(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2014 년 12 월 4 일 (04.12.2014)

WIPO | PCT

(10) 국제공개번호
WO 2014/193066 A1

(51) 국제특허분류:
A61B 6/00 (2006.01) *G01T 1/202* (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2013/012424

(22) 국제출원일: 2013 년 12 월 31 일 (31.12.2013)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2013-0059804 2013 년 5 월 27 일 (27.05.2013) KR

(71) 출원인: **서강대학교산학협력단 (SOGANG UNIVERSITY RESEARCH FOUNDATION)** [KR/KR]; 121-742 서울시 마포구 백범로 35, Seoul (KR).

(72) 발명자: **최용 (CHOI, Yong)**; 138-220 서울시 송파구 잠실동 리센츠 254-1701, Seoul (KR). **최혁준 (CHOE, Hyeok Jun)**; 446-753 경기도 용인시 기흥구 중동 백현마을동일하이빌아파트 2101-104, Gyeonggi-do (KR).

(74) 대리인: **특허법인 태평양 (BAE, KIM & LEE IP GROUP)**; 137-858 서울시 서초구 강남대로 343, 11 층, Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

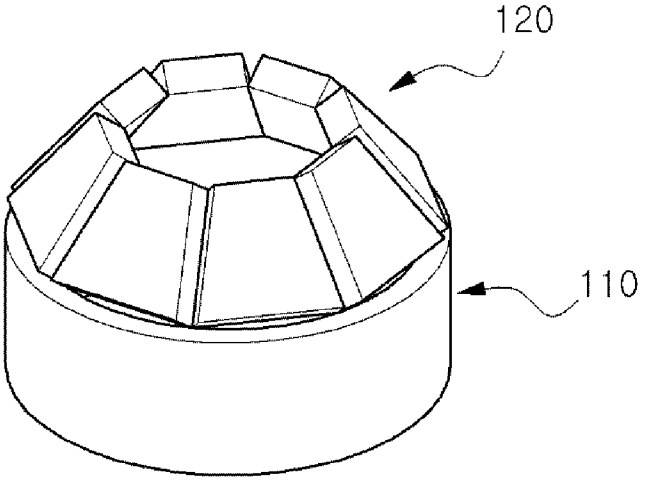
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

(54) **Title**: POSITRON EMISSION TOMOGRAPHY DETECTOR AND POSITRON EMISSION TOMOGRAPHY SYSTEM USING SAME

(54) **발명의 명칭** : 양전자방출 단층촬영장치용 검출기 및 이를 이용한 양전자방출 단층촬영 시스템



(57) **Abstract**: The present invention relates to a positron emission tomography (PET) detector and a PET system using the same and, more specifically, to the PET detector comprises: a lower detection unit having a plurality of detector modules disposed in a ring shape or a polygonal shape; and an upper detection unit formed on an upper part of the lower detection unit and having a plurality of detector modules, at least some of which come into contact with each other and which are formed in a cone shape inclined at a preset angle. According to this configuration, the PET detector and the PET system using the same of the present invention have a much larger number of effective lines of response (LORs) and an increased geometric efficiency, thereby improving sensitivity.

(57) 요약서:

[다음 쪽 계속]

WO 2014/193066 A1

발명은 양전자방출 단층촬영장치용 검출기 및 이를 이용한 양전자방출 단층촬영 시스템에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 복수 개의 검출기 모듈이 환 또는 다각형 형태로 배치되는 하부검출부; 및 복수 개의 검출기 모듈이 적어도 일부가 맞닿아 상기 하부검출부의 상부에 형성되되, 기설정된 각도만큼 기울여진 원뿔형태로 형성되는 상부검출부;를 포함한다. 이러한 구성에 의해, 본 발명의 양전자방출 단층촬영장치용 검출기 및 이를이용한 양전자방출 단층촬영 시스템은 보다 많은 수의 유효 LOR(Line Of Response)을 가지며, 기하 효율(Geometric efficiency)이 증가하기 때문에 민감도를 향상시키는 효과가 있다.

명세서

발명의 명칭: 양전자방출 단층촬영장치용 검출기 및 이를 이용한 양전자방출 단층촬영 시스템

기술분야

[1] 발명은 양전자방출 단층촬영장치용 검출기 및 이를 이용한 양전자방출 단층촬영 시스템에 관한 것으로, 특히 민감도를 향상시킬 수 있는 양전자방출 단층촬영장치용 검출기 및 이를 이용한 양전자방출 단층촬영 시스템에 관한 것이다.

배경기술

[2] 최근 들어, IT 기술의 발달에 따라 비침습적으로 생체 내부를 영상 형태로 나타내어 정확한 질병진단에 필요한 정보를 제공하는 의료용 영상 기기가 널리 사용되고 있다. 이러한 의료용 영상기기 중에서도 단층영상 획득기기는 X선 전산화 단층 촬영장치(Computed Tomography, CT), 자기 공명 영상(Magnetic Resonance Imaging, MRI) 및 핵의학 영상 기기 등이 존재한다. 이 중에서도 X선 전산화 단층 촬영장치와 자기공명영상은 인체의 상세한 해부학적 영상을 제공하고, 방사성 동위원소를 이용하는 핵의학 영상은 인체 내 생리학적 현상을 나타내는 영상을 제공한다.

