(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0045766
(43) 공개일자 2021년04월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01T 1/161 (2006.01) *A61B 6/00* (2006.01)
A61B 6/03 (2006.01) *G01T 1/16* (2006.01)
G01T 1/29 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01T 1/161 (2013.01)
A61B 6/037 (2020.08)
(21) 출원번호 10-2019-0129188
(22) 출원일자 2019년10월17일
심사청구일자 2019년10월17일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
이원호
서울특별시 성북구 안암로 145, 하나과학관 276호
(74) 대리인
정은열, 김태훈

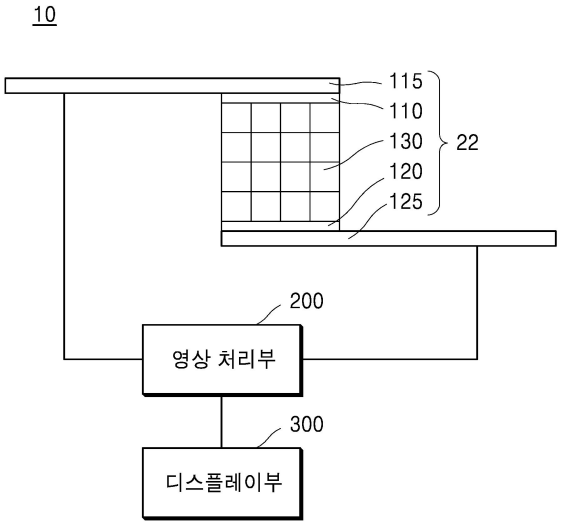
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 **컴프턴 영상 장치 및 이를 포함하는 단일 광자 및 양전자 단층 촬영 시스템**

(57) 요 약

본 발명은 컴프턴 영상 장치는 입사된 방사선에 의해 반응하는 복수의 섬광셀들을 포함하는 섬광체; 상기 섬광체의 일측에 위치되는 제1 광전 소자; 상기 섬광체의 타측에 위치되는 제2 광전 소자; 및 상기 제1 광전 소자와 상기 제2 광전 소자에서 획득한 반응 정보를 이용하여 영상 이미지를 생성하는 영상 처리부를 포함하고, 상기 제1 광전 소자와 상기 제2 광전 소자는, 입사된 방사선에 의해 발생하는 제1 반응에 대한 제1 반응 정보 및 상기 제1 반응에 의해 산란된 방사선에 의해 발생하는 제2 반응에 대한 제2 반응 정보를 획득하고, 상기 영상 처리부는, 상기 제1 반응 정보와 상기 제2 반응 정보를 이용하여 상기 제1 반응과 상기 제2 반응이 발생한 상기 섬광셀들 간의 이격 거리를 산출하고, 산출된 이격 거리가 기 설정된 거리 값 이상일 때, 상기 제1 및 제2 반응 정보들을 이용하여 영상 이미지를 생성할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
A61B 6/4258 (2013.01)
A61B 6/5205 (2013.01)
G01T 1/1603 (2013.01)
G01T 1/2985 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1903006-0119-CG100
부처명	원자력안전위원회
과제관리(전문)기관명	원자력안전재단
연구사업명	원자력안전연구사업
연구과제명	방사선 안전 및 규제를 위한 고정밀 방사선영상장비 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	고려대학교
연구기간	2019.04.01 ~ 2019.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

입사된 방사선에 의해 반응하는 복수의 섬광셀들을 포함하는 섬광체, 상기 섬광체의 일측에 위치되는 제1 광전 소자, 및 상기 섬광체의 타측에 위치되는 제2 광전 소자를 포함하는 적어도 하나의 검출부; 및

상기 제1 광전 소자와 상기 제2 광전 소자에서 획득한 반응 정보를 이용하여 영상 이미지를 생성하는 영상 처리부를 포함하고,

상기 제1 광전 소자와 상기 제2 광전 소자는, 입사된 방사선에 의해 발생하는 제1 반응에 대한 제1 반응 정보 및 상기 제1 반응에 의해 산란된 방사선에 의해 발생하는 제2 반응에 대한 제2 반응 정보를 획득하고,

상기 영상 처리부는, 상기 제1 반응 정보와 상기 제2 반응 정보를 이용하여 상기 제1 반응과 상기 제2 반응이 발생한 상기 섬광셀들 간의 이격 거리를 산출하고, 산출된 이격 거리가 기 설정된 거리 값 이상일 때, 상기 제1 및 제2 반응 정보들을 이용하여 영상 이미지를 생성하는 컴프턴 영상 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 및 제2 반응 정보는 상기 섬광셀들에서 발생한 반응에 대한 반응 에너지 정보를 포함하고,

상기 영상 처리부는, 상기 섬광셀들 각각의 반응 에너지 정보를 교정하여 상기 영상 이미지를 생성하는 컴프턴 영상 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 광전 소자는, 제1 픽셀을 포함하고,

상기 제2 광전 소자는, 상기 제1 픽셀과 대응된 제2 픽셀을 포함하며,

상기 영상 처리부는, 상기 제1 픽셀 및 제2 픽셀 사이에 위치된 상기 섬광셀들에서 반응이 발생하는 경우, 상기 제1 픽셀 및 제2 픽셀 사이에 위치된 상기 섬광셀들에 대한 상기 제1 및 제2 반응 정보들을 제외하여 상기 영상 이미지를 생성하는 컴프턴 영상 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 영상 처리부는, 상기 제1 픽셀과 상기 제2 픽셀을 연결하는 가상의 선과 직교하는 방향에 위치한 상기 섬광셀들에 대응하는 상기 제1 및 제2 반응 정보들에 가중치를 부여하여 상기 영상 이미지를 생성하는 컴프턴 영상 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 가중치는 상기 가상의 선과 상기 섬광셀 간의 거리와 선형적으로 또는 기하학적으로 비례하는 컴프턴 영상 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 영상 처리부는, 방사선에 반응하는 상기 섬광셀들 간의 이격 거리에 따른 가중치를 부여하여 상기 영상 이

미지를 생성하는 컴프턴 영상 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 가중치는 상기 이격 거리와 선형적으로 또는 기하학적으로 비례하는 컴프턴 영상 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 제1 광전 소자와 상기 제2 광전 소자는 다중픽셀 광계수기(MPPC)인 컴프턴 영상 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 섬광체는,

상기 제1 광전 소자와 상기 제2 광전 소자 사이에 위치되고, 서로 이격된 복수의 광 가이드들을 포함하고,

상기 섬광셀들은 서로 인접한 상기 광 가이드들 사이에 위치되는 컴프턴 영상 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

컴프턴 영상 장치상기 섬광셀들의 각각은 상기 제1 광전 소자로부터 상기 제2 광전 소자를 향해 길게 형성되는 컴프턴 영상 장치.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 제1 반응 정보는 상기 제1 광전 소자에서 측정한 제1 반응 에너지 정보와 상기 제2 광전 소자에서 측정한 제2 반응 에너지 정보를 포함하고, 상기 영상 처리부는, 상기 제1 반응 에너지 정보와 상기 제2 반응 에너지 정보를 이용하여 상기 제1 광전 소자로부터 상기 제2 광전 소자를 향한 방향에 대응되는 상기 제1 반응의 위치 정보를 획득하는 컴프턴 영상 장치.

청구항 12

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항의 컴프턴 영상 장치를 포함하는 단일 광자 및 양전자 단층 촬영 시스템에 있어서,

상기 검출부는 복수개 제공되고,

복수의 상기 검출부들은 피검사체를 둘러싸고, 상기 피검사체에서 방출되는 복수의 방사선을 검출하며,

상기 영상 처리부는 상기 검출부들에서 획득한 반응 정보를 이용하여 영상 이미지를 생성하는 단일 광자 및 양전자 단층 촬영 시스템.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 검출부들의 각각과 상기 피검사체 사이에 위치되고, 상기 피검사체에서 산란되는 방사선을 집속하여 상기 검출부들의 각각으로 보내는 복수의 집속기들을 더 포함하는 단일 광자 및 양전자 단층 촬영 시스템.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 검출부들 중 일부는 상기 피검사체를 둘러싸는 제1 그룹을 구성하고,

상기 검출부들 중 나머지 일부는 상기 제1 그룹을 둘러싸는 제2 그룹을 구성하는 단일 광자 및 양전자 단층 촬영 시스템.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 영상 처리부는,

상기 제1 그룹 중 어느 하나의 상기 검출부에 입사된 방사선에 의해 발생한 상기 제1 반응에 대한 상기 제1 반응 정보 및 상기 제1 반응에 의해 산란된 방사선에 의해 상기 제2 그룹 중 어느 하나의 상기 검출부에서의 상기 제2 반응에 대한 상기 제2 반응 정보를 이용하여 상기 영상 이미지를 생성하는 단일 광자 및 양전자 단층 촬영 시스템.

