(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0004060
(43) 공개일자 2023년01월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 6/03 (2006.01) *A61B 6/00* (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61B 6/037 (2020.08)
A61B 6/4258 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0085847
(22) 출원일자 2021년06월30일
심사청구일자 2021년06월30일

(71) 출원인
서강대학교산학협력단
서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
(72) 발명자
정진호
서울특별시 은평구 백련산로 37, 411동 303호 (응암동, 힐스테이트백련산4차)
최용
서울특별시 강남구 삼성로67길 14, 401호 (대치동, 도성아파트)
호위
중국, 우시 시산구 후롱로3번길 99, 413-415호, 탕링 18021165738
(74) 대리인
특허법인엠에이피에스

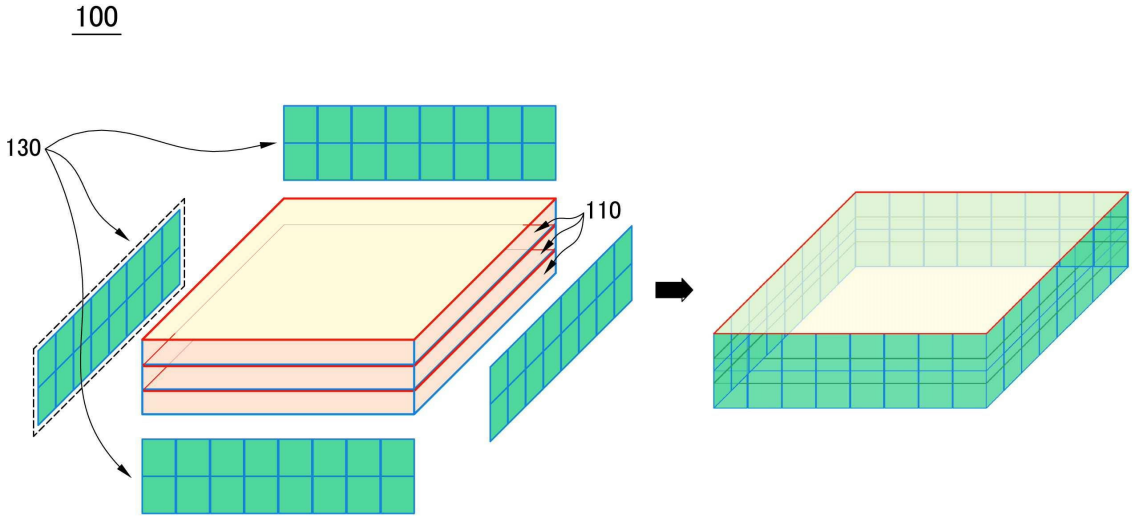
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **다층 평판형 섬광체를 이용한 양전자 방출 단층 촬영 장치 및 방법**

(57) 요 약

본 발명의 실시예는 양전자 방출 단층 촬영 장치 및 방법에 관한 것으로서, 적층 구조를 가지는 복수의 평판형 섬광체와 섬광체의 측면에 배치되는 복수의 광센서를 포함하며, 감마선을 검출하기 위한 광센서의 개수를 줄이며, 복잡한 섬광체의 구조, 신호처리회로 없이도 단층 영상을 생성할 수 있는 양전자 방출 단층 촬영 장치 및 방법을 제공한다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
A61B 6/5205 (2013.01)
G01T 1/161 (2013.01)
G01T 1/2985 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711137869
과제번호 RS-2020-KD000006
부처명 과학기술정보통신부, 산업통상자원부, 보건복지부, 식품의약품안전처
과제관리(전문)기관명 (재)범부처전주기의료기기연구개발사업단
연구사업명 범부처전주기의료기기연구개발사업
연구과제명 퇴행성 뇌질환 극복을 위한 뇌전용 PET 시스템 및 융합분자영상 플랫폼 기술개발
기 여 율 3/10
과제수행기관명 서강대학교 산학협력단
연구기간 2020.09.01 ~ 2022.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1425143193
과제번호 S2840619
부처명 중소벤처기업부
과제관리(전문)기관명 중소기업기술정보진흥원
연구사업명 중소기업기술혁신개발사업
연구과제명 중소병원용 퇴행성 뇌질환 케어를 위한 헬멧형 PET 개발
기 여 율 3/10
과제수행기관명 (주)우진엔텍
연구기간 2020.06.01 ~ 2022.05.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1345331787
과제번호 2019R1I1A1A01051112
부처명 교육부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 학문균형발전지원사업
연구과제명 딥러닝을 이용한 방사선 영상기기 피폭 저감 및 검사시간 단축 기술 개발
기 여 율 4/10
과제수행기관명 서강대학교
연구기간 2019.06.01 ~ 2022.05.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

감마선이 입사되면 섬광 신호를 발생시키며, 상기 감마선의 입사 방향으로 적층되는 복수의 평판형 섬광체(Scintillator),

상기 섬광 신호를 전기적 신호로 변환하고, 상기 평판형 섬광체의 4개 측면에, 상기 평판형 섬광체의 적층 방향과 같은 방향으로 적층되는 복수의 광센서, 그리고

상기 전기적 신호를 이용하여, 상기 평판형 섬광체의 중점을 원점으로 하는 상기 감마선 검출 위치의 3차원 값을 도출하고, 상기 감마선의 검출 위치를 이용하여 영상을 생성하는 신호처리부

를 포함하는, 양전자 방출 단층 촬영 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 광센서는,

2개 이상, 상기 평판형 섬광체의 적층 개수 이하로 적층되는, 양전자 방출 단층 촬영 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 복수의 평판형 섬광체와 상기 복수의 광센서 사이에 배치되는 광가이드

를 더 포함하며,

상기 광가이드는 상기 섬광 신호를 확산시켜 상기 광센서로 전송하는, 양전자 방출 단층 촬영 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 신호처리부는,

상기 섬광체의 4개의 측면 중 제1 측면에 배치된 광센서와 제3 측면에 배치된 광센서에서 측정된 전기적 신호의 차이를 이용하여 상기 감마선의 x축 검출 위치를 도출하고,

상기 섬광체의 제2 측면에 배치된 광센서와 제4 측면에 배치된 광센서에서 측정된 전기적 신호의 차이를 이용하여 상기 감마선의 y축 위치를 도출하며,

상기 적층된 광센서의 층별로 측정된 전기적 신호의 비율을 이용하여 상기 감마선의 z축 위치를 도출하고,

상기 z축은 상기 감마선이 입사하는 방향으로서 깊이를 나타내며, x축은 상기 섬광체의 적측면의 가로, y축은 상기 적측면의 세로 방향을 의미하며,

상기 제1 측면 및 상기 제3 측면은 x축과 수직하고, 상기 제2 측면 및 상기 제4 측면은 y축과 수직인 측면을 의미하는, 양전자 방출 단층 촬영 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 복수의 평판형 섬광체는,

상기 복수의 섬광체 사이와 전면 및 후면에 반사체가 결합되며,

상기 전면은 상기 감마선이 입사하는 면을 의미하고, 상기 후면은 상기 감마선이 입사하는 면과 평행하게 마주

보는 바닥면을 의미하며,

상기 반사체는 상기 섬광 신호를 반사하는, 양전자 방출 단층 촬영 장치.

청구항 6

감마선의 입사 방향으로 적층된 복수의 평판형 섬광체(Scintillator)가 상기 감마선이 입사되면 섬광 신호를 발생시키는 단계,

상기 평판형 섬광체의 4개 측면에 배치되며, 상기 평판형 섬광체의 적층 방향과 같은 방향으로 적층된 복수의 광센서가 상기 섬광 신호를 전기적 신호로 변환하는 단계, 그리고

신호 처리부가, 상기 전기적 신호를 이용하여 상기 평판형 섬광체의 중점을 원점으로 하는 상기 감마선 검출 위치의 3차원 값을 도출하고, 상기 감마선의 검출 위치를 이용하여 영상을 구성하는 단계

를 포함하는, 양전자 방출 단층 촬영 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 섬광 신호를 전기적 신호로 변환하는 단계는,

2개 이상, 상기 평판형 섬광체의 적층 개수 이하로 적층된 광 센서를 이용하여 상기 섬광 신호를 전기적 신호로 변환하는 단계

를 더 포함하는, 양전자 방출 단층 촬영 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 섬광 신호를 전기적 신호로 변환하는 단계는,

상기 복수의 평판형 섬광체와 상기 복수의 광센서 사이에 배치되는 광가이드를 이용하여 상기 섬광 신호를 확산시켜 상기 광센서로 전송하는 단계

를 더 포함하는, 양전자 방출 단층 촬영 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 영상을 구성하는 단계는,

상기 신호 처리부가, 상기 섬광체의 4개의 측면 중 제1 측면에 배치된 광센서와 제3 측면에 배치된 광센서에서 측정된 전기적 신호의 차이를 이용하여 상기 감마선의 x축 검출 위치를 도출하는 단계,