[3] 특히, 핵의학 영상 기기 중 양전자방출 단층촬영장치(PET, Positron Emission Tomogrphy)는 연구와 진단 대상이 되는 생체 내에 양전자를 방출하는 방사성 의약품을 정맥주사 또는 흡입으로 주입한 후, 상기 방사성 의약품의 체내 분포를 영상화한다. 이러한 PET 영상은 여러 가지 생리적, 병리적 현상을 측정하는 도구로서 사용되는데, 혈류량, 기저대사율 및 합성율과 같은 생화학적 현상을 측정할 수 있을 뿐만 아니라, 신경수용체와 전달체 농도, 유전자의 영상화도 가능한 장점을 갖는다.

[4] 이러한 양전자방출 단층촬영기술은 공간분해능과 민감도가 성능평가에서 가장 중요한 요소로 판단되는데, 공간분해능(spatial resolution)은 양전자방출 단층촬영장치에서 얻은 영상에서 인접한 방사선원을 공간적으로 구별할 수 있는 능력을의미한다. 이러한 공간분해능이 저하되면, 영상 퍼짐 효과가 증가하고 작은 구조물 의 방사능 농도를 과소평가하는 결과를 초래한다. 이에 따라, 공간분해능을 개선하는 방법으로는 크기가 작은 섬광결정의 사용, 개별적 신호처리, 영상재구성 방법 개선 등이 있다.

[5] 또한, 민감도(sensitivity)는 PET 스캐너의 시야 내에 존재하는 방사선원에 서 발생한 감마선 중 PET에서 검출되는 감마선을 나타내는 지표이다. 이러한 민감도에 영향을 미치는 주요 인자로는 섬광결정의 두께와 검출기 고리의 반경 등이 존재한다. 이러한 민감도를 개선하기 위해, 저지능(stopping power)이 높고 붕괴시간(decay time)이 빠른 섬광결정의 사용, PET 보어크기를 줄임으로써

입체각(solid angle coverage)의 최대화, 종축유효시야(axial field of view)의 확장, 불응시간(dead time loss) 최소화 방법 등이 제안되어 왔다.

[6] 특히, PET 시스템의 축방향 민감도는 축의 중앙에서 가장 높고, 외곽으로 갈수록 낮아지게 되는데, 이때 축 외곽에서 획득한 PET 영상의 경우, 영상의 질이 감소하는 문제점이 발생한다.

[7] 이러한 문제점을 해결하고자 축방향의 시야를 확보하기 위하여, 축의 길이를 늘이게 되는데, 이러한 경우 전체적인 시스템의 비용이 증가하는 문제점이 발생한다.

[8] 상술한 양전자방출 단층촬영장치용 검출기 및 이를 이용한 양전자방출 단층촬영 시스템에 대한 선행기술을 살펴보면 다음과 같다.

[9] 선행기술 1은 한국등록특허 제1088057호(2011.11.23)로서, 양전자방출 단층촬영장치(PET)용 검출기 모듈 및 이를 이용한 양전자방출 단층촬영장치에 관한 것이다. 이러한 선행기술 1은 검출링의 축방향과 평행하게 배열된 다수개의 막대형 섬광체가 픽셀 타입의 어레이로 배열되어 구성되되, 상기 다수개의 막대형 섬광체 가 배열된 픽셀 어레이는 상기 검출링의 래디얼(radial) 방향 단면이 사다리꼴 형상을 형성하도록 배열되어 구성되는 섬광층; 상기 섬광층의 양단에 각각 연결되어,상기 섬광층을 구성하는 각각의 섬광체로부터 전달되는 섬광신호를 확산시키는 한쌍의 광확산층; 상기 한 쌍의 광확산층에 각각 연결되어 상기 광확산층으로부터 전달되는 섬광신호를 전기적 신호로 변환하는 한 쌍의 광센서 어레이; 및 상기 한 쌍의 광센서 어레이에 각각 연결되어, 상기 광센서 어레이로부터 전달되는 전기적 신호를 미리 설정된 검출 알고리즘을 통해 비교 분석하여 섬광층 내에서의 감마선의 반응 위치를 검출하는 한 쌍의 검출회로부;를 포함하여 구성되어, 촬영 영역으로부터 방출되는 감마선을 상기 검출링의 축방향과 평행하게 배열된 다수개의 막대형 섬광체의 측면부를 통해 입사받도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[10] 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해, 본 발명은 측정위치와 상관없이 균일하고, 높은 민감도를 가지면서도 제작비용이 경제적인 양전자방출 단층촬영장치용 검출기 및 이를 이용한 양전자방출 단층촬영 시스템을 제공하고자 한다.

과제 해결 수단

[11] 위와 같은 과제를 해결하기 위한 본 발명의 한 실시 예에 따른 양전자방출단층촬영장치용 검출기는 복수 개의 검출기 모듈이 환 또는 다각형 형태로 배치되는하부검출부; 및 복수 개의 검출기 모듈이 일정거리 이격되거나, 적어도 일부가 맞닿아 상기 하부검출부의 상부에 형성되되, 기설정된 각도만큼 기울여진 원뿔형태 로 형성되는 상부검출부;를 포함한다.

