



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0108858
(43) 공개일자 2013년10월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 6/03 (2006.01) G01T 1/208 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2012-0030654

(22) 출원일자 2012년03월26일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

김영

경기도 용인시 수지구 풍덕천1동 삼성4차아파트
108동 501호

박재철

경기도 수원시 영통구 영통2동 벽적골8단지아파트
844-801

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

리엔텍특허법인

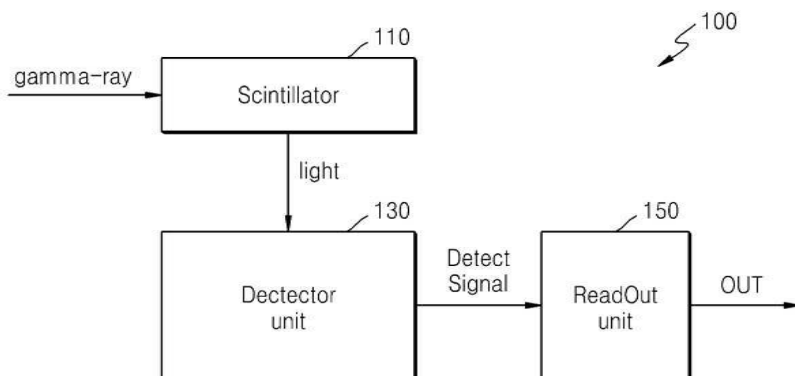
전체 청구항 수 : 총 26 항

(54) 발명의 명칭 디지털 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따른 단층촬영을 위한 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀은 미리 정해진 범위의 파장의 빛을 수신하여, 디지털화된 검출 신호를 발생 시키는 검출부(Detector Unit); 및 상기 검출부에서 발생된 검출 신호에 대응하여 출력신호를 생성하고 상기 출력신호를 외부회로로 전송하는 리드아웃부(ReadOUT Unit)를 포함하고, 상기 리드아웃부는, 상기 검출 신호가 수신된 직후에, 상기 출력신호를 상기 외부회로로 전송하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도3



(72) 발명자

윤대건

대구광역시 중구 삼덕동2가 149-81 홍길아트빌 202호

이채훈

대전광역시 서구 괴정동 4-6번지 스마트시티 302호

범진욱

경기도 고양시 일산동구 마두2동 강촌마을 한신아파트 205-401

김경훈

서울특별시 송파구 문정2동 휘밀리아파트 206-1203

이준안

경기도 과천시 중앙동 주공 10단지 1020동 101호

특허청구의 범위

청구항 1

일정 범위의 파장의 빛을 수신하여, 디지털화된 검출 신호를 발생 시키는 검출부(Detector Unit); 및
상기 검출부에서 발생된 검출 신호에 대응하여 출력신호를 생성하고 상기 출력신호를 외부회로로 전송하는 리드아웃부(ReadOUT Unit)를 포함하고,
상기 리드아웃부는, 상기 검출 신호가 수신된 직후에, 상기 출력신호를 상기 외부회로로 전송하는 것을 특징으로 하는 단층촬영을 위한 광전자 증배관 디텍터 셀.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 리드아웃부(ReadOUT Unit)는 상기 검출 신호를 상기 디텍터셀 내에 저장하지 않는 것을 특징으로 하는 광전자 증배관 디텍터 셀.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 광전자 증배관은 실리콘 소자를 포함하는 것을 특징으로 하는 광전자 증배관 디텍터 셀.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 검출부는,
상기 일정 범위의 파장의 빛에 반응하여 전류를 도통시키는 포토 다이오드(Photo Diode);
상기 포토 다이오드의 캐소드에 연결되는 능동적 리셋부를 더 포함하고,
상기 능동적 리셋부는 상기 포토 다이오드 사이의 전압차를 증가시키는 것을 특징으로 하는 광전자 증배관 디텍터 셀.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 검출부는,
상기 포토 다이오드의 캐소드에 연결되고, 상기 포토 다이오드에서 전류가 도통되는 경우, 상기 포토 다이오드 사이의 전압차를 줄이도록 하는 수동적 퀸칭부(Passive Quenching Unit)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 광전자 증배관 디텍터 셀.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 수동적 퀸칭부는 용량성 소자(capacitor)를 포함하고, 상기 용량성 소자는 인가되는 전압이 조절되는 것을 특징으로 하는 광전자 증배관 디텍터 셀.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 검출 신호는 상기 일정 범위의 파장의 빛을 수신하는 것에 대응하여, 제1 전압 레벨에서 제2 전압 레벨로 천이되고, 상기 일정 범위의 파장의 빛의 수신에 중단되는 것에 대응하여 제2 전압 레벨에서 제1 전압 레벨로 천이되는 신호인 것을 특징으로 하는 광전자 증배관 디텍터 셀.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 광전자 증배관 디텍터셀은 수신된 방사선에 의하여 상기 일정 범위의 파장의 빛을 생성하는 신틸레이터와 연결된 것을 특징으로 하는 광전자 증배관 디텍터 셀.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 검출부는 상기 신틸레이터로부터 생성된 상기 일정 범위의 파장의 빛을 수신하고, 상기 일정 범위의 파장의 빛은 400nm ~ 450nm의 파장을 갖는 가시 광선인 것을 특징으로 하는 광전자 증배관 디텍터 셀.

청구항 10

광전자 증배관 디텍터 셀과 방사선 계산기를 포함하는 단층촬영을 위한 방사선 디텍팅 시스템에 있어서, 상기 광전자 증배관 디텍터 셀은, 일정 범위의 파장의 빛을 수신하여, 디지털화된 검출 신호를 발생시키는 검출부(detector); 및 상기 검출부에서 발생된 검출 신호에 대응하여 출력신호를 생성하고 상기 출력신호를 방사선 계산기로 전송하는 리드아웃부(ReadOUT Unit)를 포함하고, 상기 리드아웃부는, 상기 검출 신호가 검출부에서 발생된 직후에, 상기 출력신호를 방사선 계산기로 전송하고, 상기 방사선 계산기는 상기 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀의 외부에 위치하고, 상기 리드아웃부에서 수신된 상기 출력신호를 기초로 하여, 방사선의 양을 측정하는 것을 특징으로 하는 단층촬영을 위한 방사선 디텍팅 시스템.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 리드아웃부(ReadOUT Unit)는 검출신호를 상기 디텍터셀 내에 저장하지 않는 것을 특징으로 하는 단층촬영을 위한 방사선 디텍팅 시스템.

청구항 12

제10항에 있어서, 상기 광전자 증배관은 실리콘 소자를 포함하는 것을 특징으로 하는 단층촬영을 위한 방사선 디텍팅 시스템.

청구항 13

제10항에 있어서, 상기 방사선 계산기는 전류 미러(current mirror) 회로를 포함하는 것을 특징으로 하는 단층촬영을 위한 방사선 디텍팅 시스템.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 방사선 계산기는 복수의 전류 미러(current mirror) 회로를 포함하고, 상기 출력신호를 기초로 각각의 전류 미러의 트랜지스터를 온(on) 또는 오프(off) 시켜서, 복수의 디지털 신호를 발생시키고, 상기 복수의 디지털 신호를 카운트 유닛(count unit)으로 전송하고, 상기 카운트 유닛은 상기 복수의 디지털 신호

에 기초하여 방사선의 양을 측정하는 것을 특징으로 하는 단층촬영을 위한 방사선 디텍팅 시스템.

청구항 15

제13항에 있어서, 상기 전류 미러(current mirror)의 출력단의 트랜지스터는 저항에 연결되고, 상기 저항 양단 간의 인가되는 전압을 크기를 기초로 방사선의 양을 측정 하는 것을 특징으로 하는 단층촬영을 위한 방사선 디텍팅 시스템.

청구항 16

제10항에 있어서, 상기 검출부는,

상기 일정 범위의 파장의 빛에 반응하여 전류를 도통시키는 포토 다이오드(Photo Diode);

상기 포토 다이오드의 캐소드에 연결되는 능동적 리셋부를 더 포함하고,

상기 능동적 리셋부는 상기 포토 다이오드 사이의 전압차를 증가시키는 것을 특징으로 하는 단층촬영을 위한 방사선 디텍팅 시스템.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 검출부는,

상기 포토 다이오드의 캐소드에 연결되고, 상기 포토 다이오드에서 전류가 도통되는 경우, 상기 포토 다이오드 사이의 전압차를 줄이도록 하는 수동적 퀸칭부(Passive Quenching Unit)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 단층촬영을 위한 방사선 디텍팅 시스템.

청구항 18

제17항에 있어서, 상기 수동적 퀸칭부는 용량성 소자(capacitor)를 포함하고, 상기 용량성 소자는 광전자 증배관 디텍터 셀의 환경적인 변화에 의하여 전압이 조절되는 것을 특징으로 하는 단층촬영을 위한 방사선 디텍팅 시스템.

청구항 19

제10항에 있어서, 상기 광전자 증배관 디텍터 셀은 수신된 방사선에 의하여 일정 범위의 파장의 빛을 생성하는 신틸레이터와 연결 되어 있는 것을 특징으로 하는 단층촬영을 위한 방사선 디텍팅 시스템.

청구항 20

제19항에 있어서, 상기 검출부는 상기 신틸레이터로부터 생성된 상기 일정 범위의 파장의 빛을 수신하고,

상기 일정 범위의 파장의 빛은 400nm ~ 450nm의 파장을 갖는 가시광선 인 것을 특징으로 하는 단층촬영을 위한 방사선 디텍팅 시스템.

청구항 21

단층촬영을 위한 광전자 증배관 디텍터 셀에 포함되는 검출 장치(detect device)에 있어서,

일정 범위의 파장의 빛에 반응하여 전류를 도통시키는 포토 다이오드(Photo Diode);

상기 포토 다이오드의 캐소드에 연결되는 능동적 리셋부를 포함하고,

상기 능동적 리셋부는 상기 포토 다이오드 사이의 전압차를 증가시키는 것을 특징으로 하는 검출 장치.

청구항 22

제21항에 있어서, 상기 검출 장치는 상기 포토 다이오드의 캐소드에 연결되고, 상기 포토 다이오드에서 전류가 도통되는 경우, 상기 포토 다이오드 사이의 전압차를 줄이도록 하는 수동적 퀸칭부(Passive Quenching Unit)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 검출 장치.

청구항 23

제22항에 있어서, 상기 수동적 퀸칭부는 용량성 소자(capacitor)를 포함하고, 상기 용량성 소자는 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀의 환경적인 변화에 의하여 전압이 조절되는 것을 특징으로 하는 검출 장치.

청구항 24

제21항에 있어서, 상기 검출 장치는 상기 일정 파장의 빛에 대응하는 디지털화된 검출 신호를 생성하고,

상기 검출 신호를 상기 디텍터 셀 내에 저장하지 않는 것을 특징으로 하는 검출 장치.

청구항 25

제24항에 있어서, 상기 검출 신호는 상기 일정 범위의 파장의 빛을 수신하는 것에 대응하여, 제1 전압 레벨에서 제2 전압 레벨로 천이되고, 상기 일정 범위의 파장의 빛의 수신이 중단되는 것에 대응하여 제2 전압 레벨에서 제1 전압 레벨로 천이되는 신호인 것을 특징으로 하는 검출 장치.

청구항 26

제21항에 있어서, 상기 일정 범위의 파장의 빛은 가시 광선으로 400nm ~ 450nm의 파장을 갖는 것을 특징으로 하는 검출 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀에 관한 것이고, 더욱 상세하게는 디지털 신호를 이용하는 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀에 대한 것이다.

