



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0098149
(43) 공개일자 2020년08월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01T 1/161 (2006.01) G01T 1/08 (2006.01)
G01T 1/167 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01T 1/161 (2013.01)
G01T 1/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0015896
(22) 출원일자 2019년02월12일
심사청구일자 2019년02월12일

(71) 출원인
재단법인 아산사회복지재단
서울특별시 송파구 올림픽로43길 88 (풍납동)
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)
(72) 발명자
곽정원
경기도 남양주시 와부읍 덕소로97번길 69, 113동 2003호(강산마을코오롱대성아파트)
이상욱
서울특별시 송파구 양재대로 1218, 104동 1104호 (방이동, 올림픽선수기자촌아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 비엘티

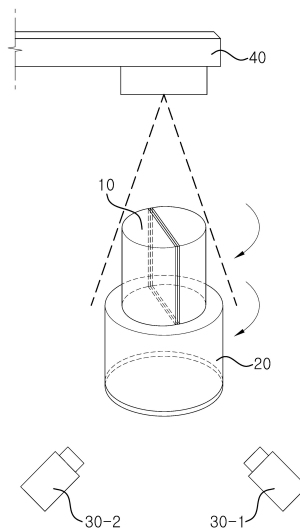
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 3차원 선량 분포 측정 시스템 및 방법

(57) 요약

3차원 선량 분포 측정 시스템 및 방법이 제공된다. 상기 3차원 선량 분포 측정 시스템은 가운데에 형광관을 배치하고, 선형 가속기로부터 제공된 방사선을 받는 팬텀 모듈, 상기 팬텀 모듈의 하부에 설치되어 팬텀을 받친 상태로 팬텀을 회전시키는 것으로서, 상기 선형 가속기의 방사선 조사 방향과 수직한 방향으로 회전하는 회전체 및 상기 선형 가속기로부터 상기 팬텀 모듈에 방사선이 조사되며, 상기 회전체가 회전할 때에 상기 팬텀 모듈의 상기 형광관을 통해 변환된 빛을 획득하는 복수의 카메라를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01T 1/167 (2013.01)

(72) 발명자

조병철

경기도 안양시 동안구 부림로 34, 202동 402호(평촌동, 꿈마을우성아파트)

윤경준

서울특별시 강동구 상암로 11, 104동 1506호(암사동, 선사현대아파트)

이민식

서울특별시 강북구 삼각산로 143-1, 12동 901호(수유동, 수유벽산아파트)

이도희

경기도 하남시 신장로76번길 50-1, 101동 1503호(신장동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2015M2A2A6A02045253

부처명 원자력연구개발사업

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 방사선기술개발사업 방사선융합기술개발

연구과제명 양자점 및 2차원 나노 구조를 이용한 새로운 방사선 영상 소자의 물리적 특성 및 효용성

검증

기 여 율 1/1

주관기관 서울아산병원

연구기간 2015.08.10 ~ 2018.07.31

명세서

청구범위

청구항 1

가운데에 형광판을 배치하고, 선형 가속기로부터 제공된 방사선을 받는 팬텀 모듈;

상기 팬텀 모듈의 하부에 설치되어 팬텀을 받친 상태로 팬텀을 회전시키는 것으로서, 상기 선형 가속기의 방사선 조사 방향과 수직한 방향으로 회전하는 회전체; 및

상기 선형 가속기로부터 상기 팬텀 모듈에 방사선이 조사되며, 상기 회전체가 회전할 때에 상기 팬텀 모듈의 상기 형광판을 통해 변환된 빛을 획득하는 복수의 카메라를 포함하는,

3차원 선량 분포 측정 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 팬텀 모듈은,

원기둥 형태이며 투명한 아크릴로 구성된, 3차원 선량 분포 측정 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 팬텀 모듈은,

동일한 크기의 반원기둥 형태 아크릴 팬텀 2개 및 형광판을 포함하고,

2개의 상기 아크릴 팬텀은, 결합되어 원기둥 형태를 구성하되, 2개의 상기 아크릴 팬텀의 평면 부분에는 각각의 형광판이 배치되고,

상기 형광판은 형광체가 포함된 부분이 상기 반원기둥 형태 아크릴 팬텀의 원형 부분을 향하는 방향으로 배치되는 것인,

3차원 선량 분포 측정 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 팬텀 모듈의 상기 반원기둥 형태 아크릴 팬텀에는, 상기 형광판이 배치되기 위한 홈이 구비되어 있고,

상기 홈에는 광학 그리스(optical grease)를 포함하는,

3차원 선량 분포 측정 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 회전체는,

상기 선형 가속기가 회전 가능한 경우에, 선형 가속기의 위치 변경으로 인하여 방사선의 조사 방향과 동일한 축으로 회전하는 것을 포함하는,

3차원 선량 분포 측정 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서,
상기 복수의 카메라는, 미리 정해진 각도의 간격으로 배치되는 것인,
3차원 선량 분포 측정 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,
상기 복수의 카메라를 통해 획득된 복수의 이미지를 처리하여 3차원 이미지로 재구성하는 이미지 처리부를 더 포함하고,
상기 이미지 처리부는,
상기 획득된 복수의 이미지에 대하여 카메라의 왜곡을 보정하고,
상기 복수의 이미지에 대하여 산란 성분을 제거하고,
상기 복수의 카메라로부터 각각의 회전 각도마다 촬영된 복수의 이미지와 상기 획득된 복수의 이미지에 대한 상기 회전 각도를 이용하여 3차원 이미지로 재구성하는 것인,
3차원 선량 분포 측정 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,
재구성된 상기 3차원 이미지를 이용하여 3차원적 선량 분포를 분석하는 분석부를 더 포함하고,
상기 분석부는,
상기 재구성된 3차원 이미지의 픽셀 값을 선량 값으로 나타내는 룩업테이블을 이용하여 3차원적 선량 분포를 나타내고,
측정된 상기 복수의 이미지를 이용하여 나타낸 측정 3차원 선량 분포와, 환자 치료 시스템(treatment planning system)을 통해 계산된 계산 3차원 선량 분포를 비교하여 분석하고,
상기 룩업테이블은, 복수의 선량에 대한 3차원 이미지를 이용하여 픽셀 값 대비 선량 값을 할당시켜 나타낸 것인,
3차원 선량 분포 측정 시스템.