청구항 16

제12항에 있어서,

상기 영상 처리부는, MLEM(Maximum Likelihood Expectation Maximization) 알고리즘을 이용하여 상기 영상 이미지를 생성하는 단일 광자 및 양전자 단층 촬영 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 컴프턴 영상 장치 및 이를 포함하는 단일 광자 및 양전자 단층 촬영 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 단일 섬광체를 기반으로 한 컴프턴 영상 장치 및 이를 포함하는 단일 광자 및 양전자 단층 촬영 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 컴프턴 카메라가 개발된 이래 감마선 영상은 핵의학, 천문학, 보안 그리고 산업적 응용 등 많은 분야에서 중요한 역할을 해오고 있다. 핵의학에서는 방사선 동위원소를 인체 내에 주입한 후 인체 바깥으로 나오는 방사선을 검출하여 이를 토대로 질병조직의 형태학적인 정보와 기능적인 정보를 획득하여 인체의 생리와 병리현상을 탐구하고 질병의 진단 및 치료에 응용하고 있다. 천문학에서는 우주에서 발생하는 각종 방사선을 검출하여 별의 생성과 소멸 등 천체에서 일어나고 있는 현상을 분석하는데 쓰이고 있다.

[0003] 또한 국제적인 테러위협과 관련하여 핵물질이나 밀수품들의 미개봉 검색을 위하여 항만이나 공항 등에서 고효율을 가진 방사선 검출기들이 사용되고 있는 추세이다. 산업적으로는 일반 환경에서 나오는 방사선 검출이나 발전소 및 방사능물질 폐기장 등에서 누출되는 방사성동위원소를 검출하는 용도로 널리 쓰이고 있다.

[0004] 이러한 컴프턴 카메라는 방사선이 컴프턴 산란 방응으로 산란되어 다른 곳에서 흡수되면 산란 및 흡수 위치와 에너지 정보로 입사된 방사선의 위치정보를 역추적하는 컴프턴 영상 기법을 통해 영상 이미지를 생성하였다. 하지만, 기존의 컴프턴 카메라는 섬광체를 포함하는 2개 이상의 검출기를 사용하여야 했고, 검출기들은 산란용과 흡수용으로 나누어야 했고, 방사선이 한 검출기에서 산란되어 더 이상의 반응을 하지 않고, 다른 검출기에서 흡수가 되어야 하므로 효율이 크게 떨어지는 문제점이 있었다. 이에 따라, 최근에 단일 검출기에서 발생한 방사선의 산란과 흡수를 이용하여 영상 이미지를 구현하는 기술에 대한 연구가 진행되고 있는 추세이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국특허등록번호 제10-1948800호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 상술한 종래기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 일 측면은 단일 섬광체를 기반으로 하여 컴프턴 영상을 재구성할 수 있는 컴프턴 영상 장치 및 이를 포함하는 단일 광자 및 양전자 단층 촬영 시스템을 제공하고자 하는 것이다.

[0007] 본 발명의 과제들은 이상에서 언급한 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 실시예에 따른 컴프턴 영상 장치는 입사된 방사선에 의해 반응하는 복수의 섬광셀들을 포함하는 섬광체; 상기 섬광체의 일측에 위치되는 제1 광전 소자; 상기 섬광체의 타측에 위치되는 제2 광전 소자; 및 상기 제1 광전 소자와 상기 제2 광전 소자에서 획득한 반응 정보를 이용하여 영상 이미지를 생성하는 영상 처리부를 포함하고, 상기 제1 광전 소자와 상기 제2 광전 소자는, 입사된 방사선에 의해 발생하는 제1 반응에 대한 제1 반응 정보 및 상기 제1 반응에 의해 산란된 방사선에 의해 발생하는 제2 반응에 대한 제2 반응 정보를 획득하고, 상기 영상 처리부는, 상기 제1 반응 정보와 상기 제2 반응 정보를 이용하여 상기 제1 반응과 상기 제2 반응이 발생한 상기 섬광셀들 간의 이격 거리를 산출하고, 산출된 이격 거리가 기 설정된 거리 값 이상일 때, 상기 제1 및 제2 반응 정보들을 이용하여 영상 이미지를 생성할 수 있다.

[0009] 일 실시 예에서, 상기 제1 및 제2 반응 정보는 상기 섬광셀들에서 발생한 반응에 대한 반응 에너지 정보를 포함하고, 상기 영상 처리부는, 상기 섬광셀들 각각의 반응 에너지 정보를 교정하여 상기 영상 이미지를 생성할 수 있다.

[0010] 일 실시 예에서, 상기 제1 광전 소자는, 제1 픽셀(111)을 포함하고, 상기 제2 광전 소자는, 상기 제1 픽셀(111)과 대응된 제2 픽셀(121)을 포함하며, 상기 영상 처리부는, 상기 제1 픽셀(111) 및 제2 픽셀(121) 사이에 위치된 상기 섬광셀들에서 반응이 발생하는 경우, 상기 제1 픽셀(111) 및 제2 픽셀(121) 사이에 위치된 상기 섬광셀들에 대한 상기 제1 및 제2 반응 정보들을 제외하여 상기 영상 이미지를 생성할 수 있다.

[0011] 일 실시 예에서, 상기 영상 처리부는, 상기 제1 픽셀(111)과 상기 제2 픽셀(121)을 연결하는 가상의 선과 직교하는 방향에 위치한 상기 섬광셀들에 대응하는 상기 제1 및 제2 반응 정보들에 가중치를 부여하여 상기 영상 이미지를 생성할 수 있다.

[0012] 일 실시 예에서, 상기 가중치는 상기 가상의 선과 상기 섬광셀 간의 거리와 선형적으로 또는 기하학적으로 비례할 수 있다.

[0013] 일 실시 예에서, 상기 영상 처리부는, 방사선에 반응하는 상기 섬광셀들 간의 이격 거리에 따른 가중치를 부여하여 상기 영상 이미지를 생성할 수 있다.

[0014] 일 실시 예에서, 상기 가중치는 상기 이격 거리와 선형적으로 또는 기하학적으로 비례할 수 있다.

[0015] 일 실시 예에서, 상기 제1 광전 소자와 상기 제2 광전 소자는 다중픽셀 광계수기(MPPC)일 수 있다.

[0016] 일 실시 예에서, 상기 섬광체는, 상기 제1 광전 소자와 상기 제2 광전 소자 사이에 위치되고, 서로 이격된 복수의 광 가이드들을 포함하고, 상기 섬광셀들은 서로 인접한 상기 광 가이드들 사이에 위치될 수 있다.

[0017] 일 실시 예에서, 상기 섬광셀들의 각각은 상기 제1 광전 소자로부터 상기 제2 광전 소자를 향해 길게 형성될 수 있다.

[0018] 일 실시 예에서, 상기 제1 반응 정보는 상기 제1 광전 소자에서 측정한 제1 반응 에너지 정보와 상기 제2 광전 소자에서 측정한 제2 반응 에너지 정보를 포함하고, 상기 영상 처리부는, 상기 제1 반응 에너지 정보와 상기 제2 반응 에너지 정보를 이용하여 상기 제1 광전 소자로부터 상기 제2 광전 소자를 향한 방향에 대응되는 상기 제1 반응의 위치 정보를 획득할 수 있다.

[0019] 본 발명의 일 실시 예에 따른 컴프턴 영상 장치를 포함하는 단일 광자 및 양전자 단층 촬영 장치는 상기 검출부는 복수개 제공되고, 복수의 상기 검출부들은 피검사체를 둘러싸고, 상기 피검사체에서 방출되는 복수의 방사선을 검출하며, 상기 영상 처리부는 상기 검출부들에서 획득한 반응 정보를 이용하여 영상 이미지를 생성할 수 있다.

[0020] 실시 예에서, 상기 검출부들의 각각과 상기 피검사체 사이에 위치되고, 상기 피검사체에서 산란되는 방사선을 집속하여 상기 검출부들의 각각으로 보내는 복수의 집속기들을 더 포함할 수 있다.

[0021] 실시 예에서, 상기 검출부들 중 일부는 상기 피검사체를 둘러싸는 제1 그룹을 구성하고, 상기 검출부들 중 나머지 일부는 상기 제1 그룹을 둘러싸는 제2 그룹을 구성할 수 있다.

[0022] 실시 예에서, 상기 영상 처리부는, 상기 제1 그룹 중 어느 하나의 상기 검출부에 입사된 방사선에 의해 발생한 상기 제1 반응에 대한 상기 제1 반응 정보 및 상기 제1 반응에 의해 산란된 방사선에 의해 상기 제2 그룹 중 어느 하나의 상기 검출부에서의 상기 제2 반응에 대한 상기 제2 반응 정보를 이용하여 상기 영상 이미지를 생성할 수 있다.

[0023] 실시 예에서, 상기 영상 처리부는, MLEM(Maximum Likelihood Expectation Maximization) 알고리즘을 이용하여 상기 영상 이미지를 생성할 수 있다.

[0025] 본 발명의 특징 및 이점들은 첨부도면에 의거한 다음의 상세한 설명으로 더욱 명백해질 것이다. 이에 앞서 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이고 사전적인 의미로 해석되어서는 아니되며, 발명자가 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

발명의 효과

[0027] 본 발명의 실시 예들에 따른 컴프턴 영상 장치는 복수의 섬광셀들로 이루어진 단일 섬광체를 기반으로 하여 컴프턴 영상을 재구성할 수 있다. 이에, 다른 컴프턴 영상 장치에 비해 가격이 저렴하고, 시간분해능이 우수하여 고방사능 지역에서도 사용할 수 있다.