[12] 특히, 상기 상부검출부 내 검출기 모듈은 원형, 삼각형, 사각형, 오각형, 육각형 및 다각형 중 어느 하나의 단면을 가질 수 있다.

[13] 보다 바람직하게는 복수 개의 막대형 섬광체가 배열되는 섬광층; 상기 섬광층에 연결되어, 상기 섬광층을 구성하는 각각의 섬광체로부터 전달되는 섬광신호를 확산시키는 광확산층; 상기 광확산층에 각각 연결되어 상기 광확산층으로부터 전달 되는 섬광신호를 전기적 신호로 변환하는 광센서 어레이; 및 상기 광센서 어레이에 각각 연결되어, 상기 광센서 어레이로부터 전달되는 전기적 신호를 미리 설정된 검출 알고리즘을 통해 비교 분석하여 상기 섬광층 내 감마선의 반응 위치를 검출하는검출회로부; 를 포함하는 검출기 모듈을 포함할 수 있다.

[14] 특히, 상기 섬광체는 BGO(Bismuth Germanate), LSO(LutetiumOxyorthosilicate), LYSO(Lutetium Yttrium Oxyorthosilicate), LuAP(Lutetium Aluminum Perovskite), LuYAP(Lutetium Yttrium Aluminum Perovskite), LaBr3(Lanthanum Bromide), LuI3(Lutetium Iodide), GSO(Gadolinium oxyorthosilicate), LGSO(lutetium gadolinium oxyorthosilicate), LuAG(Lutetium aluminum garnet) 중 어느 하나일 수 있다.

[15] 보다 바람직하게는 광증배관(PMT: Photo Multiplier Tube) 또는 반도체형 광센서(Solid-state Photomultiplier)로 이루어지는 광센서 어레이를 포함할 수 있다.

[16] 특히, 실리콘광증배소자(SiPM: Silicon Photo Multiplier), MPPC(Multi-Pixel Photon Counter), CZT(CdZnTe), CdTe, APD(Avalanche Photo Diode), PIN 다이오드 중 적어도 하나를 포함하는 반도체형 광센서를 포함할 수 있다.

[17] 특히, 실리콘 계열 또는 게르마늄 계열로 이루어진 반도체형 광센서를 포함할 수 있다.

[18] 보다 바람직하게는 복수 개의 막대형 섬광체가 배열되는 섬광층; 상기 섬광층에 연결되어, 각각의 섬광체로부터 전달되는 섬광신호를 전기적 신호로 변환하는광센서 어레이; 및 상기 광센서 어레이에 연결되어, 상기 전기적 신호를 미리 설정된 검출 알고리즘을 통해 비교 분석하여 상기 섬광층 내 감마선의 반응 위치를 검출하는 검출회로부;를 포함하는 검출기 모듈을 포함할 수 있다.

[19] 위와 같은 과제를 해결하기 위한 본 발명의 다른 실시 예에 따른 양전자방출단층촬영 시스템은 복수 개의 검출기 모듈이 환 또는 다각형 형태로 배치되는 하부 검출부와, 복수 개의 검출기 모듈이 일정거리 이격되거나, 적어도 일부가 맞닿아 상기 하부검출부의 상부에 형성되되, 기설정된 각도만큼 기울여진 원뿔형태로 형성되는 상부검출부로 이루어지는 검출기;를 포함한다.

발명의 효과

[20] 본 발명의 양전자방출 단층촬영장치용 검출기 및 이를 이용한 양전자방출 단층촬영 시스템은 보다 많은 수의 유효 LOR(Line Of Response)을 가지며, 기하

효율(Geometric efficiency)이 증가하기 때문에 민감도를 향상시키는 효과가 있다.

[21] 또한, 본 발명의 양전자방출 단층촬영장치용 검출기 및 이를 이용한 양전자 방출 단층촬영 시스템은 축 중앙 또는 외곽 등의 측정위치와 상관없이 비교적 일정한 민감도를 얻는 효과가 있다.

[22] 더불어, 본 발명의 양전자방출 단층촬영장치용 검출기 및 이를 이용한 양전자방출 단층촬영 시스템은 축방향시야에서 높은 민감도를 확보하기 위해, 축 길이를 늘임에 따라 발생하는 추가 비용이 소요되지 않아 전체 제작비용이 감소하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[23] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 양전자방출 단층촬영장치용 검출기 및 이를 이용한 양전자방출 단층촬영 시스템의 사시도이다.

[24] 도 2는 본 발명의 양전자방출 단층촬영장치용 검출기를 이용하여 인체의 뇌에 분포한 방사성 의약품으로부터 방출된 감마선을 검출하는 모습을 나타낸 도면이다.

[25] 도 3은 본 발명과 종래기술에 따른 검출부를 각각 나타낸 도면이다.

[26] 도 4는 본 발명의 검출부에 대한 입체각 연산을 나타낸 도면이다.

[27] 도 5는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 양전자방출 단층촬영장치용 검출기를이용한 양전자방출 단층촬영 시스템의 구조를 나타낸 도면이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[28] 이하, 본 발명을 바람직한 실시 예와 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 여기에서설명하는 실시 예에 한정되는 것은 아니다.

