 레벨의 샘플링부터, 신호 레벨의 샘플링까지의 사이에 있어서, 부유 확산층에서 발생하는 암전류가 충분히 작아야 한다. 일반적으로, 부유 확산층의 암전류는, 포토 다이오드(233)의 암전류보다 몇자리(數桁) 많기 때문, 이와 같은 CDS 순서는, 단시간 노광에 있어서 극히 유효해지는 방법이다.

[0080] "검출 회로의 구성례"

- [0081] 도 5는, 제1의 실시의 형태에서의 화소 어레이부(220) 및 검출 회로(260)의 한 구성례를 도시하는 도면이다. 동 도면의 화소 어레이부(220)에서는, 하나의 검출 회로(260)에 접속된 4개의 화소(230)만이 기재되고, 나머지 화소(230)는 생략되어 있다. 이 검출 회로(260)는, 아날로그 CDS 회로(261), 디지털 CDS 회로(265) 및 바이너리 판정부(270)를 구비한다.
- [0082] 아날로그 CDS 회로(261)는, 아날로그 CDS에 의해 오프셋 제거를 행하는 것이고, 스위치(262)와, 커패시터(263)와, 비교기(264)를 구비한다.
- [0083] 스위치(262)는, 수직 신호선(239)의 접속처(接續先)를 전환하는 것이다. 이 스위치(262)는, 하나의 입력 단자와 2개의 출력 단자를 구비한다. 입력 단자에는 수직 신호선(239)이 접속된다. 2개의 출력 단자의 일방은, 기준 전압을 출력하는 단자이고, 커패시터(263)와 비교기(264)의 입력 단자의 일방과 접속된다. 2개의 출력 단자의 타 방은, 기준 전압과 비교하는 대상의 신호를 출력하기 위한 단자이고, 비교기(264)의 입력 단자의 타방에 접속된다.
- [0084] 이 스위치(262)는, 화소(230)의 리셋 신호를 유지시키는 경우에는, 기준 전압을 출력하는 단자(커패시터(263))가 접속되어 있는 쪽의 단자에 수직 신호선(239)을 접속한다. 또한, 스위치(262)는, 아날로그 CDS의 결과를 비교기(264)가 출력하는 경우에는, 비교 대상의 신호를 출력하는 단자(커패시터(263))가 접속되지 않은 쪽의 단자에 수직 신호선(239)을 접속한다.
- [0085] 커패시터(263)는, 화소(311)의 리셋 신호를 유지하기 위한 유지 용량이다. 커패시터(263)는, 스위치(262)의 출력 단자의 일방과 비교기(264)에 접속된다.
- [0086] 비교기(264)는, 커패시터(263)에 유지된 신호와, 비교 대상의 신호와의 차분을 출력하는 것이다. 즉, 비교기(264)는, 유지된 리셋 신호와, 수직 신호선(239)으로부터 공급된 신호(축적 신호 또는 리셋 신호)와의 차분을 출력한다. 즉, 비교기(264)는, kTC 노이즈 등의 화소(230)에서 생긴 노이즈가 제거된 신호를 출력한다. 비교기(264)는, 예를 들면, 개인이 "1"의 연산 증폭기에 의해 실현된다. 비교기(264)는, 차분의 신호를, 디지털 CDS 회로(265)에 공급한다. 또한, 여기서는, 리셋 신호와 리셋 신호와의 차분의 신호를 무신호(無信號)라고 칭하고, 리셋 신호와 축적 신호와의 차분의 신호를 정미의 축적 신호라고 칭한다.
- [0087] 디지털 CDS 회로(265)는, 디지털 CDS에 의해 노이즈 제거를 행하는 것이고, AD 변환부(266)와, 스위치(267)와, 레지스터(268)와, 감산기(269)를 구비한다.
- [0088] AD 변환부(266)는, 비교기(264)로부터 공급된 신호를 AD 변환하는 것이다. 또한, AD 변환부(266)는, 특허청구의 범위에 기재된 변환부의 한 예이다.
- [0089] 스위치(267)는, AD 변환부(266)가 생성한 AD 변환 후의 신호의 공급처를 전환하는 것이다. 이 스위치(267)는, 하나의 입력 단자와 2개의 출력 단자를 구비한다. 입력 단자는, 비교기(264)에 접속된다. 2개의 출력 단자의 일방은, 감산기(269)에 접속되고, 타방은 레지스터(268)에 접속된다.
- [0090] 스위치(267)는, AD 변환부(266)가 무신호의 AD 변환의 결과(디지털의 무신호)를 출력한 경우에는, 이 신호를 레지스터(268)에 공급하고, 그 레지스터(268)에 래치(유지)시킨다. 이에 의해, 비교기(264)나 AD 변환부(266)의 오프셋의 값이 리셋 레벨로서 레지스터(268)에 유지된다. 또한, 스위치(267)는, AD 변환부(266)가 정미의 축적 신호의 AD 변환의 결과(디지털의 정미의 축적 신호)를 출력한 경우에는, 이 신호를 감산기(269)에 공급한다.
- [0091] 레지스터(268)는, 노이즈 성분이 포함되는 무신호의 AD 변환의 결과를 유지하는 것이다. 레지스터(268)는, 유지하는 무신호의 AD 변환의 결과(디지털의 무신호)를 감산기(269)에 공급한다. 또한, 레지스터(268)는, 특허청구의 범위에 기재된 노이즈 성분 유지부의 한 예이다.
- [0092] 감산기(269)는, 디지털의 정미의 축적 신호의 값으로부터 디지털의 무신호의 값을 감산하는 것이다. 감산기(269)는, 감산한 결과(정미의 디지털 값)를, 바이너리 판정부(270)에 공급한다. 또한, 감산기(269)는, 특허청구의 범위에 기재된 노이즈 성분 제거부의 한 예이다.
- [0093] 바이너리 판정부(270)는, 바이너리 판정(디지털 판정)를 행하는 것이다. 이 바이너리 판정부(270)는, 감산기(269)의 출력(정미의 디지털 값)과, 참조 신호(REF)를 비교하여, 화소(230)에의 광자의 입사의 유무를 바이너리 판정하고, 그 판정 결과를 레지스터(268)에 출력한다. 도 5에서의 「BINOUT」은, 이 판정 결과를 나타낸다.
- [0094] "검출 회로의 동작례"
- [0095] 도 6은, 제1의 실시의 형태에서의 검출 회로(260)의 동작의 한 예를 도시하는 플로 차트이다. 동 도면에 도시하

는 플로 차트의 각 순서의 테두리는, 그 순서를 실행하는 구성을 나타낸다. 즉, 2겹의 테두리로 나타내는 순서는 화소(230)의 순서를 나타내고, 긴 선의 파선의 테두리로 나타내는 순서는 아날로그 CDS 회로(261)의 순서를 나타낸다. 짧은 선의 파선의 테두리로 나타내는 순서는 디지털 CDS 회로(265)의 순서를 나타내고, 굵은 실선의 테두리로 나타내는 순서는 바이너리 판정부(270)의 순서를 나타낸다. 또한, 설명의 편의상, 아날로그 CDS 회로(261)에 의한 아날로그 CDS 처리에 관해서는, 도시를 생략하고, 디지털 CDS 회로(265)가 AD 변환을 행할 때의 순서에서 함께 설명한다.

- [0096] 우선, 선택된 행의 화소(230)는, 구동 회로(210)의 제어에 따라, 부유 확산층(노드(235))의 전위를 리셋하고, 수직 신호선(239)에 리셋 신호를 출력한다(스텝 S901).
- [0097] 계속해서, 화소(230)로부터 출력된 리셋 신호가, 아날로그 CDS 회로(261)의 커페시터(263)에 의해 유지된다(스텝 S902). 그 후, 유지된 리셋 신호와, 화소(230)로부터 출력된 리셋 신호와의 차분의 신호(무신호)가, 디지털 CDS 회로(265)의 AD 변환부(266)에 의해 AD 변환된다(스텝 S903). 또한, 이 AD 변환된 무신호에는, 비교기(264)나 AD 변환부(266)에 의해 발생한 노이즈가 포함되어 있고, 이들의 노이즈를 상쇄(오프셋)하기 위한 값이 디지털 검출된 것이다. 그리고, 이 무신호의 AD 변환의 결과가, 오프셋값으로서 레지스터(268)에 유지된다. 한편 화소(230)는, 노광을 시작하고, 미리 설정된 노광 시간의 경과 후에 노광을 종료한다(스텝 S904). 여기서, 노광 시간은, 샘플링 기간보다 짧은 시간으로 설정된다.
- [0098] 계속해서, 화소(230)에서 포토 다이오드(233)가 축적한 전자가 부유 확산층(노드(235))에 전송되고, 화소(230)는 축적 신호를 출력한다(스텝 S905). 그 후, 샘플 홀드된 리셋 신호와, 화소(230)로부터 출력된 축적 신호와의 차분의 신호(정미의 축적 신호)가, 디지털 CDS 회로(265)의 AD 변환부(266)에 의해 AD 변환된다(스텝 S906). 또한, 이 AD 변환의 결과에는, 비교기(264)나 AD 변환부(266)에 의해 발생하는 노이즈가 포함되어 있다.
- [0099] 그리고, 디지털 CDS 회로(265) 내의 감산기(269)에 의해, 정미의 축적 신호의 AD 변환의 결과(2회째)의 값으로부터, 레지스터(268)에 유지된 무신호의 AD 변환의 결과(1회째)의 값이 공제된 값이 출력된다(스텝 S907). 이에 의해, 비교기(264)나 AD 변환부(266)에 기인하는 노이즈(오프셋 성분)가 캔슬되고, 화소(230)가 출력한 축적 신호만의 디지털값(정미의 디지털값)가 출력된다.
- [0100] 그 후, 감산기(269)로부터 출력된 정미의 디지털값과, 참조 신호(REF)가, 바이너리 판정부(270)에 의해 비교된다. 참조 신호(REF)에는, 광자 입사 없는 때에 화소(230)가 출력하는 신호의 디지털값(예를 들면, "0")과, 광자 입사 있는 때에 화소(230)가 출력하는 신호의 디지털값(예를 들면, "100")과의 중간치 부근의 값(예를 들면, "50")이 설정된다. 스텝 S908의 후, 검출 회로(260)는, 하나의 동작을 종료한다.
- [0101] 감산기(269)가 출력한 디지털값(화소(230)가 출력한 축적 신호만의 디지털값)의 값이 참조 신호(REF)의 값을 초과하고 있는 경우에는, 바이너리 판정부(270)는, "광자 입사 있음"으로서 "1"의 값의 신호(BINOUT)를 출력한다. 한편 감산기(269)가 출력한 디지털값의 값이 참조 신호(REF)의 값을 초과하지 않는 경우에는, 바이너리 판정부(270)는, "광자 입사 없음"으로서 "0"의 값의 신호(BINOUT)를 출력한다. 즉, 활상 소자(200)로부터는, 광자 입사의 유무가 바이너리 판정 결과의 디지털값(0이나 1)로서 출력된다(스텝 S908). 스텝 S908의 후, 활상 소자(200)는, 선택한 구획에서의 디지털값의 출력 동작을 종료한다.
- [0102] 또한, 도 5 및 도 6에서는, "광자 입사 있음"과 "광자 입사 없음"이라는 2차 판정(바이너리 판정)를 하는 것을 전제로 하여 설명했지만, 복수 계통의 참조 신호(REF)를 준비함에 의해, 2차 이상의 판정이 가능해진다. 예를 들면, 참조 신호(REF)를 2계통 준비하고, 1계통을, 광자수가 "0"인 때의 디지털값과, 광자수가 "1"인 때의 디지털값과의 중간치로 한다. 또한, 또 1계통을, 광자수가 "1"인 때의 디지털값과, 광자수가 "2"인 때의 디지털값과의 중간치로 한다. 이에 의해, 광자수가 "0", "1", "2"의 3개의 판정이 가능해지고, 활상의 다이내믹 레인지가 향상한다. 또한, 이와 같은 다치(多值) 판정은, 화소마다의 변환 효율의 편차 등에 의한 영향이 커지기 때문에, 2차 판정의 제조보다 높은 정밀도로 제조를 행할 필요가 있다. 그렇지만, 화소가 생성한 신호를 디지털 출력으로서 취급하는 점에서는, 화소가 생성한 신호로부터 광자 입사의 유무(0이나 1)만을 판정하는 바이너리 판정과 마찬가지이다. 또한, 디지털 CDS에 의해, 아날로그 출력에 수반하는 전송 중의 노이즈는 완전하게 제거된다.
- [0103] 또한, 각 화소에 평균 복수개 또는, 그 이상의 레벨로 광자가 입사하는, 비교적 조도가 높은 환경하에서의 광검출에서는, 스텝 S908의 바이너리 판정의 스텝은 생략하고, 그 전의 스텝 S907의 디지털값을 각 화소의 수광 광량치로서 채용하여도 좋다.
- [0104] 또한, 디지털 CDS 회로(265)는, 검출기측의 오프셋과 동시에, 수직 신호선(239)에 나타나는 화소 신호의 랜덤 노이즈에 대해서도, 그 저주파 성분을 캔슬하고 있지만, 그 고주파수 성분을 또한 캔슬할 수도 있다. 예를

들면, 수직 신호선(239)에 적절한 대역 커트 용량을 접속하는 등으로 커트할 수 있다. 이와 같이, 화소(230)는, 화소 신호의 랜덤 노이즈를 저주파측과 고주파측의 쌍방부터 조이는 것이 가능하고, 1광자 레벨의 고정밀항 검출을 행할 수가 있다.

[0105] 도 7은, 제1의 실시의 형태에서의, 2차원 화상을 취득할 때의 노광 제어의 한 예를 도시하는 도면이다. 구동 회로(210)는, 4구획을 1구획씩 차례로 선택하여 노광 제어를 행한다.

[0106] 예를 들면, 구동 회로(210)는, 시각(T21)에서 1행째 및 5행째로 이루어지는 구획을 최초에 선택하여, FD 리셋 트랜지스터(236)를 오프로 하여 리셋 레벨의 샘플링을 시작시킨다. 그리고, 구동 회로(210)는, 샘플링 기간 내에 노광 축적을 시작시킨다. 샘플링 기간경과 후, 구동 회로는, 신호 레벨의 샘플링을 시작시킨다.

[0107] 또한, 엄밀하게는, 시각(T21)에서 구동 회로(210)가 FD 리셋 트랜지스터(236)를 오프로 제어한 시점과 동시에 샘플링이 시작되는 것이 아니라, 전술한 바와 같이, 그 시점부터 일정 기간이 경과한 때에 샘플링이 시작된다. 그러나, 이 일정 기간은 매우 짧기 때문에, 기재의 편의상, 도 7에서는, 시각(T21)에 샘플링이 시작되도록 도시하고 있다. 2구획째 이후에 대해서도 마찬가지이다.

[0108] 시각(T22)에서, 최초의 구획의 샘플링이 종료되면, 검출 회로(260)는, 리셋 레벨 및 신호 레벨에서 얻어지는 축적 신호를 출력한다. 또한, 구동 회로(210)는, 2행째 및 6행째로 이루어지는 2번째의 구획을 선택하여 마찬가지의 노광 제어를 행한다.