[0028] 또한, 컴프턴 영상 장치를 이용한 단일 광자 및 양전자 단층 촬영 시스템은 방사선 검출 효율 및 영상 분해능을 향상시켜 영상의 품질을 향상시킬 수 있다.

[0029] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 청구범위의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0031] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 컴프턴 영상 장치를 나타낸 개략도이다.

도 2는 도 1의 검출부를 나타낸 도면이다.

도 3a 및 도 3b은 도 2의 섬광체에서 발생하는 반응을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 도 3의 검출부에서 획득한 반응 정보를 이용하여 생성된 영상 이미지를 타나낸 도면이다.

도 5는 도 2의 반응과 상이한 반응에 따른 영상 처리부의 영상 이미지 생성 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 도 2와 도 5의 반응과 상이한 반응에 따른 영상 처리부의 영상 이미지 생성 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 7은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 양전자 단층 촬영 시스템을 나타낸 도면이다.

도 8은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 단일 광자 단층 촬영 시스템을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시 예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시 예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시 예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.

[0033] 본 명세서에서 기술하는 실시 예들은 본 발명의 이상적인 예시도인 단면도 및/또는 평면도들을 참고하여 설명될 것이다. 도면들에 있어서, 막 및 영역들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다. 따라서, 도면에서 예시된 영역들은 개략적인 속성을 가지며, 도면에서 예시된 영역들의 모양은 소자의 영역의 특정 형태를 예시하기 위한 것이며 발명의 범주를 제한하기 위한 것이 아니다. 본 명세서의 다양한 실시 예들에서 제1, 제2, 제3 등의 용어가 다양한 구성요소들을 기술하기 위해서 사용되었지만, 이들 구성요소들이 이 같은 용어들에 의해서 한정되어서는 안 된다. 이들 용어들은 단지 어느 구성요소를 다른 구성요소와 구별시키기 위해서 사용되었을 뿐이다. 여기에 설명되고 예시되는 실시 예들은 그것의 상보적인 실시 예들도 포함한다.

[0034] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시 예들을 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, 단계, 동작 및/또는 소자에 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0035] 본 명세서에서, “연결”은 언급된 구성요소들을 직접적으로 연결한다는 것과 중간 매체를 통해 간접적으로 연결한다는 것을 모두 포함하는 의미일 수 있다.

[0036] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.

[0037] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 컴프턴 영상 장치를 나타낸 개략도이다. 도 2는 도 1의 검출부를 나타낸 도면이다. 도 3a 및 도 3b은 도 2의 섬광체에서 발생하는 반응을 설명하기 위한 도면이다. 도 4는 도 3의 검출부에서 획득한 반응 정보를 이용하여 생성된 영상 이미지를 타나낸 도면이다.

[0038] 도 1 내지 도 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 컴프턴 영상 장치(10)는 컴프턴 산란 효과를 이용하여 방사선(L)을 영상화할 수 있다. 컴프턴 영상 장치(10)는 산업용, 의료용, 우주 관측용 등으로 사용될 수 있다. 컴프턴 영상 장치(10)는 검출부(100), 영상 처리부(200) 및 디스플레이부(300)를 포함할 수 있다.

[0039] 검출부(100)는 방사선(L)의 검출 위치 정보와 검출 위치에서의 에너지 정보를 획득할 수 있다. 검출부(100)는 섬광체(130), 제1 광전 소자(110), 및 제2 광전 소자(120)를 포함할 수 있다.

[0040] 섬광체(130)는 입사된 방사선(L)에 의해 반응을 하는 복수의 섬광셀들(131)을 포함할 수 있다. 실시 예에서, 섬광셀들(131)의 각각은 LSO, LYSO, LGSO, GSO, BGO, LuYAP, 및 BaF 중에서 선택된 하나의 물질로 이루어질 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 실시 예에서, 섬광셀들(131)의 각각은 단면이 정사각형인 직육면체 형태로 이루어질 수 있으나, 이에 한정되지 않는다. 이는 섬광셀들(131)의 각각이 방사선(L)의 일정 펄스에 대해서만 반응을 감지할 수 있도록 하고, 섬광셀의 중심을 통해 섬광이 제1 광전 소자(110) 및/또는 제2 광전소자를 향하도록 하기 위함이다.

[0041] 섬광체(130)는 복수의 섬광셀들(131)이 형성한 단층(이하 섬광셀 단층이라 지칭한다.)들 서로 적층된 구조로 이루어질 수 있다. 실시 예에서, 섬광체(130)는 4X4 행렬 구조의 섬광셀들(131)로 이루어진 섬광셀 단층 4개가 적층된 구조로 이루어질 수 있다. 이에 따라, 섬광체(130)는 총 64개의 섬광셀들(131)을 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0042] 제1 광전 소자(110)는 섬광체(130)의 일측에 위치될 수 있다. 제2 광전 소자(120)는 섬광체(130)의 타측에 위치될 수 있다. 이에 따라, 섬광체(130)는 제1 광전 소자(110)와 제2 광전 소자(120) 사이에 위치될 수 있다. 실시 예에서, 제1 광전 소자(110)와 제2 광전 소자(120)는 서로 마주볼 수 있다. 실시 예에서, 제1 광전 소자(110)에서 제2 광전 소자(120)로 향하는 방향을 X축 방향일 수 있다. 이와 달리 다른 실시 예에서는 Y축 방향 또는 Z축 방향일 수 있다.

[0043] 섬광체(130)는 제1 광전 소자(110)와 제2 광전 소자(120) 사이에 위치되는 복수의 광 가이드들(135)를 포함할 수 있다. 복수의 광 가이드들(135)는 서로 이격될 수 있다. 실시 예에서, 복수의 광 가이드들(135)는 X축 방향과 수직한 Z축 방향을 따라 배열될 수 있다. 이와 달리 다른 실시 예에서, 복수의 광 가이드들(135)는 Y축 방향과 Z축 방향으로 배열될 수 있다.

[0044] 섬광셀들(131)은 서로 인접한 광 가이드들(135) 사이에 위치될 수 있다. 예를 들면, 전술한 섬광셀 단층은 서로 인접한 광 가이드들(135) 사이에 위치될 수 있다. 이에 따라, 복수의 광 가이드들(135)는 섬광셀들(131)에서의

반응에 의해 발생한 빛이 퍼지는 것을 방지할 수 있다.

[0045] 실시 예에서, 섬광셀 단층은 X-Y 평면 상에 행렬 구조로 배열된 복수의 섬광셀들(131)의 조합일 수 있다. 이와 달리, 섬광셀 단층은 단일 섬광셀(131)로 이루어질 수 있다. 또한, 다른 실시 예에서, 섬광셀들(131)의 각각은 제1 광전 소자(110)로부터 제2 광전 소자(120)를 향해 길게 형성될 수 있다. 이에 따라, 섬광셀 단층은 X축 방향으로 길게 형성된 섬광셀이 Y축 방향으로 배열된 복수의 섬광셀들(131)의 조합일 수 있다.

[0046] 제1 광전 소자(110)는 복수의 픽셀들(111)과 제1 전자 기판(115)을 포함할 수 있다. 복수의 픽셀들(111)은 제1 전자 기판(115) 상에 위치될 수 있다. 실시 예에서, 픽셀들(111)은 4X4 행렬 구조로 제1 전자 기판(115) 상에 위치될 수 있다. 예를 들면, 픽셀들(111)은 Y-Z 평면 상에 행렬 구조로 제1 전자 기판(115) 상에 위치될 수 있다. 복수의 픽셀들(111)은 제1 전자 기판(115)과 전기적으로 연결될 수 있다.

[0047] 제1 광전 소자(110)는 입사된 방사선(L)에 의해 섬광셀들(131)에서 발생하는 제1 반응(I1)에 대한 제1 반응 정보를 획득할 수 있다. 또한, 제1 광전 소자(110)는 제1 반응(I1)에 의해 산란된 방사선(L)에 의해 섬광셀들(131)에서 발생하는 제2 반응(I2)에 대한 제2 반응 정보를 획득할 수 있다. 이에 대한 자세한 사항은 후술한다.

[0048] 제2 광전 소자(120)는 복수의 픽셀들(121)과 제2 전자 기판(125)을 포함할 수 있다. 복수의 픽셀들(121)은 제2 전자 기판(125) 상에 위치될 수 있다. 실시 예에서, 픽셀들(121)은 4X4 행렬 구조로 제2 전자 기판(125) 상에 위치될 수 있다. 예를 들면, 픽셀들(121)은 Y-Z 평면 상에 행렬 구조로 제2 전자 기판(125) 상에 위치될 수 있다. 복수의 픽셀들(121)은 제2 전자 기판(125)과 전기적으로 연결될 수 있다.

[0049] 제1 광전 소자(110)의 픽셀들(111) 중 어느 하나를 제1 픽셀(111)이라 지칭하면, 제1 픽셀(111)에 대응되는 제2 광전 소자(120)의 픽셀(121)을 제2 픽셀(121)이라고 지칭한다. 실시 예에서, 제1 픽셀(111)과 제2 픽셀(121)은 서로 마주볼 수 있다. 또한, 제1 픽셀(111)과 제2 픽셀(121)을 연결하는 가상의 선(IL, 이하, 가상선이라 지칭한다.)은 섬광체(130)를 지나갈 수 있다. 실시 예에서, 가상선(IL)은 X축 방향과 평행할 수 있다.