청구항 9

컴퓨터가 복수의 이미지를 획득하되, 상기 복수의 이미지는, 선형 가속기로부터 조사되는 방사선을 팬텀 모듈의 형광관으로부터 방출되는 빛에 의해 복수의 카메라로 획득한 것인, 복수의 이미지를 획득하는 단계;
상기 컴퓨터가 상기 획득된 복수의 이미지에 대하여 카메라의 왜곡을 보정하는 단계;
상기 컴퓨터가 상기 복수의 이미지에 대하여 산란 성분을 제거하는 단계; 및
상기 컴퓨터가 상기 복수의 카메라로부터 각각의 회전 각도마다 촬영된 복수의 이미지와 상기 획득된 복수의 이미지에 대한 상기 회전 각도를 이용하여 3차원 이미지로 재구성하는 단계를 포함하는,
3차원 선량 분포 측정 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,
상기 컴퓨터가 상기 재구성된 3차원 이미지의 픽셀 값을 선량 값으로 변환시키는 룩업테이블을 이용하여 3차원적 선량 분포를 나타내는 단계; 및
상기 컴퓨터가 측정된 상기 복수의 이미지를 이용하여 나타낸 측정 3차원 선량 분포와, 환자 치료 시스템

(treatment planning system)을 통해 계산된 계산 3차원 선량 분포를 비교하여 분석하는 단계를 더 포함하고, 상기 록업테이블은, 복수의 선량에 대한 3차원 이미지를 이용하여 픽셀 값 대비 선량 값을 할당시켜 나타낸 것인,

3차원 선량 분포 측정 방법.

청구항 11

하드웨어인 컴퓨터와 결합되어, 제9항 및 제10항 중 어느 한 항의 방법을 실행시키기 위해 매체에 저장된, 3차원 선량 분포 측정 컴퓨터 프로그램.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 3차원 선량 분포 측정 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근에는 복잡하고 높은 선량을 사용하는 치료가 많아지고 있어, 정확한 선량검증 및 환자 정도관리의 중요성이 높아지고 있다.

[0003] 특히, 최신 입자 방사선 치료의 경우, 범위 변조(Range modulation)을 이용한 3차원적 선량 분포 조절이 가능한 빔의 특성을 이용하는 치료 방법으로서, 치료 전에 3차원적인 선량 분포를 검증하는 것은 필수이다.

[0004] 기존의 선량 분포를 측정하는 방법으로는, 챔버(Chamber), 광자극 발광 선량계(Optically Stimulated Luminescence Dosimeters, OSLD) 및 열 형광 선량계(Termoluminescence Dosimeter, TLD) 등을 이용한 1차원 포인트 선량 측정(point dose measurement), 가프크로믹 필름(Gafchromic film) 및 전자 포탈 영상 장치(electronic portal imaging device, EPID)를 포함한 다이오드 어레이(diode array)에 의한 2차원 측정, 젤 선량측정(Gel dosimetry)을 이용한 3차원 측정법 등이 있다.

[0005] 챔버(Chamber), 광자극 발광 선량계(Optically Stimulated Luminescence Dosimeters, OSLD) 및 열 형광 선량계(Termoluminescence Dosimeter, TLD) 등을 이용한 1차원 포인트 선량 측정(point dose measurement)의 경우에는, 절대 선량이 분석 가능하고, 정확하며 간편하다는 장점이 있으나, 가장 중요한 선량 분포의 확인이 불가하고, 선량 변화가 큰 부위에서는 신뢰도가 떨어진다는 단점이 있다.

[0006] 가프크로믹 필름(Gafchromic film) 및 전자 포탈 영상 장치(electronic portal imaging device, EPID)를 포함한 다이오드 어레이(diode array)에 의한 2차원 측정의 경우에는, 2차원 선량분포의 획득이 가능하다는 장점이 있으나, 2차원의 한계가 있으며, 실시간 선량분석이 힘들고, 필름의 경우 경제성이 떨어진다는 단점이 있다.

[0007] 젤 선량측정(Gel dosimetry)을 이용한 3차원 측정의 경우에는, 3차원 선량 분포 획득이 가능하다는 장점이 있으나, 젤 제작을 포함한 전체적인 과정이 어렵고, 후처리 과정이 필요하므로 실시간으로 분석하는 데에 한계가 존재하며, 경제성과 재현성이 떨어진다는 단점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제10-1739915호, 2017.05.19.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 환자 정도관리를 위하여 3차원 선량 분포를 실시간으로 획득할 수 있도록 하는 것이다.

[0010] 또한, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 매질 내의 3차원 선량 분포 측정에 있어, 정확한 선량 분포를 측정하

는 것이다.

[0011] 본 발명이 해결하고자 하는 과제들은 이상에서 언급된 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 상술한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 선량 분포 측정 시스템은 가운데에 형광판을 배치하고, 선형 가속기로부터 제공된 방사선을 받는 팬텀 모듈, 상기 팬텀 모듈의 하부에 설치되어 팬텀을 받친 상태로 팬텀을 회전시키는 것으로서, 상기 선형 가속기의 방사선 조사 방향과 수직인 방향으로 회전하는 회전체 및 상기 선형 가속기로부터 상기 팬텀 모듈에 방사선이 조사되며, 상기 회전체가 회전할 때에 상기 팬텀 모듈의 상기 형광판을 통해 변환된 빛을 획득하는 복수의 카메라를 포함한다.

[0013] 상기 팬텀 모듈은, 원기둥 형태이며 투명한 아크릴로 구성된다.

[0014] 상기 팬텀 모듈은, 동일한 크기의 반원기둥 형태 아크릴 팬텀 2개 및 형광판을 포함하고, 2개의 상기 아크릴 팬텀은, 결합되어 원기둥 형태를 구성하되, 2개의 상기 아크릴 팬텀의 평면 부분에는 각각의 형광판이 배치되고, 상기 형광판은 형광체가 포함된 부분이 상기 반원기둥 형태 아크릴 팬텀의 원형 부분을 향하는 방향으로 배치되는 것이다.

[0015] 상기 팬텀 모듈의 상기 반원기둥 형태 아크릴 팬텀에는, 상기 형광판이 배치되기 위한 홈이 구비되어 있고, 상기 홈에는 광학 그리스(optical grease)를 포함한다.

[0016] 상기 회전체는, 상기 선형 가속기가 회전 가능한 경우에, 선형 가속기의 위치 변경으로 인하여 방사선의 조사 방향과 동일한 축으로 회전하는 것을 포함한다.