배경기술

[0002] 인체의 내부를 영상화 하는 기술로 Position Emission Tomography (PET), Magnetic Resonance Tomography (MRI), X-ray Computed Tomography (CT)등이 이용되고 있다. 양전자 단층촬영(Positron Emission Tomography, PET)은 방사성 의약품을 이용하여 방사되는 양 전자를 검출하여 인체에 대한 생리적, 병리적 영상을 보여 주는 핵 의학 검사방법 중의 하나이다. PET의 진단 방법은 방사성 동위원소인 F-18-FDG 라는 포도당 유사물질을 몸 안에 투입한 뒤, 일정 시간 (예, 수 십 분)이 지난 뒤 몸 안에 있는 암과 반응하여 나오는 방사선을 검출하여 암의 위치 정보를 파악하는 것이다. 몸 안의 암과 반응하여 나오는 방사선을 검출하는 검출기 부분을 실리콘 광전자 증배관 디텍터 또는 감마 레이 디텍터라고 한다. 이 밖에 방사선 또는 감마선을 검출하는 기기는 단일 광

자 방출 계산 단층촬영(SPECT : Single Photon Emission Computed Tomography), 계산 단층촬영(Computed Tomography) 등을 위한 방사선 검출기 뿐만 아니라, 천문학과 같은 다양한 분야에 응용 될 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0003] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 일정한 표면적에서 보다 높은 밀도로 영상자료를 수집할 수 있는 광전자 증배관 디텍터 셀을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

- [0004] 본 발명의 일 실시예에 따른, 광전자 증배관 디텍터 셀은 일정 범위의 파장의 빛을 수신하여, 디지털화된 검출 신호를 발생 시키는 검출부(Detector Unit); 및 상기 검출부에서 발생된 검출 신호에 대응하여 출력신호를 생성하고 상기 출력신호를 외부회로로 전송하는 리드아웃부(ReadOUT Unit)를 포함하고, 상기 리드아웃부는, 상기 검출 신호가 수신된 직후에, 상기 출력신호를 상기 외부회로로 전송하는 것을 특징으로 한다.
- [0005] 바람직하게는, 상기 리드아웃부(ReadOUT Unit)는 상기 검출 신호를 상기 디텍터셀 내에 저장하지 않는 것을 특징으로 한다.
- [0006] 바람직하게는, 상기 광전자 증배관은 실리콘 소자를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0007] 바람직하게는, 상기 검출부는, 상기 일정 범위의 파장의 빛에 반응하여 전류를 도통시키는 포토 다이오드(Photo Diode); 상기 포토 다이오드의 캐소드에 연결되는 능동적 리셋부를 더 포함하고, 상기 능동적 리셋부는 상기 포토 다이오드 사이의 전압차를 증가시키는 것을 특징으로 한다.
- [0008] 바람직하게는, 상기 검출부는, 상기 포토 다이오드의 캐소드에 연결되고, 상기 포토 다이오드에서 전류가 도통되는 경우, 상기 포토 다이오드 사이의 전압차를 줄이도록 하는 수동적 쿼칭부(Passive Quenching Unit)를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0009] 바람직하게는, 상기 수동적 쿼칭부는 용량성 소자(capacitor)를 포함하고, 상기 용량성 소자는 인가되는 전압이 조절되는 것을 특징으로 한다.
- [0010] 바람직하게는, 상기 검출 신호는 상기 일정 범위의 파장의 빛을 수신하는 것에 대응하여, 제1 전압 레벨에서 제2 전압 레벨로 천이되고, 상기 일정 범위의 파장의 빛의 수신에 중단되는 것에 대응하여 제2 전압 레벨에서 제1 전압 레벨로 천이되는 신호인 것을 특징으로 한다.
- [0011] 바람직하게는, 상기 광전자 증배관 디텍터셀은 수신된 방사선에 의하여 상기 일정 범위의 파장의 빛을 생성하는 신틸레이터와 연결된 것을 특징으로 한다.
- [0012] 바람직하게는, 상기 검출부는 상기 신틸레이터로부터 생성된 상기 일정 범위의 파장의 빛을 수신하고, 상기 일정 범위의 파장의 빛은 400nm ~ 450nm의 파장을 갖는 가시 광선 인 것을 특징으로 한다.
- [0013] 본 발명의 다른 실시예에 따른 광전자 증배관 디텍터 셀과 방사선 계산기를 포함하는 단층촬영을 위한 방사선 디텍팅 시스템에 있어서, 상기 광전자 증배관 디텍터 셀은, 일정 범위의 파장의 빛을 수신하여, 디지털화된 검출 신호를 발생시키는 검출부(detector); 및 상기 검출부에서 발생된 검출 신호에 대응하여 출력신호를 생성하고 상기 출력신호를 방사선 계산기로 전송하는 리드아웃부(ReadOUT Unit)를 포함하고, 상기 리드아웃부는, 상기 검출 신호가 검출부에서 발생된 직후에, 상기 출력신호를 방사선 계산기로 전송하고, 상기 방사선 계산기는 상기 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀의 외부에 위치하고, 상기 리드아웃부에서 수신된 상기 출력신호를 기초로 하여, 방사선의 양을 측정하는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 바람직하게는, 상기 리드아웃부(ReadOUT Unit)는 검출신호를 상기 디텍터셀 내에 저장하지 않는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 바람직하게는, 상기 광전자 증배관은 실리콘 소자를 포함하는 것을 특징으로 한다.

- [0016] 바람직하게는, 상기 방사선 계산기는 전류 미러(current mirror) 회로를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0017] 바람직하게는, 상기 방사선 계산기는 복수의 전류 미러(current mirror) 회로를 포함하고, 상기 출력신호를 기초로 각각의 전류 미러의 트랜지스터를 온(on) 또는 오프(off) 시켜서, 복수의 디지털 신호를 발생시키고, 상기 복수의 디지털 신호를 카운트 유닛(count unit)으로 전송하고, 상기 카운트 유닛은 상기 복수의 디지털 신호에 기초하여 방사선의 양을 측정하는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 바람직하게는, 상기 전류 미러(current mirror)의 출력단의 트랜지스터는 저항에 연결되고, 상기 저항 양단간의 인가되는 전압을 크기를 기초로 방사선의 양을 측정 하는 것을 특징으로 한다.
- [0019] 바람직하게는, 상기 검출부는, 상기 일정 범위의 파장의 빛에 반응하여 전류를 도통시키는 포토 다이오드(Photo Diode); 상기 포토 다이오드의 캐소드에 연결되는 능동적 리셋부를 더 포함하고, 상기 능동적 리셋부는 상기 포토 다이오드 사이의 전압차를 증가시키는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 바람직하게는, 상기 검출부는, 상기 포토 다이오드의 캐소드에 연결되고, 상기 포토 다이오드에서 전류가 도통되는 경우, 상기 포토 다이오드 사이의 전압차를 줄이도록 하는 수동적 쿼칭부(Passive Quenching Unit)를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0021] 바람직하게는, 상기 수동적 쿼칭부는 용량성 소자(capacitor)를 포함하고, 상기 용량성 소자는 광전자 증배관 디텍터 셀의 환경적인 변화에 의하여 전압이 조절되는 것을 특징으로 한다.
- [0022] 바람직하게는, 상기 광전자 증배관 디텍터 셀은 수신된 방사선에 의하여 일정 범위의 파장의 빛을 생성하는 신틸레이터와 연결 되어 있는 것을 특징으로 한다.
- [0023] 바람직하게는, 상기 검출부는 상기 신틸레이터로부터 생성된 상기 일정 범위의 파장의 빛을 수신하고, 상기 일정 범위의 파장의 빛은 400nm ~ 450nm의 파장을 갖는 가시광선 인 것을 특징으로 한다.
- [0024] 본 발명의 다른 실시예에 따른 검출장치는 단층촬영을 위한 광전자 증배관 디텍터 셀에 포함되는 검출 장치(detect device)에 있어서, 일정 범위의 파장의 빛에 반응하여 전류를 도통시키는 포토 다이오드(Photo Diode); 상기 포토 다이오드의 캐소드에 연결되는 능동적 리셋부를 포함하고, 상기 능동적 리셋부는 상기 포토 다이오드 사이의 전압차를 증가시키는 것을 특징으로 한다.
- [0025] 바람직하게는, 상기 검출 장치는 상기 포토 다이오드의 캐소드에 연결되고, 상기 포토 다이오드에서 전류가 도통되는 경우, 상기 포토 다이오드 사이의 전압차를 줄이도록 하는 수동적 쿼칭부(Passive Quenching Unit)를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0026] 바람직하게는, 상기 수동적 쿼칭부는 용량성 소자(capacitor)를 포함하고, 상기 용량성 소자는 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀의 환경적인 변화에 의하여 전압이 조절되는 것을 특징으로 한다.
- [0027] 바람직하게는, 상기 검출 장치는 상기 일정 파장의 빛에 대응하는 디지털화된 검출 신호를 생성하고, 상기 검출 신호를 상기 디텍터 셀 내에 저장하지 않는 것을 특징으로 한다.
- [0028] 바람직하게는, 상기 검출 신호는 상기 일정 범위의 파장의 빛을 수신하는 것에 대응하여, 제1 전압 레벨에서 제2 전압 레벨로 천이되고, 상기 일정 범위의 파장의 빛의 수신이 중단되는 것에 대응하여 제2 전압 레벨에서 제1 전압 레벨로 천이되는 신호인 것을 특징으로 한다.
- [0029] 바람직하게는, 상기 일정 범위의 파장의 빛은 가시 광선으로 400nm ~ 450nm의 파장을 갖는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0030] 본 발명의 기술적 사상에 의한 일 실시예에 따른 단층촬영을 위한 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀은 외부에서 실시간으로 방사선을 카운팅하여 메모리 용량에 구애되지 않고 방사선의 양을 측정할 수 있어, 에너지 해상도를 높일 수 있다.
- [0031] 본 발명의 기술적 사상에 의한 다른 실시예들에 따른 단층촬영을 위한 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀은 능동적 리셋부를 포함하여, 방사선(예를 들어, 감마선)이 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀에 포함된 포토 다이오드에 충돌한 후, 포토 다이오드 양단간의 전압을 능동적으로 증가시켜서, 포토 다이오드 양단간의 전압을 빠른 시간 안에 리셋 할 수 있고, 다음 방사선의 충돌을 빠른 시간 안에 대기 할 수 있어, 에너지 해상도를 높일 수 있

다.

도면의 간단한 설명

- [0032] 도 1는 본 발명의 기술적 사상에 의한 실시예들에 따른 방사선 측정 장치를 개략적으로 도시한 것이다.
- 도 2은 본 발명의 기술적 사상에 의한 실시예들에 따른 방사선 디텍팅 모듈을 개략적으로 도시한 단면도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 단층촬영을 위한 실리콘 광전자 증배관에 있는 디텍터 셀이다.
- 도 4는 검출부에 포함된 구체적인 구성을 도시한 일 예 이다.
- 도 5(a)는 본 발명의 일 실시예에 따른 검출부에 포함된 구체적인 구성을 도시한 일 예 이다.
- 도 5(b)는 도 5(a)의 수동적 쿨링 유닛이 제어되는 방식을 설명하기 위한 포토 다이오드의 특성 커버를 나타내는 도면이다.
- 도 6(a)은 본 발명의 일 실시예에 따른 검출부에 포함된 구체적인 구성을 도시한다.
- 도 6(b)는 본 발명의 일 실시예에 따른 검출부에 포함된 구체적인 회로도를 도시한다.
- 도 6(c)는 도 6(b)의 검출부에 포함된 포토 다이오드의 양단간의 전압을 시간에 따라서 나타내는 타이밍도의 일 예 이다.
- 도 7는 본 발명의 일 실시예에 따른 단층촬영을 위한 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀들을 포함하는 셀 어레이와 방사선 계산기를 포함하는 방사선 디텍팅 시스템을 도시한다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 단층촬영을 위한 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀들을 포함하는 셀 어레이와 방사선 계산기를 포함하는 방사선 디텍팅 시스템을 도시한다.
- 도 9은 본 발명의 일 실시예에 따른, 카운트부에 포함된 서브 카운트부를 도시한다.
- 도 10(a) 내지 도 10(c)는 데이터 라인에 흐르는 전류에 따라서, 각각의 데이터 및 신호의 타이밍도를 도시한다.
- 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 단층촬영을 위한 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀들을 포함하는 셀 어레이와 방사선 계산기를 포함하는 방사선 디텍팅 시스템을 도시한다.
- 도 12(a) 내지 도 12(c)는 데이터 라인에 흐르는 전류에 따라서, 출력신호 및 카운트 전압의 타이밍도를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0033] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.
- [0034] 본 발명의 실시예들은 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위하여 제공되는 것이며, 아래의 실시예들은 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래의 실시예들로 한정되는 것은 아니다. 오히려, 이들 실시예는 본 개시를 더욱 충실하고 완전하게 하며 당업자에게 본 발명의 사상을 완전하게 전달하기 위하여 제공되는 것이다.
- [0035] 본 명세서에서 사용된 용어는 특정 실시예를 설명하기 위하여 사용되며, 본 발명을 제한하기 위한 것이 아니다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이 단수 형태는 문맥상 다른 경우를 분명히 지적하는 것이 아니라면, 복수의 형태를 포함할 수 있다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 경우 “포함한다(comprise)” 및/또는 “포함하는(comprising)”은 언급한 형상들, 숫자, 단계, 동작, 부재, 요소 및/또는 이들 그룹의 존재를 특정하는 것이며, 하나 이상의 다른 형상, 숫자, 동작, 부재, 요소 및/또는 그룹들의 존재 또는 부가를 배제하는 것이 아니다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 “및/또는”은 해당 열거된 항목 중 어느 하나 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다.
- [0036] 본 명세서에서 제1, 제2 등의 용어가 다양한 부재, 영역 및/또는 부위들을 설명하기 위하여 사용되지만, 이들 부재, 부품, 영역, 층들 및/또는 부위들은 이들 용어에 의해 한정되어서는 안됨은 자명하다. 이들 용어는 특정 순서나 상하, 또는 우열의 의미하지 않으며, 하나의 부재, 영역 또는 부위를 다른 부재, 영역 또는 부위와 구별

하기 위하여만 사용된다. 따라서, 이하 상술할 제1 부재, 영역 또는 부위는 본 발명의 가르침으로부터 벗어나지 않고서도 제2 부재, 영역 또는 부위를 지칭할 수 있다.

[0037] 이하, 본 발명의 실시예들은 본 발명의 이상적인 실시예들을 개략적으로 도시하는 도면들을 참조하여 설명한다. 도면들에 있어서, 예를 들면, 제조 기술 및/또는 공차에 따라, 도시된 형상의 변형들이 예상될 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시예는 본 명세서에 도시된 영역의 특정 형상에 제한된 것으로 해석되어서는 아니 되며, 예를 들면 제조상 초래되는 형상의 변화를 포함하여야 한다.

[0038] 도 1은 본 발명의 기술적 사상에 의한 실시예들에 따른 방사선 측정 장치(Radiation Measuring Device, 1)를 개략적으로 도시한 것이다.

[0039] 도 1를 참조하면, 방사선 측정 장치(1)는 복수개의 방사선 측정 모듈(Radiation Measuring Module, 2), 영상 처리 유닛(Imaging Processing Unit, 3) 및 영상 영역(Imaging Zone, 4)을 포함할 수 있다.