상기 섬광체의 제2 측면에 배치된 광센서와 제4 측면에 배치된 광센서에서 측정된 전기적 신호의 차이를 이용하여 상기 감마선의 y축 위치를 도출하는 단계, 그리고

상기 적층된 광센서의 층별로 측정된 전기적 신호의 비율을 이용하여 상기 감마선의 z축 위치를 도출하는 단계

를 더 포함하며,

상기 z축은 상기 감마선이 입사하는 방향으로서 깊이를 나타내며, x축은 상기 섬광체의 적측면의 가로, y축은 상기 적측면의 세로 방향을 의미하고,

상기 제1 측면 및 상기 제3 측면은 x축과 수직하고, 상기 제2 측면 및 상기 제4 측면은 y축과 수직인 측면을 의미하는, 양전자 방출 단층 촬영 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 섬광 신호를 발생시키는 단계는,

상기 복수의 평판형 섬광체 사이와 전면 및 후면에 결합된 반사체가 상기 섬광 신호를 반사하는 단계를 더 포함하며,

상기 전면은 상기 감마선이 입사하는 면을 의미하고, 상기 후면은 상기 감마선이 입사하는 면과 평행한 바닥면을 의미하는, 양전자 방출 단층 촬영 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명의 실시예는 다층 평판형 섬광체를 이용한 양전자 방출 단층 촬영 장치 및 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 감마선의 입사방향으로 적층된 다층 평판형 섬광체를 이용하여 감마선 검출 깊이를 측정하기 위한 양전자 방출 단층 촬영 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 인체의 생화학적인 변화를 영상화하여 이상을 찾아내고 각종 질병의 조기 진단을 할 수 있는 의학 분야의 방사선 영상장치로는 크게 자기공명촬영장치(Magnetic Resonance Imaging, MRI), 컴퓨터 단층 촬영장치(Computer Tomography, CT) 그리고 양전자 방출 단층 촬영 장치(Positron Emission Tomography, PET)를 들 수 있다.

[0003] 이러한 방사선 의료 영상 기기의 경우 방사선을 검출하여 광신호로 변환하고, 변환된 광신호를 이용하여 대상체에 대한 영상 신호를 획득한다. 특히, PET는 생체 내에 양전자를 방출하는 방사성 의약품을 정맥주사 또는 흡입 등의 방법으로 주입하고, 이를 검출하여 방사성 의약품의 체내 분포를 영상화하는 장치이다. PET는 인체의 물질대사 연구, 암진단, 심장 및 신경계통 이상 등 여러가지 질병의 진단 및 연구에 사용된다.

[0004] 이하, 도 1을 참조하여 일반적인 PET의 동작 방법을 설명한다.

[0005] 도 1은 일반적인 일반적인 PET 장치에서의 영상을 생성하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0006] 도 1을 참조하면, PET는 불안정한 방사선 시료가 베타+붕괴(beta+ decay, β+-decay)할 때 방출되는 양전자(positron, e^{+}) 가 전자와 쌍소멸(pair annihilation)할 때 나오는 두 개의 감마선(방사선)을 검출하여 이로부터 이미지를 생성한다. 따라서, 외과적 수술 없이 인체의 내부를 촬영하여 병의 발생 여부 및 정확한 발병 위치를 알 수 있다.

[0007] 종래의 PET는 크게 배열형 섬광체(array scintillator)를 이용하는 방식과 평판형 섬광체(flat scintillator)를 이용하는 방식으로 구분할 수 있다. 배열형 섬광체를 사용하는 경우, 해상도가 우수하지만 평판형 섬광체를 적용한 검출기에 비하여 민감도와 에너지 분해능 등의 성능이 낮다는 문제점이 있다.

[0008] 또한, 도 1을 참조하면, PET(1) 스캐너 내부에는 얇고 긴 배열형 섬광체 기반의 검출기(100)가 원형으로 배치된다. 따라서 외곽시야에서 시차오차가 발생하여 영상의 해상도가 저하된다. 이를 해결하기 위해서 섬광체에 결합하는 광센서의 개수 및 결합 방식을 변경시키는 방식이 개발되었으나, 기존에 비해 2배 증가된 광센서가 필요하거나 복잡한 신호 분석 알고리즘 또는 감마선 검출 깊이 별 빛 분포에 대한 사전 측정을 요구하는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 실시예에 따른 다층 평판형 섬광체를 이용한 감마선 검출 장치 및 방법은 적은 개수의 광센서를 이용하여 감마선의 검출 깊이를 측정할 수 있는 양전자 방출 단층 촬영 장치 및 방법을 제공하기 위한 것이다.

[0010] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 다층 평판형 섬광체를 이용한 감마선 검출 장치 및 방법은 간단한 알고리즘을 이용하여 감마선의 깊이를 도출할 수 있는 양전자 방출 단층 촬영 장치 및 방법을 제공하기 위한 것이다.

[0011] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 다층 평판형 섬광체를 이용한 감마선 검출 장치 및 방법은 감마선 검출 깊이 별 빛 분포에 대한 사전 측정 없이 감마선의 깊이를 검출할 수 있는 양전자 방출 단층 촬영 장치 및 방법을 제공하

기 위한 것이다.

[0012] 다만, 본 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0013] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 실시예에 따른 양전자 방출 단층 촬영 장치는, 감마선이 입사되면 섬광 신호를 발생시키며, 상기 감마선의 입사 방향으로 적층되는 복수의 평판형 섬광체(Scintillator), 상기 섬광 신호를 전기적 신호로 변환하고, 상기 평판형 섬광체의 4개 측면에, 상기 평판형 섬광체의 적층 방향과 같은 방향으로 적층되는 복수의 광센서, 그리고 상기 전기적 신호를 이용하여, 상기 평판형 섬광체의 중점을 원점으로 하는 상기 감마선 검출 위치의 3차원 값을 도출하고, 상기 감마선의 검출 위치를 이용하여 영상을 생성하는 신호처리부를 포함한다.

[0014] 또한, 실시예 따른 광센서는, 2개 이상, 상기 평판형 섬광체의 적층 개수 이하로 적층된다.

[0015] 또한, 실시예에 따른 양전자 방출 단층 촬영 장치는, 상기 복수층의 평판형 섬광체와 상기 복수층의 광센서 사이에 배치되는 광가이드를 더 포함하며, 상기 광가이드는 상기 섬광 신호를 확산시켜 상기 광센서로 전송한다.

[0016] 또한, 실시예에 따른 신호처리부는, 상기 섬광체의 4개의 측면 중 제1 측면에 배치된 광센서와 제3 측면에 배치된 광센서에서 측정된 전기적 신호의 차이를 이용하여 상기 감마선의 x축 검출 위치를 도출하고, 상기 섬광체의 제2 측면에 배치된 광센서와 제4 측면에 배치된 광센서에서 측정된 전기적 신호의 차이를 이용하여 상기 감마선의 y축 위치를 도출하며, 상기 적층된 광센서의 층별로 측정된 전기적 신호의 비율을 이용하여 상기 감마선의 z축 위치를 도출하고, 상기 z축은 상기 감마선이 입사하는 방향으로서 깊이를 나타내며, x축은 상기 섬광체의 적측면의 가로, y축은 상기 적측면의 세로 방향을 의미하며, 상기 제1 측면 및 상기 제3 측면은 x축과 수직하고, 상기 제2 측면 및 상기 제4 측면은 y축과 수직인 측면을 의미한다.

[0017] 또한, 실시예에 따른 복수의 평판형 섬광체는, 상기 복수의 섬광체 사이와 전면 및 후면에 반사체가 결합되며, 상기 전면은 상기 감마선이 임사하는 면을 의미하고, 상기 후면은 상기 감마선이 입사하는 면과 평행하게 마주보는 바닥면을 의미하며, 상기 반사체는 상기 섬광 신호를 반사한다.

[0018] 또한, 실시예에 따른 양전자 방출 단층 촬영 방법은, 감마선의 입사 방향으로 적층된 복수의 평판형 섬광체(Scintillator)가 상기 감마선이 입사되면 섬광 신호를 발생시키는 단계, 상기 평판형 섬광체의 4개 측면에 배치되며, 상기 평판형 섬광체의 적층 방향과 같은 방향으로 적층된 복수의 광센서가 상기 섬광 신호를 전기적 신호로 변환하는 단계, 그리고 신호 처리부가, 상기 전기적 신호를 이용하여 상기 평판형 섬광체의 중점을 원점으로 하는 상기 감마선 검출 위치의 3차원 값을 도출하고, 상기 감마선의 검출 위치를 이용하여 영상을 구성하는 단계를 포함한다.

[0019] 또한, 실시예에 따른 섬광 신호를 전기적 신호로 변환하는 단계는, 2개 이상, 상기 평판형 섬광체의 적층 개수 이하로 적층된 광 센서를 이용하여 상기 섬광 신호를 전기적 신호로 변환하는 단계를 더 포함한다.

