



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0006706
(43) 공개일자 2020년01월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 6/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류

A61B 6/587 (2013.01)

A61B 6/4085 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0080399

(22) 출원일자 2018년07월11일

심사청구일자 2018년07월11일

(71) 출원인

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)

주식회사 레이

경기도 화성시 삼성1로 332-7(반월동)

(72) 발명자

조민형

경기도 성남시 분당구 금곡로 39, 109동 104호(구 미동, 화이트빌)

조명혜

경기도 수원시 영통구 영통로290번길 26, 840동 803호(영통동, 벽적골주공 휴먼시아8단지)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김연권

전체 청구항 수 : 총 13 항

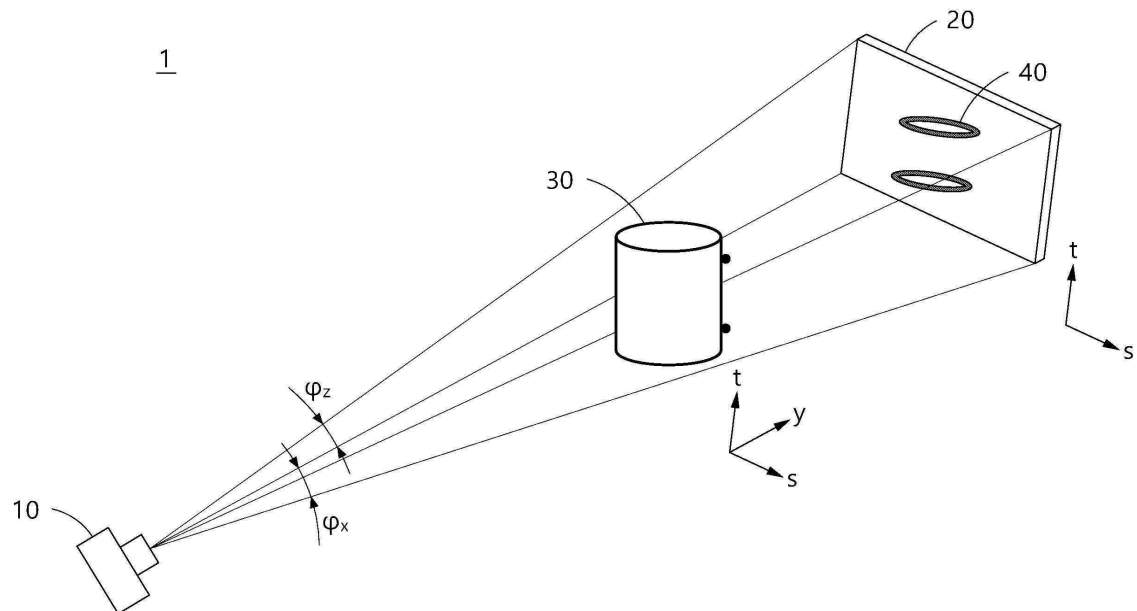
(54) 발명의 명칭 콘빔 엑스선 단층촬영장치의 디텍터 정렬장치 및 그 정렬방법

(57) 요약

본 발명은 치과용 CT같이 콘빔 형태의 엑스선을 이용하여 물체의 3차원 단층 영상을 얻는 콘빔 엑스선 단층촬영장치(cone-beam x-ray CT)에 관한 것으로, 디텍터의 면이 엑스선원에서 방출되는 엑스선에 정확히 직각이 되도록 정렬하는 콘빔 엑스선 단층촬영장치의 디텍터 정렬장치 및 그 정렬방법은 엑스선을 발생하는 엑스선 소스와, 상

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



기 엑스선 소스에서 발생된 엑스선을 감지하는 디텍터를 포함하는 콘빔 엑스선 단층촬영장치의 디텍터를 정렬하는 콘빔 엑스선 단층촬영장치의 디텍터 정렬장치에 있어서, 몸체부와, 상기 몸체부보다 엑스선 감쇄계수가 큰 재질로 형성되고, 상기 몸체부의 측면에 소정 간격 이격되어 부착되는 복수의 궤적 형성부를 구비하는 팬텀 및 상기 팬텀을 회전시키거나, 상기 팬텀 주변에 상기 엑스선 소스 및 상기 디텍터 가운데 적어도 하나를 회전시켜서 얻은 투영 영상에서의 상기 복수의 궤적 형성부 각각의 궤적이 기울어진 각도가 같아지도록 상기 디텍터를 정렬시키는 디텍터 구동부를 포함한다.