[0040] 영상 영역(4)은 목적물을 수용하는 영역으로서, 상기 목적물의 영상을 측정하기 위해 제공된 영역이다. 목적물의 고정을 위해 영상 영역(4) 내에 지지부(Supporter, 5)가 포함될 수 있다. 방사선 측정 모듈(2)은 목적물로부터 방사선을 수신하여 상기 방사선을 검출 신호로 변환할 수 있다. 방사선 측정 모듈(2)은 도 2의 복수의 방사선 디텍팅 모듈(도 2의 20)을 포함할 수 있다. 이하 자세하게 설명하도록 한다. 영상 처리 유닛(3)은 방사선 측정 모듈(2)에 의해 생성된 검출 신호를 기초로 목적물에 대한 영상을 생성할 수 있다.

[0041] 도 2은 본 발명의 기술적 사상에 의한 실시예들에 따른 방사선 디텍팅 모듈(Radiation Detecting Module, 20)을 개략적으로 도시한 단면도이다.

[0042] 도 2을 참조하면, 방사선 디텍팅 모듈(20)은 신틸레이터(scintillator, 21), 광 파이프(Optical Pipe, 22), 픽셀 소자들(Pixel Element, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16) 및 반도체 칩(Semiconductor Chip, 24)을 포함할 수 있다.

[0043] 신틸레이터(21)는 방사선(예를 들어, 감마 레이(gamma ray))을 수신하여 광자를 생성할 수 있다. 광 파이프(22)는 신틸레이터(21)와 반도체 칩(24) 사이에 위치하며, 신틸레이터(21)에 의해 생성된 광자를 반도체 칩(24)에 전달할 수 있다. 또한, 반도체 칩(24)으로 전달되는 광자의 입사 방향은 본 발명의 권리범위를 한정하지 않는다. 예를 들어, 광자는 신틸레이터(21)의 상부에서 입사할 수 있고, 또는 광자는 반도체 칩(24)의 하부를 통해 입사할 수 있으며, 이 경우 반도체 칩(24)은 광자가 통과 할 수 있는 물질로 이루어 질 수 있다.

[0044] 반도체 칩(24)은 광 파이프(22)를 통해 전달된 광자를 수신하고, 상기 광자를 대응하는 전기 신호로 생성할 수 있도록 반도체 칩(24)은 어레이 형태로 배열된 복수개의 픽셀 소자(10, 11, 12, 13, 14, 15, 16)를 포함할 수 있다. 상기 복수개의 픽셀 소자(10, 11, 12, 13, 14, 15, 16) 각각은 도 3의 디텍터 셀(100)들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 하나의 픽셀 소자가 16개의 디텍터 셀(100)을 포함하고, 픽셀 소자가 7 x 7의 어레이 형태로 반도체 칩(24)에 구현되는 경우, 반도체 칩(24)에는 총 $7 \times 7 \times 16 = 784$ 개의 디텍터 셀(100)이 구현될 수 있다. 디텍터셀(100)을 일반 적으로 마이크로 셀로 표현 할 수 있다. 각각의 마이크로 셀 (예를 들어, 디텍터 셀(100))마다 2개의 포토 다이오드가 있다면, 하나의 반도체 칩(24)에는 포토 다이오드가 $7 \times 7 \times 16 \times 2 = 1568$ 개가 구현될 수 있다.

[0045] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 단층촬영을 위한 실리콘 광전자 증배관에 있는 디텍터 셀(100)이다.

[0046] 도 3을 참조하면, 단층촬영을 위한 실리콘 광전자 증배관(silicon photomultiplier)에 있는 디텍터 셀(100)은 신틸레이터(Scintillator, 110), 검출부(Detector Unit, 130), 리드아웃부(ReadOUT Unit, 150)를 포함할 수 있다.

[0047] SiPM(silicon photomultiplier)은 500개 이상의 마이크로셀을 포함하는 픽셀 소자로 구성되며, 하나의 마이크로셀은 20마이크로미터 정도의 크기를 가진다. 각각의 마이크로셀은 독립적으로 광자를 검출하고 증폭한다. 각각의 마이크로셀에 광자가 들어가 전자와 홀 쌍이 생성되면, SiPM(silicon photomultiplier) 내부의 전기장에 의하여 증폭이 일어나고 일정 크기의 신호를 생성하여 출력한다. 이 경우 SiPM(silicon photomultiplier)의 출력 신호는 모든 마이크로셀의 신호가 합해진 신호 일 수 있다.

[0048] 신틸레이터(Scintillator, 110)는 방사선을 수신하여, 빛(Photon)을 발생시킨다. 즉, 환자 또는 촬영 대상에 투입된 방사성 동위 원소(예를들어, F-18-FDG)는 방사성 붕괴 이벤트를 겪는다. 방사성 붕괴 이벤트는 양전자를 생성한다. 방사성 붕괴 이벤트에서 생성된 양전자는 주변 전자와 상호작용하여, 전자-양전자 소멸 이벤트를 발생시킨다. 전자-양전자 소멸 이벤트는 511keV의 에너지를 갖는 두 개의 반대 방향의 방사선을 생성한다. 이러한

방사선은 광속으로 이동한다. 이러한 방사선이 신틸레이터와 충돌하면, 빛(또는 광자, Photon)이 발생한다. 이러한 경우, 신틸레이터에서 발생하는 빛은 가시광선(visible light)일 수 있다. 보다 상세하게, 신틸레이터에서 발생하는 빛은 파장이 400 nm~ 450 nm 인 가시광선일 수 있다. 이러한 경우, 신틸레이터 재료는 LSO, LYSO, MLS, LGSO, LaBr 및 이들의 조합일 수 있다. 다만, 이에 한정 되지 않고 그 밖의 신틸레이터 재료도 사용될 수 있다.

[0049] 검출부(Detector Unit, 130)는 신틸레이터로부터 발생된 빛(Photon)을 수신하여, 검출신호(Detect Signal)를 발생시킨다. 이러한 검출 신호(Detect Signal)는 디지털화된 전기신호일 수 있다. 예를 들어, 검출신호(Detect Signal)는 검출부(130)가 빛을 수신하지 않는 경우에는 제1 디지털 값을 갖고, 검출부(130)가 빛을 수신하는 경우, 제2 디지털 값을 가질 수 있다. 검출부(130)는 포토 다이오드(Photo Diode)를 포함할 수 있다. 포토 다이오드(Photo Diode)는 빛을 수신하여, 전기 신호를 발생시킨다. 이러한 전기 신호는 아날로그 신호이고, 수동적 능동적 쿼칭(Quenching) 및 능동적 리셋(Reset) 과정을 거친 후, 디지털 신호로 변환될 수 있다.

[0050] 도 4는 검출부(Detector Unit, 130)에 포함된 구체적인 구성을 도시한 일 실시예이다.

[0051] 도 4를 참조하면, 검출부(130)는 포토 다이오드(133), 수동적 쿼칭 유닛(131), 능동적 쿼칭 유닛(135)을 포함한다.

[0052] 포토 다이오드(133)는 신틸레이터(110)에 의해 분해된 광자를 기초로 전류를 생성할 수 있다. 포토 다이오드(133)는 복수개일 수 있으며, 복수개의 포토 다이오드들(133) 각각은 복수개의 셀들 각각에 포함될 수 있다. 예를 들어, 포토 다이오드(133)는 아발란체 포토 다이오드(avalanche Photo Diode)일 수 있다. 공급 전압(VDD)은 포토 다이오드(133)의 동작 전압 (예를 들어, 포토 다이오드(133)가 아발란체 포토 다이오드인 경우 브레이크 전압) 보다 약간 낮은 전압으로 인가된다. 이러한 경우, 포토 다이오드(133)에 광자가 수신되면, 동작 전압이 VDD와 같거나 낮아지게 된다. 따라서, 포토 다이오드(133)에 전류가 흐르게 된다.

[0053] 수동적 쿼칭 유닛(131)은 포토 다이오드에 전류가 흐르는 상태에서 수동적 쿼칭 유닛 양단 간의 전압차를 발생시킨다. 수동적 쿼칭 유닛(131)은 예를 들어, 저항과 등가 회로로 구성될 수 있다. 수동적 쿼칭 유닛(131)에 의하여 발생된 전압 강하에 의하여 포토 다이오드(133)에 인가되는 전압의 크기를 낮춘다. 예를 들어, 수동적 쿼칭 유닛(131)이 저항과 등가 회로를 구성한다면, 포토 다이오드(133)에 흐르는 전류의 크기가 커질 수록, 수동적 쿼칭 유닛(131)에서 강하되는 전압이 커지게 된다. 따라서, 포토 다이오드(133)에 흐르는 전류의 크기가 커질 수록, 포토 다이오드(133)에 인가되는 전압의 크기는 낮아진다. 그 이유는 공급전압(VDD)이 일정하기 때문이다. 결과적으로, 포토 다이오드(133)에 흐르는 전류의 크기가 커지다가 포토 다이오드(133)의 동작 전압보다 낮은 전압이 걸리게 된다. 따라서, 광자의 수신에 의하여 흐르는 전류는 수동적 쿼칭 유닛(131)에 의하여 다시 흐르지 않게 된다.

[0054] 능동적 쿼칭 유닛(135)은 수동적 쿼칭 유닛(131)에 의하여 다시 전류가 흐르지 않도록 하는데 걸리는 시간을 단축시킨다. 즉, 수동적 쿼칭 유닛(131)이 포토 다이오드(133) 양단 사이의 전압을 포토 다이오드(133)의 동작 전압으로 유지한다면, 능동적 쿼칭 유닛(135)은 포토 다이오드(133) 양단 사이의 전압이 공급전압(VDD)에서 포토 다이오드(133)의 동작 전압으로 변경되는 시간을 단축시킨다. 따라서, 포토 다이오드의 복구 시간을 결과적으로 짧게 할 수 있고, 검출부(130)의 해상도를 높일 수 있다.

[0055] 검출부(130)의 동작에 대해서 알아보면, 포토 다이오드(133)는 신틸레이터(110)에서 수신된 빛(Photon)을 통하여 전류를 흐르게 한다. 이때, 포토 다이오드(133)의 양단간의 전압은 수동적 쿼칭 유닛(131)에 의하여 포토 다이오드의 동작 전압 수준으로 맞추어지고, 능동적 쿼칭 유닛(133)에 의하여 포토 다이오드의 전압이 변경되는 시간이 단축된다.

[0056] 다시 도 3을 참조하면, 리드아웃부(ReadOUT Unit, 150)는 검출신호(Detect Signal)를 수신하여, 출력신호(OUT)를 발생시킨다. 본 발명의 일 실시예에 따른, 출력신호(OUT)는 버퍼(buffer) 또는 별도의 메모리(Memory)에 저장되지 않고, 검출신호(Detect Signal)에 응답하여, 출력신호(OUT)를 발생시킨다. 출력신호(OUT)는 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀(100)의 외부회로로 전송된다. 외부회로는 도 8의 방사선 계산기(Accumulator)를 포함할 수 있다.

[0057] 이하, 본 발명의 일 실시예에 따른, 실리콘 광전자 증배관(silicon photomultiplier)에 있는 디텍터 셀(100)의 동작에 관하여 설명한다. 환자 또는 촬영 대상에 투입된 방사성 동위원소가 방사성 붕괴 이벤트를 통하여 방사선(gamma-ray)을 발생시킨다. 신틸레이터(110)는 방사선(gamma-ray)을 수신하고, 빛(photon)을 발생시킨다. 검출부(130)는 신틸레이터(110)에서 발생된 빛(photon)을 수신하여 검출신호(Detect Signal)를 발생시킨다. 리드

아웃부(ReadOUT Unit, 150)는 검출부(130)에서 발생된 검출신호(Detect Signal)를 수신하여, 검출 신호를 별도로 저장 또는 카운트하지 않고, 외부회로에서 수신할 수 있는 신호 포맷인 출력신호(OUT)를 발생시킨다. 출력신호(OUT)는 외부회로에 전달된다.

[0058] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른, 실리콘 광전자 증배관(silicon photomultiplier)은 검출신호(Detect Signal)를 디텍터셀 (100) (또는 마이크로 셀)내에 저장하지 않고, 검출신호(Detect Signal)의 수신과 동시에, 출력신호(OUT)를 생성하여 외부회로로 전달한다. 따라서, 내부 메모리(memory) 또는 버퍼(buffer)가 차지하는 공간이 필요 없게 되고, 칩의 사이즈를 줄일 수 있고, 집적화를 도모할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따른, 실리콘 광전자 증배관(silicon photomultiplier)은 필 팩터(fill factor)를 증가시킬 수 있다. 필 팩터(fill factor)는 디텍터셀 내에서 디텍팅 부분이 차지하는 면적의 비율을 나타낸다. 예를 들어, 필 팩터(fill factor)는 65% 이상이 되도록 증가시킬 수 있다.

[0059] 또한, 디텍터 셀(100)의 에너지 해상도(Energy Resolution)는 내부 메모리(memory) 또는 버퍼(buffer)의 용량에 의존하지 않고, 외부 회로의 메모리의 용량에 의존하므로, 고 해상도(High Energy Resolution) 디텍터 셀의 구현이 가능하다. 구체적으로, 본 발명의 일 실시예에 따른, 실리콘 광전자 증배관(silicon photomultiplier)은 에너지 해상도를 나타내는 FWHM(Full Width at Half Maximum)가 10% 이하로 낮아질 수 있다.