[0020] 또한, 실시예에 따른 섬광 신호를 전기적 신호로 변환하는 단계는, 상기 복수의 평판형 섬광체와 상기 복수의 광센서 사이에 배치되는 광가이드를 이용하여 상기 섬광 신호를 확산시켜 상기 광센서로 전송하는 단계를 더 포함한다.

[0021] 또한, 실시예에 따른 영상을 구성하는 단계는, 상기 신호처리부가, 상기 섬광체의 4개의 측면 중 제1 측면에 배치된 광센서와 제3 측면에 배치된 광센서에서 측정된 전기적 신호의 차이를 이용하여 상기 감마선의 x축 검출 위치를 도출하는 단계, 상기 섬광체의 제2 측면에 배치된 광센서와 제4 측면에 배치된 광센서에서 측정된 전기적 신호의 차이를 이용하여 상기 감마선의 y축 위치를 도출하는 단계, 그리고 상기 적층된 광센서의 층별로 측정된 전기적 신호의 비율을 이용하여 상기 감마선의 z축 위치를 도출하는 단계를 더 포함하며, 상기 z축은 상기 감마선이 입사하는 방향으로서 깊이를 나타내며, x축은 상기 섬광체의 적측면의 가로, y축은 상기 적측면의 세로 방향을 의미하고, 상기 제1 측면 및 상기 제3 측면은 x축과 수직하고, 상기 제2 측면 및 상기 제4 측면은 y축과 수직인 측면을 의미한다.

[0022] 또한, 실시예에 따른 섬광 신호를 발생시키는 단계는, 상기 복수의 평판형 섬광체 사이와 전면 및 후면에 결합된 반사체가 상기 섬광 신호를 반사하는 단계를 더 포함하며, 상기 전면은 상기 감마선이 입사하는 면을 의미하고, 상기 후면은 상기 감마선이 입사하는 면과 평행한 바닥면을 의미한다.

발명의 효과

[0023] 본 발명의 실시예에 따른 다층 평판형 섬광체를 이용한 양전자 방출 단층 촬영 장치 및 방법은 광센서를 이용하여 감마선의 검출 깊이를 측정할 수 있는 감마선 검출 장치 및 방법을 제공할 수 있다.

[0024] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 다층 평판형 섬광체를 이용한 양전자 방출 단층 촬영 장치 및 방법은 간단한 알고리즘을 이용하여 감마선의 깊이를 도출할 수 있는 감마선 검출 장치 및 방법을 제공할 수 있다.

[0025] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 다층 평판형 섬광체를 이용한 양전자 방출 단층 촬영 장치 및 방법은 감마선 검출 깊이 별 빛 분포에 대한 사전 측정 없이 감마선의 깊이를 검출할 수 있는 감마선 검출 장치 및 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 일반적인 PET 장치에서의 영상을 생성하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 실시예에 따른 양전자 방출 단층 촬영 장치의 구성도이다.

도 3은 실시예에 따른 섬광체의 구성도이다.

도 4는 실시예에 따른 광센서의 구성도이다.

도 5는 실시예에 따른 광센서의 구성도이다.

도 6은 실시예에 따른 검출기의 측면도이다.

도 7은 실시예에 따른 광가이드가 결합된 검출기의 측면도이다.

도 8은 실시예에 따른 감마선 검출 위치 측정 방법을 설명하기 위한 예시도이다.

도 9는 실시예에 따른 양자선 방출 단층 촬영 방법의 흐름도이다.

도 10은 실시예에 따른 양전자 방출 단층 촬영 장치의 성능을 설명하기 위해 몬테카를로 시뮬레이션을 적용한 예시도이다.

도 11은 실시예에 따른 양전자 방출 단층 촬영 장치의 성능을 설명하기 위해 몬테카를로 시뮬레이션을 적용한 예시도이다.

도 12는 실시예에 따른 감마선 검출 깊이 분포 그래프의 예시이다.

도 13은 실시예에 따른 감마선 검출 깊이 별 2차원 평면 영상의 예시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0028] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0029] 본 명세서에 있어서 '부(部)'란, 하드웨어에 의해 실현되는 유닛(unit), 소프트웨어에 의해 실현되는 유닛, 양방을 이용하여 실현되는 유닛을 포함한다. 또한, 1 개의 유닛이 2 개 이상의 하드웨어를 이용하여 실현되어도 되고, 2 개 이상의 유닛이 1 개의 하드웨어에 의해 실현되어도 된다. 한편, '~부'는 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니며, '~부'는 어드레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다. 따라서, 일 예로서 '~부'는 소프트웨어 구성요소들, 객체지향 소프트웨어 구성요소들, 클래스 구성요소들 및 태스크 구성요소들과 같은 구성요소들과, 프로세스들, 함수들, 속성들, 프로시저들, 서브루틴들, 프로그램 코드의 세그먼트들, 드라이버들, 펌웨어, 마이크로코드, 회로, 데이터, 데이터베이스, 데이터 구조들, 테이블들, 어레이들 및 변수들을 포함한다. 구성요소들과 '~부'들 안에

서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성요소들 및 '~부'들로 결합되거나 추가적인 구성요소들과 '~부'들로 더 분리될 수 있다. 뿐만 아니라, 구성요소들 및 '~부'들은 디바이스 내의 하나 또는 그 이상의 CPU들을 재생시키도록 구현될 수도 있다.

[0030] 또한, 첨부된 도면은 본 명세서에 개시된 실시예를 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 명세서에 개시된 기술적 사상이 제한되지 않으며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0031] 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0032] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.

[0033] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

[0034] 본 출원에서, "포함한다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0035] 이하, 도 2를 참조하여 실시예에 따른 양전자 방출 단층 촬영 장치(1)의 구성을 설명한다.

[0036] 도 2는 실시예에 따른 양전자 방출 단층 촬영 장치의 구성도이다.

[0037] 도 2를 참조하면, 실시예에 따른 양전자 방출 단층 촬영 장치(1)는 감마선(방사선, S1)이 입사되는 경우, 감마선의 검출 위치에 대응하는 전기적 신호(S3)를 생성하는 검출기(100)와 전기적 신호(S3)를 이용하여 감마선의 검출 위치를 도출하여 영상을 구성하는 신호 처리부(200)를 포함한다.

[0038] 구체적으로, 검출기(100)는 복수의 섬광체(Scintillator, 110)와 복수의 광센서(photosensor, 130)를 포함한다. 복수의 섬광체(110)는 감마선(S1)이 입사되는 경우 이에 대응하여 섬광 신호(S2)를 생성한다.

[0039] 섬광체(110)는 방사선이 부딪침으로써 섬광을 발하는 모든 물질을 포함할 수 있다. 또한, 섬광 결정(Scintillator Crystal)과 같은 섬광 물질을 칭하는 용어를 모두 포함하는 의미로 사용된다. 더불어, 섬광 신호(S2)는 방사선의 입사에 대응하여 섬광체(110)가 생성하는 빛, 가시광선 등과 같은 모든 광 신호를 포함한다.

[0040] 복수의 광센서(130)는 복수의 섬광체(100)에서 생성된 섬광 신호(S2)에 대응하는 전기적 신호(S3)를 생성한다. 따라서, 광센서(130)는 섬광 신호(S2) 또는 섬광 신호(S2)에 포함된 파장, 진폭 주파수 등과 같은 모든 정보를 이용하여 전기적 신호(S3)로 변환할 수 있다.

[0041] 신호 처리부(200)는 감마선 검출 위치를 도출하는 알고리즘과, 검출기(100)에서 측정된 전기적 신호(S3)를 이용하여 감마선의 검출 위치를 도출하고, 감마선의 검출 위치를 근거로 영상을 구성한다. 따라서, 양전자 방출 단층 촬영 장치(1)의 성능은 감마선 검출기(100)의 구조와 감마선 검출 위치를 도출하는 알고리즘에 의해 결정될 수 있다.

[0042] 감마선 검출기(100)는 일반적으로 얇고 긴 직육면체 섬광체를 복수 개 결합한 배열형 섬광체 또는 하나의 직육면체 블록인 평인 평판형 섬광체 중 하나를 사용한다. 배열형 섬광체를 사용하는 경우 해상도가 우수하다는 장점이 있다. 하지만, 배열형 섬광체는 평판형 섬광체에 비하여 민감도와 에너지 분해능 등의 성능이 낮다는 단점이 존재한다.

[0043] 또한, 배열형 섬광체를 원형으로 배치하는 경우, 외곽시야에서 시차오차가 발생하여 영상의 해상도가 저하하는 문제점이 발생한다. 이 때, 시차오차로 인한 해상도 저하는 원형 PET(1)의 지름이 작을수록 커진다.

[0044] 따라서, 이러한 해상도 저하 문제를 해결하기 위해, 종래에는 배열형 섬광체의 구조를 변경하거나, 광센서의 개수 및 결합 방식을 변경하여 감마선의 검출 깊이를 측정하여 해상도 저하 문제를 해결하였다.