[0109] 이와 같이, 리셋 신호의 샘플링, 노광 축적, 신호 레벨의 샘플링 및 출력의 일련의 노광 제어가, 순환적으로 행하여진다. 그 결과 출력된 차분 신호는, 일단, 레지스터(286)에 유지되고, 칩 내에서의 차분 신호의 전송과 출력이란, 그 레지스터(286)를 통하여 파이프라인(pipeline)화되어 실행된다.

[0110] 시각(T23)에서 2번째의 구획의 샘플링이 종료되면, 구동 회로(210)는, 3번째의 구획을 선택하여 마찬가지의 노광 제어를 행하고, 시각(T24)에서 3번째의 구획의 샘플링이 종료되면 최후의 구획을 선택하여 마찬가지의 노광 제어를 행한다.

[0111] 이와 같이, 복수의 구획을 차례로 선택하여 노광시키는 제어는, 롤링 셔터 방식이라고 불린다. 예를 들면, 매우 밝은 장소에서, 노광 시간을 극히 짧은 시간으로 하여 2차원 화상을 활상하는 경우 등에, 도 7에 예시한 제어가 행하여진다.

[0112] 한편 이와 같은 활상 소자(200)를 단일한 광검출기로서 사용하고, 신틸레이션에 의한 발광 펄스 등을 검출하는 경우에는, 각 펄스에서 노광되는 것은 최대 1구획뿐이다. 따라서 구동 회로(210)는, 4구획 중 1구획만을 선택하여, 그 구획에서의 노광 제어를 반복해서 행하여도 좋다.

[0113] 도 8은, 제1의 실시의 형태에서의 광검출을 행할 때의 노광 제어의 한 예를 도시하는 도면이다. 예를 들면, 구동 회로(210)는, 1번째의 구획(1행째 및 5행째)만을 선택한다. 그리고 구동 회로(210)는, 그 구획에서, 리셋 신호의 샘플링, 노광 축적, 신호 레벨의 샘플링 및 출력의 일련의 노광 제어를 반복해서 행한다. 그 결과 출력된 차분 신호는, 일단, 레지스터(286)에 유지되고, 칩 내에서의 차분 신호의 전송과 출력은, 그 레지스터(286)를 통하여 파이프라인화되어 실행된다. 바이너리 판정은 필요에 응하여 출력 회로(287) 또는 칩 밖에서 실행된다.

[0114] 일반적으로, 활상 소자 내의 전 화소를 동시에 동작시켜, 동시에 노광시키는 제어는, 글로벌 셔터 방식이라고 불린다. 도 8에서는, 활상 소자 내의 전 화소가 아니고, 하나의 구획 내에서만, 글로벌 셔터 방식과 마찬가지의 노광 제어가 행하여지고 있다. 이 노광 제어에 의해, 노광 시간 내에 활상 소자(200)에 입사된 광펄스만이 검출된다. 또한, 스캐너용의 라인 센서형 검출기에 활상 소자(200)를 사용한 경우에도 마찬가지의 구동이 행하여진다.

[0115] 1구획의 액세스에 토탈로 5마이크로초(μ s)를 필요로 한다고 하여도, 도 8의 노광 제어에서는, 노광 시간을, 예를 들면 50나노초(ns)로 단축할 수 있다. 따라서 5마이크로초(μ s)의 주기로 1구획에 관한 노광이 반복되는 중에서, 노광 시간은, 그 1/100인 50나노초뿐이고, 노광 시간 외에 입사한 방사선이 발하는 광펄스는 검출되지 않고 무시된다. 그리고, 데이터 처리부(140)는, 리셋 레벨의 샘플링 시작부터 신호 레벨의 샘플링 종료까지의 측정 기간과, 노광 시간과의 비에 응하여 광펄스수(數)를 보정한다. 예를 들면, 노광 시간이 측정 기간의 1/100인 경우, 데이터 처리부(140)는, 노광 시간 중에 검출된 광펄스수를 약 100배하여, 신틸레이터에 입사한 방사선 개수를 추정한다. 이와 같이, 방사선 검출 장치(100)에서는, 고(高)빈도의 방사선 입사에 대해서도 그 계수(計數)가 가능해진다.

[0116] 이와 같이, 본 기술의 제1의 실시의 형태에 의하면, 활상 소자(200)는, 샘플링 기간보다 짧은 노광 시간이 경과

한 때에 광전 변환 소자로부터 부유 확산층으로의 전하를 전송시키기 때문에, 노광 시간을 샘플링 기간보다 단축할 수 있다. 이에 의해, 포톤 카운팅의 정밀도를 향상시킬 수 있다.

[0117] 또한, 이와 같은 초단시간 노광은 일반적인 CMOS 이미저에서도 고조도 환경에서의 활상 등에 유용하지만, 후술하는 바와 같이 방사선 포톤 카운팅의 시간 분해능을 비약적으로 높이는 것이 가능해진다.

[0118] 또한 본 발명을 이용한 활상 소자(200)는, 광통신의 염가이며 간이한 수신기로서 이용하는 것도 가능하다.

[0119] 또한, 이 활상 소자(200)를 방사선의 신틸레이션광의 검출에 이용함에 의해, 방사선 검출 장치(100)는, 방사선 계수에서, 검출의 다이내믹 레인지를 비약적으로 향상시킬 수 있다. 이에 의해 감마 카메라뿐만 아니라, CT 장치나 맘모그래피 등에서도 방사선 계수(포톤 카운팅)의 도입이 가능해지고, 에너지에 의한 산란선의 분별이나, 방사선의 에너지 분석이 가능해진다.

[0120] 이 방사선 검출 장치(100)를 선량계(線量計)에 사용한 경우, 방사선의 에너지 검출과 광자 카운트를 동시에 행을 할 수 있기 때문에, 예를 들면 방사선의 에너지에 응한 계수율, 즉 방사선의 에너지 스펙트럼을 계측할 수 있다. 이 때문에, 예를 들면, 특개2004-108796호 공보에 기재된 바와 같은 G함수법이나 DBM(Discrimination Bias Modulation)법 등에 의한 선량 보정을 적절하게 실시할 수 있다. 게다가, 방사선 검출 장치(100)의 출력은 이미 디지털화되어 있기 때문에, 멀티 채널 애널라이저도 불필요하고, 염가의 원칩 마이크로컴퓨터로, 보정을 포함한 모든 후단(後段) 처리를 행할 수가 있다. 이에 의해 소형 경량이면서 고정밀도로, 게다가 염가의 선량계를 실현하는 것이 가능해진다.

[0121] "제1의 변형례"

[0122] 상술한 제1의 실시의 형태에서는, 활상 소자(200)는, 노광 시간을 샘플링 기간보다 단축하여 노광을 행하였는데, 그 경우, 측정 기간에서, 광검출에 사용되지 않는 불감(不感) 기간(측정 기간 중 노광 시간 이외의 기간)가 생겨 버린다. 그러나, 저빈도의 방사선 입사에 대해서는, 적은 입사 회수를 빠짐없이 카운트할 수 있도록, 이 불감 기간은 존재하지 않는 쪽이 바람직하다. 그래서, 통상의 CMOS 이미저에 준한 동작 제어에 의해, 노광 시간을 측정 기간에 접근하면, 신틸레이션광의 펄스도 빠짐 없이 계측할 수 있다. 즉, 방사선의 검출 빈도에 응하여, 노광 기간을 변경하는 것이 바람직하다. 제1의 실시의 형태의 제1의 변형례의 활상 소자(200)는, 방사선의 검출 빈도에 응하여 노광 시간을 변경하는 점에서 제1의 실시의 형태와 다르다.

[0123] 구체적으로는, 제1의 변형례의 활상 소자(200)에서의 데이터 처리부(140)는, 일정 시간이 경과할 때마다, 그 일정 시간 내의 방사선의 검출 회수로부터 방사선의 검출 빈도를 측정한다. 그리고, 데이터 처리부(140)는, 그 검출 빈도가 소정 빈도보다도 높은지의 여부를 나타내는 제어 신호를 활상 소자(200)에 공급한다.

[0124] 제1의 변형례의 활상 소자(200)는, FD 리셋 트랜지스터(236)를 오프로 하는 타이밍 이전에서도, PD 리셋 트랜지스터(231)를 오프로 제어할 수 있다. FD 리셋 트랜지스터(236)를 오프로 하는 타이밍 이전에 PD 리셋 트랜지스터(231)를 오프로 제어함에 의해, 활상 소자(200)는, 샘플링 기간 이상의 시간으로, 노광 시간을 설정할 수 있다.

[0125] 활상 소자(200)는, 방사선의 검출 빈도가 소정 빈도보다 높은 경우에는, 노광 시간을 샘플링 기간 미만으로 설정하고, 그렇지 않는 경우에는 노광 시간을 샘플링 기간 이상으로 설정하여 노광을 행한다.

[0126] 도 9는, 제1의 실시의 형태의 제1의 변형례에서의 화소(230)의 제어의 한 예를 도시하는 타이밍 차트이다. 구동 회로(210)는, 예를 들면, 리셋 레벨 및 신호 레벨의 샘플링을 일정한 타이밍 및 일정 간격에 의해 실시하고, 노광 시작의 타이밍만을 변경함으로써, 노광 시간의 전환을 행한다.

[0127] 방사선의 검출 빈도가 소정 빈도 이하인 경우, 구동 회로(210)는, 시각(T11)에서 PD 리셋 트랜지스터(231)를 오프로 하여 노광을 시작시키고, 그 후의 시각(T12)에서 FD 리셋 트랜지스터(236)를 오프로 한다. 그 후의 시각(T13)에서, 검출 회로(260)가 리셋 레벨의 샘플링을 시작한다. 그리고, 시각(T14)에서 구동 회로(210)는, 전송 트랜지스터(234)를 제어하여 노광을 종료시킨다. 또한, 시각(T14)에서 리셋 레벨의 샘플링이 종료된다. 노광 종료 후의 시각(T15)에서 검출 회로(260)는, 신호 레벨의 샘플링을 시작하고, 시각(T16)에서 신호 레벨의 샘플링이 종료된다.

[0128] 한편 방사선의 검출 빈도가 소정 빈도보다 높은 경우에는, 구동 회로(210)는, 도 4에 예시한 바와 같이, 노광 시간을 샘플링 기간보다 단축하여 노광을 행한다.

[0129] 도 4 및 도 9에 예시한 바와 같이, 제1의 변형례의 구동 회로(210)는, PD 리셋 트랜지스터(231)를 오프로 하는

타이밍을, FD 리셋 트랜지스터(236)를 오프로 하는 타이밍을 넘어서 변경할 수 있다. 신호 레벨의 샘플링에 3마이크로초(μs)를 필요로 하고, 측정 기간이 20마이크로초(μs)인 경우, 최장으로 16 내지 17마이크로초(μs) 정도의 노광이 가능해진다. 한편 최단으로는, 수십나노초(ns) 오더, 예를 들면, 50나노초의 노광이 가능하다. 방사선의 검출 빈도가 소정 빈도보다 높은 때의 노광 시간과, 그렇지 않은 때의 노광 시간과의 각각은, 이 50나노초 내지 16마이크로초의 범위 내에서, 측정 조건에 의거하여 임의로 설정할 수 있다.

[0130] 예를 들면, 방사선 검출 장치(100)가 일초간에 약 100만회의 광펄스를 수광하는 경우에 관해 생각한다. 이 경우, 펄스 입사는, 평균하여, 1마이크로초(μs)에 1 회이다. 이 조건하에서 방사선 검출 장치(100)는, 방사선의 검출 빈도가 소정 빈도보다 높다고 판단하여, 노광 시간을 0.1마이크로초(즉, 100나노초)로 한다. 이 결과, 노광 시간 내에 평균 0.1회의 펄스가 입사되게 된다. 이 때문에, 방사선 검출 장치(100)는, 다른 복수의 펄스의 각각을 거의 정확하게 분별할 수 있다.

[0131] 또한, 방사선 검출 장치(100)가, 20마이크로초(μs)의 주기로 노광을 반복하면, 1초간에 5만 회의 데이터를 취득 할 수 있기 때문에, 약 5천개의 펄스를 카운트할 수 있다. 방사선 검출 장치(100)가, 이 카운트 수에 측정 기간(20마이크로초)과, 노광 시간(0.1마이크로초)과의 비 "200"을 승산하면, 단위 시간당의 입사 펄스 수를 도출할 수 있다.

[0132] 한편 1초간에 100회의 펄스밖에 수광하지 않는 경우는, 방사선 검출 장치(100)는, 검출 빈도가 소정 빈도 이하라고 판단하여 노광 시간을 최장의 16마이크로초로 한다. 이 결과, 1초당 약 80회의 펄스가 검출되기 때문에, 방사선 검출 장치(100)는, 이 펄스 수에 사이클 시간과 노출 시간의 비(20/16=1.25)를 곱함에 의해, 입사 펄스 수를 도출할 수 있다.

[0133] 도 10은, 제1의 실시의 형태의 제1의 변형례에서의 장시간 노광을 행할 때의 노광 제어의 한 예를 도시하는 도면이다. 동 도면은, 방사선의 검출 빈도가 소정 빈도 이하이고, 장시간에 걸쳐서 노광을 행하는 경우를 상정하고 있다. 이 경우, 구동 회로(210)는, 예를 들면, 1번째의 구획(1행째 및 5행째)와 2번째의 구획(2행째 및 6행째)를 교대로 선택하여, 선택한 구획에서 노광 축적 및 샘플링을 행한다. 리셋 레벨 및 신호 레벨의 샘플링에 약 5마이크로초(μs)를 필요로 하는 경우, 각각의 구획은, 약 5마이크로초(μs)의 간격으로 선택된다. 또한, 노광 기간도 각각 5마이크로초로 설정된다. 이와 같이, 노광 기간을 설정하면, 항상 어느 하나의 구획이 노광되는 것으로 되어, 활상 소자(200) 전체에서는 불감 기간은 존재하지 않게 된다. 또한, 광펄스 검출의 시간 분해능은 5마이크로초(μs)가 된다.

[0134] 도 11은, 제1의 실시의 형태의 제1의 변형례에서의 각 구획을 차례로 선택하는 노광 제어의 한 예를 도시하는 도면이다. 동 도면은, 방사선의 검출 빈도가 소정 빈도 이하인 경우를 상정하고 있다.

[0135] 구동 회로(210)는, 4개의 구획을 약 5마이크로초(μs)의 간격으로 차례로 선택하고, 각각의 노광 시간은 15마이크로초(μs)로 설정되어 있다. 이 설정에서는, 항상, 3구획이 노광되게 된다. 도 10에 예시한 제어와 비교하여, 시간 분해능은 15마이크로초로 저하되는 것이지만, 노광된 화소수가 3배가 되기 때문에 광펄스에 대한 검출 감도가 높아진다. 즉, 도 11에 예시한 노광 제어에서는, 펄스 강도의 측정 정밀도가 향상한다. 이 때문에, 펄스 강도의 측정 정밀도를 시간 분해능의 향상보다 우선할 때에, 도 11에 예시한 바와 같이, 전 구획을 차례로 선택하는 노광 제어가 행하여진다.

