(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0077994
(43) 공개일자 2025년06월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 6/03 (2025.01) *A61B 6/00* (2025.01)
A61B 6/06 (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61B 6/037 (2020.08)
A61B 6/06 (2020.08)
(21) 출원번호 10-2023-0165621
(22) 출원일자 2023년11월24일
심사청구일자 2023년11월24일

(71) 출원인
주식회사 아라레연구소
서울특별시 성북구 안암로 145, 알앤디센터 636호(안암동5가, 고려대학교)
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
이학재
서울특별시 성북구 동소문로43길 50, A-401 (길음동, 윤성빌라)
염정열
서울특별시 성북구 보문사길 40, 103동402호(보문동3가, 이편한세상보문)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인남촌

전체 청구항 수 : 총 10 항

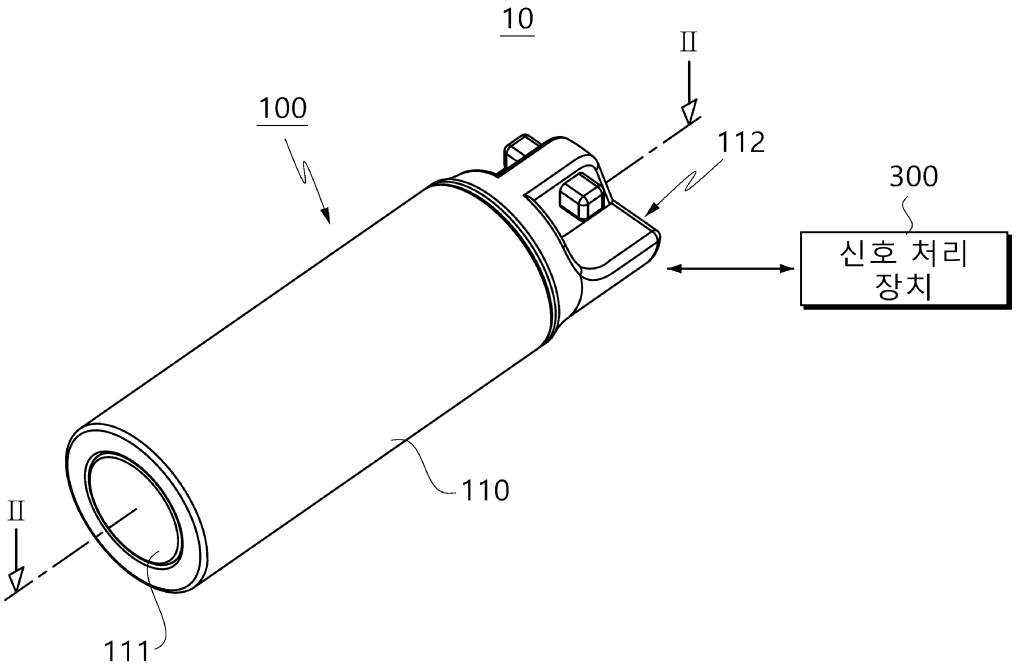
(54) 발명의 명칭 **인체 삽입 가능한 감마선 프로브 및 이를 이용한 감마선 검출 장치**

(57) 요 약

본 발명은 인체 삽입 가능한 감마선 프로브 및 이를 이용한 감마선 검출 장치에 관한 것이다. 본 발명의 실시예에 따른 감마선 프로브는 콜리메이터와, 상기 콜리메이터의 후단에 배치되어, 상기 콜리메이터를 통과한 방사선에 반응하여 광자를 방출하는 섬광체 어레이와, 상기 섬광체 어레이의 후단에 배치되어, 상기 섬광체 어레이에서

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



방출된 광자를 검출하여 전기 신호로 변환하는 광센서 모듈과, 상기 섬광체 어레이와 상기 광센서 모듈 사이에 배치되어 상기 섬광체 어레이로부터의 광자를 상기 광센서 모듈로 안내하는 광 가이드부와, 상기 콜리메이터, 상기 섬광체 어레이, 상기 광센서 모듈 및 상기 광 가이드부를 내부에 수용하는 원통 형상의 프로브 케이스를 포함하며; 상기 광 가이드부는 방사선에 반응하여 광자를 방출하는 재질로 마련되되, 상기 섬광체 어레이의 방사능 반응 특성과 상이한 특성의 재질로 마련되는 것을 특징으로 한다.

이를 통해, 인체 삽입 가능한 소형화의 구현을 위해 방사선 차폐 설계가 용이하지 않은 광센서 모듈, 광 가이드부의 측면 및 후면 측에서 유입되는 방사선을 광 가이드부의 재질과, 신호 처리를 통해 제거함으로써, 보다 정확한 방사선의 검출 및 영상화가 가능하게 된다.