[0050] 제2 광전 소자(120)도 제1 광전 소자(110)와 같이 입사된 방사선(L)에 의해 섬광셀들(131)에서 발생하는 제1 반응(I1)에 대한 제1 반응 정보를 획득할 수 있다. 또한, 제2 광전 소자(120)는 제1 반응(I1)에 의해 산란된 방사선(L)에 의해 섬광셀들(131)에서 발생하는 제2 반응(I2)에 대한 제2 반응 정보를 획득할 수 있다. 실시 예에서, 제1 광전 소자(110)와 제2 광전 소자(120)은 제1 반응 정보와 제2 반응 정보를 거의 동시에 획득할 수 있다.

[0052] 제1 광전 소자(110)와 제2 광전 소자(120)는 실리콘 광증배관(SiPM), 다중픽셀 광계수기(MPPC), 또는 반도체 광증배관(SSPM)일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 제1 광전 소자(110)와 제2 광전 소자(120)는 자체 증폭률이 10^5이상일 수 있다. 이에 따라, 제1 광전 소자(110)와 제2 광전 소자(120)는 전기적 잡음에 강하여 제1 전기회로와 제2 전기회로도 간단하게 제작할 수 있다. 제1 광전 소자(110)와 제2 광전 소자(120)는 획득한 제1 반응 정보와 제2 반응 정보를 영상 처리부(200)로 전송할 수 있다.

[0053] 영상 처리부(200)는 제1 반응 정보와 제2 반응 정보를 이용하여 영상 이미지를 생성할 수 있다. 영상 처리부(200)는 제1 반응 정보와 제2 반응 정보를 이용하여 다중 반응이 발생한 반응 위치 정보를 획득할 수 있다. 이하, 섬광체(130)에서 발생하는 다중 반응에 대하여 도 3을 참조하여 설명하기로 한다.

[0054] 방사선원(R)으로부터 입사된 방사선(L)은 섬광체(130)의 섬광셀들(131) 중 어느 하나(이하, 제1 섬광셀이라 지칭한다.)로 입사될 수 있다. 방사선(L)이 입사된 제1 섬광셀은 컴프턴 산란 효과에 따른 산란 반응(I1)이 발생할 수 있다. 이에 따라, 산란 반응(I1)이 발생한 제1 섬광셀에서는 제1 반응 에너지가 방출될 수 있다. 예를 들면, 제1 반응 에너지는 산란 반응(I1)에 의해 발생하는 광일 수 있다. 제1 섬광셀에서 발생한 광은 인접한 광 가이드들에 의해 제1 광전 소자(110)과 제2 광전 소자(120)로 이동할 수 있다. 예를 들면, 제1 반응(I1)을 통해 발생한 광은 제1 섬광셀로부터 X축 방향에 위치된 제1 픽셀(111)과 제2 픽셀(121)로 이동할 수 있다. 이에 따라, 제1 픽셀(111)과 제2 픽셀(121)은 제1 반응(I1)에서 발생한 광을 광 가이드들(135)를 통해 거의 동시에 받을 수 있고, 광에 대응된 제1 전류 신호를 생성할 수 있다. 상기 제1 전류 신호는 제1 반응 에너지 정보에 대응될 수 있다. 이에 따라, 제1 광전 소자(110) 및 제2 광전 소자(120)는 제1 반응 에너지를 감지할 수 있다.

[0055] 영상 처리부(200)는 제1 광전 소자(110)와 제2 광전 소자(120)에서 감지한 제1 반응 에너지를 통해 산란 반응(I1)이 발생한 제1 반응 위치 정보를 산출할 수 있다. 실시 예에서, 영상 처리부(200)는 제1 광전 소자(110)에서 생성한 제1 전류 신호의 크기와 제2 광전 소자(120)에서 생성한 제1 전류 신호의 크기를 이용하여, 제1 섬광셀의 제1 반응 위치 정보를 산출할 수 있다. 예를 들면, 영상 처리부(200)는 아래의 산출식을 통해 제1 위치 정

보의 X축에 대응되는 좌표 정보를 획득할 수 있다.

[0057] 산출식) X 좌표 정보=K(제1 픽셀에서 생성한 제1 전류 신호의 크기)/(제1 픽셀에서 생성한 제1 전류 신호의 크기 + 제2 픽셀에서 생성한 제2 전류 신호의 크기), (K는 상수임)

[0059] 또한, 영상 처리부(200)는 기 저장된 제1 픽셀(111)의 Y, Z 좌표 정보 및/또는 기 저장된 제2 픽셀(121)의 Y, Z 좌표 정보를 이용하여, 제1 섬광셀의 제1 위치 정보(X, Y, Z 좌표)를 획득할 수 있다.

[0060] 산란된 방사선(L)은 제1 섬광셀을 제외한 나머지 섬광셀들(131) 중 어느 하나(이하, 제2 섬광셀이라 지칭한다.)에 흡수될 수 있다. 산란된 방사선(L)을 흡수한 제2 섬광셀에서는 흡수 반응(I2)이 발생할 수 있다. 이에 따라, 흡수 반응(I2)이 발생한 제2 섬광셀에서는 제2 반응 에너지가 방출될 수 있다. 예를 들면, 제2 반응 에너지는 흡수 반응(I2)에 의해 발생하는 광 에너지일 수 있다. 제2 섬광셀에서 발생한 광은 인접한 광 가이드들에 의해 제1 광전 소자(110)과 제2 광전 소자(120)로 이동할 수 있다. 예를 들면, 제2 반응(I1)을 통해 발생한 광은 제2 섬광셀로부터 X축 방향에 위치된 제1 픽셀(111)과 제2 픽셀(121)로 이동할 수 있다. 이에 따라, 제1 픽셀(111)과 제2 픽셀(121)은 제2 반응(I1)에서 발생한 광을 광 가이드들(135)를 통해 거의 동시에 받을 수 있고, 광에 대응된 제2 전류 신호를 생성할 수 있다. 상기 제2 전류 신호는 제2 반응 에너지 정보에 대응될 수 있다. 이에 따라, 제1 광전 소자(110) 및 제2 광전 소자(120)는 제2 반응 에너지를 감지할 수 있다.

[0061] 영상 처리부(200)는 제1 광전 소자(110)와 제2 광전 소자(120)에서 감지한 제2 반응 에너지를 통해 흡수 반응(I2)이 발생한 제2 반응 위치 정보를 산출할 수 있다. 실시 예에서, 영상 처리부(200)는 제1 광전 소자(110)에서 생성한 제2 전류 신호의 크기와 제2 광전 소자(120)에서 생성한 제2 전류 신호의 크기를 이용하여, 제2 섬광셀의 제2 반응 위치 정보를 산출할 수 있다. 예를 들면, 영상 처리부(200)는 상기 산출식을 통해 제2 위치 정보의 X축에 대응되는 좌표 정보를 획득할 수 있다.

[0062] 또한, 영상 처리부(200)는 기 저장된 제1 픽셀(111)의 Y, Z 좌표 정보 및/또는 기 저장된 제2 픽셀(121)의 Y, Z 좌표 정보를 이용하여, 제2 섬광셀의 제2 위치 정보(X, Y, Z 좌표)를 획득할 수 있다.

[0063] 실시 예에서, 제1 반응 위치 정보와 제2 반응 위치 정보는 X, Y, Z 좌표로 나타나는 3차원 위치 정보일 수 있다. 예를 들면, 제1 섬광셀의 (X, Y, Z) 좌표는 (X2, Y4, Z2)일 수 있고, 제2 섬광셀의 (X, Y, Z) 좌표는 (X4, Y2, Z1)일 수 있다.

[0064] 영상 처리부(200)는 제1 반응 에너지 정보, 제2 반응 에너지 정보, 제1 반응 위치 정보, 및 제2 반응 위치 정보를 이용하여 방사선원(R)의 위치를 산출할 수 있다. 예를 들면, 영상 처리부(200)는 제1 반응 정보와 제2 반응 정보를 통해 산란된 광자의 궤적을 결정할 수 있고, 제1 반응 에너지 정보와 제2 반응 에너지 정보, 컴프턴 산란 공식을 이용하면 산란각을 산출할 수 있다. 영상 처리부(200)는 제1 반응 위치 정보와 산란각 정보를 통해 제1 반응 위치에서 콘 형태로 역투사하여 방사선원(R)의 위치를 결정할 수 있다. 실제 방사선원(R)에서는 수많은 방사선(L)이 발생하므로, 영상 처리부(200)는 다수의 역투사된 콘 형태를 형성할 수 있고, 형성된 콘을 영상 상자에 역투사하여 각 위치에서 누적되는 콘의 횟수를 상대적 밝기로 변환시킴으로써 영상 이미지를 생성할 수 있다.