[0136] 이와 같이, 제1의 변형례에 의하면, 방사선의 검출 빈도에 의거하여 노광 시간을 변경하기 때문에, 적절한 노광 시간에 의해 노광을 행할 수가 있다.

[0137] "제2의 변형례"

[0138] 상술한 제1의 실시의 형태의 제1의 변형례에서는, 광가이드(130) 및 활상 소자(200)의 각각을 하나만 마련한 구성으로 하고 있지만, 복수의 광가이드(130)와 복수의 활상 소자(200)를 마련하여도 좋다. 제1의 실시의 형태의 제2의 변형례의 방사선 검출 장치(100)는, 복수의 광가이드(130)와 복수의 활상 소자(200)를 마련한 점에서 제1의 변형례와 다르다.

[0139] 도 12는, 제1의 실시의 형태의 제2의 변형례에서의 방사선 검출 장치(100)의 한 구성례를 도시하는 블록도이다. 제2의 변형례의 방사선 검출 장치(100)에서는, 하나의 신틸레이터(120)에 대해, 예를 들면, 3개의 광가이드(130)가 마련된다. 각각의 광가이드(130)에는, 활상 소자(200)가 하나 마련된다. 즉, 3개의 광가이드(130)와 3개의 활상 소자(200)에 의해, 하나의 신틸레이터(120)가 공용된다. 또한, 제2의 변형례의 방사선 검출 장치(100)는, 하나의 신틸레이터(120)에 대해, 3개 이외의 개수의 복수의 활상 소자(200)를 마련한 구성이라도

좋다.

[0140] 각각의 활상 소자(200)는, 제1의 실시의 형태와 마찬가지로, 복수의 구획으로 분할되어 있지만, 예를 들면, 이 중 1구획만이 방사선의 검출에 사용된다.

[0141] 데이터 처리부(140)는, 활상 소자(200)의 각각으로부터의 출력을 받아, 개개의 방사선(예를 들면, 감마선)에 관해 노이즈의 변별과 위치 판정을 행한다. 신틸레이터(120)가 1매판으로 이루어지는 경우, 그 발광은 복수의 활상 소자(200)에 의해 동시에 검출된다. 데이터 처리부(140)는, 예를 들면 동시에 발생한 이벤트의 출력의 총합로부터 감마선의 에너지를 구하고, 그 출력의 중심(重心)으로부터 감마선의 입사 위치를 특정한다. 이렇게 하여 프라이머리(즉, 노이즈가 아니다)라고 판정된 감마선의 이벤트 회수가 카운트되고, 감마선원의 체내 분포가 동정된다.

[0142] 복수의 활상 소자(200)의 출력으로부터 방사선의 에너지와 입사 위치를 판정하는 데이터 처리부(140)에는, 기존의 감마 카메라에서의 디지털 처리에 준하여 다양한 베리에이션이 존재할 수 있다. 광전자 증배관과 비교하여, 활상 소자(200)는 소형 경량이면서 염가이므로, 고밀도로 다수 실장하는 것이 가능하고, 방사선의 입사 위치의 검출 정밀도는, 그 만큼 높아진다. 또는 복수의 감마선이 거의 동시에 다른 장소에 입사한 경우에도, 활상 소자(200)가 고밀도 실장되어 있으면 출력의 강도 분포에 나타나기 때문에, 패턴 매칭 등을 이용하여 그것을 판별하고, 검출하는 것이 가능해진다.

[0143] 또한 복수의 활상 소자(200)를 사용한 활상에서는, 도 7에 예시한 노광 제어를 활상 소자마다 행함으로써, 최선의 화상을 얻을 수 있다.

[0144] 또한, 활상 소자(200)마다, 방사선의 검출 빈도에 응하여 노광 시간을 제어하여도 좋다. 예를 들면, 데이터 처리부(140)는, 활상 소자(200)마다 방사선의 검출 빈도를 측정하고, 방사선의 검출 빈도가 소정 빈도보다 높은 활상 소자(200)는 노광 시간을 단축하고, 방사선의 검출 빈도가 소정 빈도 이하의 활상 소자(200)는 노광 시간을 길게 한다.

[0145] 이와 같이, 제2의 변형례에 의하면, 복수의 활상 소자(200)에 의해 광을 검출하기 때문에, 포톤 카운팅의 정밀도를 향상시킬 수 있다.

<2. 제2의 실시의 형태>

[0147] 상술한 제1의 실시의 형태에서는 활상 소자(200)가 복수의 구획을 하나씩 차례로 노광하고 있지만, 그 경우, 한번에 노광되는 화소수는, 2행분의 64화소이고, 그 밖의 화소에 입사된 광은 검출되지 않는다. 또는, 1 회의 노광에 대해 64화소의 각각의 검출 결과를 바이너리 판정한 경우, 64는 2^6 이기 때문에, 에너지 검출에서 6비트의 계조밖에 얻어지지 않는다. 즉, 1구획씩 차례로 노광을 행하는 구성에서는, 에너지 검출의 다이내믹 레인지가 빈약하고, 다이내믹 레인지는 동시에 노광하는 화소의 개수에 의해 제한되게 된다.

[0148] 따라서 복수의 구획에서 동시에 초단 시간의 노광을 행하는 기구의 존재가 요구된다. 이것은 CMOS 이미지 센서에서는, 이른바 글로벌 셔터 동작에 상당한다. 복수의 구획에서 동시에 노광을 행함에 의해, 활상 소자(200)의 회로 규모를 증가시키는 일 없이 많은 화소를 광검출에 사용할 수 있고, 에너지 검출에서의 다이내믹 레인지를 향상시킬 수 있다. 이 제2의 실시의 형태의 활상 소자(200)는, 복수의 구획을 동시에 노광하는 점에서 제1의 실시의 형태와 다르다.

[0149] 또한, 이 제2의 실시의 형태의 활상 소자(200)는, 화소 어레이부(220)에서 화소마다 선택 트랜지스터(부도시)를 또한 구비한다. 그리고, 제2의 실시의 형태의 구동 회로(210)는, 선택 트랜지스터를 제어하여 각 구획을 차례로 선택하여, 선택한 구획 내의 화소의 출력 신호를 검출 회로(260)에 공급시킨다.

"검출 회로의 구성례"

[0151] 도 13은, 제2의 실시의 형태에서의 검출 회로(260)의 한 구성례를 도시하는 도면이다. 제2의 실시의 형태의 검출 회로(260)는, 디지털 CDS 회로(265)가, 스위치 및 레지스터를 복수 구비하는 점에서 제1의 실시의 형태와 다르다.

[0152] 제2의 실시의 형태의 아날로그 CDS 회로(261)는, 제1의 실시의 형태와 마찬가지이다. 단, 아날로그 CDS 회로(261)는, 1행째의 리셋 레벨의 신호를 기준 신호로서 유지함과 함께, 1행째의 리셋 신호로서 디지털 CDS 회로(265)에 공급한다. 또한, 아날로그 CDS 회로(261)는, 2행째 이후의 각 행의 리셋시의 출력 신호와, 기준 신호와의 차분을 2행째 이후의 각 행의 리셋 신호로서, 각각 디지털 CDS 회로(265)에 공급한다.

- [0153] 디지털 CDS 회로(265)는, 디지털 CDS 회로(265)에 접속된 행수와 같은 개수의 레지스터를 구비한다. 접속된 행이 4행인 경우, 디지털 CDS 회로(265)는, 스위치(271, 272, 273, 274 및 275)와, 레지스터(276, 277, 278 및 279)와, 스위치(280, 281, 282 및 283)를 구비한다.
- [0154] 스위치(271)는, AD 변환부(266)와 감산기(269) 사이의 경로를 개폐하는 것이다. 스위치(271)의 일단은 AD 변환부(266)에 접속되고, 타단은 감산기(269)에 접속된다. 스위치(271)는, 신호 레벨의 샘플링 기간에서 닫힘상태가 되고, 그 이외의 기간에서 열림상태가 된다.
- [0155] 스위치(272 내지 275)는, AD 변환부(266)와 대응하는 레지스터 사이의 경로를 개폐하는 것이다. 스위치(272)의 일단은, AD 변환부(266)에 접속되고, 타단은 레지스터(276)에 접속된다. 또한, 스위치(273)의 일단은, AD 변환부(266)에 접속되고, 타단은 레지스터(277)에 접속된다. 또한, 스위치(274)의 일단은, AD 변환부(266)에 접속되고, 타단은 레지스터(278)에 접속된다. 또한, 스위치(275)의 일단은, AD 변환부(266)에 접속되고, 타단은 레지스터(279)에 접속된다.
- [0156] 이들의 스위치(272 내지 275)는, 대응하는 행의 리셋 레벨의 샘플링 기간에서 닫힘상태가 되고, 그 이외의 기간에서 열림상태가 된다. 구체적으로는, 스위치(272)는 1행째의 리셋 레벨의 샘플링 기간에서 닫힘상태가 되고, 스위치(273)는 2행째의 리셋 레벨의 샘플링 기간에서 닫힘상태가 된다. 또한, 스위치(274)는 3행째의 리셋 레벨의 샘플링 기간에서 닫힘상태가 되고, 스위치(275)는 4행째의 리셋 레벨의 샘플링 기간에서 닫힘상태가 된다.
- [0157] 레지스터(276 내지 279)는, 대응하는 행의 리셋 레벨을 유지하는 것이다. 레지스터(276)는 1행째의 리셋 레벨을 유지하고, 레지스터(277)는 2행째의 리셋 레벨을 유지한다. 또한, 레지스터(278)는 3행째의 리셋 레벨을 유지하고, 레지스터(279)는 4행째의 리셋 레벨을 유지한다.
- [0158] 스위치(280 내지 283)는, 대응하는 레지스터와 감산기(269) 사이의 경로를 개폐하는 것이다. 스위치(280)의 일단은, 레지스터(276)에 접속되고, 타단은 감산기(269)에 접속된다. 또한, 스위치(281)의 일단은, 레지스터(277)에 접속되고, 타단은 감산기(269)에 접속된다. 또한, 스위치(282)의 일단은, 레지스터(278)에 접속되고, 타단은 감산기(269)에 접속된다. 또한, 스위치(283)의 일단은, 레지스터(279)에 접속되고, 타단은 감산기(269)에 접속된다.
- [0159] 이들의 스위치(280 내지 283)는, 대응하는 행의 신호 레벨의 샘플링 기간에서 닫힘상태가 되고, 그 이외의 기간에서 열림상태가 된다. 구체적으로는, 스위치(280)는 1행째의 신호 레벨의 샘플링 기간에서 닫힘상태가 되고, 스위치(281)는 2행째의 신호 레벨의 샘플링 기간에서 닫힘상태가 된다. 또한, 스위치(282)는 3행째의 신호 레벨의 샘플링 기간에서 닫힘상태가 되고, 스위치(283)는 4행째의 신호 레벨의 샘플링 기간에서 닫힘상태가 된다.
- [0160] "촬상 소자의 동작례"
- [0161] 도 14는, 제2의 실시의 형태에서의 화소의 제어의 한 예를 도시하는 타이밍 차트이다. 초기 상태에서, FD 리셋 트랜지스터(236) 및 PD 리셋 트랜지스터(231)는 온 상태이고, 전송 트랜지스터(234)는 오프 상태인 것으로 한다.
- [0162] 구동 회로(210)는 시각(T1)에서 전(全) 행의 FD 리셋 트랜지스터(236)를 오프 상태로 제어한다. 이에 의해, 부유 확산층의 전위는, 부유 상태가 되고, 그 포텐셜을 반영한 전위가 수직 신호선(239)으로부터 출력된다. 구동 회로(210)는, 선택 트랜지스터를 제어하여, 4행분의 리셋 레벨의 신호를 차례로 검출 회로(260)에 공급시킨다.
- [0163] 또한, 구동 회로(210)는, 4행의 FD 리셋 트랜지스터(236)를 동시에 오프 상태로 제어하고 있지만, 차례로 오프 상태로 제어하여도 좋다.
- [0164] 시각(T1)부터 일정 기간이 경과한 시각(T2)에서, 검출 회로(260)는, 1행째의 리셋 레벨을 샘플링하여 유지한다. 그리고, 검출 회로(260)는, 2행째 내지 4행째의 리셋 레벨을 차례로 샘플링하여 유지한다.
- [0165] 또한, 리셋 레벨의 샘플링 기간 내의 시각(T3)에서, 구동 회로(210)는, 전 행의 PD 리셋 트랜지스터(231)를 오프 상태로 제어한다. 이에 의해, 포토 다이오드(233)가 리셋되고, 신호 전하의 노광 축적, 즉 노광이 시작된다. 여기서, 노광 시간은, 각 행의 리셋 레벨의 샘플링 기간보다 짧은 시간으로 설정되어 있는 것으로 한다.
- [0166] 시각(T3)부터, 미리 설정된 노광 시간이 경과하는 시각(T4)의 직전에서, 구동 회로(210)는, 전 행의 전송 트랜지스터(234)를 온 상태로 제어하여, 신호 전하를 부유 확산층에 전송시킨다. 그리고, 노광 시간이 경과한 시각(T4)에서, 구동 회로(210)는, 전 행의 전송 트랜지스터(234)를 오프 상태로 제어한다. 이에 의해, 노광이 완료된다. 또한, 이 시각(T4)에서, 4행째의 리셋 레벨의 샘플링이 종료된다.