[0017] 상기 복수의 카메라는, 미리 정해진 각도의 간격으로 배치되는 것이다.

[0018] 상술한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 선량 분포 측정 시스템은 상기 복수의 카메라를 통해 획득된 복수의 이미지를 처리하여 3차원 이미지로 재구성하는 이미지 처리부를 더 포함하고, 상기 이미지 처리부는, 상기 획득된 복수의 이미지에 대하여 카메라의 왜곡을 보정하고, 상기 복수의 이미지에 대하여 산란 성분을 제거하고, 상기 복수의 카메라로부터 각각의 회전 각도마다 촬영된 복수의 이미지와 상기 획득된 복수의 이미지에 대한 상기 회전 각도를 이용하여 3차원 이미지로 재구성하는 것이다.

[0019] 상술한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 선량 분포 측정 시스템은 재구성된 상기 3차원 이미지를 이용하여 3차원적 선량 분포를 분석하는 분석부를 더 포함하고, 상기 분석부는, 상기 재구성된 3차원 이미지의 픽셀 값을 선량 값으로 나타내는 룩업테이블을 이용하여 3차원적 선량 분포를 나타내고, 측정된 상기 복수의 이미지를 이용하여 나타낸 측정 3차원 선량 분포와, 환자 치료 시스템(treatment planning system)을 통해 계산된 계산 3차원 선량 분포를 비교하여 분석하고, 상기 룩업테이블은, 복수의 선량에 대한 3차원 이미지를 이용하여 픽셀 값 대비 선량 값을 할당시켜 나타낸 것이다.

[0020] 상술한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 선량 분포 측정 방법은, 컴퓨터가 복수의 이미지를 획득하되, 상기 복수의 이미지는, 선형 가속기로부터 조사되는 방사선을 팬텀 모듈의 형광판으로부터 방출되는 빛에 의해 복수의 카메라로 획득한 것인, 복수의 이미지를 획득하는 단계, 상기 컴퓨터가 상기 획득된 복수의 이미지에 대하여 카메라의 왜곡을 보정하는 단계, 상기 컴퓨터가 상기 복수의 이미지에 대하여 산란 성분을 제거하는 단계 및 상기 컴퓨터가 상기 복수의 카메라로부터 각각의 회전 각도마다 촬영된 복수의 이미지와 상기 획득된 복수의 이미지에 대한 상기 회전 각도를 이용하여 3차원 이미지로 재구성하는 단계를 포함한다.

[0021] 상술한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 선량 분포 측정 방법은, 상기 컴퓨터가 상기 재구성된 3차원 이미지의 픽셀 값을 선량 값으로 변환시키는 룩업테이블을 이용하여 3차원적 선량 분포를 나타내는 단계 및 상기 컴퓨터가 측정된 상기 복수의 이미지를 이용하여 나타낸 측정 3차원 선량 분포와, 환자 치료 시스템(treatment planning system)을 통해 계산된 계산 3차원 선량 분포를 비교하여 분석하는 단계를 더 포함하고, 상기 룩업테이블은, 복수의 선량에 대한 3차원 이미지를 이용하여 픽셀 값 대비 선량 값을 할당시켜 나타낸 것이다.

[0022] 상술한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 선량 분포 측정 컴퓨터 프로그램은, 하드웨어인 컴퓨터와 결합되어, 상술한 방법 중 어느 하나의 방법을 실행시키기 위해 매체에 저장된다.

[0023] 본 발명의 기타 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 도면들에 포함되어 있다.

발명의 효과

[0024] 상기 본 발명에 의하면, 2차원의 이미지를 이용한 3차원 선량 분포 측정이 가능하며, 실시간으로 3차원 선량 분포 획득 및 환자 정도관리가 가능하다.

[0025] 또한, 상기 본 발명에 의하면, 한 번의 시스템 구축으로 인하여 지속적으로 사용 가능하므로, 비용을 절감할 수 있다.

[0026] 또한, 상기 본 발명에 의하면, 정확한 선량 분포 측정이 가능하며, 선량 분포의 재현성을 높일 수 있다.

[0027] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급된 효과로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 선량 분포 측정 시스템 전체를 도시한 도면이다.

도 2는 본 발명의 팬텀 모듈의 분해도이다.

도 3 및 도 4는 본 발명의 팬텀 모듈의 홈에 광학 그리스를 포함하였는지 여부에 따라 달라지는 실험 결과를 나타낸 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 선량 분포 측정 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 본 발명의 3차원 선량 분포를 비교하여 분석한 3차원 선량 분포 측정 방법을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 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.

[0030] 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.

[0031] 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.

[0032] 공간적으로 상대적인 용어인 "아래(below)", "아래(beneath)", "하부(lower)", "위(above)", "상부(upper)" 등은 도면에 도시되어 있는 바와 같이 하나의 구성요소와 다른 구성요소들과의 상관관계를 용이하게 기술하기 위해 사용될 수 있다. 공간적으로 상대적인 용어는 도면에 도시되어 있는 방향에 더하여 사용시 또는 동작시 구성요소들의 서로 다른 방향을 포함하는 용어로 이해되어야 한다. 예를 들어, 도면에 도시되어 있는 구성요소를 뒤집을 경우, 다른 구성요소의 "아래(below)"또는 "아래(beneath)"로 기술된 구성요소는 다른 구성요소의 "위(above)"에 놓여질 수 있다. 따라서, 예시적인 용어인 "아래"는 아래와 위의 방향을 모두 포함할 수 있다. 구성요소는 다른 방향으로도 배향될 수 있으며, 이에 따라 공간적으로 상대적인 용어들은 배향에 따라 해석될 수 있다.