[0060] 또한, 에너지 다이내믹 범위(Energy Dynamic Range)는 디텍터 셀(100)(또는 마이크로 셀)의 개수와 디텍터 셀(100)에서 생성된 검출신호(Detect Signal)를 저장할 수 있는 메모리 용량의 곱으로 표현할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따른, 디텍터 셀(100)의 에너지 해상도는 내부 메모리의 용량에 의존하지 않고, 외부 메모리의 용량에 의존한다. 내부 메모리의 용량은 디텍터 셀(100)이 차지하는 크기에 의하여 제한되는데 반해, 외부 메모리의 용량은 상대적으로 큰 용량을 적용할 수 있다. 따라서, 외부 메모리의 용량에 비례하여 에너지 다이내믹 범위(Energy Dynamic Range)도 증가하게 된다.

[0061] 도 5(a)는 본 발명의 일 실시예에 따른 검출부(130a)에 포함된 구체적인 구성을 도시한 일 실시예 이다.

[0062] 도 5(a)를 참조하면, 검출부(130a)는 포토 다이오드(Photo Diode, 133), 수동적 쿼칭 유닛(passive quenching unit, 131b), 능동적 쿼칭 유닛(active quenching unit, 135)을 포함하고, 수동적 쿼칭 유닛(131a)은 용량성 소자(cap, 캐패시터 또는 캐패시터와 등가회로)를 포함한다. 온도, 공정 그 밖의 요인(환경적인 변화)에 따라서, 수동적 쿼칭 유닛(131b)에 포함된 용량성 소자(cap, 캐패시터 또는 캐패시터와 등가회로)에 저장되는 전압을 제어할 수 있다. 따라서, 온도, 공정, 그 밖의 요인(환경적인 변화)에 따라서, 다이오드의 동작 전압이 달라져도, 쿼칭이 가능하다.

[0063] 도 5(b)는 도 5(a)의 수동적 쿼칭 유닛(131a)이 제어되는 방식을 설명하기 위한 포토 다이오드의 특성 커버를 나타내는 도면이다.

[0064] 도 5(b)를 참조하면, 온도, 공정, 그 밖의 요인(환경적인 변화)에 따라서, 포토 다이오드(Photo Diode, 133)의 양단에 인가되는 전압이 달라질 수 있다. 예를 들어, 포토 다이오드의 동작 전압이 V_b 라고 한다면, 온도, 공정, 그 밖의 환경적인 변화에 따라서, 포토 다이오드(133)의 양단에 인가되는 전압이 $V_b + a$ 로 증가할 수 있다. 이러한 경우, 포토 다이오드(133)에 전류가 작게 흘러서 검출부(130a)의 회로가 구동하지 않을 수 있다. 따라서, 용량성 소자에 인가되는 전압의 크기를 크게 하여서, 포토 다이오드(133)의 양단에 인가되는 전압이 V_b 가 되도록 하여, 검출부(130a)의 회로가 정상적으로 작동하도록 할 수 있다. 또한, 온도, 공정, 그 밖의 요인(환경적인 변화)에 따라서, 포토 다이오드(133)의 양단에 인가되는 전압이 $V_b - a$ 로 감소할 수 있다. 이러한 경우, 포토 다이오드(133)에 전류가 지나치게 많이 흘러서 검출부(130a)의 회로가 과전류로 인한 오작동을 할 수 있다. 따라서, 용량성 소자에 인가되는 전압의 크기를 작게 하여서, 포토 다이오드(133)의 양단에 인가되는 전압이 V_b 가 되도록 하여, 검출부(130a)의 회로가 정상적으로 작동하도록 할 수 있다.

[0065] 도 6(a)은 본 발명의 일 실시예에 따른 검출부(130b)에 포함된 구체적인 구성을 도시한다.

[0066] 도 6(a)를 참조하면, 검출부(130b)는 포토 다이오드(Photo Diode, 133), 수동적 쿼칭 유닛(passive quenching unit, 131b), 능동적 쿼칭 유닛(active quenching unit, 135b) 이외에 능동적 리셋 유닛(active reset unit, 137)을 포함한다.

[0067] 능동적 리셋 유닛(137)은 빛(Photon)의 수신에 멈추는 경우, 포토 다이오드(133b)의 양단 간의 전압은 다시 공급전압(VDD)으로 회복하는데, 이러한 회복에 걸리는 시간을 단축시키는 역할을 한다. 따라서, 회복시간을 단축시켜서, 다음의 빛(Photon)이 수신되는 경우, 검출이 가능하도록 한다. 즉, 회복시간이 길어지는 경우, 다음에 수신된 빛(Photon)과 구분되지 않아서, 한번의 수신으로 인식할 수 있으므로, 에너지 해상도가 낮아지게 된다.

따라서, 능동적 리셋 유닛(137)을 구비하여, 회복시간을 단축 시킬 수 있고, 에너지 해상도를 높일 수 있다.

[0068] 도 6(b)는 본 발명의 일 실시예에 따른 검출부(130b)에 포함된 구체적인 회로도를 도시한다.

[0069] 도 6(b)를 참조하면, 능동적 쿨링 유닛(135b)은 스위치 트랜지스터(SW2)를 포함할 수 있다. 능동적 리셋 유닛(137)은 스위치 트랜지스터(SW1)를 포함할 수 있다. 또한, 수동적 쿨링 유닛(133b)은 캐피시터(CAP_1)를 포함할 수 있다.

[0070] 도 6(c)는 도 6(b)의 검출부(130b)에 포함된 포토 다이오드의 양단간의 전압을 시간에 따라서 나타내는 타이밍도의 일 실시 예이다.

[0071] 도 6(b) 및 도 6(c)를 참조하면, 시간(t1)에 빛(Photon)이 포토 다이오드에 수신되면, A 노드(node A)에 전류가 흐르고, 포토 다이오드 양단간의 전압은 낮아진다. 즉, A 노드(node A)의 전압은 낮아져서, 로우(low)가 인가된다. 즉, 수동적 쿨링이 발생한다. 따라서, 스위치(SW3)가 온(On)되어서, B 노드(node B)에 전압 VDD가 인가되어 B 노드(node B)가 하이(high)가 되고, 스위치(SW2) 및 스위치(SW4)는 온(On)된다. 따라서, 시간(t2)에서 시간(t3)까지의 A 노드(node A)의 전압은 급격히 감소한다. 즉, 능동적 쿨링이 발생한다. 스위치(SW4)가 온(On)되어서, C 노드(node C)의 전압은 낮아져서, C 노드(node C)는 로우(low)로 된다. 따라서, 스위치(SW1)가 온(On)된다. 따라서, 시간(t3)에서 시간(t4)까지의 A 노드(node A)의 전압은 평형을 유지한다. C 노드(node C)는 로우(low)로 되었으므로, D 노드(node D)의 전압은 하이(high)로 된다. 다만, C노드(node C)가 로우(low)가 되어, D노드(node D)가 하이(high)로 되는 데 걸리는 시간은 스위치(SW6)과 캐패시터(CAP_2)에 의하여 조절이 가능하다. 따라서, C 노드(node C)가 로우(low)로 되고, 일정시간이 흐른 뒤, 스위치(SW5)가 온(On)되어서, B 노드(node B)의 전압이 로우(low)로 된다. 따라서, 스위치(SW2)가 오프(Off)되고, 시간(t4)에서 시간(t5)까지 A 노드(node A)의 전압은 VDD로 복귀한다. 즉, 능동적 리셋이 발생한다.

[0072] 도 7는 본 발명의 일 실시예에 따른 단층촬영을 위한 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀들(Detector, 101, 102, 103, 104, 105, 106)을 포함하는 셀 어레이(Cell Array, 200)와 방사선 계산기(Accumulator, 300)를 포함하는 방사선 디텍팅 시스템(400)을 도시한다. 여기서, 셀 어레이(Cell Array, 200)는 방사선 디텍터 모듈(Radication Detecting Module) 또는 픽셀 소자(Pixel Element)에 포함될 수 있으며, 또한 복수의 디텍터 셀을 의미할 수도 있다.

[0073] 도 7를 참조하면, 방사선 디텍팅 시스템(400)은 셀 어레이(Cell Array, 200) 및 방사선 계산기(Accumulator, 300)를 포함한다. 셀 어레이(200)는 단층촬영을 위한 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀들(101, 102, 103, 104, 105, 106)을 포함한다. 각각의 실리콘 광전자 증배관의 디텍터 셀들은 도 3에 도시된 실리콘 광전자 증배관의 디텍터 셀(100)와 유사하다. 따라서, 각각의 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀들(101, 102, 103, 104, 105, 106)은 신데레이터, 검출부, 리드아웃부를 포함할 수 있다. 여기서 설명상의 편의를 위하여 셀 어레이(200)에 포함된 셀의 개수를 6개로 하였으나, 이러한 셀의 개수는 예시적인 것으로 권리범위를 제한하지 않는다. 또한, 설명상의 편의를 위하여 하나의 데이터 라인(DATA line)에 연결된 셀의 개수를 3개로 하였으나, 이러한 하나의 데이터 라인(DATA line)에 연결된 셀의 개수는 예시적인 것으로 권리범위를 제한하지 않는다. 또한, 설명상의 편의를 위하여 데이터 라인(DATA line)을 2개로 하였으나, 데이터 라인의 개수는 예시적인 것으로 권리범위를 제한하지 않는다.

[0074] 또한, 각각의 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀들(101, 102, 103, 104, 105, 106)은 검출신호(Detect Signal)를 수신하여 별도로 저장 또는 카운트하지 않고, 방사선 계산기(300)에서 수신할 수 있는 신호 포맷인 출력신호(OUT1, OUT2, OUT3, OUT4, OUT5, OUT6)를 발생시킨다. 출력 신호(OUT1, OUT2, OUT3, OUT4, OUT5, OUT6)는 스위칭 회로들(TR1, TR2, TR3, TR4, TR5, TR6)을 턴온(turn on) 또는 턴오프(turn off) 시킨다. 스위칭 회로들(TR1, TR2, TR3, TR4, TR5, TR6)이 턴온(turn on) 또는 턴오프(turn off)된 경우, 데이터 라인(DATA line1, DATA line2)에 흐르는 전류의 크기가 달라진다. 데이터 라인에 흐르는 전류는 방사선 계산기(300)에 전달된다. 방사선 계산기(300)는 데이터 라인에 흐르는 전류를 전달 받아서, 검출된 방사선(예를 들어, 감마선(gamma-ray))의 양을 카운팅하거나 저장한다.

[0075] 따라서, 셀 어레이(Cell Array, 200) 내에는 내부 메모리(memory) 또는 버퍼(buffer)가 차지하는 공간이 필요 없게 되고, 칩의 사이즈를 줄일 수 있고, 집적화를 도모할 수 있다. 또한, 디텍터 셀들(101, 102, 103, 104, 105, 106)의 에너지 해상도(energy resolution)는 내부 메모리(memory) 또는 버퍼(buffer)의 용량에 의존하지 않고, 보다 고 용량으로 구현이 가능한 방사선 계산기(300)의 메모리의 용량에 의존하므로, 고 해상도 디텍팅이 가능할 수 있다.