(52) CPC특허분류
A61B 6/425 (2020.08)
A61B 6/4258 (2013.01)
A61B 6/5205 (2013.01)

(72) 발명자
이기성
서울특별시 서초구 서초중앙로31길 6, 602호(반포동, 새서울빌라)
김현구
서울특별시 서초구 반포대로39길 63-8, A-402(반포동, 반포서래월드메르디앙라스칼라)
박민혁
서울특별시 송파구 올림픽로35길 104, 1동 713호(신천동, 장미아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2317101
과제번호 RS-2023-00234651
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 차세대 유망 seed 기술실용화 패스트트랙 사업
연구과제명 최소침습 로봇 암 수술용 초소형 감마선 영상 프로브 상용화
기 여 율 1/3
과제수행기관명 고려대학교산학협력단
연구기간 2023.04.01 ~ 2027.03.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2304441
과제번호 2023R1A2C2007545
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 (이공)(유형1-2)중견연구(연평균연구비 1억원~2억원 이내)
연구과제명 최소침습 정밀 수술용 초소형 초음파-핵의학 융합 영상 내시경 개발
기 여 율 1/3
과제수행기관명 고려대학교산학협력단
연구기간 2023.03.01 ~ 2027.02.28
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2219252
과제번호 RS-2022-00165164
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 원자력연구개발사업(가동원전 안정성 향상 핵심기술 개발사업(R&D))
연구과제명 신속 사고 대응을 위한 격납건물 내부 방사선원 계측 시스템
기 여 율 1/3
과제수행기관명 고려대학교산학협력단
연구기간 2022.07.15 ~ 2026.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

인체 삽입 가능한 감마선 프로브에 있어서,

콜리메이터와,

상기 콜리메이터의 후단에 배치되어, 상기 콜리메이터를 통과한 방사선에 반응하여 광자를 방출하는 섬광체 어레이와,

상기 섬광체 어레이의 후단에 배치되어, 상기 섬광체 어레이에서 방출된 광자를 검출하여 전기 신호로 변환하는 광센서 모듈과,

상기 섬광체 어레이와 상기 광센서 모듈 사이에 배치되어 상기 섬광체 어레이로부터의 광자를 상기 광센서 모듈로 안내하는 광 가이드부와,

상기 콜리메이터, 상기 섬광체 어레이, 상기 광센서 모듈 및 상기 광 가이드부를 내부에 수용하는 원통 형상의 프로브 케이스를 포함하며;

상기 광 가이드부는 방사선에 반응하여 광자를 방출하는 재질로 마련되되, 상기 섬광체 어레이의 방사능 반응 특성과 상이한 특성의 재질로 마련되는 것을 특징으로 하는 인체 삽입 가능한 감마선 프로브.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 콜리메이터는 핀홀 콜레메이터를 포함하며;

상기 섬광체 어레이는 상기 핀홀 콜리메이터의 후단 측으로 삽입되어 측면에 상기 핀홀 콜리메이터에 의해 차폐되는 것을 특징으로 하는 인체 삽입 가능한 감마선 프로브.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 광 가이드부는 상기 프로브 케이스의 측면 또는 후면 측으로부터 유입되는 방사선에 반응하여 광자를 방출하는 것을 특징으로 하는 인체 삽입 가능한 감마선 프로브.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 섬광체 어레이는 GAGG(Gadolinium Aluminium Gallium Garnet), CsI, NaI, 또는 LYSO(Lutetium yttrium orthosilicate) 재질 중 적어도 하나 또는 둘 이상의 조합의 재질로 마련되며;

상기 광 가이드부는 BGO(Bithmuth Germanium Oxide, $Bi_4Ge_3O_{12}$), PWO(Lead tungstate, $PbWO_4$), CWO(Cadmium tungstate, $CdWO_4$), Lu_2O_3 재질 중 적어도 하나 또는 둘 이상의 조합의 재질로 마련되는 것을 특징으로 하는 인체 삽입 가능한 감마선 프로브.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 광센서 모듈 및 상기 광 가이드부의 측면은 방사선 차폐 구조가 형성되지 않은 것을 특징으로 하는 인체 삽입 가능한 감마선 프로브.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 따른 감마선 프로브와,

상기 감마선 프로브로부터의 전기 신호를 처리하는 신호 처리 장치를 포함하며;

상기 신호 처리 장치는 상기 감마선 프로브의 광센서 모듈로부터의 전기 신호 중 상기 감마선 프로브의 광 가이드부로부터의 광자에 의해 변환된 전기 신호를 분리하고, 상기 감마선 프로브의 섬광체 어레이로부터의 광자에 의해 변환된 전기 신호에 기초하여 감마선을 검출하는 것을 특징으로 하는 감마선 검출 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 신호 처리 장치는 상기 감마선 프로브로부터의 전기 신호를 처리하여 영상화하는 것을 특징으로 하는 감마선 검출 장치.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 신호 처리 장치는 파형 분별(Pulse shape discrimination) 기법에 기반하여, 상기 광 가이드부로부터의 광자에 의해 변환된 전기 신호와 상기 섬광체 어레이로부터의 광자에 의해 변환된 전기 신호를 분리하는 것을 특징으로 하는 감마선 검출 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 파형 분별(Pulse shape discrimination) 기법은 zero crossing 기법, charge comparison 기법, rise time discrimination 기법, pulse gradient analysis 기법, fuzzy logic 기법, discrete wavelet transform 기법, wavelength discrimination 기법, Autoencoder를 이용한 PSD 기법, ML(Maximum Likelihood) 기반 PSD 기법 중 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 감마선 검출 장치.

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 신호 처리 장치는 상기 감마선 프로브로부터의 전기 신호의 세기에 기반하여, 상기 광 가이드부로부터의 광자에 의해 변환된 전기 신호와 상기 섬광체 어레이로부터의 광자에 의해 변환된 전기 신호를 분리하는 것을 특징으로 하는 감마선 검출 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 인체 삽입 가능한 감마선 프로브 및 이를 이용한 감마선 검출 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 인체에 삽입 가능한 사이즈로 제작되는 인체 삽입 가능한 감마선 프로브 및 이를 이용한 감마선 검출 장치에 관한 것이다.다.