- [0033] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명한다.
- [0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 선량 분포 측정 시스템 전체를 도시한 도면이다.
- [0035] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 선량 분포 측정 시스템은, 팬텀 모듈(10), 회전체(20) 및 복수의 카메라(30-1, 30-2)를 포함한다.
- [0036] 팬텀 모듈(10)의 가운데에는 형광관이 배치되어 있으며, 팬텀 모듈(10)은, 선형 가속기(40) 및 입자 방사선 치료기기를 포함한 다양한 치료장비들로부터 제공된 방사선을 받는다.
- [0037] 또한, 팬텀 모듈(10)은 원기둥 형태이며, 투명한 아크릴로 구성된다.
- [0038] 팬텀 모듈(10)의 구체적인 구성은 도 2에서 자세하게 설명한다.
- [0039] 회전체(20)는, 팬텀 모듈(10)의 하부에 설치되어 팬텀 모듈(10)을 받친 상태로 팬텀 모듈(10)을 회전시키는 것으로서, 선형 가속기(40)의 방사선 조사 방향과 수직한 방향으로 회전한다.
- [0040] 일 실시예로, 선형 가속기(40)의 방사선 조사 방향이 y축 방향이고, 회전체(20)의 회전 방향이 x축 방향인 경우이다.
- [0041] 회전체(20)는, 팬텀 모듈(10)의 무게 및 크기를 기반으로 하여, 미리 정해진 속도로 팬텀 모듈(10)을 회전시키면서도, 안정적으로 회전시킬 수 있는, 회전 속도, 무게 및 크기로 구성된다.
- [0042] 회전체(20)는, 바람직하게는, 무게 약 4kg을 1000rpm(17rps) 정도의 속도로 안정적으로 회전시킬 수 있는 회전 속도, 무게 및 크기로 구성된다.
- [0043] 또한, 회전체(20)는, 선형 가속기(40)가 회전 가능한 경우에, 선형 가속기의 위치 변경으로 인하여 방사선의 조사 방향과 동일한 축으로 회전하는 것을 포함한다.
- [0044] 즉, 일 실시예로, 선형 가속기(40)의 방사선 조사 방향이 기본적으로 y축 방향이고, 회전체(20)의 회전 방향이 x축 방향일 때, 선형 가속기(40)가 회전 가능하여, x축으로 방사선 조사 방향을 변경할 경우에도, 회전체(20)의 회전 방향은 x축 방향 그대로 하여, 선형 가속기(40)의 방사선 조사 방향과 동일한 방향으로 회전체(20)가 회전할 수 있다.
- [0045] 복수의 카메라(30-1, 30-2)는 선형 가속기(40)로부터 팬텀 모듈(10)에 방사선이 조사되며, 회전체(20)가 회전할 때에 팬텀 모듈(10)의 형광관을 통해 변환된 빛을 획득하는 것이다.
- [0046] 복수의 카메라(30-1, 30-2)는 최소한 2대 이상이 배치되어야 한다. 회전하는 물체를 촬영할 때, 하나의 카메라로 촬영하였을 경우, 도출되는 이미지는 모서리 부분이 선명하지 않다.
- [0047] 따라서, 카메라를 2대 이상으로 배치하며 동시에 촬영함으로써, 흐린 부분의 부족한 정보를 서로 보상할 수 있어, 카메라로 획득되는 이미지의 모서리 부분에 발생하는 블러링(Blurring)효과를 최소화시킬 수 있다.
- [0048] 복수의 카메라(30-1, 30-2)는, 일반 카메라를 모두 포함할 수 있으며, 바람직하게는 CCD(Charge-Coupled Device)카메라일 수 있고, 빠른 회전에도 영상을 획득할 수 있으며, 적은 양의 광자에도 반응성이 좋은 카메라라면, 모두 포함될 수 있다.
- [0049] 복수의 카메라(30-1, 30-2)의 배치 위치는, 미리 정해진 각도 및 간격으로 배치될 수 있으며, 바람직하게는 복수의 카메라(30-1, 30-2)를 90도의 간격으로 배치한다.
- [0050] 또한, 복수의 카메라(30-1, 30-2)는, 일차방사선이 카메라의 센서에 직접 입사되지 않는 위치에 배치되며, 배치된 위치에서 복수의 카메라(30-1, 30-2)가 동시에 촬영하는 것이다.
- [0051] 도 1에서는 복수의 카메라(30-1, 30-2)를 2대로 작성하였으나, 복수의 카메라(30-1, 30-2)는 2대 이상의 카메라를 모두 포함한다.
- [0052] 도 2는 본 발명의 팬텀 모듈의 분해도이다.
- [0053] 도 2를 참조하면, 본 발명의 팬텀 모듈(10)은, 팬텀(11-1, 11-2) 및 형광관(12-1, 12-2)을 포함한다.
- [0054] 팬텀(11-1, 11-2)은 동일한 크기의 반원기둥 형태로서, 결합되면 원기둥 형태를 구성하는 것이다.
- [0055] 즉, 팬텀 모듈(10)은, 동일한 크기의 반원기둥 형태인 팬텀(11-1, 11-2) 두 개가 결합되어, 원기둥 형태로 구성

된다.