- [0076] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 단층촬영을 위한 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀들(Detector, 101a, 102a, 103a, 104a, 105a, 106a)을 포함하는 셀 어레이(Cell Array, 200a)와 방사선 계산기(Accumulator, 300a)를 포함하는 방사선 디텍팅 시스템(400a)을 도시한다.
- [0077] 도 8을 참조하면, 방사선 디텍팅 시스템(400a)은 셀 어레이(Cell Array, 200a) 및 방사선 계산기(Accumulator, 300a)를 포함한다. 셀 어레이(200a)는 단층촬영을 위한 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀들(101a, 102a, 103a, 104a, 105a, 106a)을 포함한다. 셀 어레이(200a)는 도 7의 셀 어레이(200)와 유사하다. 셀 어레이(200)의 경우와 비슷하게, 셀 어레이(200a)의 셀의 개수, 하나의 데이터 라인(DATA line)에 연결된 셀의 개수, 데이터 라인(DATA line)의 개수는 예시적인 것으로 권리범위를 제한하지 않는다.
- [0078] 방사선 계산기(300a)는 카운트부(310a)를 포함한다. 카운트부(310a)는 방사선을 수신한 셀의 개수를 카운트한다. 카운트부(310a)는 카운팅된 셀의 개수를 나타내는 카운트 신호(count signal)를 발생시킨다. 카운트부(310a)는 복수의 서브 카운터(sub-counter, 도 9 참조)를 포함할 수 있다. 각각의 서브 카운터(sub-counter)는 하나의 데이터 라인(DATA line)에 연결된 방사선을 수신한 셀의 개수를 카운트할 수 있다. 카운트부(310a)는 복수의 서브 카운터(sub-counter)에서 발생하는 서브 카운터 신호를 조합하여 카운트 신호를 발생시킬 수 있다.
- [0079] 도 8을 참조하면, 방사선 계산기(300a)는 셀 어레이(200a)에서부터, 데이터 라인(DATA line1, DATA line2)을 통하여 전류를 수신한다. 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀들(Detector, 101a, 102a, 103a)에서 출력된 출력신호(OUT1, OUT2, OUT3)에 의하여 스위치들(TR1, TR2, TR3)이 턴온 또는 턴오프된다. 스위치들(TR1, TR2, TR3)이 턴온되면, 방사선(예를 들어, 감마선)이 검출된 셀의 개수에 따라서 데이터 라인에 전류가 흐른다.
- [0080] 예를 들어, 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀(101a)에서만 방사선이 검출되고, 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀(102a, 103a)에서는 방사선이 검출되지 않았다면, 스위치(TR1)만이 턴온되고, 그리하여, 데이터 라인(DATA line1)에는 I의 전류가 흐른다. 데이터 라인(DATA line1)에는 I의 전류가 흐르면, 방사선 계산기(300a)에서 전류 미러(current mirror)를 통하여 스위치(TR_x), 스위치(TR_y) 및 스위치(TR_z)에도 I의 전류가 흐를 수 있다. 이러한 경우, 제1 데이터(D1)은 하이(high)로, 제2 데이터(D2) 및 제3 데이터(D3)은 로우(low)가 될 수 있다.
- [0081] 또 다른 예를 들어, 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀(101a, 102a)에서 방사선이 검출되고, 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀(103a)에서는 방사선이 검출되지 않았다면, 스위치(TR1) 및 스위치(TR2)가 턴온되고, 그리하여, 데이터 라인(DATA line1)에는 2I(즉, I전류보다 두 배 많은 양)의 전류가 흐른다. 데이터 라인(DATA line1)에는 2I의 전류가 흐르면, 방사선 계산기(300a)에서 전류 미러(current mirror)를 통하여 스위치(TR_x), 스위치(TR_y) 및 스위치(TR_z)에도 4I(즉, I전류보다 네 배 많은 양)의 전류가 흐를 수 있다. 이러한 경우, 제1 데이터(D1) 및 제2 데이터(D2)는 하이(high)로, 제3 데이터(D3)은 로우(low)가 될 수 있다.
- [0082] 또 다른 예를 들어, 3개의 셀에서 방사선이 검출되었다면, 데이터 라인(DATA line1)에는 3I(즉, I전류보다 세 배 많은 양)의 전류가 흐른다. 이러한 경우, 제1 데이터(D1), 제2 데이터(D2) 및 제3 데이터(D3)은 하이(high)가 될 수 있다.
- [0083] 도 9은 본 발명의 일 실시예에 따른, 카운트부(310a)에 포함된 서브 카운트부(311a)를 도시한다. 서브 카운트부(311a)는 제1 데이터(D1), 제2 데이터(D2), 제3 데이터(D3)를 입력 받아서, 서브 카운트 신호(sub-count signal1)를 출력한다. 보다 구체적으로, 제1 데이터(D1), 제2 데이터(D2)를 입력 받아서, 배타적 논리 합 연산을 수행한다. 이에 대한 결과값과 제3 데이터(D3)와의 배타적 논리 합 연산을 수행하여, 신호(XOR-OUT)를 발생시킨다. 신호(XOR-OUT)는 카운트 회로(Count Circuit)에 입력된다. 카운트 회로(Count Circuit)는 신호(XOR-OUT)를 입력 받아서, 서브 카운트 신호(sub-count signal)를 출력한다. 카운트 신호(count signal)는 서브 카운트 신호(sub-count signal1)와 다른 서브 카운트 신호들을 논리 연산하여 발생될 수 있다.
- [0084] 도 10(a) 내지 도 10(c)는 데이터 라인(DATA line1)에 흐르는 전류에 따라서, 각각의 데이터(D1 내지 D3) 및 신호(XOR-OUT)의 타이밍도를 도시한다. 구체적으로, 제1 데이터(D1)은 하이(high)로, 제2 데이터(D2) 및 제3 데이터(D3)은 로우(low)인 경우, 각각의 데이터(D1 내지 D3) 및 신호(XOR-OUT)의 타이밍도를 도시한다. 도 10(b)는 제1 데이터(D1) 및 제2 데이터(D2)는 하이(high)로, 제3 데이터(D3)은 로우(low)인 경우, 각각의 데이터(D1 내지 D3) 및 신호(XOR-OUT)의 타이밍도를 도시한다. 도 10(c)는 제1 데이터(D1), 제2 데이터(D2) 및 제3 데이터(D3)은 하이(high)인 경우, 각각의 데이터(D1 내지 D3) 및 신호(XOR-OUT)의 타이밍도를 도시한다.
- [0085] 도 8, 도 7, 도 10(a)를 참조하면, 데이터 라인(DATA line1)에 I의 전류가 흐른다면, 제1 데이터(D1)은 하이(high)로, 제2 데이터(D2) 및 제3 데이터(D3)은 로우(low)가 될 수 있다. 따라서, 신호(XOR-OUT)는 도 10(a)와

같이 된다. 카운트 회로(Count Circuit)는 신호(XOR-OUT)의 상승엣지 또는 하강엣지를 카운트 할 수 있다. 따라서, 제1 서브 카운트 신호(sub-count signal 1)는 1을 나타내는 신호일 수 있다.

[0086] 도 8, 도7, 도 10(b)를 참조하면, 데이터 라인(DATA line1)에 2I의 전류가 흐른다면, 제1 데이터(D1) 및 제2 데이터(D2)는 하이(high)로, 제3 데이터(D3)은 로우(low)가 될 수 있다. 따라서, 신호(XOR-OUT)는 도 10(b)와 같이 된다. 카운트 회로(Count Circuit)는 신호(XOR-OUT)의 상승엣지 또는 하강엣지를 카운트 할 수 있다. 따라서, 제1 서브 카운트 신호(sub-count signal 1)는 2를 나타내는 신호일 수 있다.

[0087] 도 8, 도7, 도 10(c)를 참조하면, 데이터 라인(DATA line1)에 3I의 전류가 흐른다면, 제1 데이터(D1), 제2 데이터(D2) 및 제3 데이터(D3)은 하이(high)가 될 수 있다. 따라서, 신호(XOR-OUT)는 도 10(c)와 같이 된다. 카운트 회로(Count Circuit)는 신호(XOR-OUT)의 상승엣지 또는 하강엣지를 카운트 할 수 있다. 따라서, 제1 서브 카운트 신호(sub-count signal 1)는 3을 나타내는 신호일 수 있다.

[0088] 도 8에 도시된 방사선 디텍팅 시스템(400a)의 동작을 설명한다. 셀 어레이(Cell Array, 200a)에 포함된 셀에는 방사선을 디텍팅한 셀과 디텍팅하지 않을 셀이 있다. 방사선의 밀도에 비례하여 디텍팅한 셀의 개수는 증가할 것이다. 방사선을 디텍팅한 셀은 출력신호(OUT1, OUT2, OUT3, OUT4, OUT5, OUT6)를 통하여 디텍팅 여부를 출력한다. 출력신호(OUT1, OUT2, OUT3, OUT4, OUT5, OUT6)는 스위치(TR1, TR2, TR3, TR4, TR5, TR6)를 턴온 또는 턴오프 시킨다. 턴온된 스위치는 제1 데이터 라인(DATA line1) 또는 제2 데이터 라인(DATA line2)을 통하여 전류를 흐르도록 한다. 이때 제1 데이터(D1) 내지 제3 데이터(D3)가 온(On) 또는 오프(Off) 되어, 카운트부(310a)에 입력된다. 제2 데이터 라인(DATA line2)의 경우도 제1 데이터 라인(DATA line1)의 경우와 유사하다. 카운트(310a)는 제1 데이터(D1) 내지 제6 데이터(D6)를 통하여 방사선을 카운트한 셀의 개수를 나타내는 카운트 신호(count signal)를 연산하고, 카운트 신호(count signal)를 출력한다. 따라서, 이러한 과정을 거쳐서, 순차적으로 들어오는 또는 거의 동시에 들어오는 빛(Photon)들을 검출할 수 있다.

[0089] 도 11는 본 발명의 일 실시예에 따른 단층촬영을 위한 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀들(Detector, 101b, 102b, 103b, 104b, 105b, 106b)을 포함하는 셀 어레이(Cell Array, 200b)와 방사선 계산기(Accumulator, 300b)를 포함하는 방사선 디텍팅 시스템(400b)을 도시한다.

[0090] 도 11를 참조하면, 방사선 디텍팅 시스템(400b)은 셀 어레이(Cell Array, 200b) 및 방사선 계산기(Accumulator, 300b)를 포함한다. 셀 어레이(200b)는 단층촬영을 위한 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀들(101b, 102b, 103b, 104b, 105b, 106b)을 포함한다. 셀 어레이(200b)는 도 7의 셀 어레이(200)와 유사하다. 셀 어레이(200)의 경우와 비슷하게, 셀 어레이(200b)의 셀의 개수, 하나의 데이터 라인(DATA line)에 연결된 셀의 개수, 데이터 라인(DATA line)의 개수는 예시적인 것으로 권리범위를 제한하지 않는다.

[0091] 방사선 계산기(300b)는 카운트부(310b)를 포함한다. 카운트부(310b)는 방사선을 수신한 셀의 개수를 카운트한다. 카운트부(310b)는 카운팅된 셀의 개수를 나타내는 카운트 신호(count signal)를 발생시킨다. 카운트부(310b)는 복수의 서브 카운터(sub-counter)를 포함할 수 있다. 각각의 서브 카운터(sub-counter)는 하나의 데이터 라인(DATA line)에 연결된 방사선을 수신한 셀의 개수를 카운트할 수 있다. 카운트부(310b)는 복수의 서브 카운터(sub-counter)에서 발생하는 서브 카운터 신호를 조합하여 카운트 신호를 발생시킬 수 있다.

[0092] 방사선 계산기(300b)는 셀 어레이(200b)에서부터, 데이터 라인(DATA line1, DATA line2)을 통하여 전류를 수신한다. 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀들(Detector, 101b, 102b, 103b)에서 출력된 출력신호(OUT1, OUT2, OUT3)에 의하여 스위치들(TR1, TR2, TR3)이 턴온 또는 턴오프된다. 스위치들(TR1, TR2, TR3)이 턴온되면, 방사선이 검출된 셀의 개수에 따라서 데이터 라인에 대응되는 전류가 흐른다. 예를 들어, 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀(101b)에서만 방사선이 검출되고, 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀(102b, 103b)에서는 방사선이 검출되지 않았다면, 스위치(TR1)만이 턴온되고, 그리하여, 데이터 라인(DATA line1)에는 I의 전류가 흐른다. 예를 들어, 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀(101b, 102b)에서 방사선이 검출되고, 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀(103b)에서는 방사선이 검출되지 않았다면, 스위치(TR1) 및 스위치(TR2)가 턴온되고, 그리하여, 데이터 라인(DATA line1)에는 2I의 전류가 흐른다. 유사한 방식으로, 3개의 셀에서 방사선이 검출되었다면, 데이터 라인(DATA line1)에는 3I(즉, I전류 보다3배 많은 양)의 전류가 흐른다.

[0093] 방사선 계산기(300b)는 카운트부(310b)를 포함한다. 데이터 라인(DATA line1)에 I의 전류가 흐른다면, 전류 미러(current mirror)의 반대편인 스위치(Tr_i)에도 I의 전류가 흐른다. 따라서, V_count1 은 저항 R과 전류 I의 곱과 같은 크기이다. 즉, $V_count1 = R \times I$ 이다. 유사하게, 데이터 라인(DATA line1)에 2I의 전류가 흐른다면, 전류 미러(current mirror)의 반대편인 스위치(Tr_i)에도 4I의 전류가 흐른다. 따라서, V_count1 은

저항 R과 전류 2I의 곱과 같은 크기이다. 즉, $V_{count1} = R \times 2I$ 이다. 유사하게, 데이터 라인(DATA line1)에 3I의 전류가 흐른다면, 스위치(Tr_i)에도 5I의 전류가 흐른다. 따라서, V_{count1} 은 저항 R과 전류 3I의 곱과 같은 크기이다. 즉, $V_{count1} = R \times 3I$ 이다. 따라서, 방사선을 디텍팅한 셀의 개수가 1개이면, $V_{count1} = R \times I$ 이고, 방사선을 디텍팅한 셀의 개수가 2개 이면, $V_{count1} = R \times 2I$ 이고, 방사선을 디텍팅한 셀의 개수가 3개 이면, $V_{count1} = R \times 3I$ 이다. 따라서, 카운트부(310b)는 전압의 크기에 따라서, 방사선의 밀도를 디텍팅할 수 있다. 이에 따라서, 카운트부(310b)는 카운트 신호(count signal)를 발생시킨다.

[0094] 도 12(a) 내지 도 12(c)는 데이터 라인(DATA line1)에 흐르는 전류에 따라서, 출력신호(OUT1, OUT2, OUT3) 및 카운트 전압(V_{count})의 타이밍도를 도시한다. 구체적으로, 도 12(a)는 스위치(TR1)가 턴 온 되고, 스위치(TR2) 및 스위치(TR3)가 턴 오프 된 경우 출력신호(OUT1, OUT2, OUT3) 및 카운트 전압(V_{count})의 타이밍도를 도시한다. 도 12(b)는 스위치(TR1) 및 스위치(TR2)가 턴 온 되고, 스위치(TR3)가 턴 오프 된 경우 출력신호(OUT1, OUT2, OUT3) 및 카운트 전압(V_{count})의 타이밍도를 도시한다. 도 12(c)는 스위치(TR1), 스위치(TR2) 및 스위치(TR3)가 턴 온 된 경우의 출력신호(OUT1, OUT2, OUT3) 및 카운트 전압(V_{count})의 타이밍도를 도시한다.