[0065] 다만, 본 발명의 컴프턴 영상 장치(10)의 영상 처리부(200)는 제1 반응 정보와 제2 반응 정보를 이용하여 제1 반응(I1)과 제2 반응(I2)이 발생한 제1 섬광셀과 제2 섬광셀 간의 이격 거리(D)를 산출할 수 있다. 영상 처리부(200)는 산출된 이격거리(D)가 기 설정된 거리 값 이상 일 때, 제1 반응 정보 및 제2 반응 정보를 이용하여 영상 이미지를 생성할 수 있다. 실시 예에서, 이격된 섬광셀들(131)은 한 쌍으로 구성될 수 있다. 전술한 바와 같이, 한 쌍의 섬광셀들(131) 중 하나는 입사된 방사선(L)에 의해 산란 반응(I1)이 발생하는 제1 섬광셀일 수 있다. 한 쌍의 섬광셀들(131) 중 나머지 하나는 산란 반응(I1)에 의해 산란된 방사선(L)에 대한 흡수 반응(I2)이 발생하는 제2 섬광셀일 수 있다.

[0066] 예를 들면, 영상 처리부(200)는 제1 섬광셀과 제2 섬광셀 간의 이격 거리(D1)가 기 설정된 거리 값 이상일 때, 제1 섬광셀의 반응과 제2 섬광셀의 반응에 대응된 제1 반응 정보와 제2 반응 정보를 이용하여 영상 이미지를 생성할 수 있다. 이는 제1 섬광셀과 제2 섬광셀 간의 이격 거리(D1)가 가까우면 산란 반응(I1)과 흡수 반응(I2) 간에 간섭이 발생하기 때문이다. 이에 따라, 영상 처리부(200)는 제1 섬광셀과 제2 섬광셀 간의 이격거리(D1)가 기 설정된 거리 값 이상이라면, 산란 반응(I1)과 흡수 반응(I2) 간의 간섭이 최소화되어 정확한 영상 이미지를

생성할 수 있다. 다만, 제1 섬광셀과 제2 섬광셀 간의 이격 거리가 커질수록 영상의 분해능은 높아지는 반면 방사선 검출효율은 감소될 수 있다. 이에 따라, 영상의 분해능과 방사선의 검출효율을 감안하여 기 설정된 거리 값을 설정하는 것이 바람직할 수 있다.

[0067] 영상 처리부(200)는 방사선(L)에 반응하는 섬광셀들(131) 간의 이격 거리(D1)에 따른 가중치를 부여하여 영상 이미지를 생성할 수 있다. 가중치는 이격 거리(D1)와 선형적으로 또는 기하학적으로 비례할 수 있다. 예를 들면, 가중치는 이격 거리(D1), 이격 거리(D1)의 제곱, 이격 거리(D1)의 세제곱 등과 비례할 수 있다.

[0068] 영상 처리부(200)는 정보를 연산, 산출, 신호 생성 등을 하는 마이크로 컨트롤러, CPU 등의 컴퓨터 유닛일 수 있다. 실시 예에서, 영상 처리부(200)는 섬광셀들(131)의 반응의 간섭을 반영하기 위해 섬광셀들(131) 각각의 반응 에너지 정보를 교정하여 영상 이미지를 생성할 수 있다. 섬광셀들(131)의 각각의 반응 에너지 정보를 교정할 경우, 영상 처리부(200)는 섬광셀들(131)의 반응의 간섭을 최소화하는 영상 이미지를 생성할 수 있다. 이에 따라, 영상 이미지의 정확도가 향상될 수 있다.

[0069] 영상 처리부(200)가 섬광셀들(131)의 각각에 대한 반응 에너지 정보를 교정하게 될 경우, 영상 처리부(200)에 부하가 걸릴 수 있다. 이에 따라, 다른 실시 예에서, 영상 처리부(200)는 일부 섬광셀들(131)을 조합한 조합별로 에너지 정보를 교정하여 영상 이미지를 생성할 수 있다.

[0070] 디스플레이부(300)는 영상 처리부(200)에서 생성된 영상 이미지를 시각적으로 출력할 수 있다. 도 4는 영상 처리부(200)가 생성한 영상 이미지를 디스플레이부(300)에서 출력한 것이다.

[0071] 본 발명의 일 실시 예에 따른 컴프턴 영상 장치(10)는 하나의 검출부(100)를 포함할 수 있다. 이와 달리, 다른 실시 예에서 컴프턴 영상 장치(10)는 복수의 검출부들(100)을 포함하여, 방사선 검출효율과 분해능을 향상시킬 수 있다.

[0072] 도 5는 도 2의 반응과 상이한 반응에 따른 영상 처리부의 영상 이미지 생성 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0073] 도 1 내지 도 5를 참조하면, 영상 처리부(200)는 제1 반응 정보와 제2 반응 정보를 이용하여 전술한 제1 픽셀(111) 및 제2 픽셀(121) 사이에 위치된 섬광셀들(131)에서 발생한 반응인지를 판단할 수 있다. 예를 들면, 영상 처리부(200)는 제1 반응 정보와 제2 반응 정보를 이용하여 제1 반응 위치와 제2 반응 위치를 산출할 수 있다. 제1 픽셀(111)과 제2 픽셀(121) 사이에서 제1 반응(I1)과 제2 반응(I2)이 일어난 경우, 제1 픽셀(111), 제2 픽셀(121), 제1 반응 위치, 및 제2 반응 위치 각각의 (Y, Z) 좌표가 동일하나, X 좌표만 상이할 수 있다. 이러한 경우(이하, 동일 선상 반응으로 지칭한다.)에 영상 처리부(200)는 제1 픽셀(111)과 제2 픽셀(121) 사이에 위치된 섬광셀들(131)에서 제1 반응(I1)과 제2 반응(I2)이 발생한 것으로 판단할 수 있다. 동일 선상 반응이 발생한 경우에 영상 처리부(200)는 제1 반응 정보와 제2 반응 정보를 이용하여 산란 반응(I1)과 흡수 반응(I2)을 구분할 수 없다. 이에 따라, 영상 처리부(200)는 동일 선상 반응의 경우, 제1 픽셀(111) 및 제2 픽셀(121) 사이에 위치된 섬광셀들(131)에 대한 제1 반응 정보와 제2 반응 정보를 제외하여 영상 이미지를 생성할 수 있다.

[0074] 다만, 영상 처리부(200)는 동일 선상 반응의 경우, 전술한 가상선(IL)에서 직교한 방향에 위치한 섬광셀들(131)에 대응한 제1 반응 정보 및 제2 반응 정보에 가중치를 부여하여 영상 이미지를 생성할 수 있다. 본 명세서에서 가중치는 1을 초과하는 수치이고, 역치는 1 미만의 수치일 수 있다. 이는 동일 선상 반응의 경우, 가상선(IL) 상에 위치된 다른 섬광셀에서 발생한 반응이 가상선(IL)과 직교한 방향에 위치된 다른 섬광셀에서 발생한 반응보다 더 간섭을 발생시키기 때문이다.

[0075] 가중치는 가상의 선과 섬광셀 간의 거리(이하, 직교 거리라 지칭한다.)와 선형적으로 또는 기하학적으로 비례할 수 있다. 예를 들면, 가중치는 직교 거리, 직교거리의 제곱, 직교 거리의 세제곱 등과 비례할 수 있다.

[0076] 또한, 영상 처리부(200)는 직교 거리에 따른 가중치를 부여할 경우, 섬광셀의 위치 정보 및 에너지 정보에 따른 불확실도를 산출할 수 있다. 영상 처리부(200)는 산출된 불확실도를 이용하여 가상선(IL)으로부터 직교 방향에 위치된 섬광셀 각각에 대한 독립적 가중치를 부여하거나, 산술평균이나 기하평균 등의 평균값을 산출하여 가중치를 부여할 수 있다. 여기서, 가중치는 불확실도와 반비례할 수 있다.

[0077] 도 6은 도 2와 도 5의 반응과 상이한 반응에 따른 영상 처리부의 영상 이미지 생성 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0078] 도 1 내지 도 6을 참조하면, 영상 처리부(200)는 동일 선상 반응이 발생한 경우, 가상선(IL)과 직교 방향의 섬광셀 각각 간의 거리에 따른 가중치를 부여하는 것이 아니라, 가상선(IL)과 직교 방향의 섬광셀 조합별로 가중치를 부여할 수 있다. 여기서 섬광셀 조합은 가상선(IL)과 직교하는 방향에서 일 방향에 위치한 섬광셀들(131)

을 하나의 단위로 조합한 것을 의미할 수 있다.

[0079] 실시 예에서, 영상 처리부(200)는 동일 선상 반응이 발생한 경우, 가상선(IL)과 직교하는 방향에 따른 섬광셀 조합별로 가중치를 부여할 수 있다. 예를 들면, 영상 처리부(200)는 가상선(IL)과 직교하고, Z축과 평행한 일 방향에 위치한 섬광셀 조합(C1, C3)에 제1 가중치를 부여하여 영상 이미지를 생성할 수 있다. 또한, 영상 처리부(200)는 가상선(IL)과 직교하고 Z축과 평행한 타 방향에 위치한 섬광셀 조합(C2)에 제1 가중치와 상이한 제2 가중치를 부여하여 영상 이미지를 생성할 수 있다. 실시 예에서, 제1 가중치와 제2 가중치는 전술한 불확실도를 이용하여 산출될 수 있다.

[0080] 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 양전자 단층 촬영 시스템을 나타낸 도면이다. 설명의 간편화를 위해 도 1 내지 도 6에서 설명한 구성과 동일한 구성에 대해서는 설명의 생략하거나 간략화한다.