- [0056] 팬텀(11-1, 11-2)은 투명한 아크릴로 구성된다.
- [0057] 반원기둥 형태의 팬텀(11-1, 11-2) 2개의 평면 부분 각각에는, 형광관(12-1, 12-2)이 부착된다.
- [0058] 형광관(12-1, 12-2)은 방사선의 검출 또는 관찰에 사용되는 것으로서, 아연과 카드뮴의 황화물을 미량의 은에서 활성화한 형광체, 청색광을 발하는 황화아연을 은으로 활성화한 형광체를 유리 또는 플라스틱 판에 얇게 도포한 것을 포함하고, 텅스텐산칼슘, 적외 인광체의 형광체를 유리 또는 플라스틱 판에 얇게 도포한 것도 포함할 수 있다.
- [0059] 반원기둥 형태의 팬텀(11-1, 11-2)의 평면 부분에 형광관(12-1, 12-2)을 배치하는 방향은, 형광관(12-1, 12-2)의 형광체가 도포된 방향이 팬텀(11-1, 11-2)의 원형 부분을 향하도록 각각 배치된다.
- [0060] 즉, 팬텀 모듈(10)로 구성되었을 때, 형광관(12-1, 12-2) 2개는 모두 형광체가 바깥쪽을 향하도록 구성되는 것이다.
- [0061] 형광체가 도포된 방향이 팬텀(11-1, 11-2)의 원형 부분을 향하도록 형광관(12-1, 12-2)이 배치되어야 조사된 방사선에 의해 팬텀(11-1, 11-2) 내의 형광체로부터 반사되는 빛을 복수의 카메라(30-1, 30-2)가 획득할 수 있다.
- [0062] 한편, 후술하는 복수의 카메라(30-1, 30-2)의 렌즈 왜곡 보정과 3차원 이미지 구성을 위하여 각도 보정을 해주는 과정이 필요하다.
- [0063] 따라서, 팬텀 모듈(10)에서, 형광관(12-1, 12-2) 대신, 규칙적인 패턴이 반복되는 그리드 판을 배치하여, 왜곡이 보정된 영상을 획득할 수 있다.
- [0064] 형광관(12-1, 12-2) 대신 그리드 판을 배치하여 영상을 획득함으로써, 카메라 왜곡 정보를 분석하여 보정할 수 있다.
- [0065] 팬텀 모듈(10)의 반원기둥 형태 팬텀(11-1, 11-2)에는, 형광관(12-1, 12-2)이 배치되기 위한 홈이 구비되어 있으며, 홈에는 광학 그리스(optical grease)를 포함한다.
- [0066] 홈에 광학 그리스를 포함하지 않은 경우에는, 홈에 해당하는 형광관과 아크릴 사이의 공간에 존재하는 공기층으로 인해 전반사가 일어나므로 일정 각도 이상에서는 이미지를 획득할 수가 없다.
- [0067] 따라서, 홈에 광학 그리스를 포함함으로써, 최대한 큰 각도에서도 이미지를 획득할 수 있는 효과가 있다.
- [0068] 도 3 및 도 4는 본 발명의 팬텀 모듈의 홈에 광학 그리스를 포함하였는지 여부에 따라 달라지는 실험 결과를 나타낸 도면이다.
- [0069] 도 3의 (a)는 광학 그리스를 포함한 상태의 팬텀 모듈(10)이며, 도 3의 (b) 내지 도 3의 (f)는 각도를 높임에 따라 방사선으로부터 변환된 빛을 획득하여 촬영한 이미지이다.
- [0070] 도 4의 (a)는 광학 그리스를 포함하지 않은 상태의 팬텀 모듈(10)이며, 도 4의 (b) 내지 도 4의 (d)는 각도를 높임에 따라 방사선으로부터 변환된 빛을 획득하여 촬영한 이미지이다.
- [0071] 도 3의 (a)에서는 형광관을 관찰할 수 있으며, 도 4의 (a)에서는 전반사에 의해 형광관을 관찰할 수 없는 것을 확인할 수 있다.
- [0072] 또한, 도 3의 (b) 내지 도 3의 (f)는, 각도를 30도부터 75도까지 변동하며 촬영한 이미지로서, 75도의 각도에서도 어느 정도의 형광관을 확인할 수 있었다.
- [0073] 그러나, 도 4의 (b) 내지 도 4의 (d)는, 각도를 30도부터 60도까지 변동하며 촬영한 이미지로서, 30도에서 60도로 갈수록 전반사에 의해, 형광관을 확인할 수 있는 영역이 점점 줄어들었다.
- [0074] 따라서, 광학 그리스는, 아크릴 팬텀(10)의 내부에서 발생하는 전반사를 방지하여, 보다 명확한 이미지를 도출할 수 있으며, 어떤 각도에서도 이미지를 도출할 수 있도록 하는 역할을 한다.
- [0075] 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 선량 분포 측정 시스템은, 이미지 처리부를 더 포함한다.
- [0076] 이미지 처리부는, 복수의 카메라(30-1, 30-2)를 통해 획득된 복수의 이미지를 처리하여 3차원 이미지로 재구성하는 것이다.
- [0077] 이미지 처리부는, 획득된 복수의 이미지에 대하여 카메라의 왜곡을 보정하고, 복수의 이미지에 대하여 산란 성

분을 제거하고, 복수의 카메라로부터 각각의 회전 각도마다 촬영된 복수의 이미지와 획득된 복수의 이미지에 대한 회전 각도를 이용하여 3차원 이미지로 재구성한다.

- [0078] 카메라의 왜곡은, 렌즈에 의한 것으로서 렌즈의 중심과 외각의 굴절률이 달라 발생하는 것으로, 이미지 처리부가 복수의 이미지에 대하여 카메라의 왜곡을 보정한다.
- [0079] 왜곡을 보정하는 방안은, 렌즈 보정과 이미지 보정이 있으나, 본 발명에서는 획득한 이미지 자체를 보정하는 것이다.
- [0080] 획득한 이미지에서 카메라의 왜곡을 보정하는 방법은, 왜곡되지 않은 정상 이미지를 기반으로 하여 캘리브레이션(calibration)하여 보정하는 것이다.
- [0081] 상술한 바와 같이, 형광판 대신 그리드 판을 팬텀 모듈(10)내에 포함시킴으로써 추가적으로 획득되는 이미지는 왜곡이 보정된 이미지로서, 형광판을 팬텀 모듈(10) 내에 포함시켜 획득한 이미지와 비교하여, 형광판을 사용함으로써 인해 발생하는 왜곡을 보정할 수 있다.
- [0082] 복수의 이미지에 대하여 산란 성분을 제거하는 것은, 디콘볼루션(deconvolution)을 적용하여 산란 성분을 제거하는 것이다.
- [0083] 산란 성분을 제거함에 있어, 디콘볼루션을 적용하는 것은, 광분산커널(Optical scatter kernel, OSK)을 이용하여 디콘볼루션을 적용하거나, 점확산함수(Point Spread Function, PSF)를 이용하여 디콘볼루션을 적용하는 것을 포함할 수 있다. 또한, 산란 성분을 제거함에 있어, 디콘볼루션을 적용하는 다양한 방법을 포함할 수 있다.
- [0084] 광분산커널을 이용하여 디콘볼루션을 적용하는 것은, 측정된 이미지 배열을 기반으로 한 광분산커널을 이용하는 것이다.
- [0085] 측정된 이미지 배열은, 1차 선량 성분과 광학 산란 성분의 합이며, 광학 산란은 1차 선량 성분과 광분산커널의 콘볼루션이다.
- [0086] 회전 각도를 이용하여 3차원 이미지로 재구성하는 것은, 회전체(20)의 회전 각도를 정확하게 측정하여, 3차원 이미지로 재구성한다.
- [0087] 이 때, 회전 각도를 정확하게 측정하기 위한, 디지털 각도 측정 장치를 더 포함할 수 있다.
- [0088] 컴퓨터 단층 촬영(Computed Tomography, CT)에 있어서 복수의 투사 영상(projection image)에 의해 3차원으로 재구성하는 것과 같은 동일한 방법을 활용함으로써, 회전체(20)의 회전 각도마다 복수의 카메라(30-1, 30-2)에 의해 동시에 촬영된 복수의 이미지를 이용해 3차원 이미지로 재구성한다.
- [0089] 회전 각도를 이용하여 3차원 영상을 만드는 재구성 알고리즘은, 종류와 상관없이 모두 포함될 수 있으나, 바람직하게는 FDK 알고리즘을 포함한다.
- [0090] 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 선량 분포 측정 시스템은, 분석부를 더 포함한다.
- [0091] 분석부는, 재구성된 3차원 이미지를 이용하여 3차원적 선량 분포를 분석하는 것이다.
- [0092] 또한, 분석부는, 재구성된 3차원 이미지의 픽셀 값을 선량 값으로 변환하는 룩업테이블을 이용하여 3차원적 선량 분포를 나타내고, 측정된 상기 복수의 이미지를 이용하여 나타낸 측정 3차원 선량 분포와, 환자 치료 시스템(treatment planning system)을 통해 계산된 3차원 선량 분포를 비교하여 분석한다.
- [0093] 환자 치료 시스템(treatment planning system)이란 환자에 대한 각종 정보를 수집하여, 치료 결정에 있어 약물, 처방선량 및 제한선량 등에 대하여 전문적인 시스템을 통해 환자에 대한 최적의 치료계획을 수립하는 것이다.
- [0094] 환자 치료 시스템(treatment planning system)은, EclipseTM, RayStation, Pinnacle 등 종류와 무관하게 모두 포함될 수 있다.
- [0095] 룩업테이블은, 복수의 선량에 대한 3차원 이미지를 이용하여 픽셀 값 대비 선량 값을 할당시켜 나타낸 것이다. 측정된 복수의 선량 이외의 측정하지 못한 나머지 선량에 대하여는 보간법을 통해 계산하여, 룩업테이블을 구성한다.
- [0096] 이미 실험을 거쳐 만들어진 룩업테이블을 이용함으로써, 재구성된 3차원 이미지를 기반으로 3차원 선량 분포를 나타낼 수 있다.