[0045] 하지만, 이로 인해 섬광체의 구조 또는 신호처리회로가 복잡해지고, 광센서의 개수가 2배이상 증가하여 PET의

제작 비용이 증가하였다. 또한, 감마선 검출 위치를 도출하기 위한 데이터 분석 시간이 과도하게 증가하고, 기대값 최대화 위치 계산 알고리즘과 같은 복잡한 신호 분석 알고리즘이 요구된다.

[0046] 따라서, 실시예에 따른 양전자 방출 단층 촬영 장치는 두께가 얇은 평판형 섬광체를 감마선의 입사방향으로 적층하고, 4개의 측면에 광센서(130)를 배치하여 민감도와 에너지 분해능을 향상시킨다. 또한, 광센서의 개수 증가 및 복잡한 신호 분석 알고리즘을 필요로 하지 않으므로, 제작 비용 및 영상 생성 소요 시간을 절감할 수 있다. 섬광체(130) 구체적인 구성은 후술하는 도 3을 참조하여 설명한다.

[0047] 이하, 도 3을 참조하여 실시예에 따른 섬광체의 구성을 설명한다.

[0048] 도 3은 실시예에 따른 섬광체의 구성도이다.

[0049] 도 3을 참조하면, 실시예에 따른 검출기(100)에 포함되는 섬광체(130)는 복수의 평판형 섬광체가 적층된 구조를 가진다. 복수의 평판형 섬광체는 감마선의 입사 방향(D1)으로 높이가 증가하도록 적층된 구조를 가진다. 또한, 복수의 평판형 섬광체(110)의 사이와 전면 및 후면 중 적어도 어느 한 면에는 반사체(reflector, 120)가 배치될 수 있다.

[0050] 이 때, 전면은 감마선이 입사되는 면을 의미하고, 후면은 전면과 평행하며, 마주보는 바닥면을 의미한다. 섬광체(110)의 두께는 5㎜로 설정할 수 있다. 하지만 실시예가 이에 한정되는 것은 아니며, 사용 목적 및 사용 조건에 따라 두께를 변경할 수 있다.

[0051] 또한, 복수의 섬광체(110)의 접합면에 배치되는 반사체(120)는 섬광 신호(S2)를 반사한다. 따라서, 복수의 층으로 적층된 섬광체(110) 중 어느 한 층에서 감마선(S1)이 검출되어 섬광 신호(S2)가 발생하면, 섬광 신호(S2)는 생성된 섬광체(110)내에서만 전파되며, 다른 섬광체(110)로 전파되지 않는다.

[0052] 이하, 도 4 및 도 5를 참조하여 실시예에 따른 광센서(130)의 구성을 설명한다.

[0053] 도 4는 실시예에 따른 광센서의 구성도이다.

[0054] 도 4를 참조하면, 실시예에 따른 광센서(130)는 섬광체(110)의 4개 측면에 배치된다. 즉, 섬광체의 6면 중 감마선의 입사 방향(D1)과 수직인 두 면(전면, 후면)을 제외한 나머지 4개 면을 둘러 싸도록 배치된다.

[0055] 섬광체(110)로 감마선(S1)이 입사되는 경우, 섬광체(110)는 섬광 신호(S2)를 생성한다. 복수의 광센서(130)는 섬광체(110)에서 생성된 섬광 신호를 감지하여 감마선의 검출 위치를 도출할 수 있다. 감마선의 검출 위치를 도출하기 위해 실시예에 따른 PET는 서로 평행하며, 마주보는 면에 위치한 광센서에서 측정된 결과값을 비교하여 감마선의 검출 위치의 좌표를 도출할 수 있다.

[0056] 도 5는 실시예에 따른 광센서의 구성도이다.

[0057] 도 5를 참조하면, 광센서(130)는 상단에 제1 광센서(130-1)가 배치되고 하단에 제2 광센서(130-2)가 배치된 적층구조를 가진다. 즉, 감마선의 입사 방향으로 높이가 증가하도록 복수의 광센서가 배치될 수 있다.

[0058] 도 5에는 제1 광센서(130-1)와 제2 광센서(130-2)가 적층 구조를 가지며 배치되는 것을 도시하였으나, 이는 예시로서 실시예가 이에 한정되는 것은 아니며, 복수의 광센서가 적층 구조로 배치될 수 있다.

[0059] 복수의 광센서(130)가 적층 구조를 가지도록 배치됨으로써, 다층 평판형 섬광체(110)를 사용하여도 감마선(S1)의 검출 깊이를 측정할 수 있다. 구체적으로, 적층 구조를 가지는 광센서(130)의 각 층에서 검출되는 섬광 신호(S2)의 비율을 이용하여 감마선(S1)의 검출 깊이를 측정할 수 있다.

[0060] 따라서, 감마선(S1)의 검출 깊이를 측정하기 위해서, 광센서(130)의 적층 수는 최소 2개 이상의 개수를 가져야 한다. 또한, 광센서(130)의 적층 수는 복수의 섬광체(110)의 개수 이하일 수 있다. 하지만, 실시예가 이에 한정되는 것은 아니며, 광센서(130)의 적층 수를 증가시킬수록 감마선(S1) 검출 깊이의 측정 정확도를 상승시킬 수 있다.

[0061] 감마선(S1)의 검출 깊이를 측정하는 방법은 후술하는 도6 및 도 7을 참조하여 설명한다.

[0062] 이하, 도 6 및 도 7을 참조하여 감마선의 검출 깊이를 측정하는 방법을 설명한다.

[0063] 도 6은 실시예에 따른 검출기의 측면도이다.

[0064] 도 6은 섬광체(110)가 3개 이고, 광센서(130)가 2 개 인 검출기(100)의 예시를 도시한다. 또한, 도 6에는 도시되어 있지 않지만 각각의 섬광체(110) 사이에는 도 3과 같이 반사체(120)가 포함될 수 있다.

[0065] 제1 섬광체(110-1)에 감마선(S1)이 도달하는 경우, 제1 섬광체(110-1)가 섬광 신호(S2)를 생성한다. 제1 섬광체(110-1)에서 생성된 섬광 신호(S2)는 반사체(120)에 의해 제2 섬광체(110-2)로 전파되지 않으며, 측면에 위치한 제1 광센서(130-1)로 전파된다. 따라서, 제1 섬광체(110-1)에서 감마선이 검출되는 경우, 제1 광센서(130-1)에서 섬광 신호(S2)가 측정된다.

[0066] 또한, 제2 섬광체(110-2)에 감마선(S2)이 도달하는 경우, 제2 섬광체(110-2)가 섬광 신호(S2)를 생성한다. 제2 섬광체(110-2)에서 생성된 섬광 신호(S2)는 반사체(120)에 의해 제1 섬광체(110-1) 및 제3 섬광체(110-3)로 전파되지 않으며, 측면에 위치한 제1 광센서(130-1) 및 제2 광센서(130-2)로 전파된다. 따라서, 제2 섬광체(110-2)에서 감마선(S1)이 검출되는 경우, 제1 광센서(130-1) 및 제2 광센서(130-2) 모두에서 섬광 신호(S2)가 측정된다.

[0067] 제3 섬광체(110-3)에 감마선(S1)이 도달하는 경우, 제3 섬광체(110-3)가 섬광 신호(S2)를 생성한다. 제3 섬광체(110-3)에서 생성된 섬광 신호(S2)는 반사체(120)에 의해 제2 섬광체(110-2)로 전파되지 않으며, 측면에 위치한 제2 광센서(130-2)로 전파된다. 따라서, 제3 섬광체(110-3)에서 감마선(S1)이 검출되는 경우, 제2 광센서(130-2)에서 섬광 신호가 측정된다.

[0068] 따라서, 검출기(100)는 제1 광센서(130-1) 및 제2 광센서(130-2)에서 측정된 섬광 신호(S2)의 세기를 이용하여 감마선의 검출 깊이를 도출할 수 있다.

[0069] 도 7은 실시예에 따른 광가이드가 결합된 검출기의 측면도이다.

[0070] 도 7은 섬광체(110)의 개수가 4개이고, 광센서(130)의 개수가 2 개인 검출기(100)의 예시를 나타내며, 섬광체(110)와 광센서(130) 사이에는 광가이드(140)가 배치될 수 있다. 더불어, 도 7에는 도시되어 있지 않지만 각각의 섬광체(110) 사이에는 도 3과 같이 반사체(120)가 포함될 수 있다.

[0071] 광가이드(140)는 빛을 확산시켜 전송하기 위해서 사용되는 광섬유이다. 광가이드(140)는 섬광체(110)에서 발생하는 섬광 신호(S2)의 전달을 도움으로써, 감마선(S1)의 검출 깊이 측정의 정확도를 높일 수 있다.

[0072] 광가이드(140)가 없는 경우에는, 제1 섬광체(110-1)와 제2 섬광체(110-2)에 감마선(S1)이 입사하더라도 제1 광센서(130-1)에서만 섬광 신호(S2)가 측정되며, 제1 광센서(130-2)에서는 섬광 신호(S2)가 측정되지 않는다. 따라서, 광가이드(140)가 삽입되지 않는 경우, 제1 섬광체(110-1)와 제2 섬광체(110-2)에 감마선(S1)이 입사되는 경우를 구분하기 어려워 감마선의 검출 깊이를 정확히 측정할 수 없다.