(52) CPC특허분류

A61B 6/42 (2013.01)

A61B 6/4476 (2013.01)

A61B 6/583 (2013.01)

(72) 발명자

이수열

경기도 성남시 분당구 미금로 114, 304동 304호(구 미동, 하얀마을그랜드빌라)

이상철

경기도 용인시 기흥구 이현로29번길 86-4, 104동 301호(보정동, e편한세상대림아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제교유번호 20151493

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 방사선기술개발사업

연구과제명 3D 기반의 디지털 치과 치료를 위한 저선량의 고해상도 CT 스캐너 개발

기 여 율 1/1

주관기관 경희대학교 산학협력단

연구기간 2015.08.10 ~ 2018.07.31

명세서

청구범위

청구항 1

엑스선을 발생하는 엑스선 소스와, 상기 엑스선 소스에서 발생된 엑스선을 감지하는 디텍터를 포함하는 콘빔 엑스선 단층촬영장치의 디텍터를 정렬하는 콘빔 엑스선 단층촬영장치의 디텍터 정렬장치에 있어서,

몸체부와, 상기 몸체부보다 엑스선 감쇄계수가 큰 재질로 형성되고, 상기 몸체부의 측면에 소정 간격 이격되어 부착되는 복수의 궤적 형성부를 구비하는 팬텀; 및

상기 팬텀을 회전시키거나, 상기 팬텀 주변에 상기 엑스선 소스 및 상기 디텍터 가운데 적어도 하나를 회전시켜서 얻은 투영 영상에서의 상기 복수의 궤적 형성부 각각의 궤적이 기울어진 각도가 같아지도록 상기 디텍터를 정렬시키는 디텍터 구동부;

를 포함하는 콘빔 엑스선 단층촬영장치의 디텍터 정렬장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 몸체부는 원통 형상으로 형성되고, 상기 궤적 형성부는 상기 몸체부의 측면에 수직 방향으로 이격되어 결합되는 콘빔 엑스선 단층촬영장치의 디텍터 정렬장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 몸체부는 아크릴 재질이고, 상기 궤적 형성부는 금속구로 형성되는 콘빔 엑스선 단층촬영장치의 디텍터 정렬장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 팬텀을 회전시키거나, 상기 팬텀 주변에 상기 엑스선 소스 및 상기 디텍터 가운데 적어도 하나를 회전시켜서 얻은 투영 영상에서의 상기 복수의 궤적 형성부 각각의 궤적이 기울어진 각도 값들을 구하고,

상기 각도 값들이 같아지도록 상기 디텍터 구동부의 구동을 제어하는 제어부를 포함하는 콘빔 엑스선 단층촬영장치의 디텍터 정렬장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 투영 영상에서 상기 궤적 형성부의 좌측 투영 끝점 및 우측 투영 끝점을 찾고, 상기 좌측 투영 끝점 및 상기 우측 투영 끝점을 직선으로 잇는 방식으로 상기 궤적 형성부가 형성하는 궤적의 각도를 측정하는 콘빔 엑스선 단층촬영장치의 디텍터 정렬장치.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 투영 영상들 전체에서 투영된 상기 궤적 형성부 영상의 모멘트를 이용하여 주축의 각도를 계산하고, 상기 주축의 각도를 상기 궤적 형성부의 궤적이 기울어진 각도로 측정하는 콘빔 엑스선 단층촬영장치의 디텍터 정렬장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 투영 영상들 내에서 상기 궤적 형성부의 궤적 영상을 $I(x,y)$ 라고 했을 때 (i,j) 차 모멘트 M_{ij} 는 아래의 수학적식1로 구하고,

$$M_{ij} = \sum_x \sum_y x^i y^j I(x,y)$$

(수학적식1)

상기 모멘트 M_{ij} 으로부터 구한 $(1,1)$ 차 센트럴 모멘트 μ_{11} 와 $(2,0)$ 차 센트럴 모멘트 μ_{20} 그리고 $(0,2)$ 차 센트럴 모멘트 μ_{02} 는 아래의 수학적식2로 구하며,

$$\begin{aligned} \bar{x} &= M_{10} / M_{00}, \bar{y} = M_{01} / M_{00} \\ \mu_{11} &= M_{11} - \bar{x} M_{01} - \bar{y} M_{10} \\ \mu_{20} &= M_{20} - \bar{x}^2 M_{00} \\ \mu_{02} &= M_{02} - \bar{y}^2 M_{00} \end{aligned}$$