[0095] 도 11, 도 12(a)를 참조하면, 도 12(a)의 타이밍도는 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀(101b)에서 방사선이 디텍팅되고, 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀(102b) 및 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀(103b)에서 방사선이 디텍팅되지 않는 경우이다. 출력신호(OUT1)에 의해 스위치(TR1)는 턴온되고, 출력신호(OUT2)에 의해 스위치(TR2)는 턴 오프되고, 출력신호(OUT3)에 의해 스위치(TR3)는 턴오프된다. 따라서, 제1 데이터 라인(DATA line1)에는 전류 I가 흐르고, 스위치(Tr_i)에도 이와 동일한 전류가 흐른다. 따라서, 카운트 전압(V_{count1})은 $R \times I$ 와 같이 나타낼 수 있다. 따라서, 카운트부(310b)에서는 상승엣지의 개수 또는 최대 전압의 크기로 방사선의 밀도를 측정할 수 있다.

[0096] 도 11, 도 12(b)를 참조하면, 도 12(b)의 타이밍도는 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀(101b)과 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀(102b)에서 방사선이 디텍팅되고, 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀(103b)에서 방사선이 디텍팅되지 않는 경우이다. 출력신호(OUT1)에 의해 스위치(TR1)는 턴온되고, 출력신호(OUT2)에 의해 스위치(TR2)는 턴 온되고, 출력신호(OUT3)에 의해 스위치(TR3)는 턴오프된다. 따라서, 제1 데이터 라인(DATA line1)에는 전류 2I가 흐르고, 스위치(Tr_i)에도 이와 동일한 전류가 흐른다. 따라서, 카운트 전압(V_{count1})은 $R \times 2I$ 와 같이 나타낼 수 있다. 다만, 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀(101b)과 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀(102b)에 방사선이 동시에 디텍팅된 것이 아니므로, 시간 차이를 가질 수 있다. 이러한 시간 차이로 인하여 카운트 전압(V_{count1})은 계단식으로 올라갈 것이다. 따라서, 카운트부(310b)에서는 상승엣지의 개수를 카운트 할 수 있고, 최대 전압의 크기를 통하여 방사선의 밀도를 측정하는 것도 가능하다.

[0097] 도 11, 도 12(c)를 참조하면, 도 12(c)의 타이밍도는 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀(101b) 내지 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀(103b)에서 방사선이 디텍팅된 경우이다. 출력신호(OUT1)에 의해 스위치(TR1)는 턴온되고, 출력신호(OUT2)에 의해 스위치(TR2)는 턴온되고, 출력신호(OUT3)에 의해 스위치(TR3)는 턴온된다. 따라서, 제1 데이터 라인(DATA line1)에는 전류 3I가 흐르고, 스위치(Tr_i)에도 이와 동일한 전류가 흐른다. 따라서, 카운트 전압(V_{count1})은 $R \times 3I$ 와 같이 나타낼 수 있다. 다만, 도 12(b)의 경우와 같이, 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀(101b)과 실리콘 광전자 증배관 디텍터 셀(102b)에 방사선이 동시에 디텍팅된 것이 아니므로, 시간 차이를 가질 수 있다. 이러한 시간 차이로 인하여 카운트 전압(V_{count1})은 계단식으로 올라갈 것이다. 따라서, 카운트부(310b)에서는 상승 엣지의 개수를 카운트 할 수 있고, 최대 전압의 크기를 통하여 방사선의 밀도를 측정하는 것도 가능하다.

[0098] 도 11에 도시된 방사선 디텍팅 시스템(400b)의 동작을 설명한다. 이는 방사선 디텍팅 시스템(400b)의 동작과 유사하다. 제1 데이터 라인(DATA line1)은 방사선을 디텍팅한 셀의 개수에 따라서, 카운트 전압(V_{count1})을 변경시킨다. 구체적으로, 예를 들어, 방사선을 디텍팅한 셀의 개수가 1개라면, 카운트 전압(V_{count1})은 $R \times I$ 이 되고, 방사선을 디텍팅한 셀의 개수가 2 개라면, 카운트 전압(V_{count1})은 $R \times 2I$ 이 되고, 방사선을 디텍팅한 셀의 개수가 3 개라면, 카운트 전압(V_{count1})은 $R \times 3I$ 이 된다. 카운트부(310b)는 카운트 전압(V_{count1})의 크기를 통하여 방사선을 카운트한 셀의 개수를 나타내는 카운트 신호(count signal)를 연산하고, 카운트 신호(count signal)를 출력한다. 따라서, 이러한 과정을 거쳐서, 순차적으로 들어오는 또는 거의 동시에 들어오는 빛(Photon)들을 검출할 수 있다.

[0099] 본 발명을 명확하게 이해시키기 위해 첨부한 도면의 각 부위의 형상은 예시적인 것으로 이해하여야 한다. 도시된 형상 외의 다양한 형상으로 변형될 수 있음에 주의하여야 할 것이다. 도면들에 기재된 동일한 번호는 동일한 요소를 지칭한다.

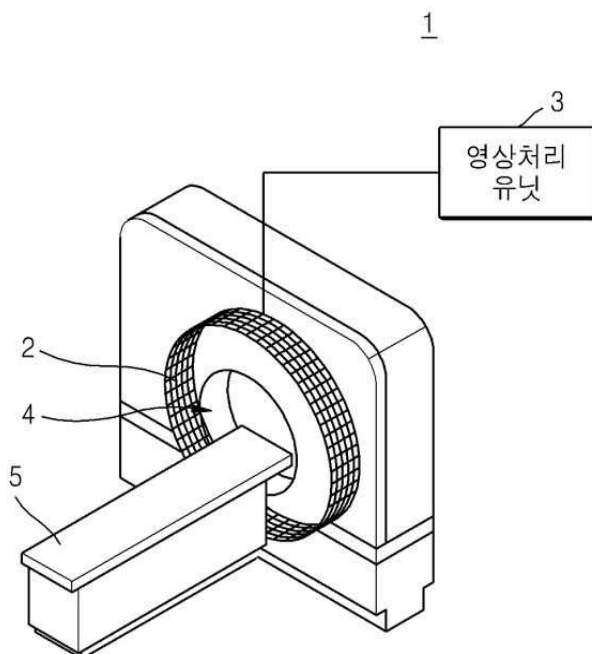
[0100] 이상에서 설명한 본 발명이 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하다는 것은, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 명백할 것이다.

부호의 설명

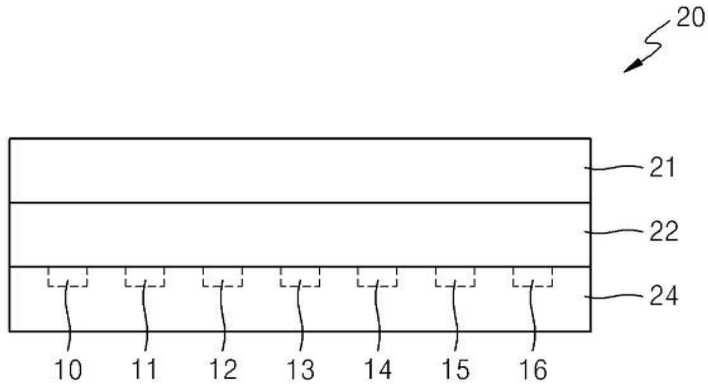
[0101] 방사선 측정 장치 (Radiation Measuring Device, 1)
 방사선 측정 모듈 (Radiation Measuring Module, 2)
 방사선 디텍터 모듈 (Radiation Detecting Module, 20)
 픽셀 소자 (Pixel Element, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16)
 디텍터 셀 (Detector Cell, 100)
 신틸레이터 (Scintillator, 110)
 검출부 (Detecting Unit, 130)
 리드아웃부 (ReadOUT Unit, 150)
 수동적 쿨링 유닛(131), 능동적 쿨링 유닛(135)
 포토 다이오드 (Photo Diode, 133)