[29] 먼저, 본 발명의 양전자방출 단층촬영장치용 검출기 및 이를 이용한 양전자방출 단층촬영 시스템을 설명하기에 앞서 양전자방출 단층촬영장치에 대하여 간략히 살펴보면 다음과 같다.

[30] 양전자방출 단층촬영장치(PET, Positron Emission Tomography)란, 양전자방출체를 추적자로 표지한 방사성의약품을 이용하여 전자-양전자 쌍소멸 현상에 의해 동시에 발생한 감마선 쌍을 검출기로 측정함으로써 양전자 방출 핵종의 체내 분포에 대한 공간적 위치 정보를 영상으로 표현하는 장치이다.

[31] 본 발명은 상술한 양전자방출 단층촬영장치에서 감마선 쌍을 검출하는 검출기에 관한 것이다.

[32] 이하, 도 1을 참조하여 본 발명의 양전자방출 단층촬영장치용 검출기에 대하여 자세히 살펴보도록 한다.

[33] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 양전자방출 단층촬영장치용 검출기의 사시도이다.

[34] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 양전자방출 단층촬영장치용 검출기는 크게

하부검출부(110)와 상부검출부(120)로 나누어진다.

[35] 하부검출부(110)는 복수 개의 검출기 모듈이 환 또는 다각형 형태로 서로 대향하여 형성된다.

[36] 상부검출부(120)는 복수 개의 검출기 모듈이 일정거리 이격되거나, 적어도 일부가 서로 맞닿으며 상기 하부검출부(110)의 상부에 형성되고, 이때 기설정된 각도만큼 내부로 기울여진 고깔 또는 원뿔형태로 형성된다. 이때, 상기 상부검출부(120)의 검출기 모듈은 원형, 삼각형, 사각형, 오각형, 육각형 또는 다각형 중 어느 하나의 단면을 가질 수 있다.

[37] 특히, 상기 하부검출부(110) 및 상부검출부(120)의 검출기 모듈은 섬광층, 광확산층, 광센서 어레이 및 검출회로부를 포함한다.

[38] 섬광층은 복수 개의 막대형 섬광체 어레이를 나타내는 것으로, 이때 상기 섬광체는 BGO(Bismuth Germanate), LSO(Lutetium Oxyorthosilicate), LYSO(Lutetium Yttrium Oxyorthosilicate), LuAP(Lutetium Aluminum Perovskite), LuYAP(Lutetium Yttrium Aluminum Perovskite), LaBr3(Lanthanum Bromide), LuI3(Lutetium Iodide), GSO(Gadolinium oxyorthosilicate), LGSO(lutetium gadolinium oxyorthosilicate), LuAG(Lutetium aluminum garnet) 중 적어도 하나로 이루어질 수 있다.

[39] 광확산층은 상기 섬광층에 각각 연결되어, 상기 섬광층을 구성하는 각각의 섬광체로부터 전달되는 섬광신호를 확산시킨다. 이때, 광확산층은 석영 또는 플렉시유리로 이루어질 수 있다.

[40] 이때, 상기 광확산층은 상기 검출기 모듈에서 생략될 수 있다. 이와 같이, 검출기 모듈 내 광확산층이 생략되는 경우, 상기 섬광층을 구성하는 각각의 섬광체 로부터 전달되는 섬광신호가 광센서 어레이로 전달된다.

[41] 광센서 어레이는 상기 광확산층에 연결되어 상기 광확산층으로부터 전달되는 섬광신호를 전기적 신호로 변환한다. 이때, 광센서 어레이는 광증배관(PMT: Photo Multiplier Tube)으로 이루어지거나, 또는 실리콘광증배소자(SiPM: Silicon Photo Multiplier), MPPC(Multi-Pixel Photon Counter), CZT(CdZnTe), CdTe, APD(Avalanche Photo Diode), PIN 다이오드 등의 반도체형 광센서(Solid-state Photomultiplier)로 이루어질 수 있다. 이러한 반도체형 광센서는 실리콘 계열의 반도체형 광센서 또는 게르마늄 계열의 반도체형 광센서를 포함할 수 있다. 뿐만 아니라, 상기 광센서 어레이가 CZT(CdZnTe) 또는 CdTe 로 이루어지는 경우에는 검 출기 모듈의 구성요소 중 섬광층을 이루는 섬광체가 생략될 수 있다.

[42] 검출회로부는 상기 광센서 어레이에 각각 연결되어, 상기 광센서 어레이로부터 전달되는 전기적 신호를 미리 설정된 검출 알고리즘을 통해 비교 분석하여 상기섬광층 내 감마선의 반응 위치를 검출한다.

[43] 도 2는 본 발명의 양전자방출 단층촬영장치용 검출기를 이용하여 인체의 뇌에 분포한 방사성 의약품으로부터 방출된 감마선을 검출하는 모습을 나타낸 도면이다.