배 경 기 술

[0002] 핵의학 영상화 기술은 미소량의 방사성물질을 인체 내에 주입, 확산시켜 특정한 기관, 뼈 및 조직 내의 방사성 동위원소(추적자)가 방출하는 감마선을 검출하여 영상을 재구성하는 기술이다.

[0003] 이와 같은 감마선 영상화 기술로는 양전자방출단층촬영기술(Positron Emission Tomography : PET)와 단일광자방출전산화단층촬영기술(Single Photon Emission Computed Tomography : SPECT)가 있으며 이들은 생체의 구조영상을 제공하는 CT, MRI와는 달리 혈류량과 세포의 신진대사 등 생화학적 기능영상을 제공하므로 암이나 병을 조기에 진단할 수 있다.

[0004] 감마선 영상화 기술이 적용되는 감마선 영상화 장치에는 감마선의 광자를 검출하기 위한 감마 카메라(또는 감마 프로브)가 설치된다. 일반적으로, 감마 카메라는 콜리메이터, 섬광결정, 그리고, 광센서 모듈을 포함하여 구성

된다.

[0005] 콜리메이터는 홀이 형성된 납 재질로 구성되는데, 인체 내에 주입되는 방사선 동위원소로부터 방사되는 방사선의 방향을 제어하기 위한 것으로, 콜리메이터에 형성된 홀로 입사되는 방사선을 통과시키고, 일정 각도 이상으로 입사되는 방사선을 차폐한다.

[0006] 섬광결정은 콜리메이터를 통과한 방사선이 부딪히게 되고, 부딪힌 방사선에 반응하여 광자를 방출하게 된다. 이와 같이 방출된 광자는 광센서 모듈에 의해 검출 위치가 결정되어 영상화 등이 가능하게 된다.

[0007] 한편, 근래에 감마 카메라를 최소 침습 로봇 암 수술에 적용하기 위해 인체에 삽입 가능한 사이즈로 제작하려는 시도가 있으며, 특히 영상화를 위한 기술 개발이 진행되고 있다.

[0008] 그러나, 인체에 삽입 가능한 사이즈로 영상화가 가능한 감마 카메라의 제작에는 여러 문제점이 있다. 일 예로, 보다 정밀한 영상화를 위해 콜리메이터로 유입되는 방사선 외에 다른 방향으로 유입되는 방사산이 차폐되어야 하는데, 감마 카메라를 구성하는 모든 구성을 소형화하면서도 차폐 구조까지 도입하기는 그 설계가 용이하지 않다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 이에, 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해소하기 위해 안출된 것으로서, 인체에 삽입 가능한 사이즈로 제작이 가능하면서도, 의도하지 않은 방사선에 의한 영향을 제거할 수 있는 인체 삽입 가능한 감마선 프로브 및 이를 이용한 감마선 검출 장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 목적은 본 발명에 따라, 인체 삽입 가능한 감마선 프로브에 있어서, 콜리메이터와, 상기 콜리메이터의 후단에 배치되어, 상기 콜리메이터를 통과한 방사선에 반응하여 광자를 방출하는 섬광체 어레이와, 상기 섬광체 어레이의 후단에 배치되어, 상기 섬광체 어레이에서 방출된 광자를 검출하여 전기 신호로 변환하는 광센서 모듈과, 상기 섬광체 어레이와 상기 광센서 모듈 사이에 배치되어 상기 섬광체 어레이로부터의 광자를 상기 광센서 모듈로 안내하는 광 가이드부와, 상기 콜리메이터, 상기 섬광체 어레이, 상기 광센서 모듈 및 상기 광 가이드부를 내부에 수용하는 원통 형상의 프로브 케이스를 포함하며; 상기 광 가이드부는 방사선에 반응하여 광자를 방출하는 재질로 마련되되, 상기 섬광체 어레이의 방사능 반응 특성과 상이한 특성의 재질로 마련되는 것을 특징으로 하는 인체 삽입 가능한 감마선 프로브에 의해서 달성된다.

[0011] 여기서, 상기 콜리메이터는 핀홀 콜레메이터를 포함하며; 상기 섬광체 어레이는 상기 핀홀 콜리메이터의 후단 측으로 삽입되어 측면에 상기 핀홀 콜리메이터에 의해 차폐될 수 있다.

[0012] 그리고, 상기 광 가이드부는 상기 프로브 케이스의 측면 또는 후면 측으로부터 유입되는 방사선에 반응하여 광자를 방출할 수 있다.

[0013] 여기서, 상기 섬광체 어레이는 GAGG(Gadolinium Aluminium Gallium Garnet), CsI, NaI, LYSO(Lutetium yttrium orthosilicate) 재질 중 적어도 하나 또는 둘 이상의 조합의 재질로 마련되며; 상기 광 가이드부는 BGO(Bithmuth Germanium Oxide, $Bi_4Ge_3O_{12}$), PWO(Lead tungstate, $PbWO_4$), CWO(Cadmium tungstate, $CdWO_4$), Lu_2O_3 재질 중 적어도 하나 또는 둘 이상의 조합의 재질로 마련될 수 있다.