[0081] 도 7을 참조하면, 본 발명의 다른 실시 예에 따른 양전자 단층 촬영 시스템(1)은 복수의 컴프턴 영상 장치들을 포함할 수 있다. 실시 예에서, 방사선원(P)에서는 서로 반대 방향으로 두 개의 동일 에너지 방사선이 방출되기 때문에 두 방사선이 검출된 위치를 선으로 연결하면 그 선 안에 방사선원(P)의 위치가 포함되고, 이를 촬영하는 것이 양전자 단층 촬영법(Photon emission tomography, PET)이다. 따라서, 본 발명의 양전자 단층 촬영 시스템(1)은 양전자 단층 촬영법을 이용하여 방사선원의 위치 정보를 획득할 수 있다.

[0082] 본 발명의 일 실시 예에 따른 양전자 단층 촬영 시스템은(1) 도 1 내지 도 6에서 설명한 컴프턴 영상 장치들을 포함할 수 있다. 실시 예에서, 양전자 단층 촬영 시스템(1)은 복수의 검출부들(100), 영상 처리부(200), 및 디스플레이부(300)를 포함할 수 있다.

[0083] 복수의 검출부들(100)의 각각은 섬광체(130), 제1 광전 소자(110), 및 제2 광전 소자(120)를 포함할 수 있다. 섬광체(130)는 복수의 섬광셀들(131)과, 복수의 광 가이드들(135)을 포함할 수 있다. 제1 광전 소자(110)는 복수의 픽셀들(111)과 제1 전자 기판(115)을 포함할 수 있다. 제2 광전 소자(120)는 복수의 픽셀들(121)과 제2 전자 기판(125)을 포함할 수 있다.

[0084] 복수의 검출부들(100)은 피검체(P)를 둘러쌀 수 있다. 이에 따라, 복수의 검출부들(100)은 서로 반대 방향으로 두 개의 동일 에너지 방사선을 방출하는 피검체(P)의 방사선을 검출할 수 있다. 이와 달리, 다른 실시 예에서, 컴프턴 영상 장치를 이용한 단일 광자 단층 촬영(Single photon emission tomography, SPECT) 시스템에서는 복수의 검출부들(100)은 방사선 선원에서 모든 방향으로 방출되는 방사선을 검출할 수 있다.

[0085] 실시 예에서, 피검체를 둘러싼 복수의 검출부들(100)은 대략 육각기둥을 형성할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0086] 영상 처리부(200)는 복수의 검출부들(100) 각각으로 전달받은 제1 반응 정보와 제2 반응 정보를 이용하여 영상 이미지를 생성할 수 있다. 양전자 단층 촬영 시스템은 복수의 검출부들(100)이 피검체를 둘러싸기 때문에 방사선 검출효율이 상승되며, 방사선 검출효율을 증가로 영상 이미지의 질을 획기적으로 높일 수 있다. 또한, 환자나 시술자의 방사선 피폭을 크게 줄일 수 있다. 본 발명의 다른 실시 예에 따른 양전자 단층 촬영 시스템은 복수의 검출부들(100)이 이중 또는 삼중으로 피검체를 둘러싸도록 하여 방사선 효율과 분해능을 향상시킬 수 있다.

[0087] 본 발명의 실시 예에 따른 양전자 단층 촬영 시스템에 집속기 등의 구성을 추가하여 단일 광자 단층 촬영 시스템으로도에도 적용할 수 있다.

[0088] 도 8은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 단일 광자 단층 촬영 시스템을 나타낸 도면이다. 설명의 간편화를 위해 도 1 내지 도 7에서 설명한 구성과 동일한 구성에 대해서는 설명의 생략하거나 간략화한다.

[0089] 도 8을 참조하면, 본 발명의 실시 예에 따른 단일 광자 단층 촬영 시스템(2)은 복수의 컴프턴 영상 장치들을 포함할 수 있다. 실시 예에서, 단일 광자 단층 촬영 시스템은 방사선원(P)에서 방출되는 단일 방사선(예를 들면, 감마선)을 이용하여 영상 이미지를 생성할 수 있다. 즉, 단일 고아자 단층 촬영 시스템(2)은 단일 광자 단층 촬영법(Single photon emission tomography, SPECT)을 통해 영상 이미지를 생성할 수 있다.

[0090] 단일 광자 단층 촬영 시스템은(2)은 도 1 내지 도 6에서 설명한 컴프턴 영상 장치들을 포함할 수 있다. 실시 예에서, 단일 광자 단층 촬영 시스템(2)은 복수의 검출부들(100), 영상 처리부(200), 및 디스플레이부(300)를 포함할 수 있다. 또한, 단일 광자 단층 촬영 시스템(2)은 집속기(400)를 더 포함할 수 있다.

[0091] 복수의 검출부들(100)의 각각은 섬광체(130), 제1 광전 소자(110), 및 제2 광전 소자(120)를 포함할 수 있다.

섬광체(130)는 복수의 섬광셀들(131)과, 복수의 광 가이드들(135)을 포함할 수 있다. 제1 광전 소자(110)는 복수의 픽셀들(111)과 제1 전자 기판(115)을 포함할 수 있다. 제2 광전 소자(120)는 복수의 픽셀들(121)과 제2 전자 기판(125)을 포함할 수 있다.

[0092] 복수의 검출부들(100)은 피검체(P)를 둘러쌀 수 있다. 복수의 검출부들(100)은 피검체(P)를 다중으로 둘러싸는 복수의 그룹들을 구성할 수 있다. 실시 예에서, 복수의 검출부들(100)은 피검체(P)를 둘러싼 제1 그룹과 제1 그룹을 둘러싸는 제2 그룹을 구성할 수 있다. 이와 달리, 다른 실시 예에서 검출부들(100)은 제2 그룹을 둘러싸는 제3 그룹을 구성할 수 있다.

[0093] 피검체(P)에서 방출된 방사선들이 검출부들(100) 중 어느 하나로 입사될 수 있다. 예를 들면, 피검체(P)에서 방출된 제1 방사선(L1)과 제2 방사선(L2)는 제1 그룹을 구성하는 검출부들(100) 중 어느 하나(이하, 제1 입사 검출부라 지칭한다.)에 입사될 수 있다.

[0094] 제1 방사선(L1)은 제1 입사 검출부의 섬광셀들 중 어느 하나에서 산란 반응(제1 반응, I12)을 통해 산란될 수 있다. 산란 반응(I12)을 통해 산란된 제1 방사선(L1)은 제1 입사 검출부 내의 다른 섬광셀에서 흡수(제2 반응)될 수 있다. 제1 입사 검출부는 제1 방사선(L1)에 의한 산란 반응(I12)에 대응하는 제1 반응 정보(이하, 제1 산란 정보라 지칭한다.)를 획득할 수 있다. 또한, 제1 입사 검출부는 제1 방사선(L1)에 의한 흡수 반응(I22)에 대응하는 제2 반응 정보(이하, 제1 흡수 정보)를 획득할 수 있다.

[0095] 제2 방사선(L2)는 제1 입사 검출부의 섬광셀들 중 어느 하나에서 산란 반응(제1 반응, I11)을 통해 산란될 수 있다. 산란 반응(I11)을 통해 산란된 제2 방사선(L2)는 제2 그룹을 구성하는 검출부들 중 어느 하나(이하, 제2 입사 검출부라 지칭한다.)에 입사될 수 있다. 산란된 제2 방사선(L2)는 제2 입사 검출부의 섬광셀들 중 어느 하나에서 흡수(제2 반응, I21)될 수 있다. 제1 입사 검출부는 제2 방사선(L2)에 의한 산란 반응(I11)에 대응하는 제1 반응 정보(이하, 제2 산란 정보라 지칭한다.)를 획득할 수 있다. 또한, 제2 입사 검출부는 제2 방사선(L2)에 의한 흡수 반응(I21)에 대응하는 제2 반응 정보(이하, 제2 흡수 정보라 지칭한다.)를 획득할 수 있다. 이에 따라, 제1 방사선(L1)에 의한 산란 및 흡수 반응(I12, I22) 간의 이격 거리는 제2 방사선(L2)에 의한 산란 및 흡수 반응(I11, I21) 간의 이격 거리보다 짧다. 이에 따라, 제1 방사선(L1)의 검출효율은 제2 방사선(L2)의 검출효율보다 클 수 있다. 즉, 제1 방사선(L1)의 반응들에 의해 생성된 제1 영상 이미지는 제2 방사선(L2)의 반응들에 의해 생상된 제2 영상 이미지보다 향상된 영상 품질을 가질 수 있다.

[0096] 집속기들(400)의 각각은 검출부들(100)의 각각과 연결될 수 있다. 집속기들(400)의 각각은 검출부들(100)의 각각과 피검사체(P) 사이에 위치될 수 있다. 이에 따라, 집속기들(400)의 각각은 피검체(P)에서 산란되는 방사선을 집속하여 검출부(100)들의 각각으로 보낼 수 있다. 예를 들면, 집속기(400)는 원하는 방향성을 가진 방사선을 기하학적으로 제한하여 검출할 수 있도록 할 수 있다.