[44] 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 양전자방출 단층촬영장치용 검출기는 하부검출부(110)가 중앙이 중공상태인 환형태로 이루어져 있기 때문에, 중공상태의 중앙에 PET 영상을 촬영하고자 하는 신체부위 예를 들어, 머리인 경우, 검진자의 머리가 위치하면, 머리의 양 옆에는 환 또는 다각형 형태의 하부검출부(110)가 대응하게 되고, 머리의 측면 상부에는 내부로 일정각도 기울어져 배치되는 상부검출부(120)가 대응하게 된다. 이때, 상기 상부검출부(120)가 내부로 기울어지는 각도는 검진자의 머리크기 또는 사용자에 의해 조절이 가능하다.

[45] 상술한 바와 같이, 머리의 상부 쪽에 위치하는 일정각도 기울어진 상부검출부(120)의 검출기 모듈과 서로 마주보는 곳에 위치하는 하부검출부(110)의 검출기모듈간 종방향(axial)의 유효 LOR(Line Of Response)의 수가 많아지게 되므로, 민감도가 매우 향상될 수 있다.

[46] 특히, 축방향을 따라 횡축방향시야(FOV, transverse Field Of View)가 변경되도록 상부검출부의 검출기 모듈이 기울어진 각도를 조절하여 배치함으로써, 민감도를 크게 향상시킬 수 있다. 뿐만 아니라, 높은 민감도의 단층영상을 신속하게 획득함에 따라 검사시간 또한 크게 단축시킬 수 있다.

[47] 본 발명에 따른 검출부와 종래기술에 따른 검출부의 민감도를 도 3을 이용하여 살펴보도록 한다.

[48] 도 3은 본 발명과 종래기술에 따른 검출부를 각각 나타낸 도면이다.

[49] 도 3(a)에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 검출부는 검출영역이 79,497㎟ 이고, 검출부의 지름은 최상단 부분이 240 mm 이고, 최하단 부분이 390 mm 이다. 하부검출부의 축 길이는 135 mm, 상부검출부의 축 길이는 117 mm로서 총 축 길이는 252 mm 이고, 상기 상부검출부가 기울어진 각도는 60°이다. 이와 달리, 도 3(b)에 도시된 종래기술에 따른 검출부는 검출영역은 79,497 ㎟ 로 본 발명 검출부의 검출영역과 유사하나, 지름이 390 mm이며 축 길이는 246 mm이고, 종래기술에 따른 검출부는 기울어지지 않아 각도는 90°이다.

[50] 이때, 상기 본 발명과 종래기술에 따른 검출부는 검출기 모듈을 이루는 크리스탈의 크기가 3 × 3 × 20 ㎟ 인 조건을 갖는다.

[51] 이러한 조건을 갖는 본 발명과 종래기술에 따른 검출부는 하기의 수학식 1에 의해 민감도를 각각 연산할 수 있다.

[52] [수학식 1]

[53] Geometric efficiency = A/D

[54] 이때, 상기 A는 검출부의 축길이를 나타내고, 상기 D는 검출부의 지름을 나타낸다.

[55] 이러한 상기 수학식 1을 본 발명에 따른 검출부의 민감도 연산에 그대로 적용하는데 있어서, 본 발명에 따른 검출부의 상부가 일정 각도로 기울어진 기하학적형태를 반영하기 어려우므로, 도 4와 같은 가정하에 본 발명의 기하학적 형태를 반영한 검출부의 축길이를 획득할 수 있다. 종래기술에 따른

검출부가 본 발명의 경우처럼 검출부의 최하단 부분 지름이 390 mm일 때 입체각 39。에 해당하는 LOR(Line Of Response)을 얻으려면, 축길이가 312 mm가 되어야 한다. 즉, 본 발명의 검출부는 지름이 390 mm이고, 축길이가 312 mm 인 종래기술에 따른 검출부와 같은 민감도를 갖는다.

[56] 이러한 연산방법에 따르면, 본 발명에 따른 검출부의 민감도가 종래기술에 따른 검출부의 민감도 보다 약 27% 정도 향상되는 것을 알 수 있다.

[57] 또한, 본 발명과 종래기술에 따른 검출부의 민감도를 연산하기 위한 시뮬레이션 설정으로는 몬테카를로 시뮬레이션 툴 중 하나인 GATE(Geant4 Application for Tomographic Emission)를 이용하였고, 에너지 윈도우는 511 keV의 ±20%인 410내지 613 keV로, 시간 윈도우는 10ns로 설정하였다.

[58] 이러한 시뮬레이션에 따르면, 본 발명에 따른 검출부의 민감도가 종래기술에 따른 검출부의 민감도 보다 약 29% 정도 향상되는 것을 알 수 있다.

[59] 도 5는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 양전자방출 단층촬영장치의 구조를 나타낸 도면이다.

[60] 도 5에 도시된 바와 같이, 앞서 도 1을 통해 설명한 검출기(210)가 환 또는 다각형 형태로 이루어지는 하부검출부와 미리 설정된 각도만큼 기울어진 원뿔 형태로 형성되는 상부검출부를 통해 감마선을 검출하여 섬광신호로 변환한 후, 전기신호로 변환한다.

[61] 신호증폭부(220)는 변환된 전기신호를 정형하고 증폭한다.

[62] 신호획득부(230)가 증폭된 상기 전기신호를 샘플링하여 변환된 디지털신호를 획득한다.