[0014] 그리고, 상기 광센서 모듈 및 상기 광 가이드부의 측면은 방사선 차폐 구조가 형성되지 않을 수 있다.

[0015] 한편, 상기 목적은 본 발명의 다른 실시 형태에 따라, 상기의 감마선 프로브와, 상기 감마선 프로브로부터의 전기 신호를 처리하는 신호 처리 장치를 포함하며; 상기 신호 처리 장치는 상기 감마선 프로브의 광센서 모듈로부터의 전기 신호 중 상기 감마선 프로브의 광 가이드부로부터의 광자에 의해 변환된 전기 신호를 분리하고, 상기 감마선 프로브의 섬광체 어레이로부터의 광자에 의해 변환된 전기 신호에 기초하여 감마선을 검출하는 것을 특징으로 하는 감마선 검출 장치에 의해서도 달성된다.

[0016] 여기서, 상기 신호 처리 장치는 상기 감마선 프로브로부터의 전기 신호를 처리하여 영상화할 수 있다.

[0017] 또한, 상기 신호 처리 장치는 파형 분별(Pulse shape discrimination) 기법에 기반하여, 상기 광 가이드부로부

터의 광자에 의해 변환된 전기 신호와 상기 섬광체 어레이로부터의 광자에 의해 변환된 전기 신호를 분리할 수 있다.

[0018] 그리고, 상기 파형 분별(Pulse shape discrimination) 기법은 zero crossing 기법, charge comparison 기법, rise time discrimination 기법, pulse gradient analysis 기법, fuzzy logic 기법, discrete wavelet transform 기법, wavelength discrimination 기법, Autoencoder를 이용한 PSD 기법, ML(Maximum Likelihood) 기반 PSD 기법 중 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0019] 그리고, 상기 신호 처리 장치는 상기 감마선 프로브로부터의 전기 신호의 세기에 기반하여, 상기 광 가이드부로부터의 광자에 의해 변환된 전기 신호와 상기 섬광체 어레이로부터의 광자에 의해 변환된 전기 신호를 분리할 수 있다.

발명의 효과

[0020] 상기와 같은 구성에 따라, 본 발명에 따르면, 인체 삽입 가능한 소형화의 구현을 위해 방사선 차폐 설계가 용이하지 않은 광센서 모듈, 광 가이드부의 측면 및 후면 측에서 유입되는 방사선을 광 가이드부의 재질과, 신호 처리를 통해 제거함으로써, 보다 정확한 방사선의 검출 및 영상화가 가능하게 된다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 감마선 검출 장치의 구성을 나타낸 도면이고,

도 2는 도 1의 Ⅱ-Ⅱ 선에 따른 단면도이고,

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 감마선 프로브의 광 가이드부의 재질에 다른 방사선 유입을 설명하기 위한 도면이고,

도 4는 섬광체에 따른 전기 신호의 감쇠 시간의 차이의 예를 나타낸 도면이고,

도 5는 섬광체에 다른 전기 신호의 세기의 차이 및 문턱치의 예를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 제한되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 기술자에게 본 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

[0023] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소 외에 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다. 명세서 전체에 걸쳐 동일한 도면 부호는 동일한 구성 요소를 지칭하며, "및/또는"은 언급된 구성요소들의 각각 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다. 비록 "제1", "제2" 등이 다양한 구성요소들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 구성요소들은 이들 용어에 의해 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위하여 사용하는 것이다. 따라서, 이하에서 언급되는 제1 구성요소는 본 발명의 기술적 사상 내에서 제2 구성요소일 수도 있음은 물론이다.

[0024] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 기술자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또한, 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.

[0025] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 실시예들을 상세히 설명한다.

[0026] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 감마선 검출 장치(10)의 구성을 나타낸 도면이고, 도 2는 도 1의 Ⅱ-Ⅱ 선에 따른 단면도이다.

[0027] 도 1 및 도 2를 참조하여 설명하면, 본 발명의 실시예에 따른 감마선 검출 장치(10)는 감마선 프로브(100)와,

신호 처리 장치를 포함하여 구성될 수 있다.

[0028] 본 발명의 실시예에 따른 감마선 프로브(100)는 인체에 삽입 가능한 사이즈 및 형태로 구성되는 것을 예로 한다. 일 실시예로, 본 발명의 실시예에 따른 감마선 검출 장치(10)는 로봇 암 수술시 감마 프로브가 인체에 로봇 수술 장치와 함께 삽입되어 감마선 검출, 예컨대, 병변의 영상화를 수행하는 것을 예로 한다.

[0029] 본 발명의 실시예에 따른 감마 프로브는 콜리메이터(120), 섬광체 어레이(130), 광센서 모듈(150), 광 가이드부(140) 및 프로브 케이스(110)(110)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0030] 본 발명의 실시예에 따른 콜리메이터(120)는 방출되는 감마선 중 일정한 방향으로 입사되는 방사선만이 섬광체 어레이(130) 측으로 도달하도록 방사선을 가이드한다. 콜리메이터(120)는 광학이나 형광 영상화 장치에 비해 적은 량의 방사능에 따른 민감도 저하 문제를 해소시켜 준다.