(수학적식2)

상기 궤적 형성부의 궤적이 기울어진 각도(θ)는 아래의 수학적식 3으로 구하는 콘빔 엑스선 단층촬영장치의 디텍터 정렬장치.

$$\tan 2\theta = \frac{2\mu_{11}}{\mu_{20} - \mu_{02}}$$

(수학적식3)

청구항 8

제4항에 있어서,

상기 투영 영상에서의 상기 복수의 궤적 형성부 각각의 궤적은 원 또는 타원 형태의 궤적으로 형성되며,

상기 복수의 궤적들이 서로 평행하면, 상기 제어부는 상기 디텍터에 상기 엑스선 소스에서 방출되는 엑스선이 수직하게 입사되는 것으로 인식되고,

상기 복수의 궤적들이 서로 다른 각도의 기울기가 형성되면 상기 제어부는 상기 디텍터에 상기 엑스선 소스에서 방출되는 엑스선이 수직하게 입사되도록 상기 구동부를 제어하는 콘빔 엑스선 단층촬영장치의 디텍터 정렬장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 구동부는 모터인 것을 특징으로 하는 콘빔 엑스선 단층촬영장치의 디텍터 정렬장치.

청구항 10

몸체부와, 상기 몸체부보다 엑스선 감쇄계수가 큰 재질로 형성되고, 상기 몸체부의 측면에 소정 간격 이격되어 부착되는 복수의 궤적 형성부를 구비하는 팬텀을 이용하여 콘빔 엑스선 단층촬영장치 디텍터의 정렬방법에 있어서,

엑스선 소스와 디텍터 사이에 상기 팬텀을 위치시키는 단계;

상기 팬텀을 회전시키거나, 상기 팬텀 주변에 상기 엑스선 소스 및 상기 디텍터 가운데 적어도 하나를 회전시켜서 투영 영상을 얻는 단계;

상기 복수의 궤적 형성부 각각의 궤적이 기울어진 각도를 구하는 단계;

상기 복수의 궤적 형성부 각각의 궤적이 기울어진 각도가 같아지도록 상기 디텍터를 정렬시키는 단계;

를 포함하는 콘빔 엑스선 단층촬영장치 디텍터의 정렬방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 몸체부는 합성수지 재질의 원통 형상으로 형성되고, 상기 궤적 형성부는 상기 몸체부의 측면에 수직 방향으로 이격되어 결합되는 금속구로 형성되는 콘빔 엑스선 단층촬영장치 디텍터의 정렬방법.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 복수의 궤적 형성부 각각의 궤적이 기울어진 각도를 구하는 단계에서, 상기 투영 영상에서 상기 궤적 형성부의 좌측 투영 끝점 및 우측 투영 끝점을 찾고, 상기 좌측 투영 끝점 및 상기 우측 투영 끝점을 직선으로 잇는 방식으로 상기 궤적 형성부가 형성하는 궤적의 각도를 측정하는 콘빔 엑스선 단층촬영장치 디텍터의 정렬방법.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 복수의 궤적 형성부 각각의 궤적이 기울어진 각도를 구하는 단계에서, 상기 투영 영상들 전체에서 투영된 상기 궤적 형성부 영상의 모멘트를 이용하여 주축의 각도를 계산하고, 상기 주축의 각도를 상기 궤적 형성부의 궤적이 기울어진 각도로 측정하는 콘빔 엑스선 단층촬영장치 디텍터의 정렬방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 치과용 CT같이 콘빔 형태의 엑스선을 이용하여 물체의 3차원 단층 영상을 얻는 콘빔 엑스선 단층촬영장치(cone-beam x-ray CT)에 관한 것으로, 디텍터의 면이 엑스선원에서 방출되는 엑스선에 정확히 직각이 되도록 정렬하는 콘빔 엑스선 단층촬영장치의 디텍터 정렬장치 및 그 정렬방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 엑스선 촬영장치는 엑스선(X-ray)이 피사체를 투과할 때 피사체의 물리적 성질과 거리에 따라 엑스선의 세기가 감쇠(Attenuation)되는 특성을 이용하여 피사체에 대한 투영 데이터(Projection)를 획득하고 이를 영상화하는 장치이다. 엑스선은 물체를 투과하면서 광전효과(photo electric effect), 콤프턴 산란(Compton scattering) 등 물리적 현상에 의해 그 강도가 점차 약해지는데 물체 성분과 그 물리적 밀도에 따라 엑스선이 감쇄 되는 정도가 다르다. 즉, 엑스선으로 촬영한 영상은 물체 성분의 엑스선 감쇄계수(attenuation coefficient) 영상을 보여주는 것과 같다.