[63] 동시계수회로부(240)가 상기 디지털신호를 통해 위치정보를 측정한다.

[64] 영상재구성부(250)가 상기 위치정보를 분석 및 재구성하여 생체에 대한 3차원정보를 담은 단층영상을 획득한다. 이러한 영상재구성부(250)는 Projection and Backprojection, Filtered Backprojection(FBP), Maximum Likelihood Reconstruction, Maximum a Posteriori(MAP) Reconstrucrion 등의 방법을 이용하여 영상을 재구성한다.

[65] 본 발명의 양전자방출 단층촬영장치용 검출기 및 이를 이용한 양전자방출 단층촬영 시스템은 보다 많은 수의 유효 LOR(Line Of Response)을 가지며, 기하 효율(Geometric efficiency)이 증가하기 때문에 민감도를 향상시키는 효과가 있다.

[66] 또한, 본 발명의 양전자방출 단층촬영장치용 검출기 및 이를 이용한 양전자방출 단층촬영 시스템은 축 중앙 또는 외곽 등의 측정위치와 상관없이 비교적 일정한 민감도를 얻는 효과가 있다.

[67] 더불어, 본 발명의 양전자방출 단층촬영장치용 검출기 및 이를 이용한 양전자방출 단층촬영 시스템은 축방향시야에서 높은 민감도를 확보하기 위해, 축 길이 를 늘임에 따라 발생하는 추가 비용이 소요되지 않아 전체 제작비용이 감소하는 효과가 있다.

[68] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시 예에 대하여 설명하였지만, 본 발명은

이에 한정되는 것이 아니고 본 발명의 기술 사상 범위 내에서 여러 가지로 변형하여 실시하는 것이 가능하고 이 또한 첨부된 특허청구범위에 속하는 것은 당연하다.

청구범위

[청구항 1] 복수 개의 검출기 모듈이 환 또는 다각형 형태로 배치되는 하부검출부; 및
복수 개의 검출기 모듈이 일정거리 이격되거나, 적어도 일부가 맞닿아 상기 하부검출부의 상부에 형성되되, 기설정된 각도만큼 기울여진 원뿔형태로 형성되는 상부검출부;
를 포함하는 양전자방출 단층촬영장치용 검출기.

[청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 상부검출부의 검출기 모듈은
원형, 삼각형, 사각형, 오각형, 육각형 및 다각형 중 어느 하나의 단면을 갖는 것을 특징으로 하는 양전자방출 단층촬영장치용 검출기.

[청구항 3] 제1항에 있어서,
상기 검출기 모듈은
복수 개의 막대형 섬광체가 배열되는 섬광층;
상기 섬광층에 연결되어, 상기 섬광층을 구성하는 각각 섬광체로부터 전달되는 섬광신호를 확산시키는 광확산층;
상기 광확산층에 연결되어 상기 광확산층으로부터 전달되는 섬광신호를 전기적 신호로 변환하는 광센서 어레이; 및
상기 광센서 어레이에 연결되어, 상기 광센서 어레이로부터 전달되는 전기적신호를 미리 설정된 검출 알고리즘을 통해 비교 분석하여 상기 섬광층 내 감마선의반응 위치를 검출하는 검출회로부;
를 포함하는 것을 특징으로 하는 양전자방출 단층촬영장치용 검출기.

[청구항 4] 제3항에 있어서,
상기 섬광체는
BGO(Bismuth Germanate), LSO(Lutetium Oxyorthosilicate), LYSO(Lutetium Yttrium Oxyorthosilicate), LuAP(Lutetium Aluminum Perovskite), LuYAP(Lutetium Yttrium Aluminum Perovskite), LaBr3(Lanthanum Bromide), LuI3(Lutetium Iodide), GSO(Gadolinium oxyorthosilicate), LGSO(lutetium gadolinium oxyorthosilicate), LuAG(Lutetium aluminum garnet) 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 양전자방출 단층촬영장치용 검출기.

[청구항 5] 제3항에 있어서,
상기 광센서 어레이는
광증배관(PMT: Photo Multiplier Tube) 또는 반도체형

광센서(Solid-state Photomultiplier)로 이루어지는 것을 특징으로 하는 양전자방출 단층촬영장치용 검출기.

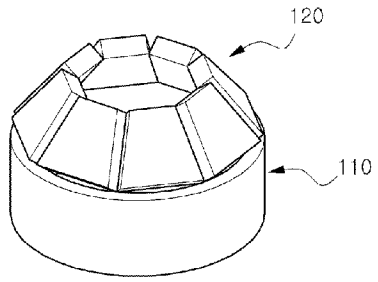
[청구항 6] 제5항에 있어서,
상기 반도체형 광센서는
실리콘광증배소자(SiPM: Silicon Photo Multiplier),
MPPC(Multi-Pixel Photon Counter), CZT(CdZnTe), CdTe,
APD(Avalanche Photo Diode), PIN 다이오드중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 양전자방출 단층촬영장치용 검출기.

[청구항 7] 제5항에 있어서,
상기 반도체형 광센서는
실리콘 계열 또는 게르마늄 계열로 이루어진 반도체형 광센서를 포함하는 것을 특징으로 하는 양전자방출 단층촬영장치용 검출기.