- [0167] 구동 회로(210)는, 선택 트랜지스터를 제어하여, 4행분의 축적 신호를 차례로 검출 회로(260)에 공급시킨다.
- [0168] 시각(T4)부터 일정 시간이 경과한 시각(T5)에서, 검출 회로(260)는, 1행째의 신호 레벨을 샘플링한다. 뒤이어, 검출 회로(260)는, 2행째 내지 4행째의 신호 레벨을 차례로 샘플링한다.
- [0169] 4행째의 신호 레벨의 샘플링이 종료된 시각(T6)에서, 구동 회로(210)는, 전 행의 PD 리셋 트랜지스터(231)를 온 상태로 제어하여 포토 다이오드(233)의 전하를 전부 배출한다.
- [0170] 상술한 제어에서, T4의 노광 종료 후에 각 행의 신호 레벨의 샘플링을 순차적으로 실시할 때, 예를 들면 1행째부터 3행째까지가 샘플링되는 사이, 4행째의 신호 전하는 부유 확산층에 유지되어 있다. 예를 들면, 각 행의 샘플링에 2마이크로초(μs)를 필요로 한 경우, 그 사이의 유지 기간은 6마이크로초(μs) 정도이다. 그러나, 검출 회로(260)를 각 행이 공유하는 제2의 실시의 형태에서는, 동시 노광되는 화소수의 증가에 비례하여, 신호 전하를, 최종행의 부유 확산층이 유지한 시간이 길어지고, 부유 확산층의 암전류가 문제가 되기 시작한다. 따라서 동시 노광한 화소수의 상한은 16개 이하로 머무르는 것이 바람직하다.
- [0171] 도 15는, 제2의 실시의 형태에서의 활상 소자(200)의 동작의 한 예를 도시하는 플로 차트이다.
- [0172] 우선, 모든 화소(230)는, 구동 회로(210)의 제어에 따라 부유 확산층(노드(235))의 전위를 리셋한다(스텝 S910). 구동 회로(210)는, 어느 하나의 구획을 선택하고, 선택된 구획 내의 화소는, 리셋 신호를 출력한다(스텝 S911).
- [0173] 구동 회로(210)는, 선택한 구획이 최초의 구획인지의 여부를 판단한다(스텝 S912). 최초의 구획인 경우에는(스텝 S912 : Yes), 아날로그 CDS 회로(261)(ACDS)는 리셋 신호를 검출하고, 그 리셋 신호를 기준 신호로서 유지한다(스텝 S902). 2번째 이후의 구획이 선택된 경우에는, ACDS에 의해, 기준 신호와, 화소(230)로부터의 출력 신호와의 차분이 리셋 신호로서 디지털 CDS 회로(265)(DCDS)에 공급된다.
- [0174] 2번째 이후의 구획인 경우(스텝 S912 : No), 또는 스텝 S902의 후, DCDS에 의해, ACDS로부터의 리셋 신호가 AD 변환된다(스텝 S903).
- [0175] 그리고, 구동 회로(210)는, 선택한 구획이 최후의 구획인지의 여부를 판단한다(스텝 S913). 최후의 구획이 아닌 경우에는(스텝 S913 : No), 구동 회로(210)에 의해, 다음의 구획이 선택된다(스텝 S914). 스텝 S914의 후, 스텝 S911이 재차 실행된다.
- [0176] 최후의 구획인 경우에는(스텝 S913 : Yes), 모든 화소(230)는, 노광을 시작하고, 미리 설정된 노광 시간의 경과 후에 노광을 종료한다(스텝 S915). 여기서, 노광 시간은, 샘플링 기간보다 짧은 시간으로 설정된다.
- [0177] 노광이 종료되면, 구동 회로(210)에 의해 구획이 선택되고, 그 선택된 구획 내의 화소(230)가 축적 신호를 출력한다(스텝 S916). 그 후, 샘플 홀드된 리셋 신호와, 화소(230)로부터 출력된 축적 신호와의 차분의 신호(정미의 축적 신호)가 DCDS에 의해 AD 변환된다(스텝 S906).
- [0178] 그리고, DCDS에 의해, 정미의 축적 신호의 AD 변환의 결과(2회째)의 값으로부터, 선택된 구획의 레지스터(268) 내의 AD 변환의 결과(1회째)의 값이 공제된 값이 출력된다(스텝 S907).
- [0179] 그 후, 감산기(269)로부터 출력된 정미의 디지털값과, 참조 신호(REF)가, 바이너리 판정부(270)에 의해 비교되고, 광자 입사의 유무가 바이너리 판정 결과의 디지털값으로서 출력된다(스텝 S908).
- [0180] 그리고, 구동 회로(210)는, 선택한 구획이 최후의 구획인지의 여부를 판단한다(스텝 S917). 최후의 구획이 아닌 경우에는(스텝 S917 : No), 구동 회로(210)는, 다음의 구획을 선택한다(스텝 S918). 스텝 S918의 후, 스텝 S916이 재차 실행된다. 최후의 구획인 경우에는(스텝 S917 : Yes), 활상 소자(200)는, 전 구획의 노광 제어를 종료한다.
- [0181] 이와 같이, 제2의 실시의 형태에 의하면, 전 구획의 화소(230)가 포토 다이오드(233)에 축적된 전하량을 초기화(노광을 시작)하고, 전 구획의 화소(230)가 전하를 전송(노광을 종료)하기 때문에, 많은 화소를 광검출에 사용할 수 있다. 이에 의해, 방사선의 에너지 검출에서의 다이내믹 레인지지를 향상시킬 수 있다.
- [0182] "변형례"
- [0183] 상술한 제2의 실시의 형태에서는, 활상 소자(200)는, 노광 시간을 샘플링 기간보다 단축하여 노광을 행하였지만, 방사선의 검출 빈도에 의거하여 노광 기간을 샘플링 기간 이상으로 할 수도 있다. 제2의 실시의 형태의 변형례의 활상 소자(200)는, 방사선의 검출 빈도에 의거하여 노광시간이 전환하여 노광을 행하는 점에서

제2의 실시의 형태와 다르다.

[0184] 구체적으로는, 변형례의 활상 소자(200)에서의 데이터 처리부(140)는, 일정 시간이 경과할 때마다, 그 일정 시간 내의 방사선의 검출 회수로부터 방사선의 검출 빈도를 측정한다. 그리고, 데이터 처리부(140)는, 그 검출 빈도가 소정 빈도보다도 높은지의 여부를 나타내는 제어 신호를 활상 소자(200)에 공급한다.

[0185] 활상 소자(200)는, 방사선의 검출 빈도가 소정 빈도보다 높은 경우에는 노광 시간을 샘플링 기간 미만으로 설정하고, 그렇지 않는 경우에는 노광 시간을 샘플링 기간 이상으로 설정하여 노광을 행한다.

[0186] 도 16은, 제2의 실시의 형태의 변형례에서의 화소의 제어의 한 예를 도시하는 타이밍 차트이다.

[0187] 방사선의 검출 빈도가 소정 빈도 이하인 경우, 구동 회로(210)는, 시각(T11)에서 PD 리셋 트랜지스터(231)를 오프로 하여 노광을 시작시키고, 그 후의 시각(T12)에서 FD 리셋 트랜지스터(236)를 오프로 한다. 그 후의 시각(T13)에서, 검출 회로(260)가 전 행의 리셋 레벨의 샘플링을 시작한다. 시각(T14)에서 구동 회로(210)는, 전송 트랜지스터(234)를 제어하여 노광을 종료시킨다. 또한, 시각(T14)에서 전 행의 리셋 레벨의 샘플링이 종료된다. 검출 회로(260)는, 시각(T15)에서 전 행의 신호 레벨의 샘플링을 시작하고, 시각(T16)에서 전 행의 신호 레벨의 샘플링이 종료된다.

[0188] 이와 같이, 제2의 실시의 형태의 변형례에 의하면, 방사선의 검출 빈도에 의거하여 노광 시간을 변경하기 때문에, 적절한 노광 시간에 의해 노광을 행할 수가 있다.

<3. 제3의 실시의 형태>

[0190] 상술한 제2의 실시의 형태에서는, 같은 기판에 화소(230) 및 검출 회로(260)를 마련하고 있지만, 실리콘의 3차원 적층 기술에 의해 적층된 2개의 기판의 일방에 화소를 배치하고, 타방에 검출 회로를 마련할 수도 있다. 이 제3의 실시의 형태의 방사선 검출 장치(100)는, 적층된 2개의 기판의 일방에 화소를 배치하고, 타방에 검출 회로를 배치한 점에서 제1의 실시의 형태와 다르다.

[0191] 도 17은, 제3의 실시의 형태에서의 방사선 검출 장치(100)의 한 구성례를 도시하는 사시도이다. 제3의 실시의 형태의 방사선 검출 장치(100)는, 신틸레이터(120), 광가이드(130) 및 활상 소자(200) 대신에, 복수의 신틸레이터 소자(121)와 활상 소자(201)를 구비하는 점에서 제1의 실시의 형태와 다르다. 또한, 동 도면에서, 콜리메이터(110) 및 데이터 처리부(140)는 생략되어 있다.

[0192] 활상 소자(201)는, 구동 회로(210)(부도시)와, 적층된 2개의 기판을 구비한다. 이들의 2개의 기판 중, 신틸레이터 소자(121)에 접속되는 쪽의 기판에 화소 블록(310)이 배치되고, 그렇지 않는 쪽의 기판에 검출 블록(320)이 배치된다.

[0193] 각각의 화소 블록(310)에는, 2×2 의 4개의 화소가 마련된다. 화소 블록(310) 내에 배치하는 화소로서, 예를 들면, 포토 다이오드가 배치된 이면에 광이 조사되는 이면 조사형의 화소가 사용된다.

[0194] 검출 블록(320)은, 화소 블록(310) 내의 화소에 축적된 전하량에 응한 전압을 검출하는 것이다. 각각의 검출 블록(320)은, 화소 블록(310)에 1대1로 대응시켜서 배치된다.

[0195] 하나의 화소 블록(310)과, 대응하는 검출 블록(320)은, 예를 들면 웨이퍼 레벨로 접합되어, 하나의 검출 유닛을 구성한다. 이와 같은 검출 유닛이, 1밀리평방미터의 실리콘 칩상에서, 2차원 격자형상으로 일정수(예를 들면, 20×20 개) 배치된다. 또한, 검출 유닛의 배치에 관해서는, 투파형 X선 활상이나 CT 활상에서의 펄스 계수 등, 용도에 응하여 유연한 구성을 취할 수 있다.

[0196] 방사선 검출 장치(100)는, 전술한 바와 같이, 예를 들면 100마이크로초(μs)의 사이클로 방사선 검출을 실시하고, 10나노초(ns) 이하의 초단시간 노광을 행할 수가 있다. 이 경우, 각 유닛은 평균 100나노초의 간격으로 입사하는 방사선을 분별하여 검출할 수 있기 때문에, 1초에 1E7개의 방사선을 카운트할 수 있다. 또한, 방사선 검출 장치(100)는, 합계 400의 유닛을 병렬로 동작시켜서, 각각 독립적으로 방사선을 검출할 수 있다. 따라서 1평방밀리미터의 모듈(활상 소자(200) 및 신틸레이터 소자(121))가 1초간에 계수할 수 있는 방사선수는 $4E9$ 개가 된다. 즉, $4G/(s \cdot \text{mm}^2)$ 의 방사선수가 계측된다.

[0197] 또한, 각 검출 유닛의 각각의 노출 기간을 독립하여 제어할 수 있기 때문에, 계측의 예비 측정부터 최적의 노광 설정을 행할 수가 있다. 노광 기간을 연장시킨 불감 기간의 거의 없는 유닛은, 1초간에 복수개의 방사선 입사라도 거의 정확하게 계수할 수 있다.

- [0198] CT 활상에서는 예를 들면 이 1평방밀리미터의 모듈을 단위 검출기로 하여 방사선 계수를 행한다. 노광 제어는 모듈 단위로 통합하여 실행하여도 좋다.
- [0199] X선 활상에서는 이 모듈을 또한 전부 깔든지, 또는, 보다 다수의 검출 유닛을 전부 간 모듈을 이용하여 방사선 계수를 행한다. 이 경우 50평방마이크로미터의 각 검출 유닛에 1화소를 배치하고, 검출 유닛마다 노광 제어를 실시하는 것이 바람직하다. 이와 같이 하여 실현된 방사선 검출 장치는 약간의 선량이라도 두드러진 콘트라스트를 실현할 수가 있어서, 저피폭으로 고감도의 방사선 활상을 행하는 것이 가능하다.
- [0200] 신틸레이터 소자(121)는, 주상(柱狀)으로 형성된 신틸레이터 소자이다. 각각의 신틸레이터 소자(121)는, 반사재 또는 저굴절율의 물질(부도시)로 구획되어 있고, 그 반사재 등에 의해 형성된 중심의 내부에 신틸레이션팡이 가두어진다. 신틸레이터 소자(121)는, 예를 들면, 화소 블록(310)마다 마련된다.
- [0201] 도 18은, 제3의 실시의 형태에서의 화소 블록(310)의 한 구성례를 도시하는 도면이다. 화소 블록(310)은, 2행×2열로 배치된 4개의 화소(311)와, 4개의 선택 트랜지스터(312)와 전극 패드(313)를 구비한다. 선택 트랜지스터(312)로서, 예를 들면, MOS 트랜지스터가 사용된다. 화소(311)의 구성은, 제1의 실시의 형태에서의 화소(230)와 마찬가지이다.
- [0202] 선택 트랜지스터(312)는, 어느 하나의 화소(230)를 선택하여 검출 블록(320)에 공급한 트랜지스터이다. 선택 트랜지스터(312)는, 화소(311)마다 마련된다.
- [0203] 또한, 선택 트랜지스터(312)의 게이트는, 구동 회로(210)에 접속되고, 소스는 화소(311)에 접속되고, 드레인은 전극 패드(313)를 통하여 검출 블록(320)에 접속된다.
- [0204] 구동 회로(210)는, 선택 트랜지스터(312)를 제어하여, 4개의 화소(311)의 각각의 출력 신호를 차례로 검출 블록(320)에 공급시킨다. 또한, 구동 회로(210)는, 화소 블록(310) 내의 4개의 화소(311)에서 동시에 노광을 시작시키고, 동시에 노광을 종료시킨다. 또한, 전술한 바와 같이, 구동 회로(210)는, 화소 블록(310)의 각각에, 독립하여 노광 시간을 설정할 수 있다.
- [0205] 도 19는, 제3의 실시의 형태에서의 검출 블록(320)의 한 구성례를 도시하는 블록도이다. 이 검출 블록(320)은, 아날로그 CDS 회로(321), 전극 패드(322), 정전류 회로(323), 메모리(324), 바이너리 판정부(325) 및 디지털 CDS 회로(326)를 구비한다.
- [0206] 아날로그 CDS 회로(321), 디지털 CDS 회로(326) 및 바이너리 판정부(325)의 구성은, 도 14에 예시한 제2의 실시의 형태의 아날로그 CDS 회로(261), 디지털 CDS 회로(265) 및 바이너리 판정부(270)와 마찬가지이다.
- [0207] 바이너리 판정부(325)는, 생성한 디지털값을 메모리(324)에 유지시킨다. 또한, 아날로그 CDS 회로(321)는, 전극 패드(322)를 통하여 화소 블록(310)으로부터 출력 신호를 수취한다. 메모리(324)에 유지된 디지털값은, 데이터 처리부(140)에 의해, 적절한 타이밍에서 판독된다.
- [0208] 정전류 회로(323)는, 일정한 전류를 공급하는 것이다. 이 정전류 회로(323)와, 화소(311) 내의 앰프 트랜지스터에 의해, 소스 팔로워 회로가 구성된다.
- [0209] 이와 같이, 제3의 실시의 형태에 의하면, 적층한 2개의 기판의 일방에 화소를 마련하고, 타방에 검출 회로를 마련하였기 때문에, 검출 회로를 동일 기판상에 배치하는 구성과 비교하여 수광면적을 넓게 할 수 있다.
- [0210] 또한, 상술한 실시의 형태는 본 기술을 구현화하기 위한 한 예를 나타낸 것이고, 실시의 형태에서의 사항과, 특히 청구의 범위에서의 발명 특정 사항은 각각 대응 관계를 갖는다. 마찬가지로, 특히 청구의 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 여러가지의 변형을 시행함에 의해 구현화할 수 있다.
- [0211] 또한, 상술한 실시의 형태에서의 설명한 처리 순서는, 이를 일련의 순서를 갖는 방법으로서 과악하여도 좋고, 또한, 이를 일련의 순서를 컴퓨터에 실행시키기 위한 프로그램 내지 그 프로그램을 기억하는 기록 매체로서 과악하여도 좋다. 이 기록 매체로서, 예를 들면, CD(Compact Disc), MD(Mini Disc), DVD(Digital Versatile Disc), 메모리 카드, 블루 레이 디스크(Blu-ray(등록상표) Disc) 등을 이용할 수 있다.
- [0212] 또한, 여기에 기재된 효과는 반드시 한정되는 것이 아니고, 본 개시 중에 기재된 어느 하나의 효과라도 좋다.
- [0213] 또한, 본 기술은 이하와 같은 구성도 취할 수 있다.