[0097] 집속기(400)는 검출 부위와 목적에 따라 여러 종류를 사용할 수 있다. 예를 들면, 집속기(400)는 평형 구멍형(parallel hole) 집속기, 핀홀 집속기(pinhole), URA, MURA, HURA 등일 수 있다. 집속기들의 각각

[0098] 영상 처리부(200)는 복수의 검출부들(100) 각각으로 전달받은 제1 반응 정보와 제2 반응 정보를 이용하여 영상 이미지를 생성할 수 있다. 실시 예에서, 영상 처리부(200)는 제1 입사 검출부에서 획득한 제1 산란 정보와 제1 흡수 정보를 이용하여 제1 방사선(L1)에 의한 제1 영상 이미지를 생성할 수 있다. 또한, 영상 처리부(200)는 제1 입사 검출부에서 획득한 제2 산란 정보와 제2 입사 검출부에서 획득한 제2 흡수 정보를 이용하여 제2 방사선(L2)에 의한 제2 영상 이미지를 생성할 수 있다.

[0099] 전술한 바와 같이, 영상의 분해능은 산란 반응과 흡수 반응 간의 거리가 길수록 향상될 수 있다. 이에 따라, 제1 영상 이미지는 제2 영상 이미지와 비해 영상의 분해능이 떨어질 수 있다. 즉, 제1 영상 이미지에서 이용한 산란 반응 및 흡수 반응 간의 거리가 제2 영상 이미지에서 이용한 산란 반응 및 흡수 반응 간의 거리보다 짧기 때문이다.

[0100] 영상 처리부(200)는 제1 영상 이미지와 제2 영상 이미지의 단점을 보완하기 위해 제1 산란 정보, 제1 흡수 정보, 제2 산란 정보 및 제2 흡수 정보를 이용하여 제3 영상 이미지를 생성할 수 있다. 제3 영상 이미지는 제1 영상 이미지보다 영상 분해능이 향상되고, 제2 영상 이미지보다 영상의 품질이 향상될 수 있다.

[0101] 실시 예에서, 영상 처리부(200)는 제1 산란 정보, 제1 흡수 정보, 제2 산란 정보 및 제2 흡수 정보를 MLEM(Maximum Likelihood Expectation Maximization) 알고리즘을 이용하여 제3 영상 이미지를 생성할 수 있으나, 알고리즘은 이에 한정되는 것은 아니다. MLEM 알고리즘은 포아송 확률분포를 기반으로 만들어진 알고리즘으로 통계적 오차를 감안하여 구성되어 있으며, 정보의 확률적인 분로를 고려하여 가장 가능성이 높은 방사선원의

분포도를 영상으로 재구성하는 방식의 알고리즘일 수 있다. 다만, 영상 처리부(200)는 전술한 바와 같이, 제1 반응(산란 반응, I12, I11)과 제2 반응(흡수 반응, I21, I22)이 발생한 섬광셀들 간의 이격 거리를 산출하고, 산출된 이격 거리가 기 설정된 거리 값 이상일 때, 제1 산란 정보, 제1 흡수 정보, 제2 산란 정보 및 제2 흡수 정보들을 이용하여 제3 영상 이미지를 생성할 수 있다.

[0102] 도 8에서는 단일 광자 단층 촬영 시스템(2)을 중심으로 설명하였으나, 도 8에 기재된 내용은 양전자 단층 촬영 시스템 등에도 적용될 수 있다.

[0103] 이상 본 발명을 구체적인 실시 예를 통하여 상세히 설명하였으나, 이는 본 발명을 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 그 변형이나 개량이 가능함이 명백하다.

[0104] 본 발명의 단순한 변형 내지 변경은 모두 본 발명의 영역에 속한 것으로 본 발명의 구체적인 보호 범위는 첨부된 특허청구범위에 의하여 명확해질 것이다.