[0031] 일 실시예로, 콜리메이터(120)는 방사선을 차폐하는 재질, 예컨대, 텅스텐 재질로 마련되는 것을 예로 한다. 또한, 본 발명의 실시예에서는 콜리메이터(120)로 핀홀 콜리메이터(120)가 적용되는 것을 예로 한다.

[0032] 일 실시예로, 본 발명의 실시예에 따른 핀홀 콜리메이터(120)는, 도 2에 도시된 바와 같이, 내부에 핀홀 영역(123)이 형성된 콜리메이팅 영역(121)과, 콜리메이팅 영역(121)의 후단에 형성되는 후방 차폐 영역(122)으로 구분될 수 있다. 여기서, 후방 차폐 영역(122)으로는 섬광체 어레이(130)가 삽입될 수 있다.

[0033] 본 발명의 실시예에 따른 섬광체 어레이(130)는 콜리메이터(120)의 후단에 배치된다. 그리고, 섬광체 어레이(130)는 콜리메이터(120)를 통과한 방사선에 반응하여 광자를 방출한다. 일 실시예로, 섬광체 어레이(130)는 감마선을 저에너지의 광자로 변환하게 되는데, 광자와 함께 감마선에 반응한 위치 정보가 검출 가능하게 된다.

[0034] 일 실시예로 섬광체 어레이(130)는 GAGG(Gadolinium Aluminium Gallium Garnet), CsI, NaI, 또는 LYSO(Lutetium yttrium orthosilicate) 재질 중 적어도 하나 또는 둘 이상의 조합의 재질로 마련되는 것을 예로 한다.

[0035] 본 발명의 실시예에 따른 광센서 모듈(150)은 섬광체 어레이(130)의 후단에 배치될 수 있다. 그리고, 광센서 모듈(150)은 섬광체 어레이(130)에서 방출된 광자를 검출하여 전기 신호로 변환할 수 있다.

[0036] 일 실시예로 광센서 모듈(150)은 광증배소자(151) 및 회로 기판(152)을 포함하여 구성될 수 있다. 광증배소자(151)는 섬광체 어레이(130)로부터의 광자를 증폭하고, 회로 기판(152)은 광증배소자(151)로부터 증폭된 광자의 세기 및 위치를 검출하게 된다.

[0037] 일 실시예로 광증배소자(151)는 실리콘광증배소자(151)(SiPM : Silicon Photomultiplier)로 구현되는 것을 예로 한다.

[0038] 본 발명의 실시예에 따른 광 가이드부(140)는 섬광체 어레이(130)와 광센서 모듈(150) 사이에 배치된다. 그리고, 광 가이드부(140)는 섬광체 어레이(130)에서 감마선과의 상호 작용이 발생한 위치에서 나온 광자를 광센서 모듈(150)로 안내할 수 있다.

[0039] 본 발명의 실시예에 따른 프로브 케이스(110)(110)는 콜리메이터(120), 섬광체 어레이(130), 광센서 모듈(150) 및 광 가이드부(140)를 내부에 수용하여 지지한다. 일 실시예로, 프로브 케이스(110)(110)는 인체에 삽입 가능한 원통 형상을 가지는 것을 예로 한다.

[0040] 프로브 케이스(110)(110)의 전방에는 전방 캡(111)이 설치되어, 내부로 외부의 이물질 등의 삽입을 차단하게 된다. 그리고, 프로브 케이스(110)(110)의 후방에는 후방 캡(112)이 설치되는데, 후방 캡(112)을 통해 후술할 케이블이 광센서 모듈(150)과 연결될 수 있다.

[0041] 본 발명의 실시예에 따른 섬광체 어레이(130)는 핀홀 콜리메이터(120)의 후단 측, 즉 후방 차폐 영역(122)에 삽입되어 측면이 핀홀 콜리메이터(120)에 의해 차폐될 수 있다. 앞서 설명한 바와 같이 핀홀 콜리메이터(120)는 방사선을 차폐하는 재질로 구성되는 바, 핀홀 콜리메이터(120)의 후단 측으로 삽입되는 섬광체 어레이(130)는 측면이 핀홀 콜리메이터(120)에 의해 차폐될 수 있다. 따라서, 섬광체 어레이(130)는 측면 방향으로 유입되는 방사선의 영향을 받지 않게 된다.

[0042] 한편, 본 발명의 실시예에서는 광 가이드부(140)가 방사선에 반응하여 광자를 방출하는 재질로 마련되는 것을 예로 한다. 또한 광 가이드부(140)는 방사선에 반응하여 광자를 방출하되, 섬광체 어레이(130)의 방사능 반응 특성과 상이한 특성의 재질로 마련되는 것을 예로 한다.

[0043] 앞서 설명한 바와 같이, 섬광체 어레이(130)는 콜리메이터(120)의 후단 측에 삽입되어 측면 방향으로 유입되는 방사선은 콜리메이터(120)에 의해 차폐될 수 있다. 그러나, 광센서 모듈(150) 및 광 가이드부(140)의 측면은 인체 삽입을 위한 소형화 설계로 인해, 두꺼운 차폐 구조를 반영할 수 없는 경우가 발생한다.

[0044] 이 경우, 도 3의 (a)에 도시된 바와 같이, 광 가이드부(140)가 단지 광을 안내할 수 있는 재질로 구성되는 경우, 프로브 케이스(110)(110)의 측면 또는 후면 측으로부터 유입되는 방사선은 광센서 모듈(150)이나 광 가이드부(140)를 통과하여 섬광체 어레이(130)에 도달할 수 있다.