도면

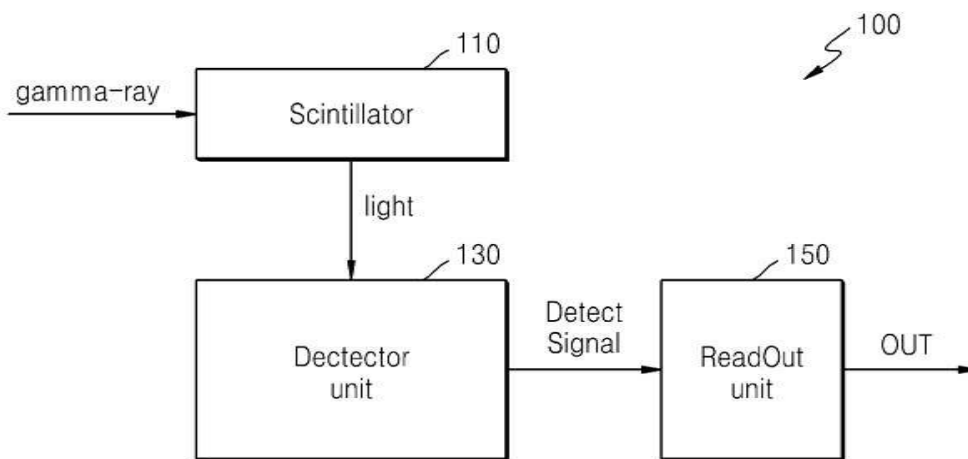
도면1



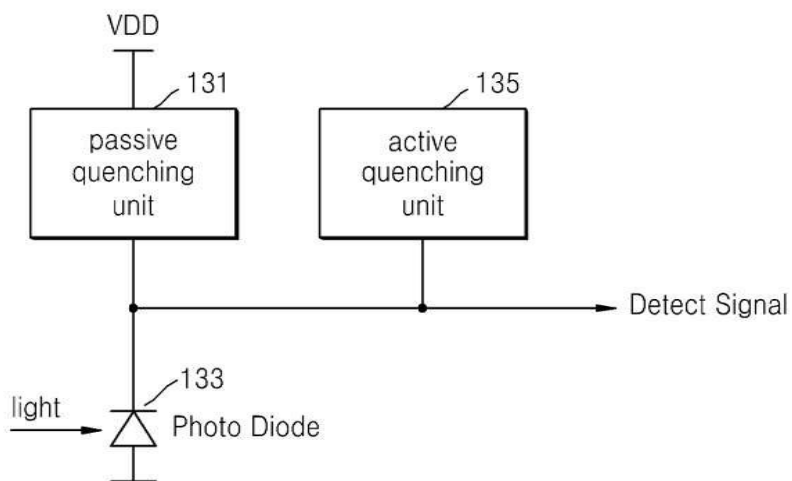
도면2



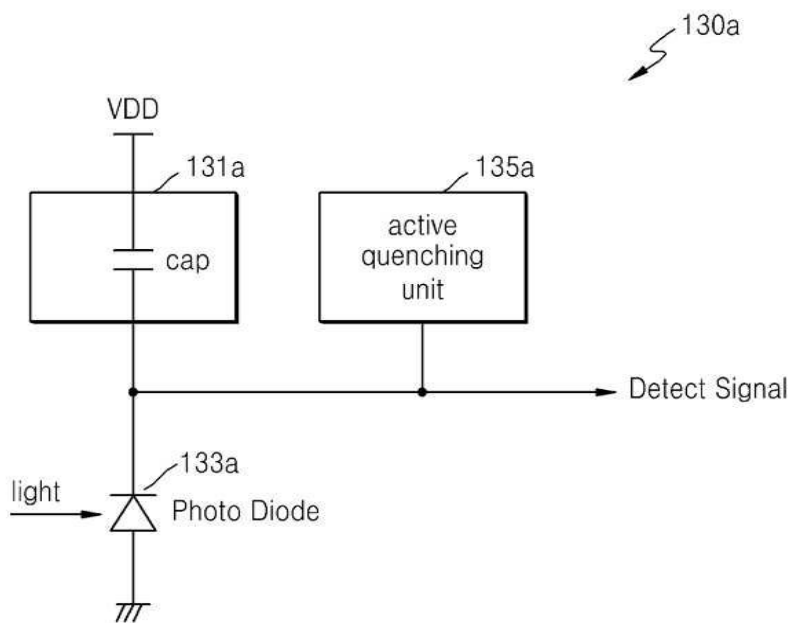
도면3



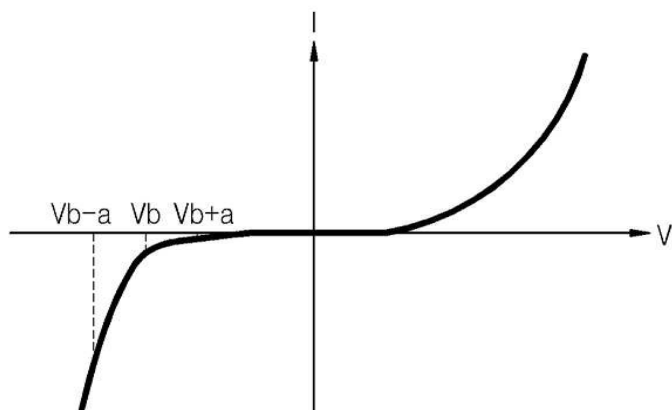
도면4



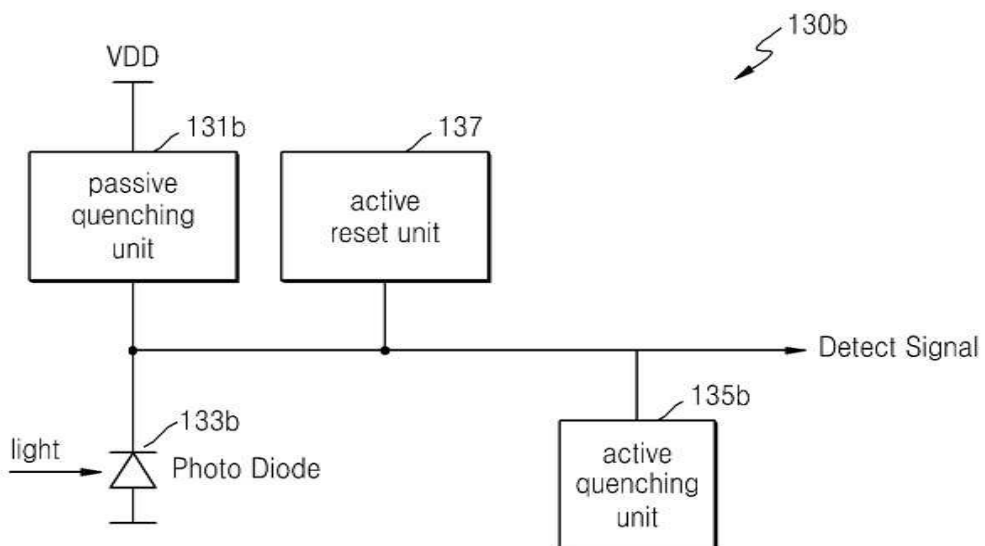
도면5a



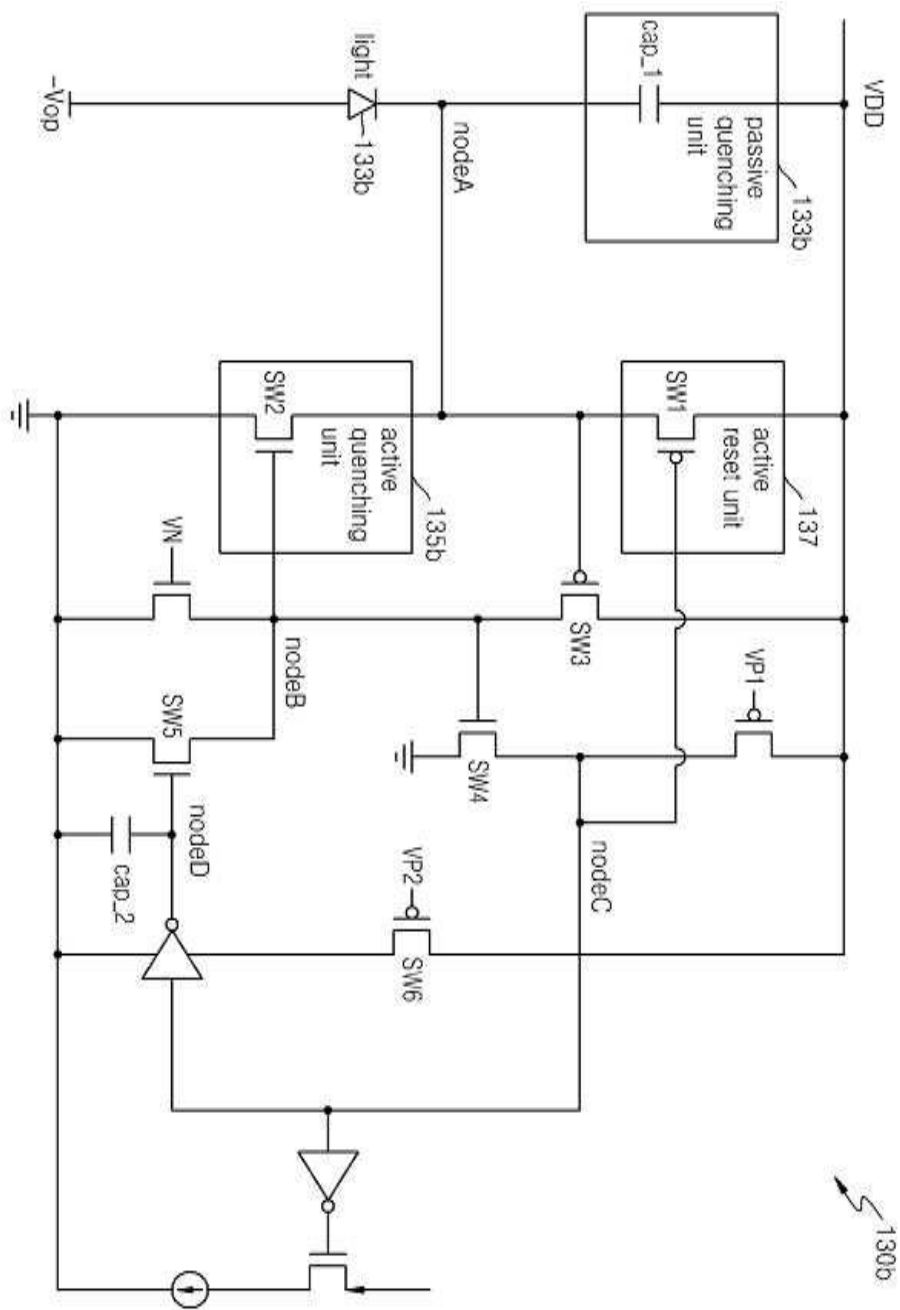
도면5b



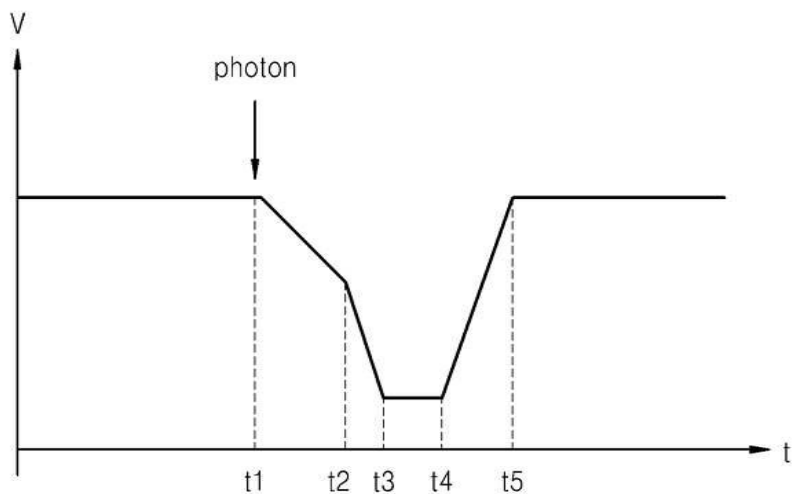
도면6a



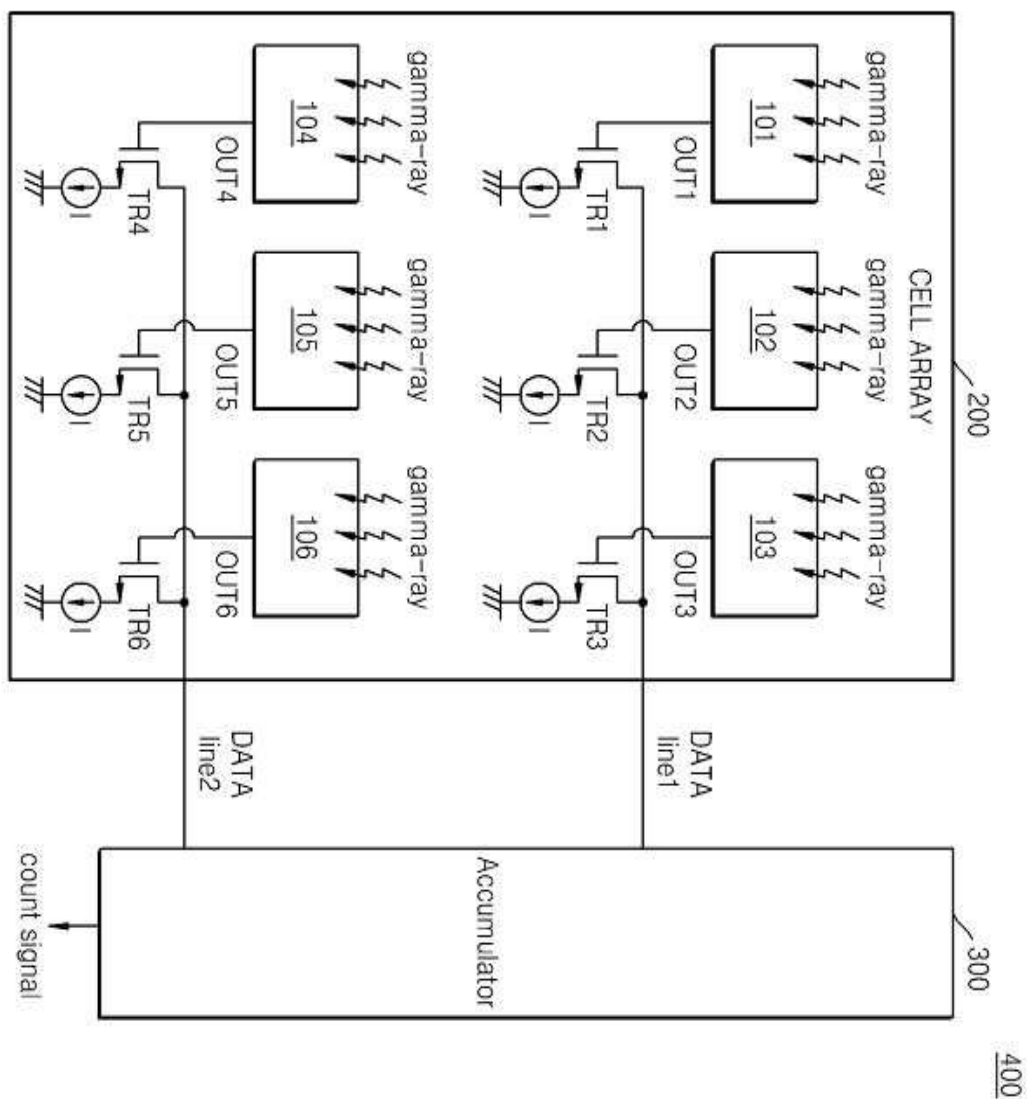
도면6b