부호의 설명

[0106] 10: 컴프턴 영상 장치 100: 검출부

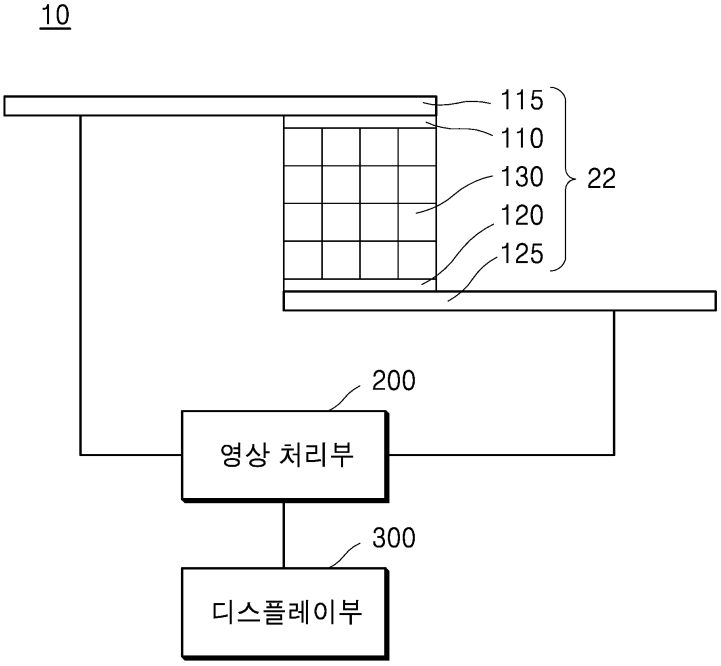
110: 제1 광전 소자 120: 제2 광전 소자

130: 섬광체 200: 영상 처리부

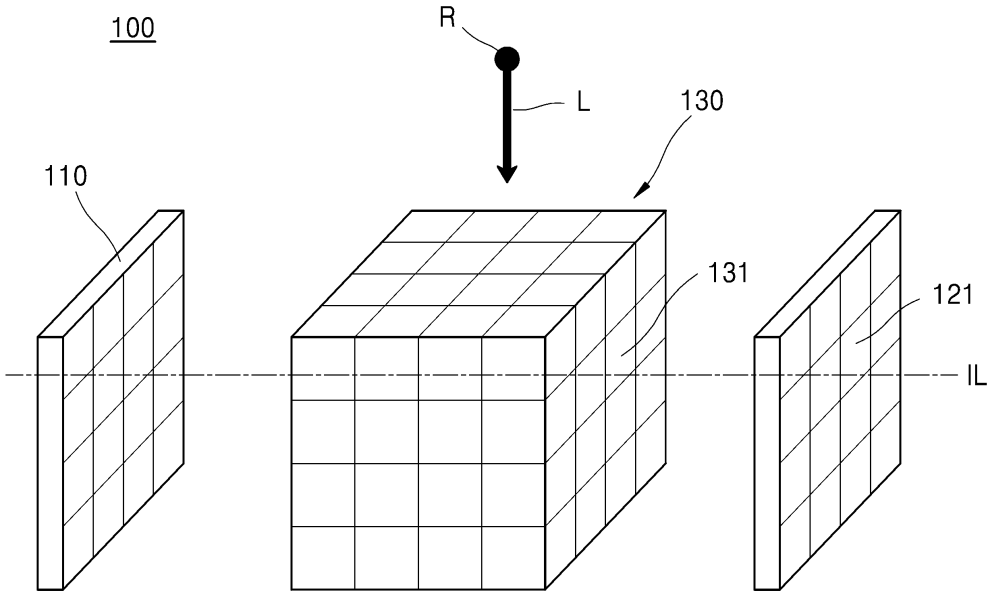
300: 디스플레이부

도면

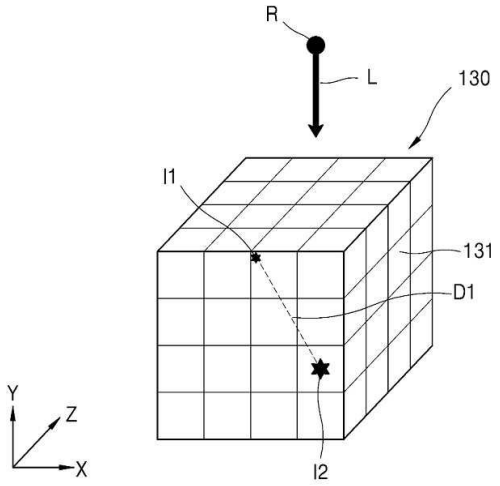
도면1



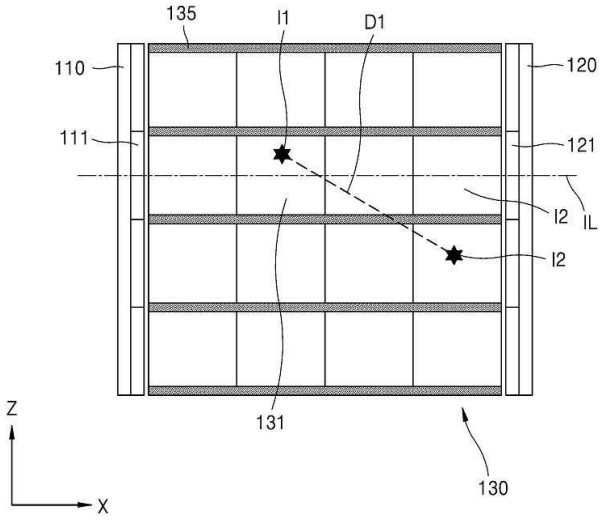
도면2



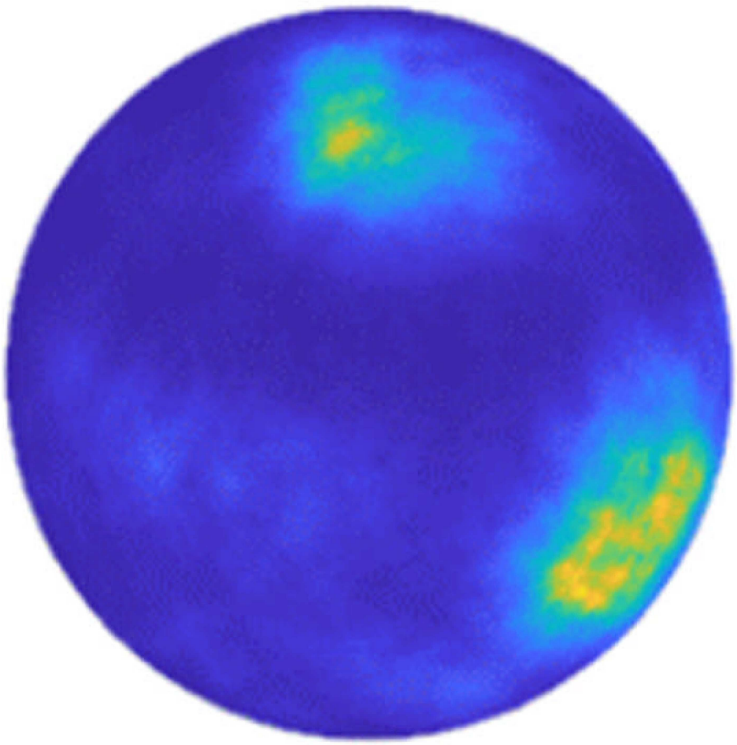
도면3a



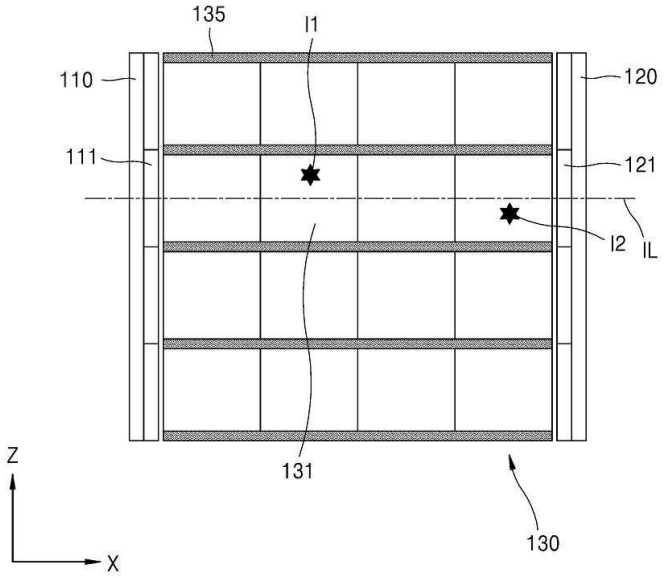
도면3b



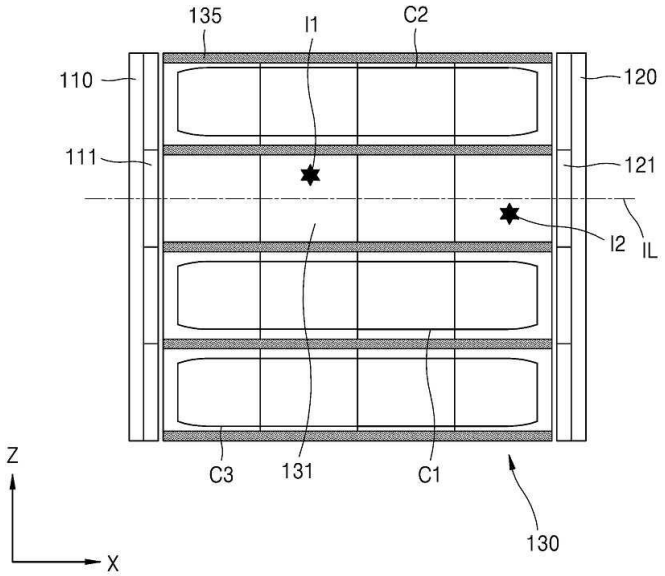
도면4



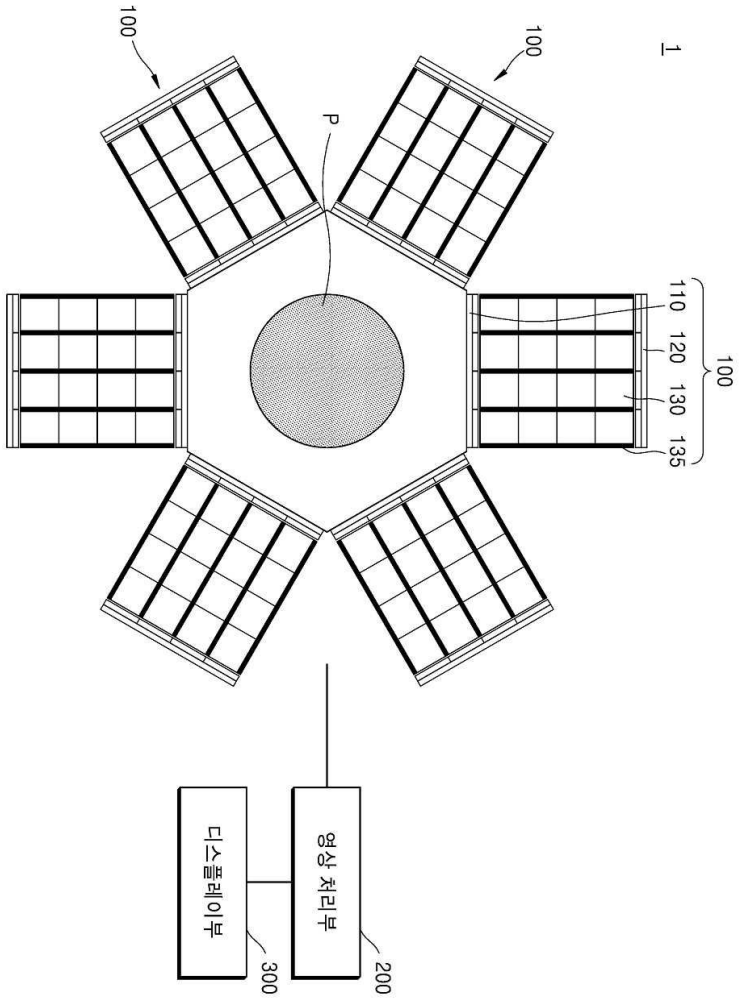
도면5


135
I1
110
120
111
121
I2
IL
131
130
Z
X

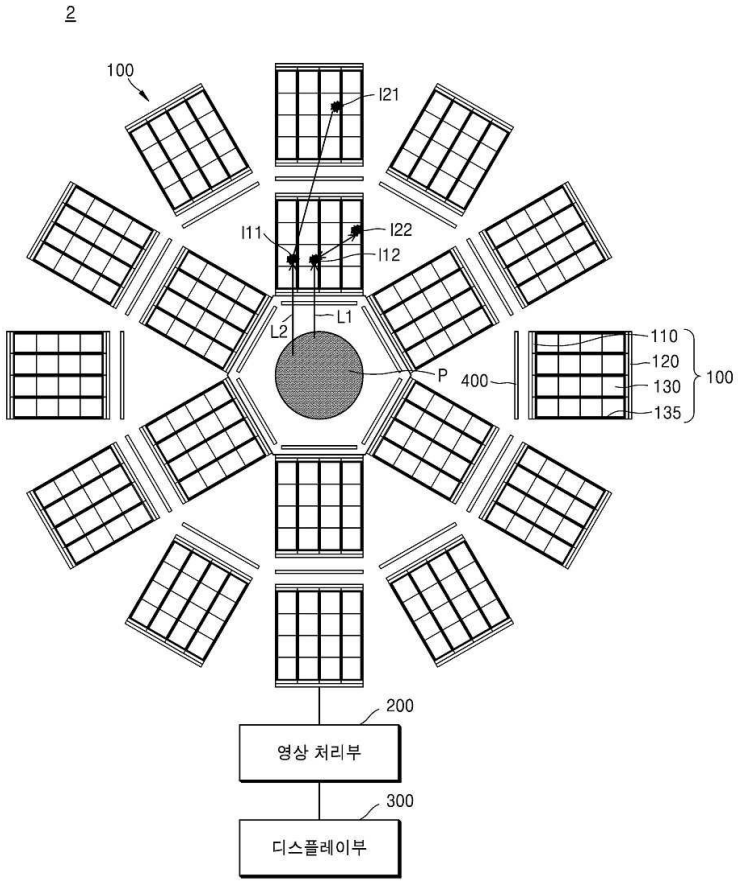
도면6


135
I1
C2
110
120
111
121
I2
IL
C3
131
C1
130
Z
X

도면7



도면8


2
100
I21
I11
I22
I12
L2
L1
P
400
110
120
130
135
100
200
영상 처리부
300
디스플레이부