[0073] 하지만, 검출기(100)가 광가이드(140)를 포함하는 경우, 제1 섬광체(110-1)에서 생성된 섬광 신호(S2)는 제1 광센서(130-1)로 전송되며, 일부 신호가 제2 광센서(130-2)로 전송될 수 있다.

[0074] 또한, 제2 섬광체(110-2)에서 생성된 섬광 신호(S2)는 제1 광센서(130-1) 및 제2 광센서(130-2)로 분산되어 전송된다. 하지만, 제2 섬광체(110-2)에서 섬광 신호(S2)가 생성되는 경우, 제1 섬광체(110-1)에서 섬광 신호(S2)가 생성되는 경우에 비하여 강한 신호가 제2 광센서(130-2)에서 측정된다.

[0075] 즉, 광가이드(140)를 삽입하는 경우, 제2 광센서(130-2)에서 측정되는 섬광 신호(S2)의 세기를 비교하여 제1 섬광체(110-1)와 제2 섬광체(110-2)에 감마선(S1)이 도달하는 경우를 구분할 수 있다.

[0076] 제3 섬광체(110-3)와 제4 섬광체(110-4) 또한 제1 섬광체(110-1)와 제2 섬광체(110-2)와 같이, 광가이드(140)가 포함되지 않은 경우, 제2 섬광체(130-2)에서만 섬광 신호(S2)가 검출된다.

[0077] 하지만, 광가이드(140)가 삽입된 경우, 제4 섬광체(110-4)에서 생성된 섬광 신호(S2)는 제2 광센서(130-2)로 대부분 전송되며, 일부 신호가 제1 광센서(130-1)로 전송될 수 있다.

[0078] 또한, 제3 섬광체(110-3)에서 섬광 신호(S2)가 생성되는 경우, 섬광 신호(S2)는 제1 광센서(130-1)와 제2 광센서(130-2)로 분산되어 전송된다. 하지만 제4 섬광체(110-4)에 감마선(S1)이 도달하는 경우에 비하여 더 강한 섬광 신호가 제1 광센서(130-1)에서 측정된다.

[0079] 따라서, 광가이드(140)를 삽입하는 경우, 광센서(130)의 개수가 n개이고, 섬광체(110)의 개수가 2n개인 경우에도 감마선(S1)의 검출 깊이를 정확하게 측정할 수 있다. 또한, 광가이드(140)를 이용함으로써, 광센서(130)의 개수를 증가시키지 않고도 감마선(S1)의 검출 깊이를 정확하게 측정할 수 있다.

[0080] 이하, 도 8을 참조하여 감마선의 검출 깊이를 측정하기 위한 알고리즘을 설명한다.

[0081] 도 8은 실시예에 따른 감마선 검출 위치 측정 방법을 설명하기 위한 예시도이다.

[0082] 도 8을 참조하면, 감마선의 입사방향(D1)을 z축으로 설정하고, 섬광체의 적측면의 가로 방향을 x축, 적측면의 세로 방향을 y축으로 설정한다.

[0083] 또한, 도 8에서 제1 측면(A)과 제3 측면(C)은 x축과 직교하는 측면을 의미하고, 제2 측면(B)과 제4 측면(D)은 Y축과 직교하는 측면을 의미한다. 더불어, 도 8은 섬광체(110)가 3개이고 광센서(130)가 2개인 검출기(100)의 예시이다. 그러므로, 광센서(130)는 제1 광센서(130-1)와 제2 광센서(130-2)가 적층된 구조를 가진다.

[0084] 제1 광센서(130-1)는 제1 측면 내지 제4측면의 제1행에 위치한 광센서(130-A1, 130-B1, 130-C1, 130-D1)를 포함한다. 제2 광센서(130-2)는 제1 측면 내지 제4 측면의 제2 행에 위치한 광센서(130-A2, 130-B2, 130-C2, 130-D2)를 포함한다.

[0085] 감마선(S1)의 x축 좌표를 측정하기 위해서는 x축과 직교하는 제1 측면(A) 및 제3 측면(C)에 배치된 광센서(130-A, 130-C)에서 측정된 값을 이용한다. 신호 처리부(200)는 제1 측면에 배치된 광센서(130-A)와 제3 측면에 배치된 광센서(130-C)에서 측정된 섬광 신호(S2) 차이 값을 이용하여 감마선의 x축 검출 위치를 도출한다.

[0086] 구체적으로, 신호 처리부(200)는 아래의 수학식 1을 이용하여 감마선의 x축 검출 위치를 도출할 수 있다.

[0088] [수학식 1]

[0089] X-position = (SUM_A1 + SUM_A2 - SUM_C1 - SUM_C2) / (SUM_A1 + SUM_A2 + SUM_C1 + SUM_C2)

[0090] 여기서, X-position은 감마선(S1)의 x축 검출 위치를 의미하고, SUM_A1은 제1 측면의 제1 행에 위치한 광센서(130-A1)에서 측정된 섬광 신호(S2)의 합을 의미하고, SUM_A2는 제1 측면의 제2 행에 위치한 광센서(130-A2)에서 측정된 섬광 신호(S2)의 합을 의미한다. 또한, SUM_C1은 제3 측면의 제1 행에 위치한 광센서(130-C1)에서 측정된 섬광 신호(S2)의 합을 의미하고, SUM_C2는 제3 측면의 제2행에 위치한 광센서(130-C2)에서 측정된 섬광 신호(S2)의 합을 의미한다.

[0091] 즉, 제1 측면에 위치한 광센서(130-A)에서 측정된 섬광 신호(S2)의 합(SUM_A1 + SUM_A2)와 제3 측면에 위치한 광센서(130-C)에서 측정된 섬광 신호(S2)의 합(SUM_C1 + SUM_ C2)의 차이 값을 이용하여 감마선(S1)의 x축 검출 위치 값을 측정할 수 있다.

[0092] 또한, 감마선(S1)의 y축 좌표를 측정하기 위해서는 y축과 직교하는 제2 측면(B) 및 제4 측면(D)에 배치된 광센서(130-B, 130-D)에서 측정된 값을 이용한다. 신호 처리부(200)는 제2 측면에 배치된 광센서(130-B)와 제4 측면에 배치된 광센서(130-D)에서 측정된 섬광 신호(S2) 차이 값을 이용하여 감마선의 y축 검출 위치를 도출한다.

[0093] 구체적으로, 신호 처리부(200)는 아래의 수학식 2를 이용하여 감마선의 y축 검출 위치를 도출할 수 있다.

[0095] [수학식 2]

[0096] Y-position = (SUM_B1 + SUM_B2 - SUM_D1 - SUM_D2) / (SUM_B1 + SUM_B2 + SUM_D1 + SUM_D2)

[0097] 여기서, Y-position은 감마선(S1)의 y축 검출 위치를 의미하고, SUM_B1은 제2 측면의 제1 행에 위치한 광센서(130-B1)에서 측정된 섬광 신호(S2)의 합을 의미하고, SUM_B2는 제2 측면의 제2 행에 위치한 광센서(130-B2)에서 측정된 섬광 신호(S2)의 합을 의미한다. 또한, SUM_D1은 제4 측면의 제1 행에 위치한 광센서(130-D1)에서 측정된 섬광 신호(S2)의 합을 의미하고, SUM_D2는 제4 측면의 제2행에 위치한 광센서(130-D2)에서 측정된 섬광 신호(S2)의 합을 의미한다.

[0098] 즉, 제2 측면에 위치한 광센서(130-B)에서 측정된 섬광 신호(S2)의 합(SUM_B1 + SUM_B2)와 제4 측면에 위치한 광센서(130-D)에서 측정된 섬광 신호(S2)의 합(SUM_D1 + SUM_ D2)의 차이 값을 이용하여 감마선(S1)의 y축 검출 위치 값을 측정할 수 있다.

[0099] 또한, 신호 처리부(200)는 상술한 도 6 및 도 7에서와 같이 감마선의 검출 깊이에 따른 광센서(130)의 검출 신호 값의 비율을 이용하여 감마선의 검출 깊이(z) 값을 측정할 수 있으며, 구체적으로 아래의 수학식 3을 이용하여 z값을 도출할 수 있다.

[0101] [수학식 3]

[0102] $Z\text{-position} = \text{Log}_{10}(SUM_A1 + SUM_B1 + SUM_C1 + SUM_D1) / (SUM_A2 + SUM_B2 + SUM_C2 + SUM_D2)$

[0103] 여기서, Z-position은 감마선(S1)의 Z축 검출 위치(깊이)를 의미하고, SUM_A1 + SUM_B1 + SUM_C1 + SUM_D1는 제1 광센서(130-1)에서 측정된 섬광 신호의 합산 값을 의미하며, SUM_A2 + SUM_B2 + SUM_C2 + SUM_D2 는 제2 광센서(130-2)에서 측정된 섬광 신호의 합산 값을 의미한다.