- [0214] (1) 광을 전하로 변환하여 축적하는 광전 변환 소자와,
- [0215] 상기 광전 변환 소자로부터 전송된 상기 전하의 양에 응한 전압을 생성하는 부유 확산 영역과,
- [0216] 상기 생성된 전압을 초기화하는 부유 확산 영역 리셋 트랜지스터와,
- [0217] 상기 전압을 디지털 신호로 변환하는 변환 처리를 행하는 변환부와,
- [0218] 상기 전압이 초기화된 후의 소정의 타이밍에서 상기 광전 변환 소자에 축적된 상기 전하의 양을 초기화하는 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터와,
- [0219] 상기 변환 처리에 필요로 하는 시간보다 짧은 노광 시간이 상기 소정의 타이밍부터 경과한 때에 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로의 상기 전송을 행하는 전송 트랜지스터를 구비하는 활상 소자.
- [0220] (2) 상기 광전 변환 소자, 상기 부유 확산 영역, 상기 부유 확산 영역 리셋 트랜지스터, 상기 광전 변환 소자 트랜지스터 및 상기 전송 트랜지스터를 각각이 구비하는 복수의 화소로 이루어지는 화소 어레이부를 구비하고,
- [0221] 상기 화소 어레이부는, 복수의 영역으로 구분되고,
- [0222] 상기 변환부는, 상기 변환한 디지털 신호를 상기 영역마다 출력하는 상기 (1)에 기재된 활상 소자.
- [0223] (3) 상기 초기화된 전압으로부터 변환된 디지털 신호를 노이즈 성분으로서 유지하는 노이즈 성분 유지부를 상기 복수의 영역의 각각에 마련한 유지부와,
- [0224] 상기 전송이 행하여지면 상기 전압으로부터 변환된 상기 디지털 신호에 대해 상기 유지된 노이즈 성분을 제거하는 노이즈 제거 처리를 행하는 노이즈 제거부를 또한 구비하고,
- [0225] 상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터는, 상기 소정의 타이밍에 상기 복수의 영역의 전부에서 상기 전하의 양을 초기화하고,
- [0226] 상기 전송 트랜지스터는, 상기 노광 시간이 상기 소정의 타이밍부터 경과한 때에 상기 복수의 영역의 전부에서 상기 전송을 행하고,
- [0227] 상기 변환부는, 상기 초기화된 전압과 상기 전송이 행하여진 때의 상기 전압의 각각에 대해 상기 변환 처리를 행하여 상기 디지털 신호로 변환하는 상기 (2)에 기재된 활상 소자.
- [0228] (4) 상기 초기화된 전압으로부터 변환된 디지털 신호를 상기 복수의 영역의 어느 하나의 노이즈 성분으로서 유지하는 노이즈 성분 유지부와,
- [0229] 상기 전송이 행하여지면 상기 전압으로부터 변환된 상기 디지털 신호에 대해 상기 유지된 노이즈 성분을 제거하는 노이즈 제거 처리를 행하는 노이즈 제거부를 또한 구비하고,
- [0230] 상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터는, 상기 복수의 영역의 어느 하나에서 상기 전하의 양을 초기화하고,
- [0231] 상기 전송 트랜지스터는, 상기 복수의 영역의 어느 하나에서 상기 전송을 행하는 상기 (2) 또는 (3)에 기재된 활상 소자.
- [0232] (5) 상기 변환부가 배치된 변환부 배치 기판과,
- [0233] 상기 광전 변환 소자, 상기 부유 확산 영역 리셋 트랜지스터, 상기 광전 변환 소자 트랜지스터 및 상기 전송 트랜지스터가 배치되고, 상기 변환부 배치 기판에 적층된 화소 배치 기판을 구비하는 상기 (1)에 기재된 활상 소자.
- [0234] (6) 방사선이 입사되면 광을 생성하는 신틸레이터와,
- [0235] 상기 생성된 광을 전하로 변환하여 축적하는 광전 변환 소자와,
- [0236] 상기 광전 변환 소자로부터 전송된 상기 전하의 양에 응한 전압을 생성하는 부유 확산 영역과,
- [0237] 상기 생성된 전압을 초기화하는 부유 확산 영역 리셋 트랜지스터와,
- [0238] 상기 전압을 디지털 신호로 변환하는 변환 처리를 행하는 변환부와,
- [0239] 상기 전압이 초기화된 후의 소정의 타이밍에서 상기 광전 변환 소자에 축적된 상기 전하의 양을 초기화하는 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터와,

- [0240] 상기 변환 처리에 필요로 하는 시간보다 짧은 노광 시간이 상기 소정의 타이밍부터 경과한 때에 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로의 상기 전송을 행하는 전송 트랜지스터와,
- [0241] 상기 노이즈가 제거된 디지털 신호에 의거하여 노광 시간 내에 방사선이 입사되었는지의 여부를 검출하는 방사선 검출부를 구비하는 방사선 검출 장치.
- [0242] (7) 상기 광전 변환 소자, 상기 부유 확산 영역, 상기 부유 확산 영역 리셋 트랜지스터, 상기 변환부, 상기 광전 변환 소자 트랜지스터 및 상기 전송 트랜지스터를 각각이 구비하는 복수의 화소가 배치된 활상 소자를 복수 구비하고,
- [0243] 상기 검출부는, 상기 활상 소자마다 상기 방사선이 입사되었는지의 여부를 검출하는 상기 (6)에 기재된 방사선 검출 장치.
- [0244] (8) 상기 방사선 검출부는, 일정 기간 내의 상기 방사선의 검출수로부터 상기 방사선의 검출 빈도를 구하고,
- [0245] 상기 광전 변환 소자 트랜지스터는, 상기 방사선의 검출 빈도가 소정 빈도보다 높은 경우에는 상기 전압이 초기화된 후의 상기 소정의 타이밍에서 상기 전하의 양을 초기화시키고, 상기 소정 빈도가 상기 검출 빈도보다 높은 경우에는 상기 전압이 초기화되기 전에 상기 전하의 양을 초기화시키는 상기 (6) 또는 (7)에 기재된 방사선 검출 장치.
- [0246] (9) 상기 전송 트랜지스터는, 상기 방사선의 검출 빈도가 소정 빈도보다 높은 경우에는 상기 변환 처리에 필요로 하는 시간보다 짧은 노광 시간이 상기 소정의 타이밍부터 경과한 때에 상기 전송을 행하고, 상기 소정 빈도가 상기 검출 빈도보다 높은 경우에는 적어도 상기 변환 처리에 필요로 하는 시간이 상기 소정의 타이밍부터 경과한 때에 상기 전송을 행하는 상기 (8)에 기재된 방사선 검출 장치.
- [0247] (10) 광을 전하로 변환하여 축적하는 광전 변환 소자로부터 전송된 상기 전하의 양에 응한 전압을 생성하는 부유 확산 영역에서 생성된 상기 전압을 부유 확산 영역 리셋 트랜지스터가 초기화하는 부유 확산 영역 리셋 순서와,
- [0248] 변환부가, 상기 전압을 디지털 신호로 변환하는 변환 처리를 행하는 변환 순서와,
- [0249] 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터가, 상기 전압이 초기화된 후의 소정의 타이밍에서 상기 광전 변환 소자에 축적된 상기 전하의 양을 초기화하는 광전 변환 소자 리셋 순서와,
- [0250] 전송 트랜지스터가, 상기 변환 처리에 필요로 하는 시간보다 짧은 노광 시간이 상기 소정의 타이밍부터 경과한 때에 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로의 상기 전송을 행하는 전송 순서를 구비하는 활상 소자의 제어 방법.
- [0251] (11) 광을 전하로 변환하여 축적하는 광전 변환 소자와, 상기 광전 변환 소자로부터 전송된 상기 전하의 양에 응한 전압을 생성하는 부유 확산 영역과, 상기 광전 변환 소자에 축적된 상기 전하의 양을 초기화하는 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터와, 노광 시간 동안, 상기 축적된 전하를 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 전송하는 전송 트랜지스터를 구비하고, 상기 노광 시간의 시작은, 제1 상태로부터 제2 상태로 상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터의 변화에 대응하는 활상 소자.
- [0252] (12) 상기 광전 변환 소자, 상기 부유 확산 영역, 상기 부유 확산 영역 리셋 트랜지스터, 상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터, 변환부 및 상기 전송 트랜지스터를 각각 포함하는 복수의 화소를 포함하는 화소 어레이부를 더 구비하고, 상기 화소 어레이부는, 복수의 영역으로 구분되고, 상기 부유 확산 영역 리셋 트랜지스터는, 상기 생성된 전압을 초기화하고, 상기 변환부는, 상기 생성된 전압을 디지털 신호로 변환하고, 상기 복수의 영역의 각각의 영역에 대해 상기 변환된 디지털 신호를 출력하는 상기 (11)에 기재된 활상 소자.
- [0253] (13) 상기 초기화된 전압으로부터 변환된 디지털 신호를 유지된 노이즈 성분으로서 유지하는 노이즈 성분 유지부를 상기 복수의 영역의 각각의 영역에 대해 마련한 유지부와, 상기 생성된 전압으로부터 변환된 상기 디지털 신호로부터 상기 유지된 노이즈 성분을 제거하는 노이즈 제거 처리를 행하는 노이즈 제거부를 더 구비하고, 상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터는, 상기 복수의 영역의 적어도 하나의 영역에서 상기 전하의 양을 초기화하고, 상기 전송 트랜지스터는, 상기 복수의 영역의 적어도 하나의 영역에 대해 상기 축적된 전하를 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 전송하고, 상기 변환부는, 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 상기 축적된 전하의 상기 전송이 행하여진 때, 상기 초기화된 전압 및 상기 생성된 전압의 각각을 변환하는 상기 (12)에 기재된 활상 소자.

- [0254] (14) 상기 초기화된 전압으로부터 변환된 디지털 신호를 하나 이상의 상기 영역에 대해 유지된 노이즈 성분으로서 유지하는 노이즈 성분 유지부와, 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 상기 전송이 행하여진 때, 상기 생성된 전압으로부터 변환된 상기 디지털 신호로부터 상기 유지된 노이즈 성분을 제거하는 노이즈 제거부를 더 구비하고, 상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터는, 하나 이상의 상기 영역에 대해 상기 전하의 양을 초기화하고, 상기 전송 트랜지스터는, 하나 이상의 상기 영역에 대해 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 상기 축전된 전하의 상기 전송을 행하는 상기 (12) 또는 (13)에 기재된 활상 소자.
- [0255] (15) 배치된 상기 변환부를 포함하는 변환부 배치 기판과, 배치된 상기 광전 변환 소자, 상기 부유 확산 영역 리셋 트랜지스터, 상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터 및 상기 전송 트랜지스터를 포함하는 화소 배치 기판을 더 구비하고, 상기 화소 배치 기판은, 상기 변환부 배치 기판상에 적층되어 있는 상기 (11)에 기재된 활상 소자.
- [0256] (16) 방사선이 입사되면 광을 생성하는 신틸레이터와, 광을 전하로 변환하여 축적하는 광전 변환 소자와, 상기 광전 변환 소자로부터 전송된 상기 전하의 양에 응한 전압을 생성하는 부유 확산 영역과, 상기 광전 변환 소자에 축적된 상기 전하의 양을 초기화하는 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터와, 노광 시간 동안, 상기 축적된 전하를 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 전송하는 전송 트랜지스터와, 노이즈가 제거된 디지털 신호에 의거하여 노광 시간 내에 방사선이 입사되었는지 여부를 검출하는 방사선 검출부를 구비하고, 상기 노광 시간의 시작은, 제1 상태로부터 제2 상태로 상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터의 변화에 대응하는 방사선 검출 장치.
- [0257] (17) 상기 광전 변환 소자, 상기 부유 확산 영역, 상기 부유 확산 영역 리셋 트랜지스터, 변환부, 상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터 및 상기 전송 트랜지스터를 각각 포함하는 복수의 화소를 포함하는 활상 소자를 더 구비하고, 상기 화소 어레이부는, 복수의 영역으로 구분되고, 상기 부유 확산 영역 리셋 트랜지스터는, 상기 생성된 전압을 초기화하고, 상기 변환부는, 상기 생성된 전압을 디지털 신호로 변환하고, 상기 복수의 영역의 각각의 영역에 대해 상기 변환된 디지털 신호를 출력하고, 상기 방사선 검출부는, 상기 활상 소자의 각각에 대해 상기 방사선이 상기 신틸레이터에 입사되었는지 여부를 검출하는 상기 (16)에 기재된 방사선 검출 장치.
- [0258] (18) 상기 방사선 검출부는, 일정 기간 내의 방사선의 검출수에 의거하여 상기 검출된 방사선의 빈도를 구하고, 상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터는, 상기 검출된 방사선의 빈도가 소정 빈도보다 높은 경우에는, 상기 생성된 전압이 초기화된 후에 상기 전하의 양을 초기화시키고, 상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터는, 상기 소정 빈도가 상기 검출된 방사선의 빈도보다 높은 경우에는, 상기 생성된 전압이 초기화되기 전에 상기 전하의 양을 초기화시키는 상기 (16) 또는 (17)에 기재된 방사선 검출 장치.
- [0259] (19) 상기 전송 트랜지스터는, 상기 검출된 방사선의 빈도가 상기 소정 빈도보다 높은 경우에는, 전압을 디지털 신호로 변환하는데 필요로 하는 시간보다 짧은 노광 시간 동안, 상기 축적된 전하를 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 전송하고, 상기 전송 트랜지스터는, 상기 소정 빈도가 상기 검출된 방사선의 빈도보다 높은 경우에는, 전압을 디지털 신호로 변환하는데 필요로 하는 시간보다 긴 노광 시간 동안, 상기 축적된 전하를 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 전송하는 상기 (18)에 기재된 방사선 검출 장치.
- [0260] (20) 광을 전하로 변환하여 축적하는 광전 변환 소자로부터 전송된 상기 전하의 양에 응한 전압을 생성하는 부유 확산 영역에 의하여 생성된 상기 전압을 초기화하고, 전압을 디지털 신호로 변환하고, 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터가, 상기 광전 변환 소자에 축적된 상기 전하의 양을 초기화하고, 노광 시간 동안, 상기 축적된 전하를 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 전송하고, 상기 노광 시간의 시작은, 제1 상태로부터 제2 상태로 상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터의 변화에 대응하는 활상 소자의 제어 방법.
- [0261] (21) 복수의 영역으로 구분된 복수의 화소를 포함하는 화소 어레이부를 더 포함하고, 상기 생성된 전압을 초기화하고, 상기 생성된 전압을 디지털 신호로 변환하고, 상기 복수의 영역의 각각의 영역에 대해 상기 변환된 디지털 신호를 출력하는 상기 (20)에 기재된 활상 소자의 제어 방법.
- [0262] (22) 상기 초기화된 전압으로부터 변환된 디지털 신호를 유지된 노이즈 성분으로서 유지하고, 상기 생성된 전압으로부터 변환된 상기 디지털 신호로부터 상기 유지된 노이즈 성분을 제거하고, 상기 복수의 영역의 적어도 하나의 영역에서 상기 전하의 양을 초기화하고, 상기 복수의 영역의 적어도 하나의 영역에서 상기 초기화된 전하의 양을 전송하고, 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 상기 축적된 전하의 상기 전송이 행하여진 때, 상기 초기화된 전압 및 상기 생성된 전압의 각각을 변환하는 상기 (21)에 기재된 활상 소자의 제어 방법.