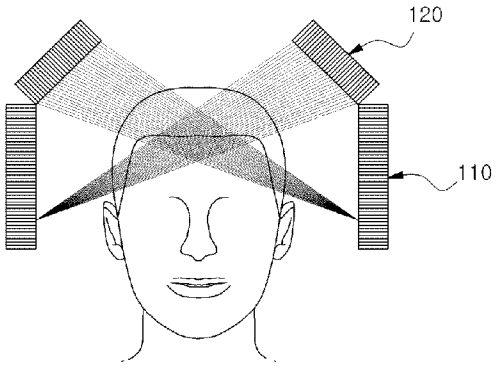
[청구항 8] 제1항에 있어서,
상기 검출기 모듈은
복수 개의 막대형 섬광체가 배열되는 섬광층;
상기 섬광층에 연결되어, 각각의 섬광체로부터 전달되는 섬광신호를 전기적
신호로 변환하는 광센서 어레이; 및
상기 광센서 어레이에 연결되어, 상기 전기적 신호를 미리 설정된 검출 알고리즘을 통해 비교 분석하여 상기 섬광층 내 감마선의 반응 위치를 검출하는 검출회로부;
를 포함하는 것을 특징으로 하는 양전자방출 단층촬영장치용 검출기.

[청구항 9] 복수 개의 검출기 모듈이 환 또는 다각형 형태로 배치되는 하부검출부와, 복수 개의 검출기 모듈이 일정거리 이격되거나, 적어도 일부가 맞닿아 상기 하부검출부의 상부에 형성되되, 기설정된 각도만큼 기울여진 원뿔형태로 형성되는 상부검출부로 이루어지는 검출기;
를 포함하는 양전자방출 단층촬영 시스템.

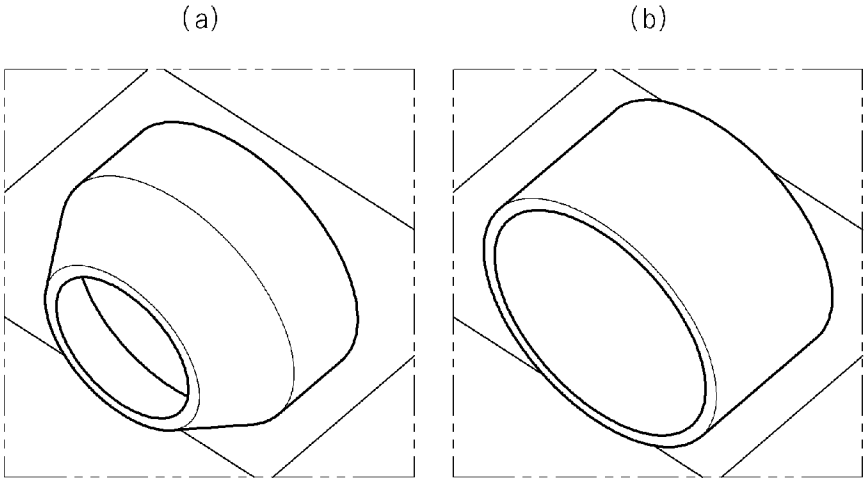
[Fig. 1]



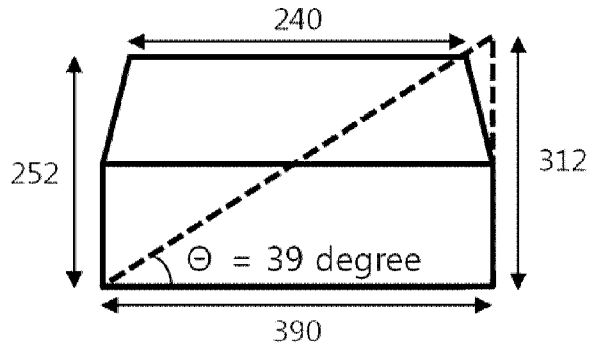
[Fig. 2]



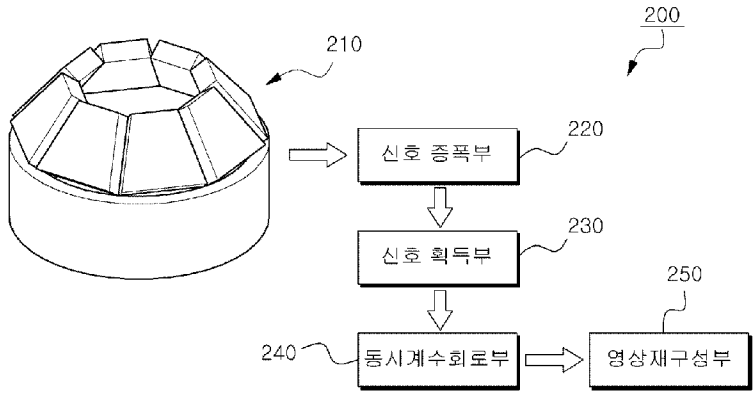
[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/KR2013/012424

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B 6/00(2006.01)i, G01T 1/202(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61B 6/00; A61B 5/05; A61B 5/055; A61B 6/03; G01T 1/00; G01T 1/164; G01T 1/20; G01T 1/166; G01T 1/202