[0045] 따라서, 도 3의 (a)에 도시된 설계에서는 섬광체 어레이(130)에 콜리메이터(120)를 통과한 방사선, 즉 감마선 외에도 광센서 모듈(150) 및 광 가이드부(140)를 통해 측면이나 후면 측에서 유입되는 방사선 또한 반응하게 되는데, 측면이나 후면 측으로 유입되는 방사선은 결국 노이즈로 작용하게 되어, 영상의 질을 저하시키는 문제점이 있다.

[0046] 이에, 본 발명에서는 도 3의 (b)에 도시된 바와 같이, 광 가이드부(140)를 방사선에 반응하여 광자를 방출하는 재질로 마련되되, 섬광체 어레이(130)의 방사능 반응 특성과 상이한 특성의 재질로 마련하여, 프로브 케이스(110)(110)의 측면 또는 후면 측으로부터 유입되는 방사선에 반응하여 광자를 방출하도록 함으로써, 이를 분리할 수 있도록 구성하게 된다.

[0047] 즉, 프로브 케이스(110)(110)의 측면 또는 후면 측으로부터 유입되는 방사선은 광 가이드부(140)에서 반응하게 되어, 섬광체 어레이(130)로의 진행을 차단할 수 있게 된다.

[0048] 일 실시예로, 섬광체 어레이(130)는 앞서 설명한 바와 같이, GAGG(Gadolinium Aluminium Gallium Garnet) 재질로 마련될 수 있으며, 광 가이드부(140)는 BGO(Bithmuth Germanium Oxide, $Bi_4Ge_3O_{12}$), PWO(Lead tungstate, $PbWO_4$), CWO(Cadmium tungstate, $CdWO_4$), Lu_2O_3 재질 중 적어도 하나 또는 둘 이상의 조합의 재질로 마련될 수 있다.

[0049] 이하에서는 상기와 같은 구성에 따라 신호 처리 장치가 프로브 케이스(110)(110)의 측면 또는 후면 측으로부터 유입되는 방사선에 반응하여 생성된 광자에 의한 영향을 제거하는 방법에 대해 설명한다.

[0050] 본 발명의 실시예에 따른 신호 처리 장치는 감마선 프로브(100)로부터의 전기 신호, 즉 광센서 모듈(150)에 의해 감지된 광자에 의한 전기 신호를 처리할 수 있다. 일 실시예로, 신호 처리 장치는 감마선 프로브(100)로부터의 전기 신호를 이용하여 감마선 영상을 생성하는 영상화 처리를 수행할 수 있다.

[0051] 일 실시예로, 신호 처리 장치는 케이블을 통해 감마선 프로브(100)와 연결되고, 감마선 프로브(100)로부터의 전기 신호를 수신할 수 있다. 도 1을 참조하여 설명하면, 감마선 프로브(100)의 프로브 케이스(110)(110)는 후단 측에 후단 캡을 포함할 수 있으며, 후단 캡을 통해 케이블이 연결될 수 있다.

[0052] 여기서, 신호 처리 장치는 광센서 모듈(150)로부터의 전기 신호 중 광 가이드부(140)로부터의 광자에 의해 변환된 전기 신호와 섬광체 어레이(130)로부터의 광자에 의해 변환된 전기 신호를 분리하고, 섬광체 어레이(130)로부터의 광자에 의해 변환된 전기 신호에 기초하여 감마선 검출, 즉 영상화 처리를 수행하게 된다.

[0053] 앞서 설명한 바와 같이, 섬광체 어레이(130)와 광 가이드부(140)는 모두 방사선에 반응하여 광자를 방출하는데, 방사능 반응 특성이 상호 상이한 재질로 마련되는 바, 신호 처리 장치에 의해 분리가 가능하게 된다.

[0054] 일 실시예로, 신호 처리 장치는 파형 분별(Pulse shape discrimination) 기법에 기반하여, 광 가이드부(140)로부터의 광자에 의해 변환된 전기 신호와 섬광체 어레이(130)로부터의 광자에 의해 변환된 전기 신호를 분리할 수 있다.

[0055] 파형 분별 기법은 일반적으로 다른 종류의 방사선, 예컨대, 감마선, α입자, β입자, 중성자을 구분하기 위해 사용되는 기술이다. 보다 구체적으로 설명하면, 입사된 방사선들이 탐지기와 반응해 입사된 입자의 에너지, 질량, 전하에 따라 서로 다른 형태의 신호를 발생시키며, 이러한 신호의 차이를 이용해 방사선의 종류를 구분하는 방법이다.

[0056] 이와 같은, 파형 분별 기법은 서로 다른 종류의 방사선뿐만 아니라, 서로 다른 특성의 섬광체를 통과한 동일 방사선 신호 간의 차이 또한 구분할 수 있다. 이에, 본 발명에서는 서로 다른 섬광체 재질을 갖는 섬광체 어레이(130)와 광 가이부로 입사된 방사선을 파형 분별 기법을 이용하여 구별하게 된다.

[0057] 일 실시예로, 상호 상이한 재질의 섬광체로부터 검출된 전기 신호는 감쇠 시간(Decay time)에서 차이를 나타낸

다. 도 4는 섬광체에 따른 전기 신호의 감쇠 시간의 차이의 예를 나타낸 도면이다.