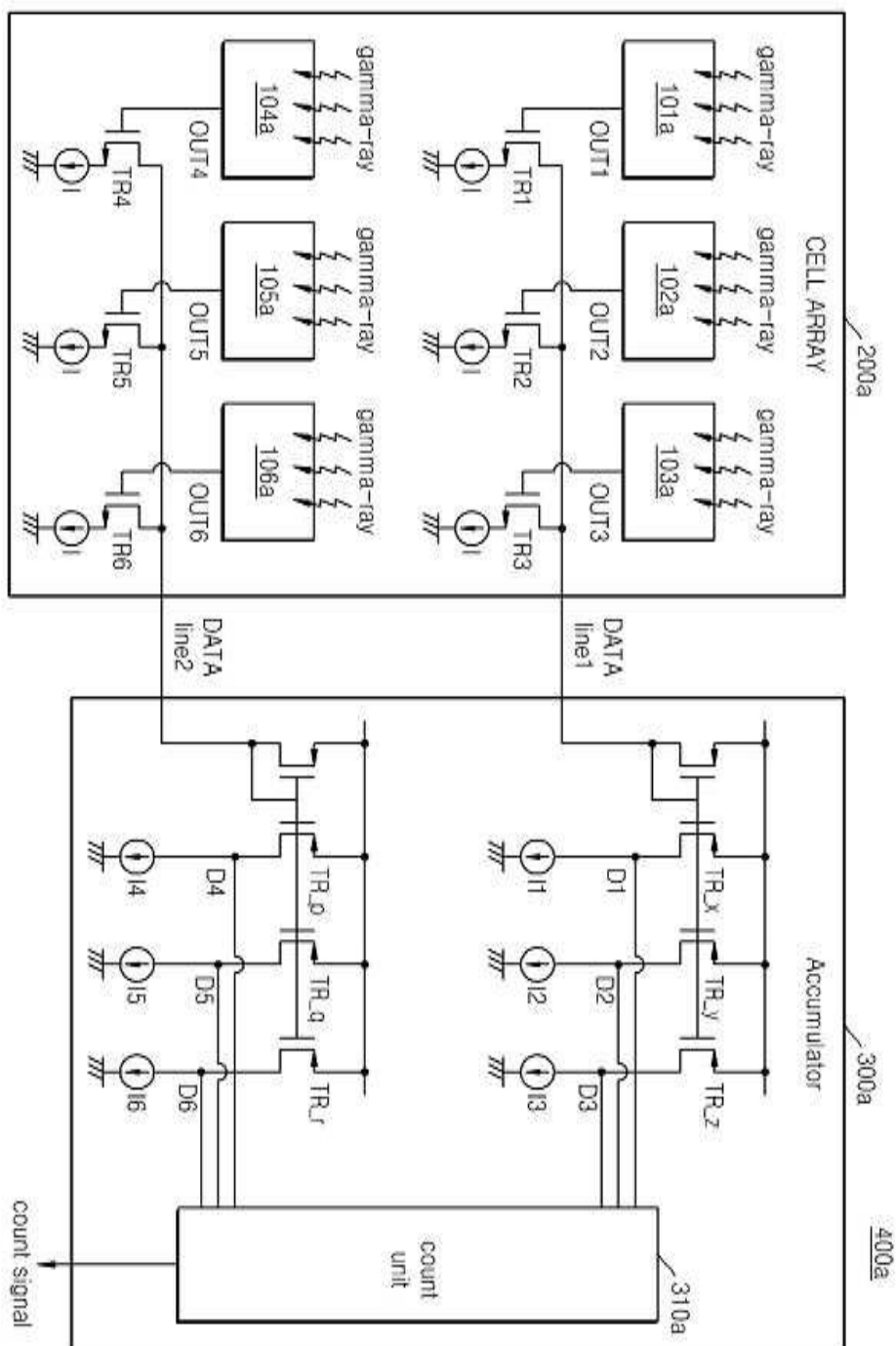
도면6c



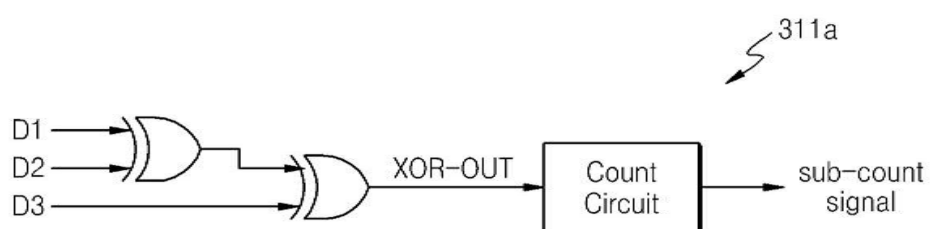
도면7



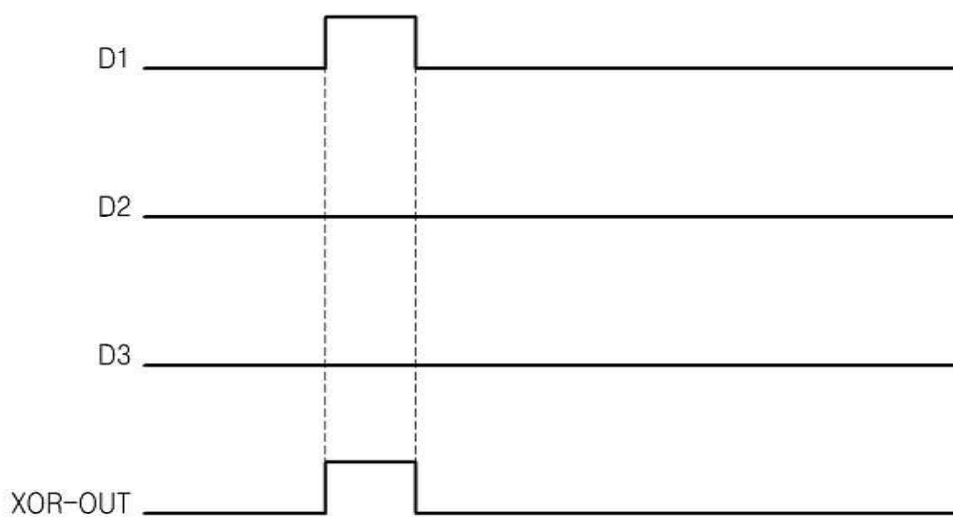
도면8



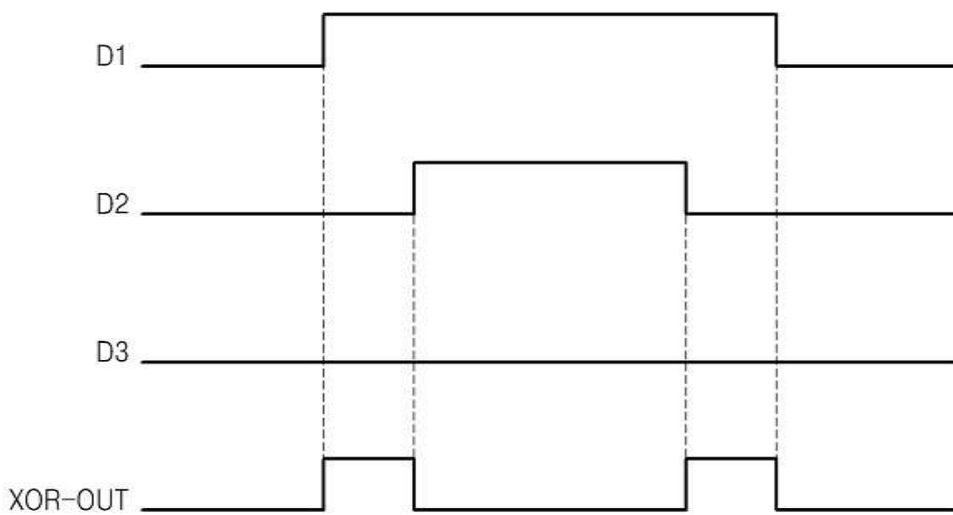
도면9



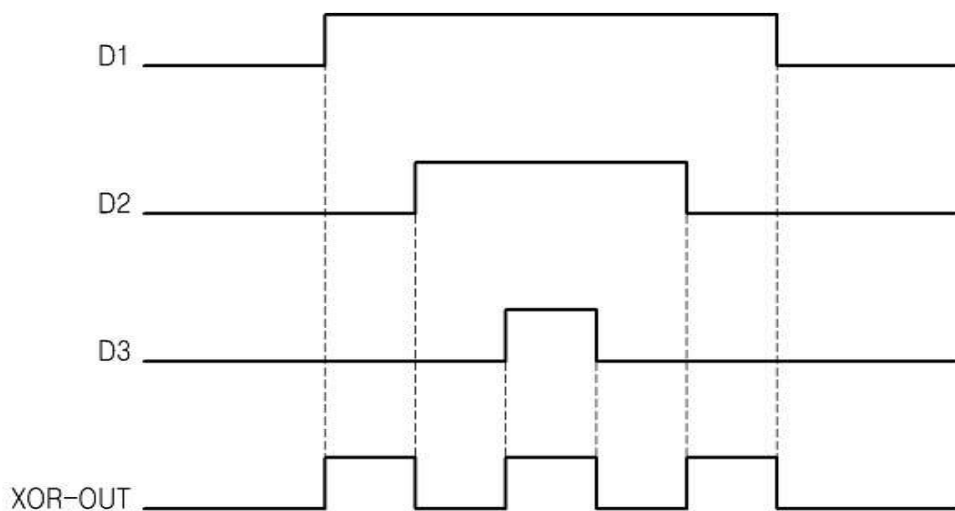
도면10a



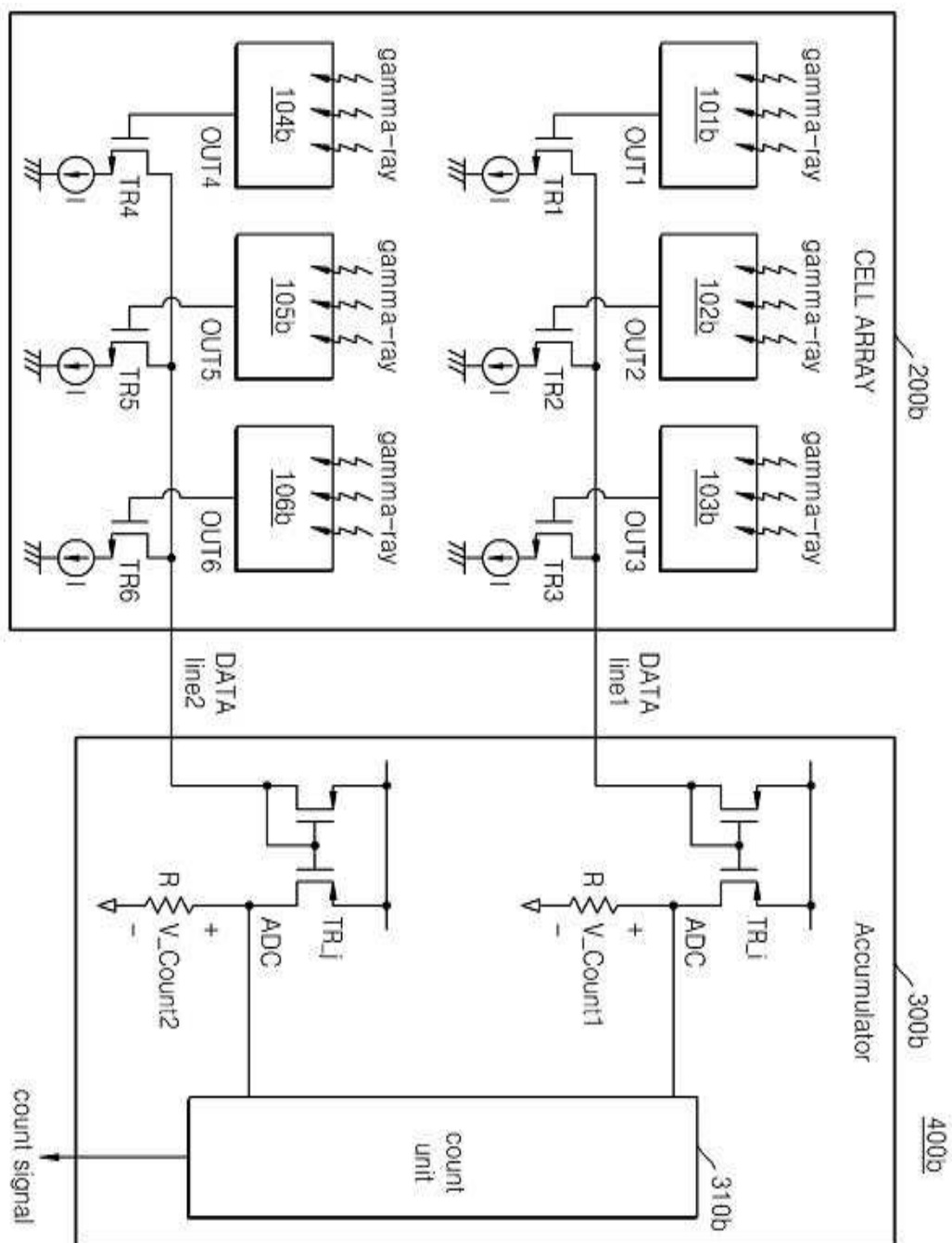
도면10b



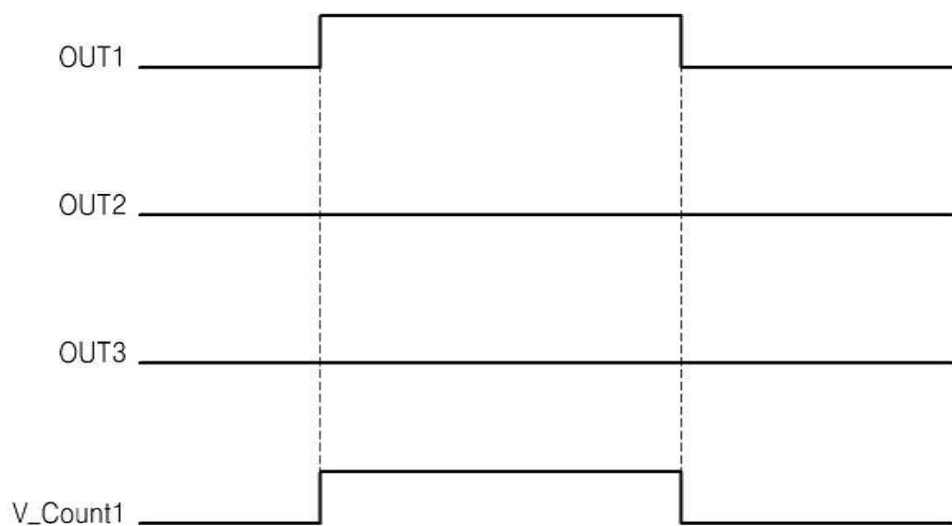
도면10c



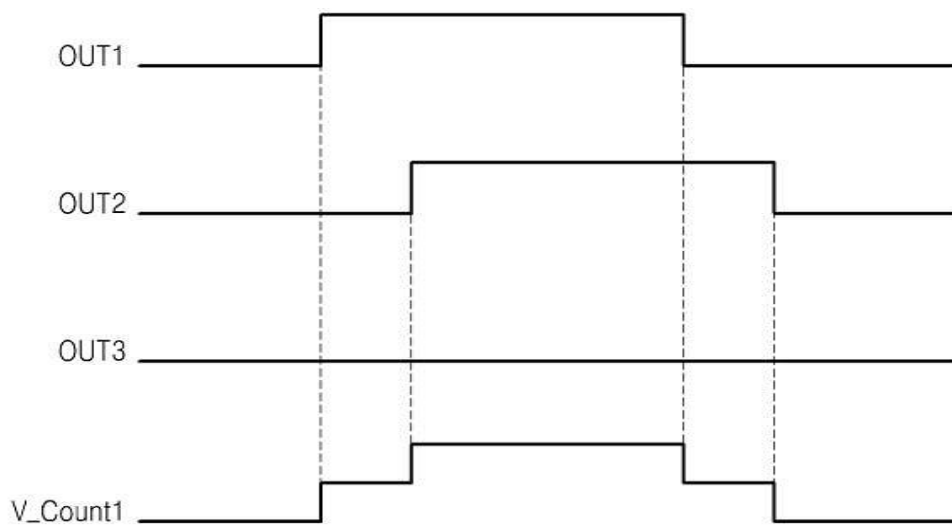
도면11



도면12a



도면12b



도면12c