[0104] 다만, 수학식 3에서 로그(Log_{10})값을 취하는 이유는, z축의 위치 값이 과도하게 커지는 것을 방지하기 위한 것이므로, 반드시 수학식 3에서 로그 값을 취하여 하는 것은 아니다.

[0105] 따라서, 4개의 측면에 2개의 층으로 배치된 광센서(130-1, 130-2)는 섬광체(110)의 4개 측면에서 측정된 섬광 신호(S2)에 대응하여 전기적 신호(S3)를 생산한다. 신호 처리부(200)는 전기적 신호(S3)의 값을 상술한 수학식 1 내지 수학식 3에 대입하여 감마선(S1)의 검출 위치 및 깊이 좌표를 도출할 수 있다.

[0106] 이하, 도 9를 참조하여 실시예에 따른 양전자 방출 단층 촬영 방법을 설명한다.

[0107] 도 9는 실시예에 따른 양자선 방출 단층 촬영 방법의 흐름도이다.

[0108] 도 9를 참조하면, 단계(S100)에서는, 양전자 방출 단층 촬영 장치(1)에 포함된 검출기는(100)로 감마선(S1)이 입사된다. 또한, 단계(S100)는 감마선(S1)의 입사 전, 복수의 평판형 섬광체(110)를 감마선의 입사 방향(D1)으로 적층하는 단계를 포함할 수 있다. 더불어, 평판형 섬광체(110)의 4개의 측면에 섬광체(130)의 적층 방향과 같은 방향으로 적층되는 복수의 광센서를 배치하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0109] 단계(S200)에서는, 복수의 섬광체(110)가 감마선(S1)이 입사되면 섬광 신호(S2)를 생성한다. 이때, 복수의 섬광체(110)에서 생성된 섬광 신호(S2)는 섬광체(110)의 측면에 배치된 광센서(130)로 전송된다. 더불어, 복수의 섬광체(110)사이에는 반사체(120)가 배치됨으로, 섬광 신호(S2)는 생성된 섬광체(110)내에서만 이동한다.

[0110] 단계(S300)에서는, 복수의 광센서(130)가 측정된 섬광 신호(S2)에 대응하여 전기적 신호(S3)를 생성한다. 이때, 광센서(130)는 복수의 층으로 구성된다. 따라서, 감마선(S1)의 검출 깊이에 따라 광센서 각각(130-1, 130-2)에서 측정되는 섬광 신호(S2)의 비율이 달라진다.

[0111] 그러므로 단계(S300)에서는 감마선(S1)의 검출 깊이에 따라 제1 광센서(130-1) 및 제2 광센서(130-2)에서 측정되는 전기적 신호의 비율 값이 달라진다. 따라서, 복수의 층으로 구성된 광센서(130)에서 측정되는 섬광 신호(S1)의 차이 및 비율을 이용하여, 광센서의 증가 없이 감마선의 검출 위치 및 깊이를 측정할 수 있다.

[0112] 단계(S400)에서는, 신호 처리부(200)가 광센서(130)에서 생성된 전기적 신호(S3)를 이용하여 감마선(S1)의 검출 위치 및 깊이 값을 도출한다. 이 때, 복수의 광센서(130)에서 측정된 값을 상술한 수학식 1 내지 수학식 3에 대입하여 감마선의 검출 위치(x, y) 및 깊이(z) 값을 도출할 수있다.

[0113] 단계(S500)에서는 도출된 감마선(S1) 검출 위치 및 깊이 값을 이용하여 검사 대상의 단층 영상을 구성한다.

[0114] 이하, 도 10 내지 도 13을 참조하여 실시예에 따른 양전자 방출 단층 촬영 장치의 시뮬레이션 결과를 설명한다.

[0115] 도 10 및 도 11은 실시예에 따른 양전자 방출 단층 촬영 장치의 성능을 설명하기 위해 몬테카를로 시뮬레이션을 적용한 예시도이다.

[0116] 몬테카를로 시뮬레이션 방법은 불확실한 상황 하에서 확률적 시스템을 이용한 모의 실험 방법이다. 알 수 없는 값의 추정 등 무작위 통계적 샘플링 기법을 사용하는 모의 실험 방법이다. 몬테카를로 시뮬레이션 방법은 시뮬레이션에 포함되어 있는 확률론적 모델들에 모두 난수(random number)를 발생시켜 얻은 수 차례의 반복 시뮬레이션 결과를 종합하여 실세계에서의 오차 범위를 예측하는 시뮬레이션 방법이다.

[0117] 따라서, 도 10 및 도 11은 섬광체(110) 내부 임의의 위치에 감마선 검출이 발생한 상황을 모사한다. 즉, (x, y) 좌표는 (1,1), (1,15), (1, 30), (15, 1), (15,15), (15,30), (30,1), (30,15), (30,30)에 감마선 검출이 발생한 경우이다. 더불어, z 좌표 값이 1.0, 2.5, 4.0, 6.0, 7.5, 9.0, 11.0, 12.5, 14.0인 깊이에 감마선 검출이 발생한 경우를 가정한다.

[0118] 도 12는 실시예에 따른 감마선 검출 깊이 분포 그래프의 예시이다.

[0119] 도 12참조하면, x축은 감마선 측정 위치(z-coordinate, mm)을 나타낸다. 따라서, 시뮬레이션에 사용한 섬광체(110)의 두께가 5mm이므로, 0 내지 5(mm)는 최하층인 제3 섬광체(110-3), 5 내지 10(mm)는 중간층인 제2 섬광

체(110-2), 10 내지 15㎜는 최상층인 제1 섬광체(110-1)를 의미할 수 있다.

[0120] 또한, y축은 상술한 수학식 3에 따라 도출된 감마선의 깊이 측정 값(Z-position)을 나타낸다. 따라서, 도 12를 참조하면, 감마선 검출이 발생한 위치에 따른 감마선 검출 깊이 측정 값을 확인할 수 있다.

[0121] 구체적으로, 도 10 및 도 11과 같이 감마선 검출이 발생한 경우, 제3 섬광체(110-3)에서 측정된 감마선의 검출 깊이는 -5에 가까운 값이 측정된다. 더욱 상세하게는, 감마선 검출의 발생 깊이가 제3 섬광체(110-3)의 내부인 1.0, 2.5, 4.0 인 경우, 실시예에 따른 양전자 방출 단층 촬영 장치(1)에서 측정된 감마선의 검출 깊이는 약 -5의 값을 가진다.

[0122] 또한, 제2 섬광체(110-2)에서 측정된 감마선의 검출 깊이는 0에 가까운 값이 측정된다. 더욱 상세하게는, 감마선 검출의 발생 깊이가 제2 섬광체(110-2)의 내부인 6.0, 7.5, 9.0인 경우, 실시예에 따른 양전자 방출 단층 촬영 장치(1)에서 측정된 감마선의 검출 깊이는 약 0의 값을 가진다.

[0123] 또한, 제1 섬광체(110-1)에서 측정된 감마선의 검출 깊이는 5에 가까운 값이 측정된다. 더욱 상세하게는, 감마선 검출의 발생 깊이가 제1 섬광체(110-1)의 내부인 11.0, 12.5, 14.0인 경우, 실시예에 따른 양전자 방출 단층 촬영 장치(1)에서 측정된 감마선의 검출 깊이는 약 5의 값을 가진다.

[0124] 도 13은 실시예에 따른 감마선 검출 깊이 별 2차원 평면 영상의 예시도이다.

[0125] 도 13을 참조하면, 복수의 섬광체(110)의 각 층에서 측정된 감마선의 검출 위치(x,y)를 나타낸다. 상술한 수학식 1 및 수학식 2를 이용하여 감마선의 검출 위치(x, y)를 도출하고 이를 표시한 값이다.

[0126] 도 13에 도시된 바와 같이 감마선 검출 위치는 섬광체(110)의 층에 상관 없이 모두 동일 한 값이 측정된다. 즉. 제1 섬광체(110-1), 제2 섬광체(110-2), 제3 섬광체(110-3) 모두에서 감마선 검출의 발생 위치인 (1,1), (1,15), (1, 30), (15, 1), (15,15), (15,30), (30,1), (30,15), (30,30)에 대응하는 결과 값이 측정된다.

[0127] 따라서, 실시예에 따른 양전자 방출 단층 촬영 장치(1)는 적층 구조를 형성하는 다층 편한형 섬광체(110)와 섬광체(110)의 측면에 배치되는 복수의 광센서(130)를 이용함으로써, 광센서(130)의 개수를 절감하면서도 감마선의 검출 위치 및 깊이를 측정하여 단층 촬영 영상을 구성할 수 있다.