[0003] 엑스선 감쇄계수는 일반적으로 물질의 밀도가 높고, 물질을 이루는 성분의 원자번호가 높을수록 증가하게 된다. 따라서 신체 부위를 엑스선으로 촬영하게 되면 감쇄계수가 높은 뼈 조직이나 치아가 연부 조직을 영상으로 볼 수 있게 되는 것이다.

[0004] 한편, 엑스선으로 물체의 단층영상을 얻기 위해서는 엑스선을 인체에 여러 각도로 조사하여 얻은 투영영상(projection image) 집합이 필요하다. 이를 위해서 엑스선원(x-ray source)과 엑스선 디텍터를 하나의 주사장치(gantry) 위에 놓고 이 주사장치를 등각으로 회전하면서 투영영상의 집합을 얻거나, 엑스선원(x-ray source)과 엑스선 디텍터를 고정시키고 물체를 회전시켜 투영영상의 집합을 얻기도 한다.

[0005] 이때 디텍터와 엑스선원 그리고 피사체는 정확히 정렬되어야 하는데, 예를 들어, 한국 등록특허공보 제10-1600609호(등록일자:2016.02.29)는 피사체를 엑스선 촬영 위치에 정렬시키는 엑스선 촬영장치의 정렬 바이트 및 이를 갖는 엑스선 촬영장치에 관한 것으로, 영상 정보가 요구되는 관심 영역을 촬영 초점 영역에 정확하게 위치시킬 수 있도록 한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국 등록특허공보 제10-1600609호(등록일자:2016.02.29.)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명은 2차원 디텍터로 투영 영상을 얻을 때 단층 영상의 화질을 향상시키고자 한다.
- [0008] 본 발명은 엑스선원에서 방출되는 엑스선이 수직으로 2차원 디텍터의 면에 정렬시키고자 한다.
- [0009] 본 발명은 엑스선을 이용한 단층 촬영으로 영상을 재구성할 때 오차를 감소시켜 화질을 향상시키고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0010] 이러한 목적을 달성하기 위한 본 발명은 엑스선을 발생하는 엑스선 소스와, 상기 엑스선 소스에서 발생된 엑스선을 감지하는 디텍터를 포함하는 콘빔 엑스선 단층촬영장치의 디텍터를 정렬하는 콘빔 엑스선 단층촬영장치의 디텍터 정렬장치에 있어서, 몸체부와, 상기 몸체부보다 엑스선 감쇄계수가 큰 재질로 형성되고, 상기 몸체부의 측면에 소정 간격 이격되어 부착되는 복수의 궤적 형성부를 구비하는 팬텀 및 상기 팬텀을 회전시키거나, 상기 팬텀 주변에 상기 엑스선 소스 및 상기 디텍터 가운데 적어도 하나를 회전시켜서 얻은 투영 영상에서의 상기 복수의 궤적 형성부 각각의 궤적이 기울어진 각도가 같아지도록 상기 디텍터를 정렬시키는 디텍터 구동부를 포함한다.
- [0011] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 몸체부는 원통 형상으로 형성되고, 상기 궤적 형성부는 상기 몸체부의 측면에 수직 방향으로 이격되어 결합된다.
- [0012] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 몸체부는 아크릴 재질이고, 상기 궤적 형성부는 금속구로 형성된다.
- [0013] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 팬텀을 회전시키거나, 상기 팬텀 주변에 상기 엑스선 소스 및 상기 디텍터 가운데 적어도 하나를 회전시켜서 얻은 투영 영상에서의 상기 복수의 궤적 형성부 각각의 궤적이 기울어진 각도 값들을 구하고, 상기 각도 값들이 같아지도록 상기 디텍터 구동부의 구동을 제어하는 제어부를 포함한다.
- [0014] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 제어부는, 상기 투영 영상에서 상기 궤적 형성부의 좌측 투영 끝점 및 우측 투영 끝점을 찾고, 상기 좌측 투영 끝점 및 상기 우측 투영 끝점을 직선으로 잇는 방식으로 상기 궤적 형성부가 형성하는 궤적의 각도를 측정한다.
- [0015] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 제어부는, 상기 투영 영상들 전체에서 투영된 상기 궤적 형성부 영상의 모멘트를 이용하여 주축의 각도를 계산하고, 상기 주축의 각도를 상기 궤적 형성부의 궤적이 기울어진 각도로 측정한다.
- [0016] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 제어부는, 상기 투영 영상들 내에서 상기 궤적 형성부의 궤적 영상을 $I(x,y)$ 라고 했을 때 (i,j) 차 모멘트 M_{ij} 는 아래의 수학식1로 구하고,

$$M_{ij} = \sum_x \sum_y x^i y^j I(x,y)$$

[0017] (수학식1)