[0058] 도 4의 (a)에 도시된 섬광체에 따른 전기 신호는 감쇠 시간이 매우 길며 상대적으로 세기가 작은 특성을 나타내고 있다. 반면, 도 4의 (b)에 도시된 섬관체에 따른 전기 신호는 도 4의 (a)에 도시된 섬광체보다 감쇠 시간이 짧고 상대적으로 세기가 큰 특성을 나타내고 있다.

[0059] [표 1]은 앞서 설명한 섬광체 재질의 예시들의 광학적 특성을 나타내고 있다.

표 1

[0060]

물질	밀도(g/cc)	Decay time(ns)	광량(photons/MeV)
GAGG	6.63~7.08	70~100	15,000~25,000
BGO	7.13	300	8,000~9,000
PWO	8.28	6~12	200~300
CWO	7.9	30~60	10,000~20,000
Lu_2O_3	9.4	1,300,000	30,000

[0061] 앞서 설명한 바와 같이, 섬광체 어레이(130)를 GAGG 재질로 제작하고, 광 가이드부(140)를 BGO 재질로 마련하는 경우, 감쇠 시간이 BGO가 GAGG보다 길게 나타나기 때문에, 섬광체 어레이(130)로부터 광자에 따른 전기 신호보다 상대적으로 세기가 낮고, 신호의 꼬리 부분이 긴 형태를 갖는 전기 신호를 광 가이드부(140)로부터의 광자에 의해 변환된 전기 신호로 하여 제거 가능하게 된다.

[0062] 일 실시예로, 파형 분별 기법으로는 zero crossing 기법, charge comparison 기법, rise time discrimination 기법, pulse gradient analysis 기법, fuzzy logic 기법, discrete wavelet transform 기법, wavelength discrimination 기법, Autoencoder를 이용한 PSD 기법, ML(Maximum Likelihood) 기반 PSD 기법 중 어느 하나가 적용될 수 있다.

[0063] 한편, 신호 처리 장치는 감마선 프로브(100)로부터의 전기 신호의 세기에 기반하여, 광 가이드부(140)로부터의 광자에 의해 변환된 전기 신호와 섬광체 어레이(130)로부터의 광자에 의해 변환된 전기 신호를 분리할 수도 있다.

[0064] 섬광체의 재질에 따라, [표 1]에 도시된 바와 같이, 방사선에 반응하여 방출하는 가시광선의 광량이 각각 상이하다. 이와 같은 광량의 차이로 인해 광센서 모듈(150)에 의해 측정되는 전기 신호의 세기(amplitude)가 유의미하게 큰 차이를 가질 경우, 적절한 문턱치(threshold)를 이용하여 신호의 분리가 가능하게 된다.

[0065] 일 예로, [표 1]에 나타낸 섬광체 재질 중 PWO는 광량이 200~300photons/MeV로, GAGG 섬광체의 15,000~20,000photons/MeV 에 비하여 약 1.4%에 불과하기 때문에, 도 5에 도시된 바와 같이, 전기 신호의 잡음을 처리하는 것과 같이 낮은 문턱치(threshold)의 설정을 통해, 광 가이드부(140)에서 반응한 광자에 의한 전기 신호의 제거가 가능하게 된다.

[0066] 상기와 같이, 인체 삽입 가능한 소형화의 구현을 위해 방사선 차폐 설계가 용이하지 않은 광센서 모듈(150), 광 가이드부(140)의 측면 및 후면 측에서 유입되는 방사선을 광 가이드부(140)의 재질과, 신호 처리를 통해 제거함으로써, 보다 정확한 방사선의 검출 및 영상화가 가능하게 된다.

[0067] 전술한 실시예에서는 광 가이드부(140)가 측면 및 후변 측으로 유입되는 방사선에 반응하는 것을 예로 하고 있다. 반면, 도 2에 도시된 바와 같이, 광 가이드부(140)의 후단, 구체적으로 광센서 모듈(150)의 후방 측에 후방 차폐부재(160)가 설치되어, 후방 측으로부터 유입되는 방사선을 차폐할 수 있다.

[0068] 비록 본 발명의 몇몇 실시예들이 도시되고 설명되었지만, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 당업자라면 본 발명의 원칙이나 정신에서 벗어나지 않으면서 본 실시예를 변형할 수 있음을 알 수 있을 것이다. 발명의 범위는 첨부된 청구항과 그 균등물에 의해 정해질 것이다.