[0128] 본 발명의 일 실시예는 컴퓨터에 의해 실행되는 프로그램 모듈과 같은 컴퓨터에 의해 실행가능한 명령어를 포함하는 기록 매체의 형태로도 구현될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 휘발성 및 비휘발성 매체, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 또한, 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터 저장 매체를 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다.

[0129] 본 발명의 방법 및 시스템은 특정 실시예와 관련하여 설명되었지만, 그것들의 구성 요소 또는 동작의 일부 또는 전부는 범용 하드웨어 아키텍처를 갖는 컴퓨터 시스템을 사용하여 구현될 수 있다.

[0130] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

[0131] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

[0132] 1: 영상단층촬영장치 100: 검출기

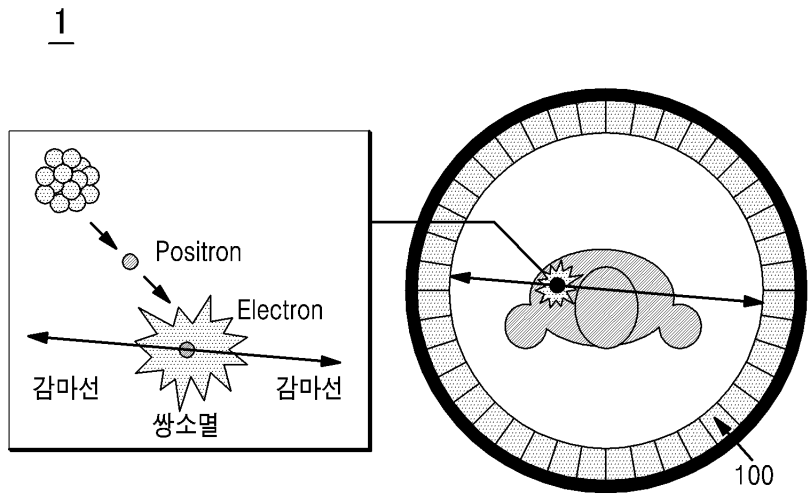
200: 신호 처리부 110: 섬광체

120: 반사체 130: 광센서

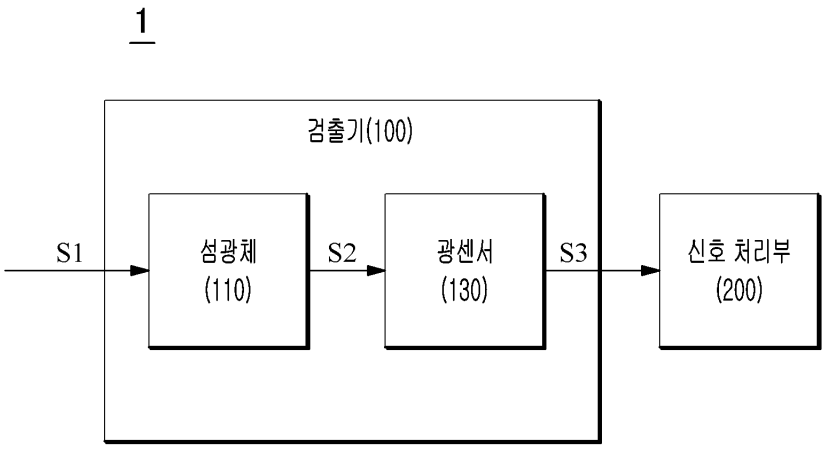
140: 광가이드

도면

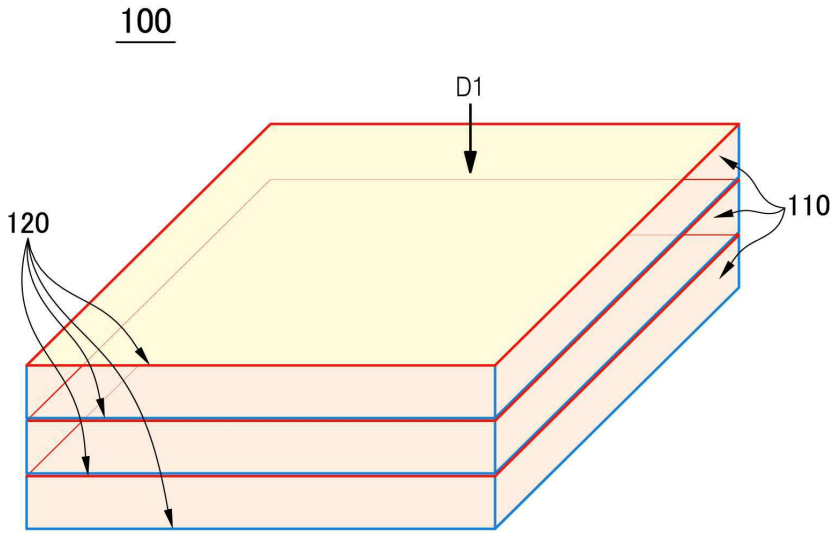