- [0018] 상기 모멘트 M_{ij} 으로부터 구한 (1,1)차 센트럴 모멘트 μ_{11} 와 (2,0)차 센트럴 모멘트 μ_{20} 그리고 (0,2)차 센트럴 모멘트 μ_{02} 는 아래의 수학식2로 구하며,

$$\begin{aligned} \bar{x} &= M_{10} / M_0, \bar{y} = M_{01} / M_0 \\ \mu_{11} &= M_{11} - \bar{x} M_{01} = M_{11} - \bar{y} M_{10} \\ \mu_{20} &= M_{20} - \bar{x}^2 M_{00} \\ \mu_{02} &= M_{02} - \bar{y}^2 M_{00} \end{aligned}$$

[0019] (수학식2)

[0020] 상기 궤적 형성부의 궤적이 기울어진 각도(θ)는 아래의 수학식 3으로 구하게 된다.

$$\tan 2\theta = \frac{2\mu_{11}}{\mu_{20} - \mu_{02}}$$

[0021] (수학식3)

[0022] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 투영 영상에서의 상기 복수의 궤적 형성부 각각의 궤적은 원 또는 타원 형태의 궤적으로 형성되며, 상기 복수의 궤적들이 서로 평행하면, 상기 제어부는 상기 디텍터에 상기 엑스선 소스에서 방출되는 엑스선이 수직하게 입사되는 것으로 인식되고, 상기 복수의 궤적들이 서로 다른 각도의 기울기가 형성되면 상기 제어부는 상기 디텍터에 상기 엑스선 소스에서 방출되는 엑스선이 수직하게 입사되도록 상기 구동부를 제어한다.

[0023] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 구동부는 모터인 것을 특징으로 한다.

[0024] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 몸체부와, 상기 몸체부보다 엑스선 감쇄계수가 큰 재질로 형성되고, 상기 몸체부의 측면에 소정 간격 이격되어 부착되는 복수의 궤적 형성부를 구비하는 팬텀을 이용하여 콘빔 엑스선 단층촬영장치 디텍터의 정렬방법에 있어서, 엑스선 소스와 디텍터 사이에 상기 팬텀을 위치시키는 단계와 상기 팬텀을 회전시키거나, 상기 팬텀 주변에 상기 엑스선 소스 및 상기 디텍터 가운데 적어도 하나를 회전시켜서 투영 영상을 얻는 단계와 상기 복수의 궤적 형성부 각각의 궤적이 기울어진 각도를 구하는 단계 및 상기 복수의 궤적 형성부 각각의 궤적이 기울어진 각도가 같아지도록 상기 디텍터를 정렬시키는 단계를 포함한다.

[0025] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 몸체부는 합성수지 재질의 원통 형상으로 형성되고, 상기 궤적 형성부는 상기 몸체부의 측면에 수직 방향으로 이격되어 결합되는 금속구로 형성된다.

[0026] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 복수의 궤적 형성부 각각의 궤적이 기울어진 각도를 구하는 단계에서, 상기 투영 영상에서 상기 궤적 형성부의 좌측 투영 끝점 및 우측 투영 끝점을 찾고, 상기 좌측 투영 끝점 및 상기 우측 투영 끝점을 직선으로 잇는 방식으로 상기 궤적 형성부가 형성하는 궤적의 각도를 측정한다.

[0027] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 복수의 궤적 형성부 각각의 궤적이 기울어진 각도를 구하는 단계에서, 상기 투영 영상들 전체에서 투영된 상기 궤적 형성부 영상의 모멘트를 이용하여 주축의 각도를 계산하고, 상기 주축의 각도를 상기 궤적 형성부의 궤적이 기울어진 각도로 측정한다.

발명의 효과

[0028] 본 발명에 따른 콘빔 엑스선의 2차원 디텍터 정렬 장치는 선명한 화질의 단층 영상을 제공하는 효과가 있다.