- [0097] 측정 3차원 선량 분포와 계산 3차원 선량 분포를 비교하여 분석하는 것은, 이미 검증된 소프트웨어로 계산된 3차원 선량 분포를 비교함으로써, 측정 3차원 선량 분포 값이 얼마나 정확한지, 임상적으로 사용이 가능한지를 판단할 수 있다.
- [0098] 일 실시예로, 감마 인덱스 값을 비교함으로써, 측정 3차원 선량 분포를 분석할 수 있다.
- [0099] 측정 3차원 선량 분포와 계산 3차원 선량 분포를 비교하여, 두 가지 수치가 미리 정해진 범위 이상 일치하면 임상적으로 사용 가능한 것으로 판단할 수 있다.
- [0100] 예컨대, 미리 정해진 범위를 95%이상이라 하면, 측정 3차원 선량 분포와 계산 3차원 선량 분포를 비교하여 95% 이상 일치하면 임상적으로 사용 가능한 것으로 판단하는 것이다.
- [0101] 미리 정해진 범위는 본 발명의 시스템 사용자가 설정할 수 있고, 본 발명의 시스템 제작자가 설정할 수도 있다.
- [0102] 본 발명의 3차원 선량 분포 측정 시스템은 회전체(20)에 의해 회전하는 형광관(12-1, 12-2)을 포함하는 팬텀 모듈(10)에 방사선이 조사됨으로써, 변환되는 빛을 통해 복수의 카메라(30-1, 30-2)가 획득하는 복수의 이미지를, 카메라의 왜곡 보정, 산란 성분 제거 및 회전 각도를 기반으로 한 3차원 이미지로 재구성하고, 재구성한 3차원 이미지를 룩업테이블을 이용하여 3차원 선량 분포로 재구성하여, 계산 3차원 선량 분포와 비교하여 임상적으로 사용 가능한 것인지 판단할 수 있다.
- [0103] 본 발명의 시스템을 통하여, 환자의 정도관리가 실시간으로 가능하며, 한번의 시스템 구축으로 계속적으로 사용 가능하므로, 비용적인 면에서 경제적이며, 재현성 또한 뛰어난 효과가 있다.
- [0104] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 선량 분포 측정 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0105] 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 선량 분포 측정 방법은, 컴퓨터가 복수의 이미지를 획득하는 단계(S110), 컴퓨터가 획득된 복수의 이미지에 대하여 카메라의 왜곡을 보정하는 단계(S130), 컴퓨터가 복수의 이미지에 대하여 산란 성분을 제거하는 단계(S150) 및 컴퓨터가 획득된 복수의 이미지에 대하여 회전 각도를 이용하여 3차원 이미지로 재구성하는 단계(S170)를 포함한다.
- [0106] 컴퓨터가 복수의 이미지를 획득하는 단계(S110)에서, 복수의 이미지는, 선형 가속기로부터 조사되는 방사선을 팬텀 모듈의 형광관으로부터 방출되는 빛에 의해 복수의 카메라로 획득한 것이다.
- [0107] 컴퓨터가 획득된 복수의 이미지에 대하여 카메라의 왜곡을 보정하는 단계(S130)에서 카메라의 왜곡은, 렌즈에 의한 것으로서 렌즈의 중심과 외각의 굴절률이 달라 발생하는 것으로, 컴퓨터는 복수의 이미지에 대하여 카메라의 왜곡을 보정한다.
- [0108] 왜곡을 보정하는 방안은, 렌즈 보정과 이미지 보정이 있으나, 본 발명에서는 획득한 이미지 자체를 보정하는 것이다.
- [0109] 획득한 이미지에서 카메라의 왜곡을 보정하는 방법은, 왜곡되지 않은 정상 이미지를 기반으로 하여 캘리브레이션(calibration)하여 보정하는 것이다.
- [0110] 상술한 바와 같이, 형광관 대신 그리드 판을 팬텀 모듈 내에 포함시킴으로써 추가적으로 획득되는 이미지는 왜곡이 보정된 이미지로서, 형광관을 팬텀 모듈 내에 포함시켜 획득한 이미지와 비교하여, 형광관을 사용함으로써 인해 발생하는 왜곡을 보정할 수 있다.
- [0111] 컴퓨터가 복수의 이미지에 대하여 산란 성분을 제거하는 단계(S150)에서, 복수의 이미지에 대하여 산란 성분을 제거하는 것은, 디콘볼루션(deconvolution)을 적용하여 산란 성분을 제거하는 것이다.
- [0112] 산란 성분을 제거함에 있어, 디콘볼루션을 적용하는 것은, 광분산커널(Optical scatter kernel, OSK)을 이용하여 디콘볼루션을 적용하거나, 점확산함수(Point Spread Function, PSF)를 이용하여 디콘볼루션을 적용하는 것을 포함할 수 있다. 또한, 산란 성분을 제거함에 있어, 디콘볼루션을 적용하는 다양한 방법을 포함할 수 있다.
- [0113] 광분산커널을 이용하여 디콘볼루션을 적용하는 것은, 측정된 이미지 배열을 기반으로 한 광분산커널을 이용하는 것이다.
- [0114] 측정된 이미지 배열은, 1차 선량 성분과 광학 산란 성분의 합이며, 광학 산란은 1차 선량 성분과 광분산커널의 콘볼루션이다.
- [0115] 컴퓨터가 획득된 복수의 이미지에 대하여 회전 각도를 이용하여 3차원 이미지로 재구성하는 단계(S170)는, 컴퓨