- [0263] (23) 상기 초기화된 전압으로부터 변환된 디지털 신호를 하나 이상의 상기 영역에 대해 유지된 노이즈 성분으로서 유지하고, 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 상기 전송이 행하여진 때, 상기 생성된 전압으로부터 변환된 상기 디지털 신호로부터 상기 유지된 노이즈 성분을 제거하고, 상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터는, 하나 이상의 상기 영역에 대해 상기 전하의 양을 초기화하고, 상기 전송 트랜지스터는, 하나 이상의 상기 영역에 대해 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 상기 축전된 전하의 상기 전송을 행하는 상기 (21) 또는 (22)에 기재된 활상 소자의 제어 방법.
- [0264] (24) 변환부 배치 기판상에 화소 배치 기판을 적층하고, 상기 화소 배치 기판은, 상기 광전 변환 소자, 상기 부유 확산 영역 리셋 트랜지스터, 상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터 및 상기 전송 트랜지스터를 포함하고, 상기 변환부 배치 기판은, 상기 변환부를 포함하는 상기 (20)에 기재된 활상 소자의 제어 방법.
- [0265] (25) 광을 전하로 변환하여 축적하는 광전 변환 소자로부터 전송된 상기 전하의 양에 응한 전압을 생성하는 부유 확산 영역에 의하여 생성된 상기 전압을 초기화하고, 전압을 디지털 신호로 변환하고, 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터가, 상기 광전 변환 소자에 축적된 상기 전하의 양을 초기화하고, 노광 시간 동안, 상기 축적된 전하를 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 전송하고, 노이즈가 제거된 디지털 신호에 의거하여 상기 노광 시간 내에 방사선이 입사되었는지의 여부를 검출하고, 상기 노광 시간의 시작은, 제1 상태로부터 제2 상태로 상기 광전 변환 소자 리셋 트랜지스터의 변화에 대응하는 방사선 검출 장치의 제어 방법.
- [0266] (26) 복수의 영역으로 구분된 복수의 화소를 포함하는 화소 어레이부를 더 포함하고, 상기 생성된 전압을 초기화하고, 상기 생성된 전압을 디지털 신호로 변환하고, 상기 복수의 영역의 각각의 영역에 대해 상기 변환된 디지털 신호를 출력하는 상기 (25)에 기재된 방사선 검출 장치의 제어 방법.
- [0267] (27) 일정 기간 내의 방사선의 검출수에 의거하여 상기 검출된 방사선의 빈도를 구하고, 상기 검출된 방사선의 빈도가 소정 빈도보다 높은 경우에는, 상기 생성된 전압이 초기화된 후에 상기 전하의 양을 초기화시키고, 상기 소정 빈도가 상기 검출된 방사선의 빈도보다 높은 경우에는, 상기 생성된 전압이 초기화되기 전에 상기 전하의 양을 초기화시키는 상기 (25) 또는 (26)에 기재된 방사선 검출 장치의 제어 방법.
- [0268] (28) 상기 검출된 방사선의 빈도가 상기 소정 빈도보다 높은 경우에는, 전압을 디지털 신호로 변환하는데 필요로 하는 시간보다 짧은 노광 시간 동안, 상기 축적된 전하를 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 전송하고, 상기 소정 빈도가 상기 검출된 방사선의 빈도보다 높은 경우에는, 전압을 디지털 신호로 변환하는데 필요로 하는 시간보다 긴 노광 시간 동안, 상기 축적된 전하를 상기 광전 변환 소자로부터 상기 부유 확산 영역으로 전송하는 상기 (27)에 기재된 방사선 검출 장치의 제어 방법.

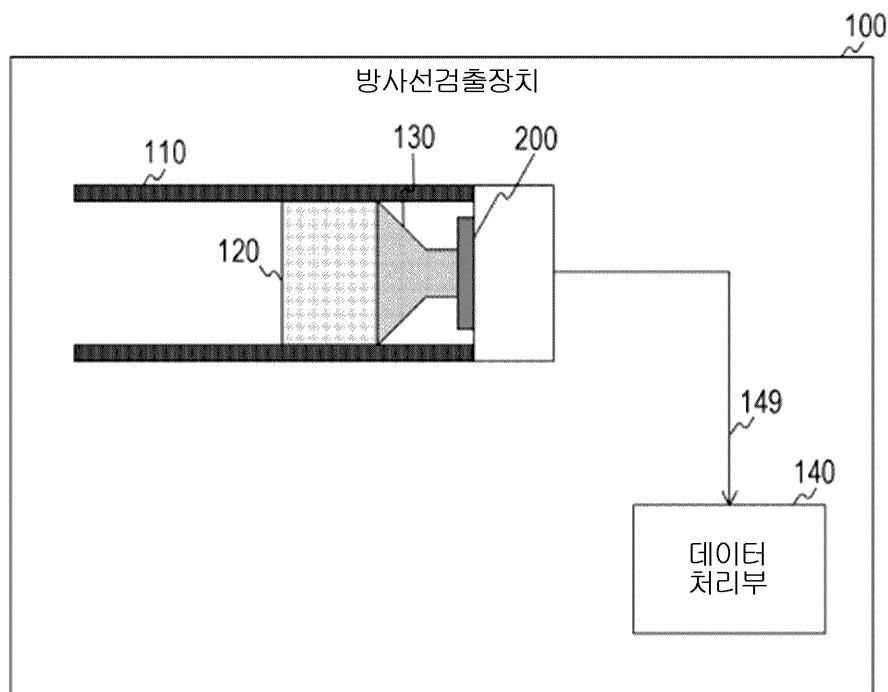
부호의 설명

- [0269] 100 : 방사선 검출 장치
 110 : 콜리메이터
 120 : 신틸레이터
 121 : 신틸레이터 소자
 130 : 광가이드
 140 : 데이터 처리부
 200, 201 : 활상 소자
 210 : 구동 회로
 220 : 화소 어레이부
 230 : 화소
 231 : PD 리셋 트랜지스터
 232, 235, 313, 322 : 노드
 233 : 포토 다이오드
 234 : 전송 트랜지스터

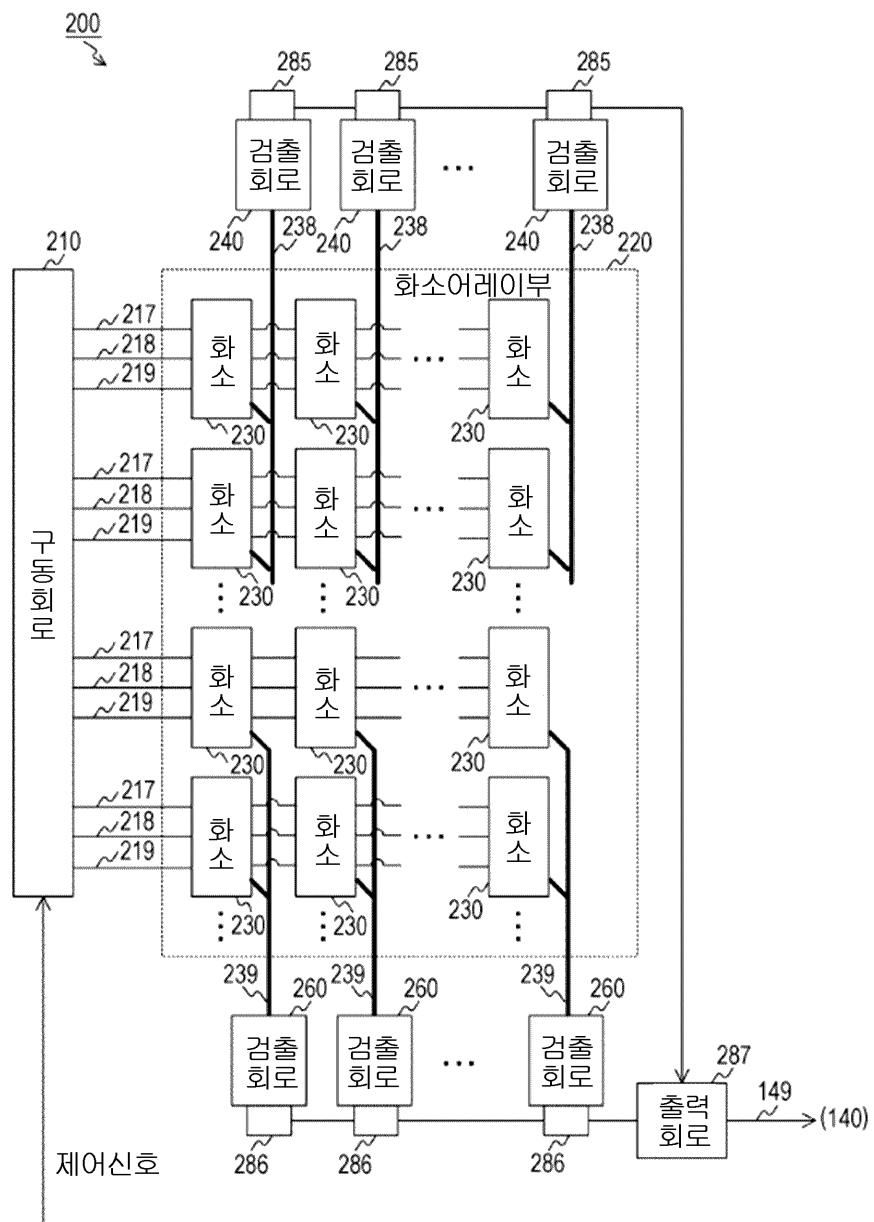
- 236 : FD 리셋 트랜지스터
 237 : 앰프 트랜지스터
 240, 260 : 검출 회로
 261, 321 : 아날로그 CDS 회로
 262, 267, 271, 272, 273, 274, 275, 280, 281, 282, 283 : 스위치
 263 : 커패시터
 264 : 비교기
 265, 326 : 디지털 CDS 회로
 266 : AD 변환부
 268, 276, 277, 278, 279, 285, 286 : 레지스터
 269 : 감산기
 270, 325 : 바이너리 판정부
 287 : 출력 회로
 310 : 화소 블록
 311 : 화소
 312 : 선택 트랜지스터
 320 : 검출 블록
 323 : 정전류 회로
 324 : 메모리