부호의 설명

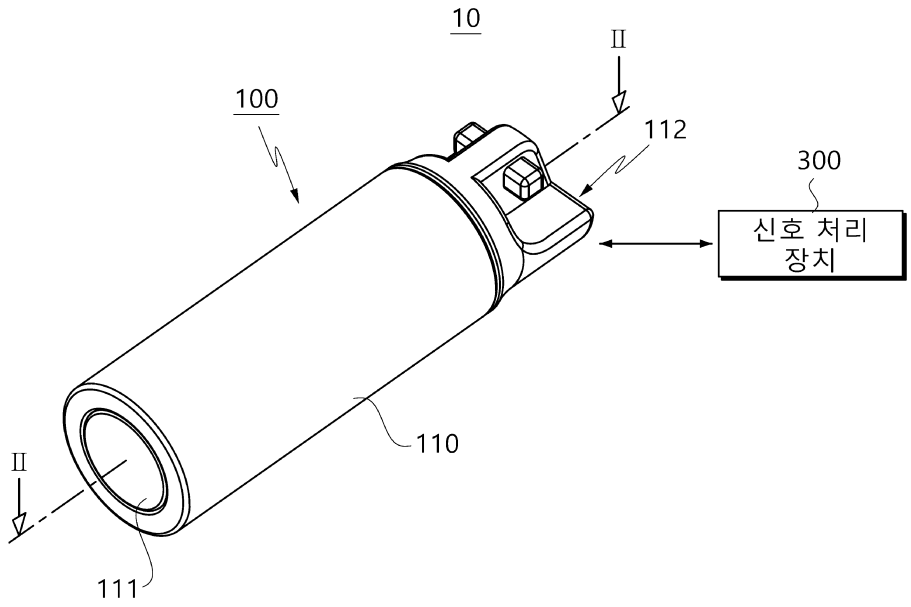
[0069] 10 : 감마선 검출 장치 100 : 감마선 프로브

110 : 프로브 케이스 111 : 전방 캡

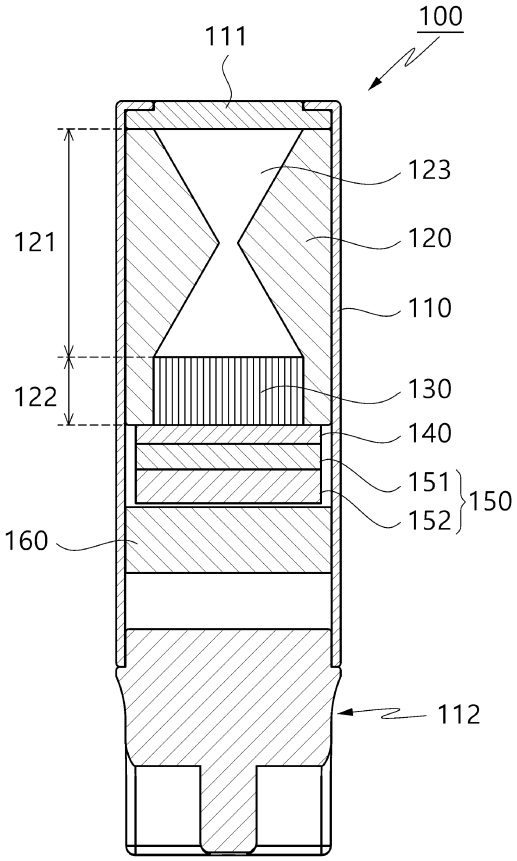
112 : 후방 캡
120 : 콜리메이터
121 : 콜리메이팅 영역
122 : 후방 차폐 영역
123 : 핀홀 영역
130 : 섬광체 어레이
140 : 광 가이드부
150 : 광센서 모듈
151 : 광증배소자
152 : 회로 기판
160 : 후방 차폐부재

도면

도면1

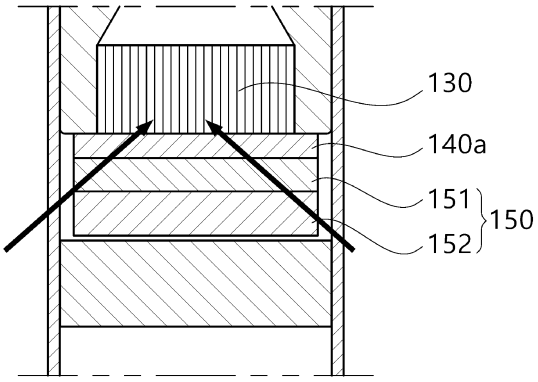


도면2

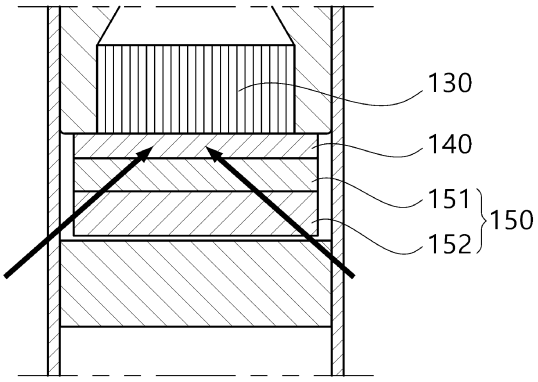


도면3

(a)

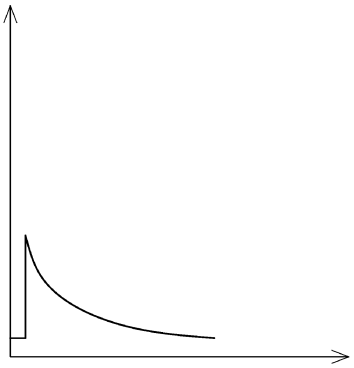


(b)

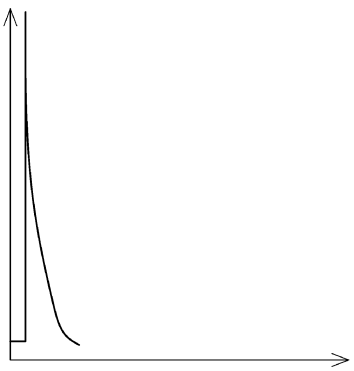


도면4

(a)



(b)



도면5