도면1



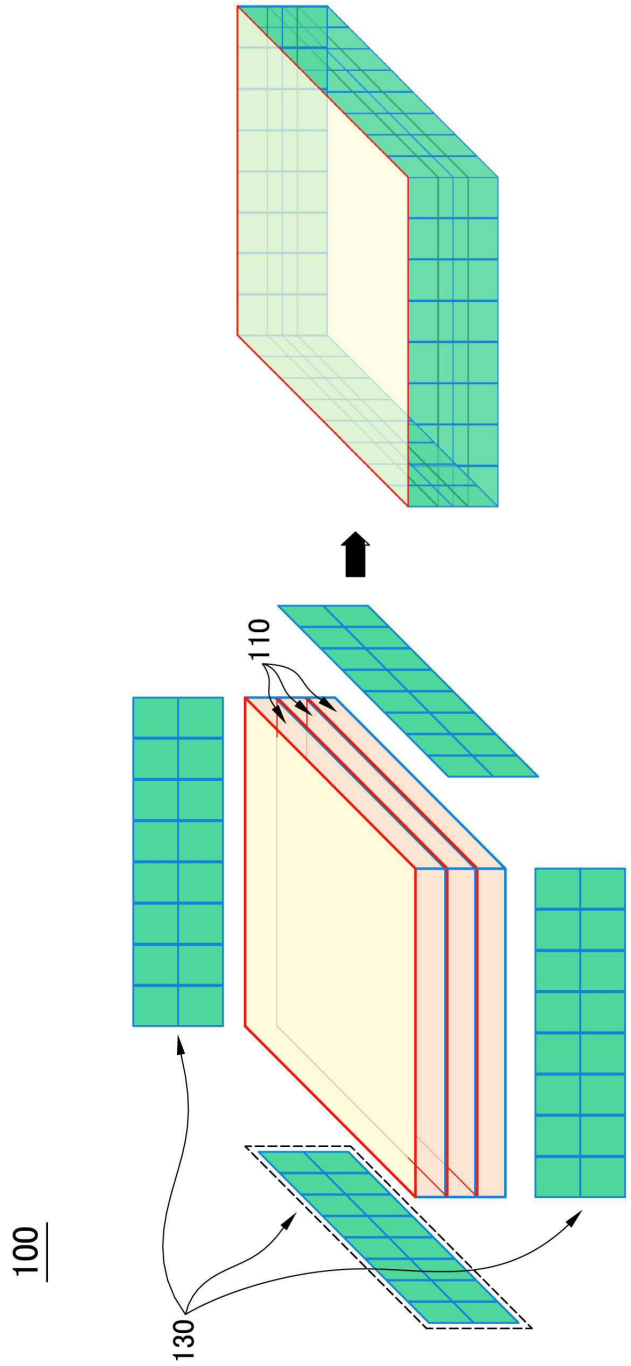
도면2



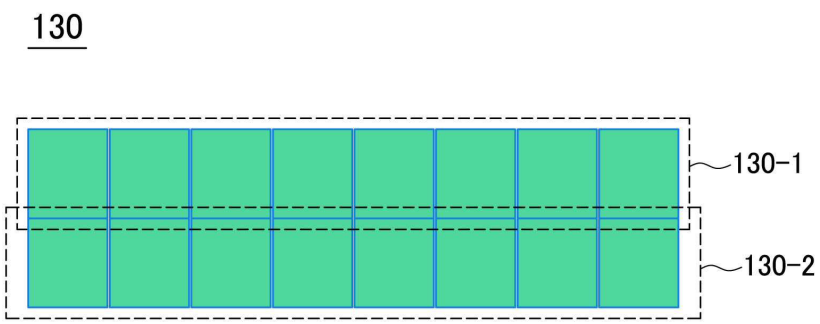
도면3



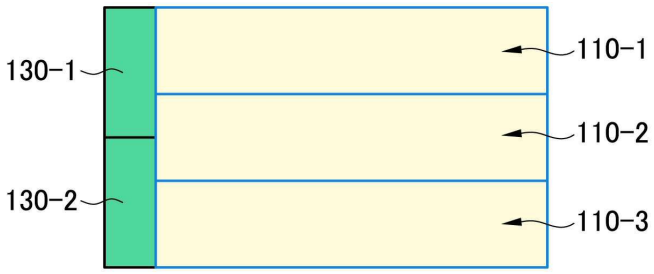
도면4



도면5



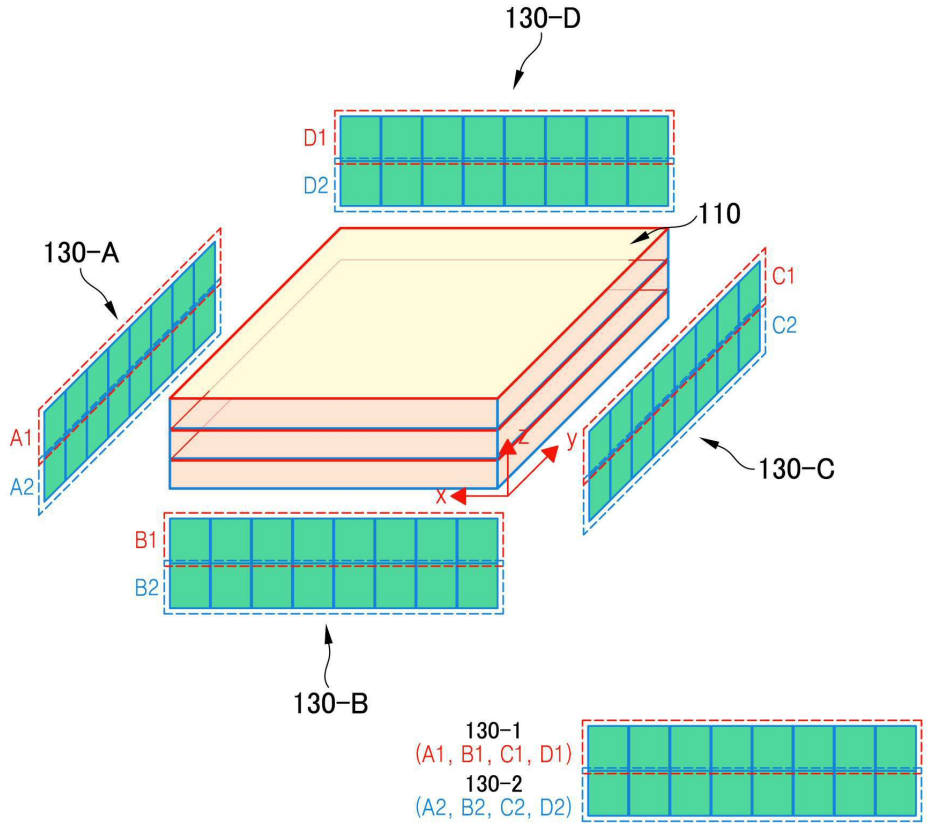
도면6


130-1
130-2
110-1
110-2
110-3

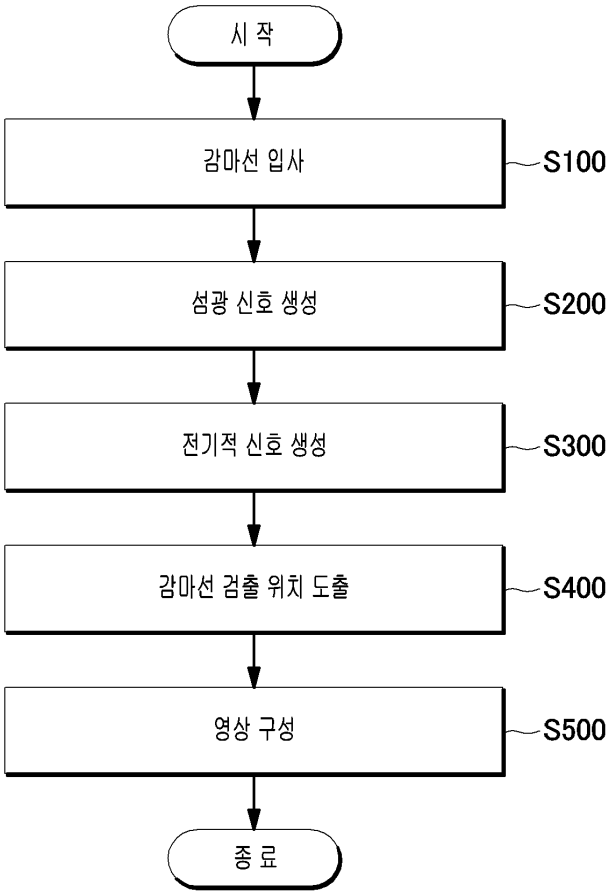
도면7


130-1
130-2
110-1
110-2
110-3
110-4
140

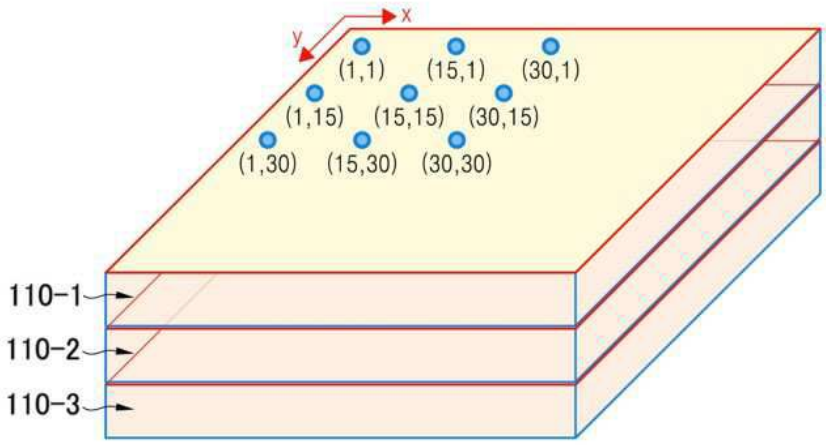
도면8


130-D
D1
D2
110
130-A
C1
C2
A1
A2
z
y
x
130-C
B1
B2
130-B
130-1
(A1, B1, C1, D1)
130-2
(A2, B2, C2, D2)

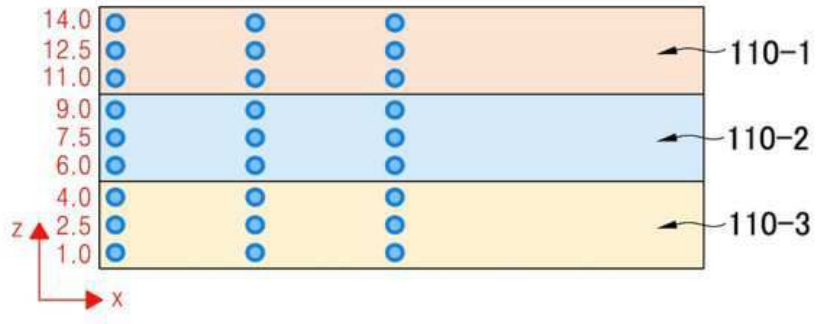
도면9


시 작
감마선 입사
S100
섬광 신호 생성
S200
전기적 신호 생성
S300
감마선 검출 위치 도출
S400
영상 구성
S500
종 료

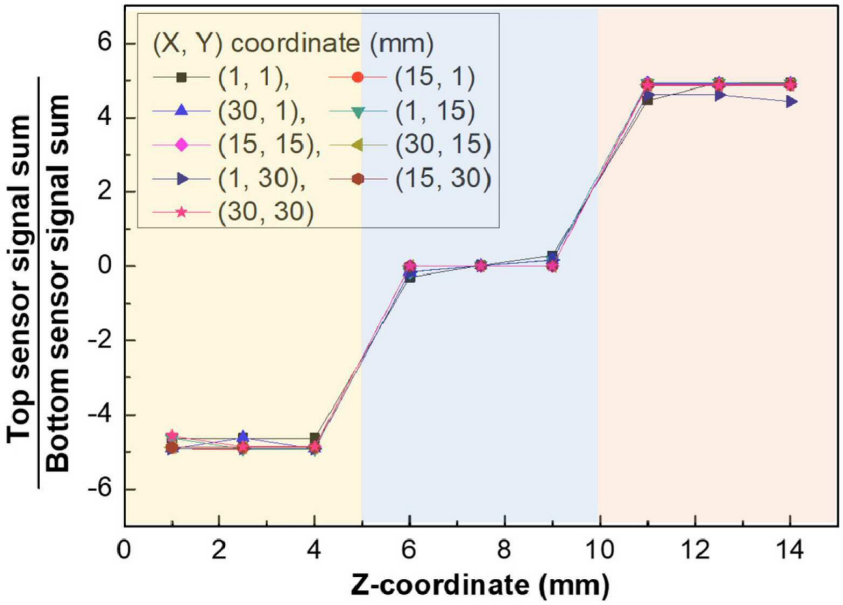
도면10


x
y
(1,1)
(15,1)
(30,1)
(1,15)
(15,15)
(30,15)
(1,30)
(15,30)
(30,30)
110-1
110-2
110-3

도면11



도면12



도면13