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Korean Utility models and applications for Utility models
Japanese Utility models and applications for Utility models

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: Positron Emission Tomogrphy, PET, detector, optical sensor, scintillator

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2011-0024636 A1 (GAGNON, Daniel et al.) 03 February 2011 See abstract, paragraphs [0021]-[0037], claims 1-14 and figures 1, 2.	1,9
Y		2-8
Y	KR 10-1088057 B1 (KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 30 November 2011 See abstract, paragraphs [0025]-[0046], claims 1-8 and figures 2, 3.	2-8
A	KR 10-2010-0122596 A (SNU R&DB FOUNDATION) 23 November 2010 See abstract, paragraphs [0037]-[0055], claim 1 and figures 1-9.	1-9
A	KR 10-2009-0057831 A (ITO, Mikiko et al.) 08 June 2009 See abstract, paragraphs [0049]-[0058], claims 1-10 and figure 1.	1-9
A	US 2002-0148970 A1 (WONG, Wai-Hoi et al.) 17 October 2002 See abstract, paragraphs [0028]-[0064], claims 1-17 and figures 1A-5C.	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
25 APRIL 2014 (25.04.2014)	**25 APRIL 2014 (25.04.2014)**

Name and mailing address of the ISA/KR	Authorized officer
Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701, Republic of Korea Facsimile No. 82-42-472-7140	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/KR2013/012424

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
US 2011-0024636 A1	03/02/2011	CN 101990643 A	23/03/2011
		EP 2265974 A2	29/12/2010
		US 8378305 B2	19/02/2013
		WO 2009-125309 A2	15/10/2009
		WO 2009-125309 A3	12/08/2010
KR 10-1088057 B1	30/11/2011	NONE	
KR 10-2010-0122596 A	23/11/2010	NONE	
KR 10-2009-0057831 A	08/06/2009	NONE	
US 2002-0148970 A1	17/10/2002	AU 2002-303075 A1	15/10/2002
		CA 2434479 A1	10/10/2002
		EP 1352264 A2	15/10/2003
		JP 2004-533607 A	04/11/2004
		US 6744053 B2	01/06/2004
		WO 02-079802 A2	10/10/2002
		WO 02-079802 A3	22/05/2003
		WO 02-079802 A9	15/01/2004

국 제 조 사 보 고 서

국제출원번호
PCT/KR2013/012424

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

A61B 6/00(2006.01)i, G01T 1/202(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

A61B 6/00; A61B 5/05; A61B 5/055; A61B 6/03; G01T 1/00; G01T 1/164; G01T 1/20; G01T 1/166; G01T 1/202

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌
한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보
일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))
eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 양전자방출 단층촬영장치, PET, 검출기, 광센서, 섬광체

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	US 2011-0024636 A1 (DANIEL GAGNON et al.) 2011.02.03 요약, 문단번호 [0021]-[0037], 청구항 1-14 및 도면 1, 2 참조.	1,9
Y		2-8
Y	KR 10-1088057 B1 (한국과학기술원) 2011.11.30 요약, 문단번호 [0025]-[0046], 청구항 1-8 및 도면 2, 3 참조.	2-8
A	KR 10-2010-0122596 A (서울대학교산학협력단) 2010.11.23 요약, 문단번호 [0037]-[0055], 청구항 1 및 도면 1-9 참조.	1-9
A	KR 10-2009-0057831 A (이또우 미끼꼬 외 1명) 2009.06.08 요약, 문단번호 [0049]-[0058], 청구항 1-10 및 도면 1 참조.	1-9
A	US 2002-0148970 A1 (WAI-HOI WONG et al.) 2002.10.17 요약, 문단번호 [0028]-[0064], 청구항 1-17 및 도면 1A-5C 참조.	1-9

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

"A" 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

"E" 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

"L" 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

"O" 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

"P" 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

"T" 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

"X" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

"Y" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

"&" 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일	국제조사보고서 발송일
2014년 04월 25일 (25.04.2014)	2014년 04월 25일 (25.04.2014)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소
대한민국 특허청
(302-701) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)
팩스 번호 +82-42-472-7140

심사관
최상원
전화번호 +82-42-481-8291

국제조사보고서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호
PCT/KR2013/012424

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
US 2011-0024636 A1	2011/02/03	CN 101990643 A	2011/03/23
		EP 2265974 A2	2010/12/29
		US 8378305 B2	2013/02/19
		WO 2009-125309 A2	2009/10/15
		WO 2009-125309 A3	2010/08/12
KR 10-1088057 B1	2011/11/30	없음	
KR 10-2010-0122596 A	2010/11/23	없음	
KR 10-2009-0057831 A	2009/06/08	없음	
US 2002-0148970 A1	2002/10/17	AU 2002-303075 A1	2002/10/15
		CA 2434479 A1	2002/10/10
		EP 1352264 A2	2003/10/15
		JP 2004-533607 A	2004/11/04
		US 6744053 B2	2004/06/01
		WO 02-079802 A2	2002/10/10
		WO 02-079802 A3	2003/05/22
		WO 02-079802 A9	2004/01/15