터가 복수의 카메라로부터 각각의 회전 각도마다 촬영된 복수의 이미지와 획득된 복수의 이미지에 대한 회전 각도를 이용하여 3차원 이미지로 재구성하는 것이다.

- [0116] 회전 각도를 이용하여 3차원 이미지로 재구성하는 것은, 획득한 이미지의 이미지 획득 시 회전체(20)의 회전 각도를 측정한 정확한 값을 획득하여, 회전 각도를 기반으로 3차원 이미지로 재구성한다.
- [0117] 컴퓨터 단층 촬영(Computed Tomography, CT)에 있어서 복수의 투사 영상(projection image)에 의해 3차원으로 재구성하는 것과 같은 동일한 방법을 활용함으로써, 회전체의 회전 각도마다 복수의 카메라에 의해 동시에 촬영된 복수의 이미지를 이용해 3차원 이미지로 재구성한다.
- [0118] 회전 각도를 이용하여 3차원 영상을 만드는 재구성 알고리즘은, 종류와 상관없이 모두 포함될 수 있으나, 바람직하게는 FDK 알고리즘을 포함한다.
- [0119] 도 6은 본 발명의 3차원 선량 분포를 비교하여 분석한 3차원 선량 분포 측정 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0120] 도 6을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 선량 분포 측정 방법은, 컴퓨터가 룩업테이블을 이용하여 3차원적 선량 분포를 나타내는 단계(S190) 및 컴퓨터가 측정 3차원 선량 분포와 계산 3차원 선량 분포를 비교하여 분석하는 단계(S210)를 더 포함한다.
- [0121] 컴퓨터가 룩업테이블(Look-up Table)을 이용하여 3차원적 선량 분포를 나타내는 단계(S190)는, 컴퓨터가 재구성된 3차원 이미지의 픽셀 값을 선량 값으로 변환하는 룩업테이블을 이용하여 3차원적 선량 분포를 나타내는 것이다.
- [0122] 이 때, 룩업테이블은 복수의 선량에 대한 3차원 이미지를 이용하여 픽셀 값 대비 선량 값을 할당시켜 나타낸 것이다. 측정된 복수의 선량 이외의 측정하지 못한 나머지 선량에 대하여는 보간법을 통해 계산하여, 룩업테이블을 구성한다.
- [0123] 이미 실험을 거쳐 만들어진 룩업테이블을 이용함으로써, 재구성된 3차원 이미지를 기반으로 3차원 선량 분포를 나타낼 수 있다.
- [0124] 컴퓨터가 측정 3차원 선량 분포와 계산 3차원 선량 분포를 비교하여 분석하는 단계(S210)는, 컴퓨터가 측정된 복수의 이미지를 이용하여 나타낸 측정 3차원 선량 분포와, 환자 치료 시스템(treatment planning system)을 통해 계산된 계산 3차원 선량 분포를 비교하여 분석하는 것이다.
- [0125] 측정 3차원 선량 분포와 계산 3차원 선량 분포를 비교하여 분석하는 것은, 이미 검증된 소프트웨어로 계산된 3차원 선량 분포를 비교함으로써, 측정 3차원 선량 분포 값이 얼마나 정확한지, 임상적으로 사용이 가능한지를 판단할 수 있다.
- [0126] 일 실시예로, 감마 인덱스 값을 비교함으로써, 측정 3차원 선량 분포를 분석할 수 있다.
- [0127] 측정 3차원 선량 분포와 계산 3차원 선량 분포를 비교하여, 두 가지 수치가 미리 정해진 범위 이상 일치하면 임상적으로 사용 가능한 것으로 판단할 수 있다.
- [0128] 예컨대, 미리 정해진 범위를 95%이상이라 하면, 측정 3차원 선량 분포와 계산 3차원 선량 분포를 비교하여 95% 이상 일치하면 임상적으로 사용 가능한 것으로 판단하는 것이다.
- [0129] 미리 정해진 범위는 본 발명의 방법 사용자가 설정할 수 있고, 본 발명의 방법 제작자가 설정할 수도 있다.
- [0130] 본 발명의 실시예와 관련하여 설명된 방법 또는 알고리즘의 단계들은 하드웨어로 직접 구현되거나, 하드웨어에 의해 실행되는 소프트웨어 모듈로 구현되거나, 또는 이들의 결합에 의해 구현될 수 있다. 소프트웨어 모듈은 RAM(Random Access Memory), ROM(Read Only Memory), EPROM(Erasable Programmable ROM), EEPROM(Electrically Erasable Programmable ROM), 플래시 메모리(Flash Memory), 하드 디스크, 착탈형 디스크, CD-ROM, 또는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 잘 알려진 임의의 형태의 컴퓨터 판독가능 기록매체에 상주할 수도 있다.
- [0131] 이상, 첨부된 도면을 참조로 하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 기술자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로, 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며, 제한적이지 않은 것으로 이해해야만 한다.