도면

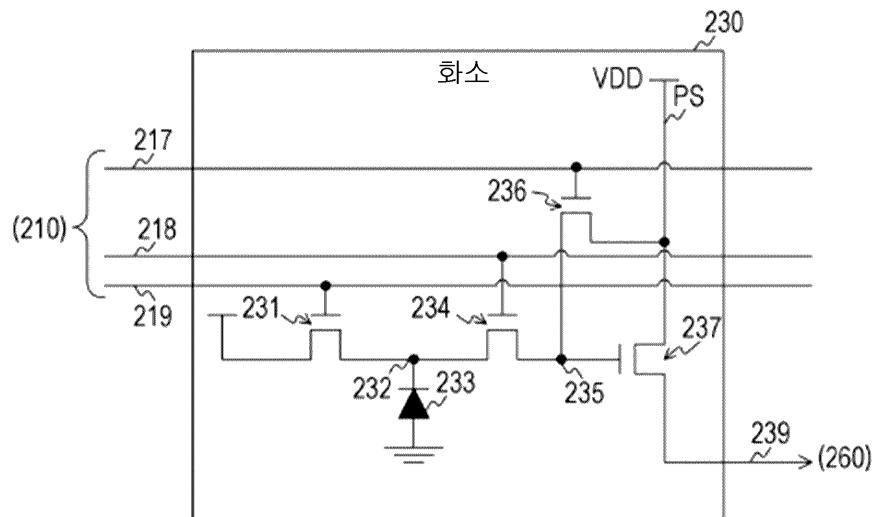
도면1



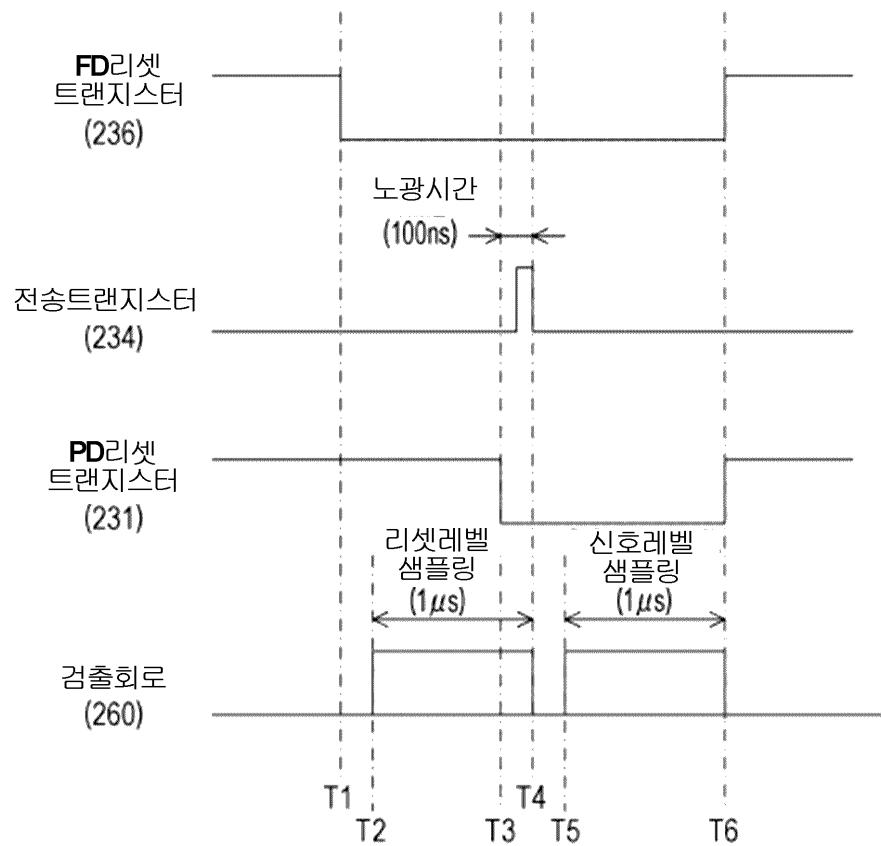
도면2



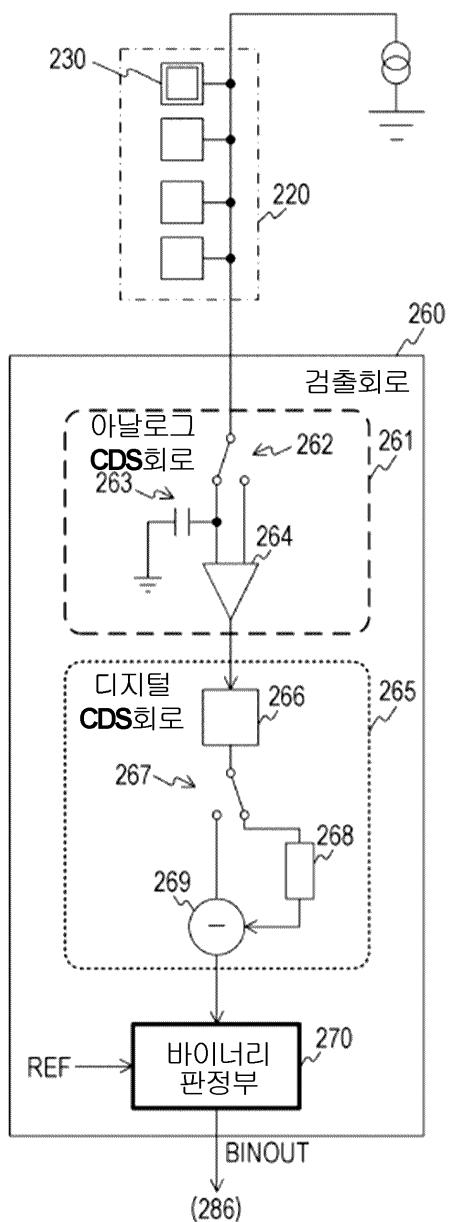
도면3



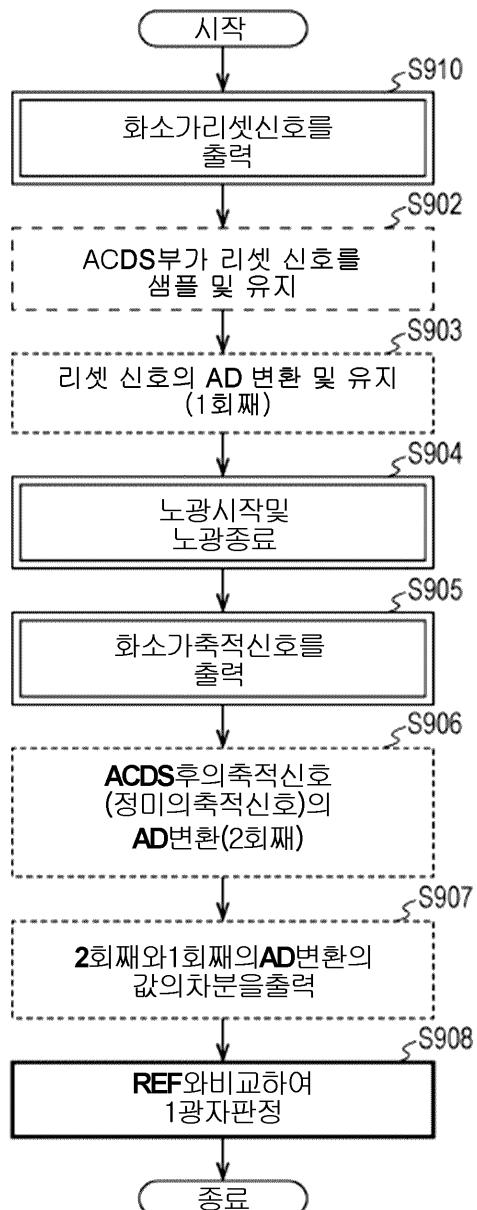
도면4



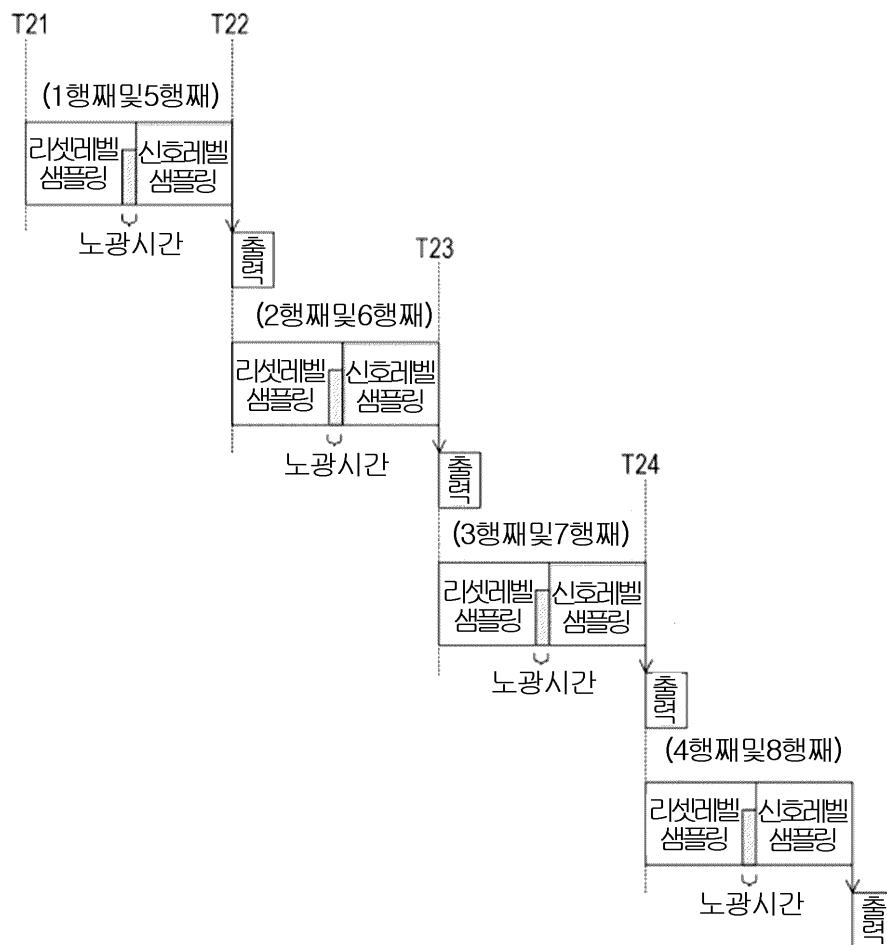
도면5



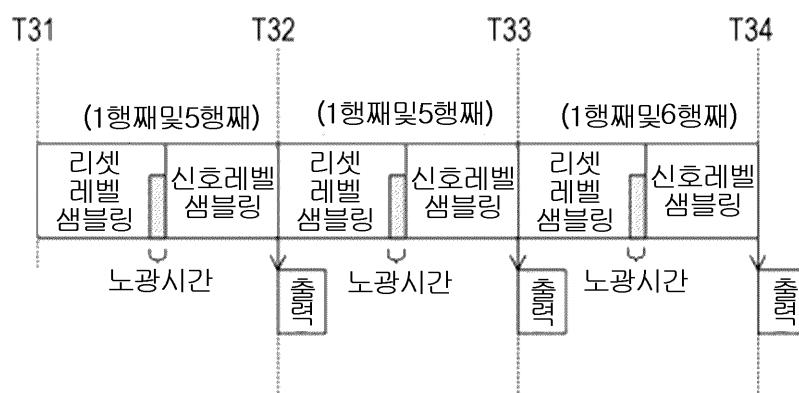
도면6



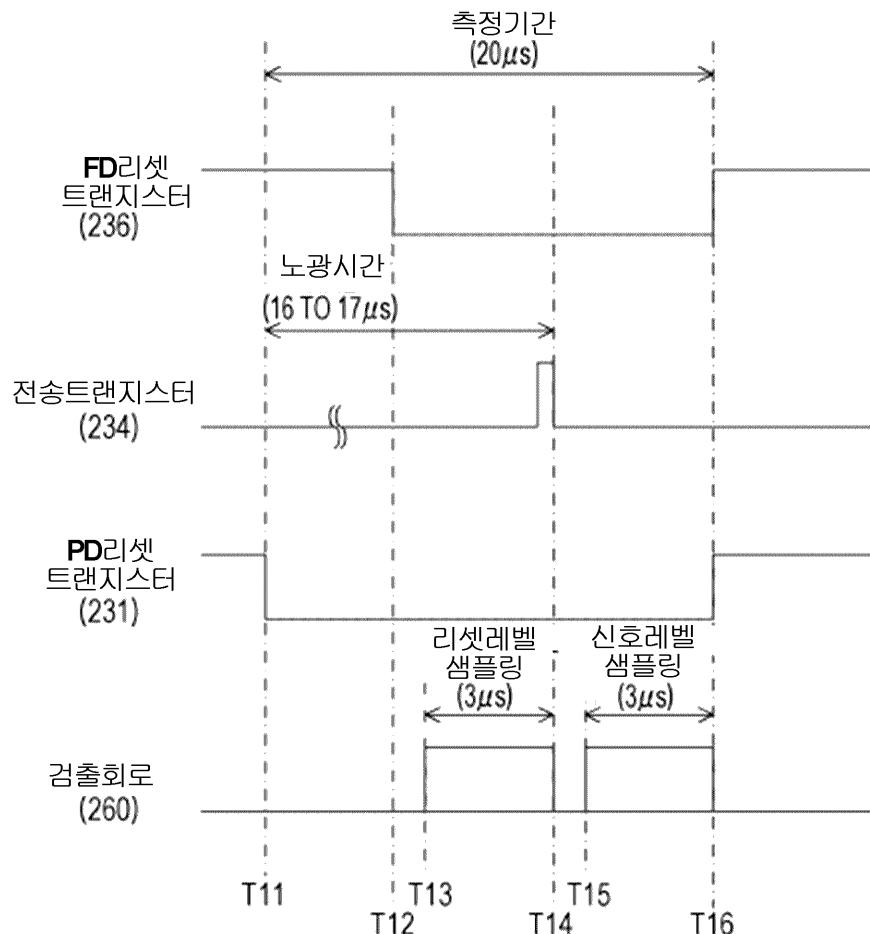
도면7



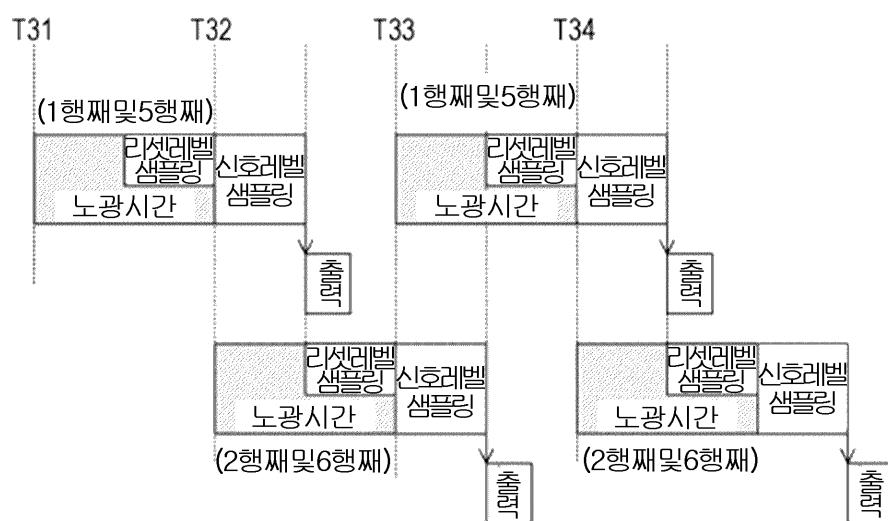
도면8



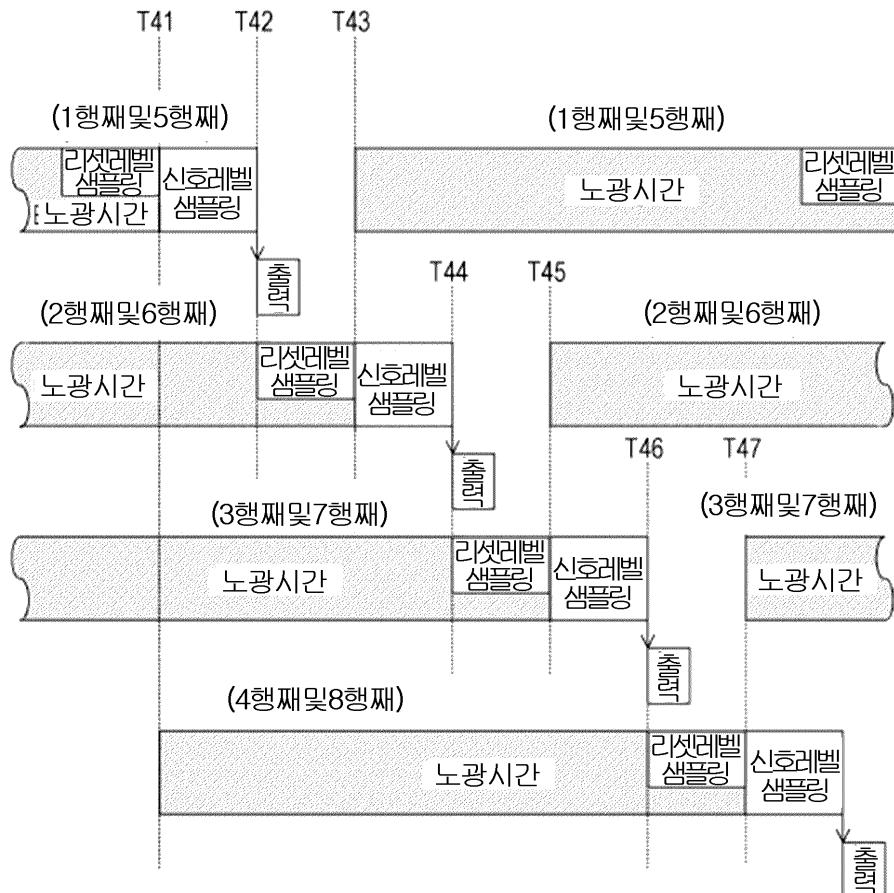
도면9



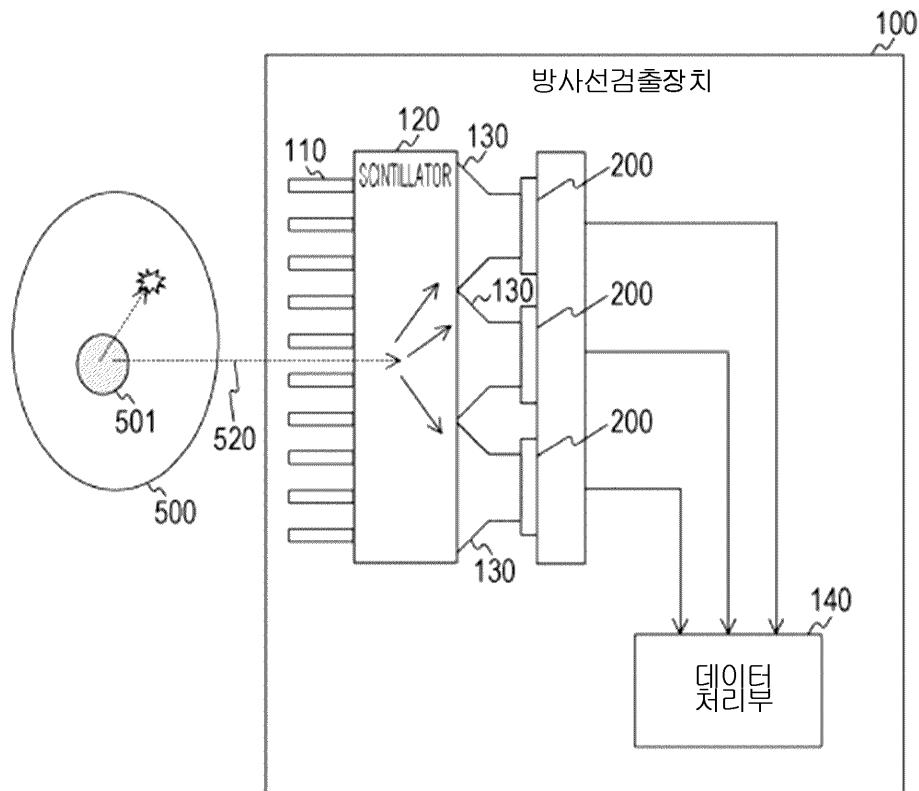
도면10



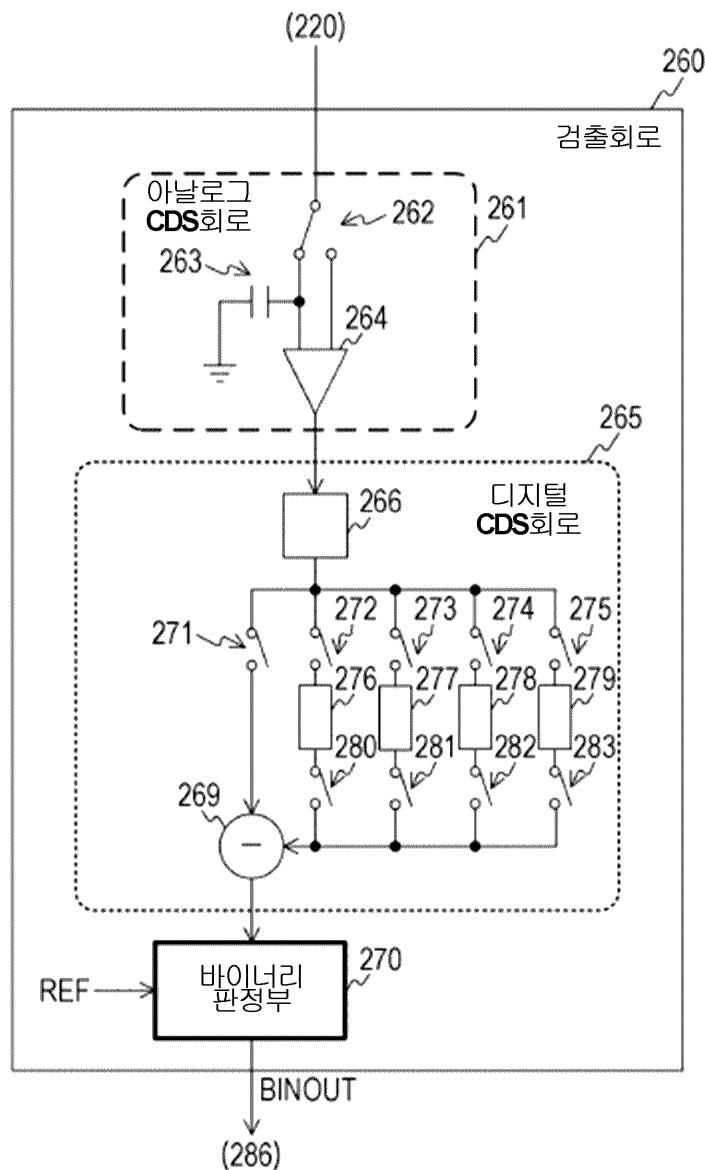
도면11



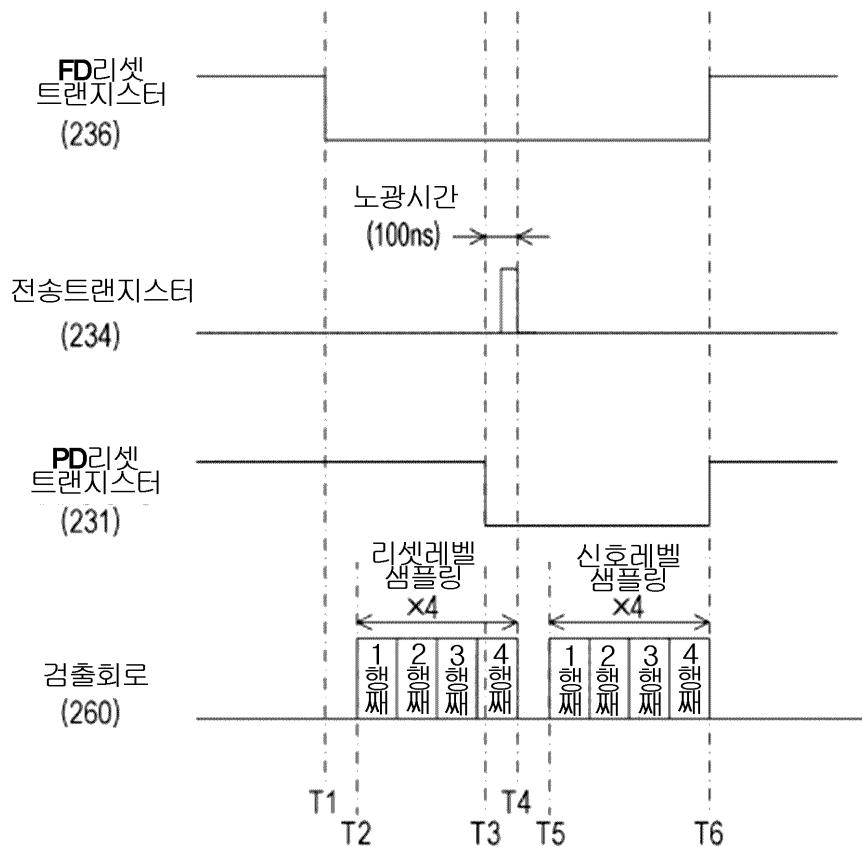
도면12



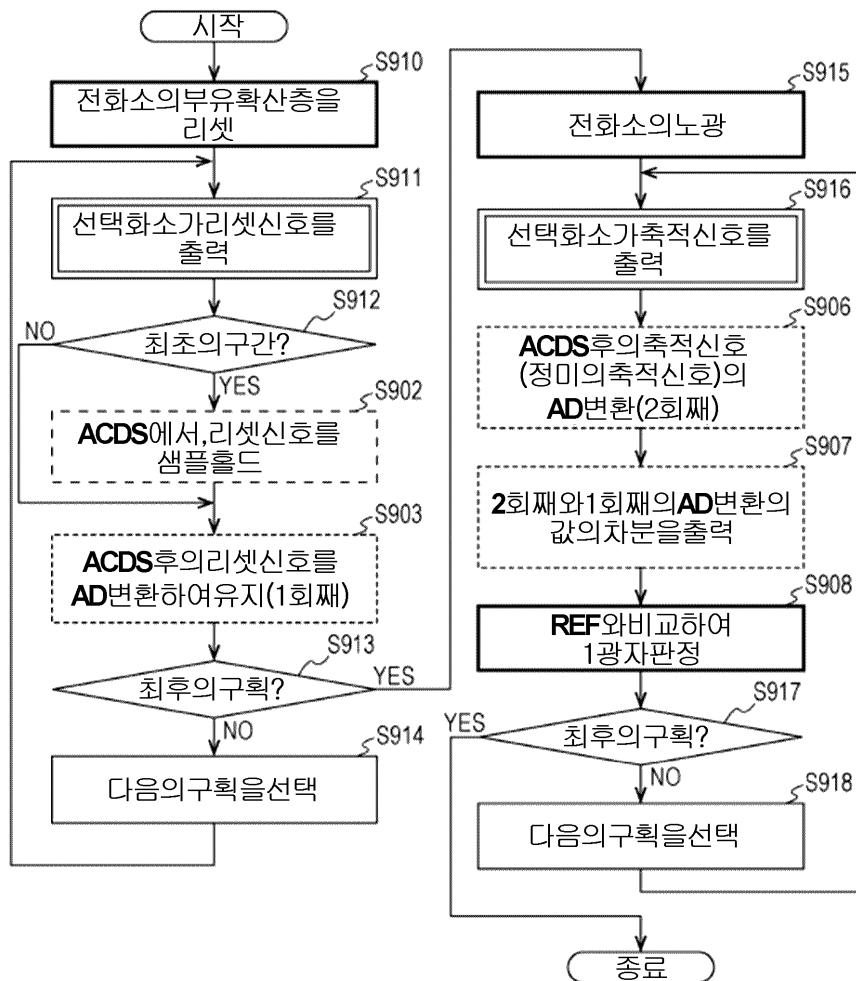
도면13



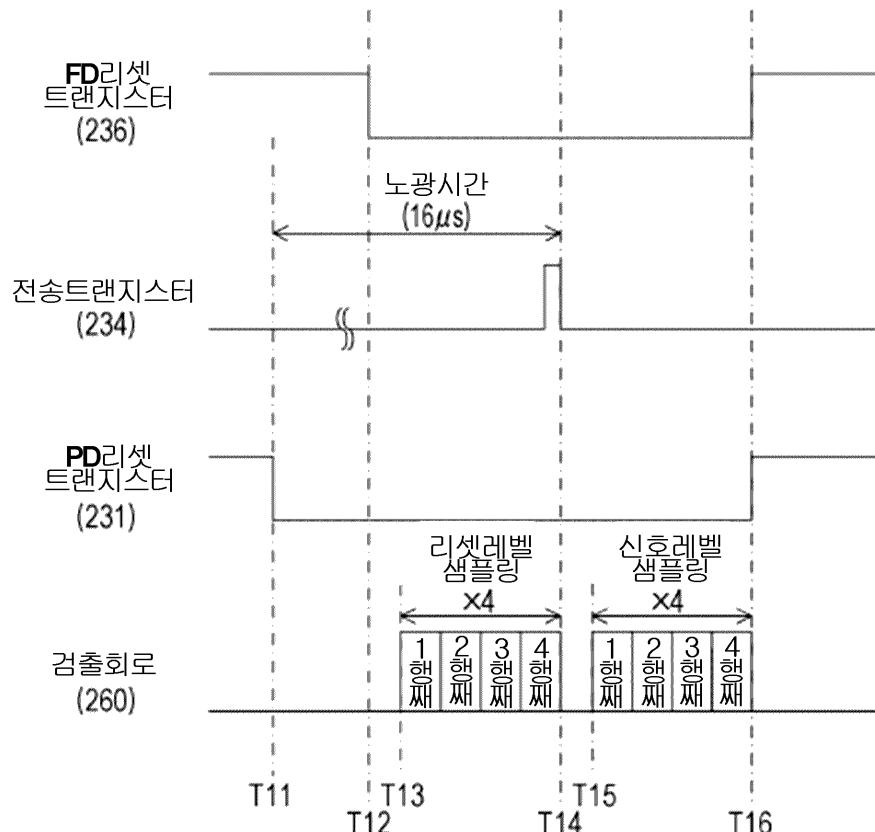
도면14



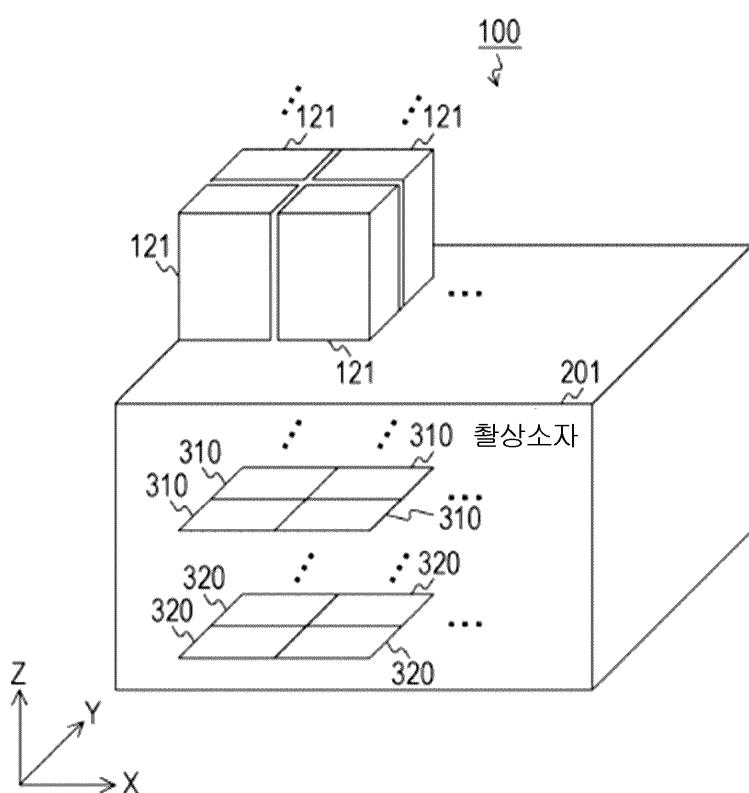
도면15



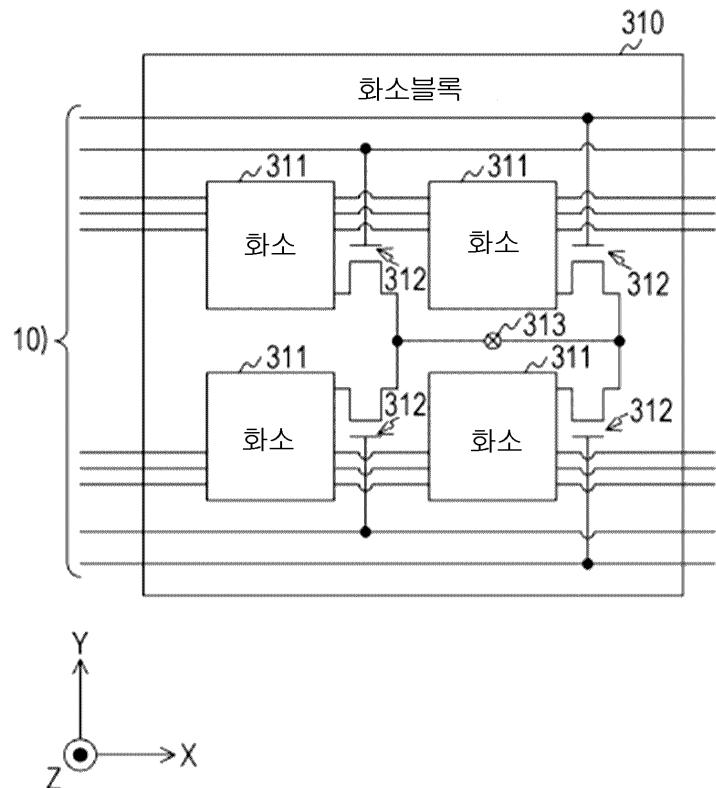
도면16



도면17



도면18



도면19