부호의 설명

[0132]

10 : 팬텀 모듈

11-1, 11-2 : 팬텀

12-1, 12-2 : 형광판

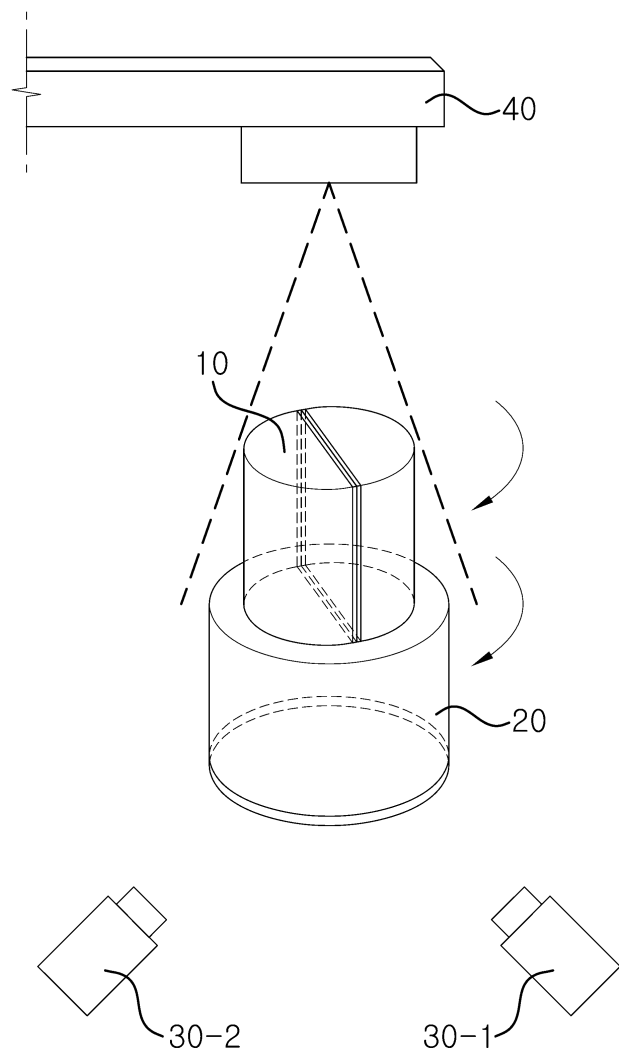
20 : 회전체

30-1, 30-2 : 복수의 카메라

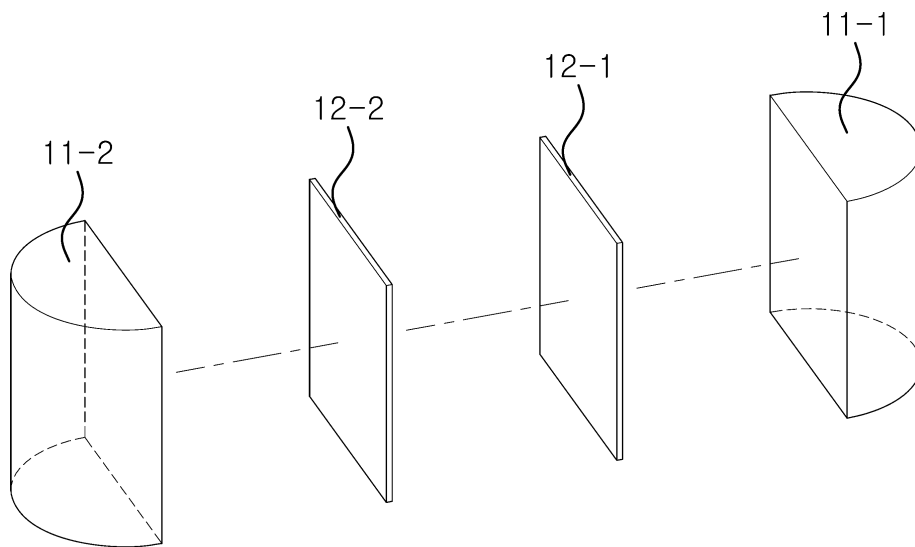
40 : 선형 가속기

도면

도면1



도면2



도면3



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

도면4



(a)



(b)

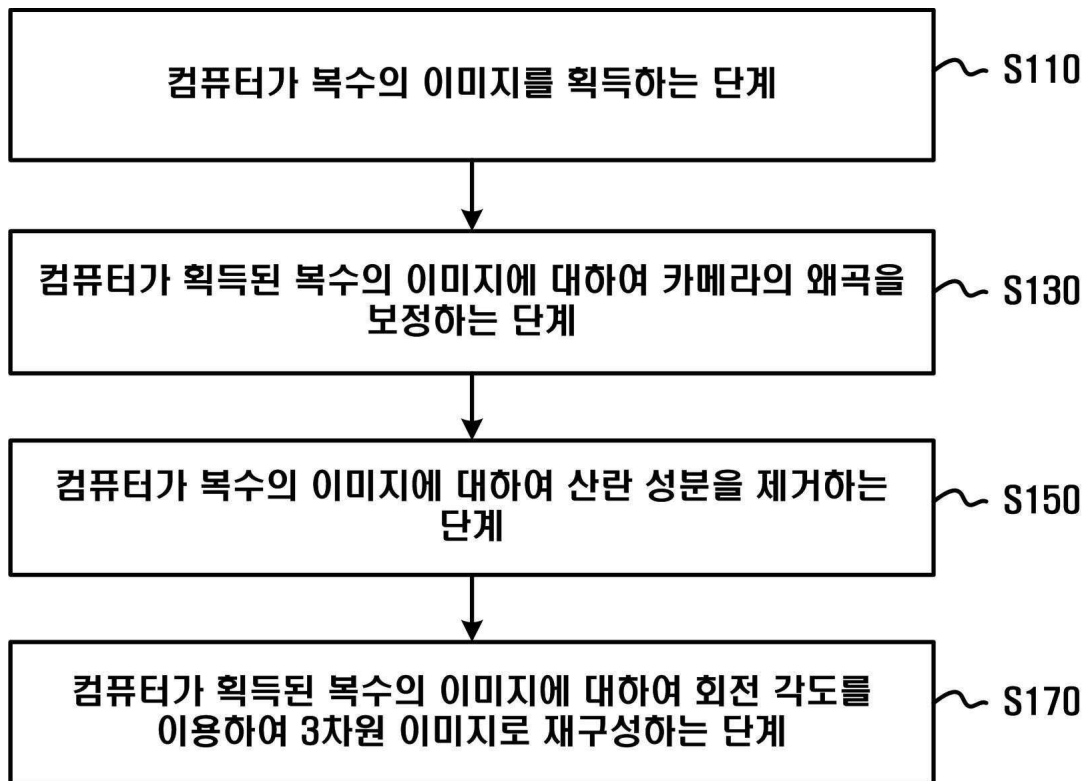


(c)



(d)

도면5



도면6