[0029] 본 발명은 금속구 2개의 간단한 구조로 이루어진 팬텀을 CT촬영하여 디텍터의 직각 정렬 여부를 파악하기 용이하다.

[0030] 본 발명은 CT촬영한 팬텀의 영상을 통해 디텍터를 정렬하는데 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0031] 도 1은 본 발명에 따른 콘빔 엑스선 단층촬영장치의 디텍터 정렬장치에 대한 콘빔 CT의 개략도,

도 2는 본 발명에 따른 콘빔 엑스선 단층촬영장치의 디텍터 정렬장치에 대한 영상 재구성을 위한 콘빔 CT의 시스템 파라미터,

도 3은 본 발명에 따른 콘빔 엑스선 단층촬영장치의 디텍터 정렬장치에서 디텍터와 엑스선원이 정렬된 모습,

도 4는 본 발명에 따른 콘빔 엑스선 단층촬영장치의 디텍터 정렬장치에서 팬텀에 대한 모습 및 촬영 영상,

도 5는 본 발명에 따른 콘빔 엑스선 단층촬영장치의 디텍터 정렬장치에서 다른 실시예의 팬텀을 촬영한 영상,

도 6은 본 발명에 따른 콘빔 엑스선 단층촬영장치의 디텍터 정렬장치를 통해 촬영한 영상,

도 7은 본 발명에 따른 콘빔 엑스선 단층촬영장치의 디텍터를 정렬하는 과정을 나타내는 순서도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 본 발명의 실시예에서 제시되는 특정한 구조 내지 기능적 설명들은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시예를 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로, 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있다. 또한 본 명세서에 설명된 실시예들에 한정되는 것으로 해석되어서는 아니 되며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경물, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0033] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 대해 상세히 설명한다.
- [0034] 도 1은 본 발명에 따른 콘빔 엑스선 단층촬영장치의 디텍터 정렬장치에 대한 개략도에 관한 것이다.
- [0035] 콘빔 엑스선 단층촬영장치(cone-beam x-ray CT)는 3차원 단층영상을 얻기 위한 것으로, 피촬영물을 중심으로 양측에 엑스선 소스(10)와 디텍터(20)가 위치하며, 디텍터(20)는 엑스선 소스(10)가 발생하는 엑스선(12)의 주어진 각도로부터 투영영상(projection image)을 획득하게 된다.
- [0036] 하지만 선명한 화질의 투영영상을 획득하기 위해서는 디텍터(20)가 엑스선 소스(10)에서 발생하는 엑스선(12)과 수직하게 위치해야 하며, 디텍터(20)가 수직하게 위치하지 않을 경우에는 화질이 떨어지기 때문에 위치 조절이 필요하다.
- [0037] 이를 위해서 엑스선(12)을 발생하는 엑스선 소스(10)와, 엑스선 소스(10)에서 발생된 엑스선(12)을 감지하는 디텍터(20)를 포함하는 콘빔 엑스선 단층촬영장치의 디텍터(20)를 정렬하는 콘빔 엑스선 단층촬영장치의 디텍터 정렬장치(1)(이하 '디텍터 정렬 장치'라 함)는 몸체부(32)와, 몸체부(32)보다 엑스선 감쇄계수가 큰 재질로 형성되고, 몸체부(32)의 측면에 소정 간격 이격되어 부착되는 복수의 궤적 형성부(34)를 구비하는 팬텀(30) 및 팬텀(30)을 회전시키거나, 팬텀(30) 주변에 엑스선 소스(10) 및 디텍터(20) 가운데 적어도 하나를 회전시켜서 얻은 투영 영상에서의 복수의 궤적 형성부(34) 각각의 궤적(40)이 기울어진 각도가 같아지도록 디텍터(20)를 정렬시키는 디텍터 구동부(미도시)를 포함한다.
- [0038] 엑스선 소스(10)는 엑스선(12)을 방출하는 출구에 시준기(collimator)가 구비되어 있어, 엑스선(12)의 크기를 제한하게 된다. 시준기에 의해 콘빔 CT의 시야각은 수평방향과 수직방향이 디텍터(20)의 크기로 제한되며, 콘빔은 사각형의 형상을 하게 된다.
- [0039] 디텍터(20)는 엑스선 소스(10)에서 발생하는 엑스선(12)과 피촬영물을 투과한 엑스선(12)으로 투영영상을 만들게 되며, 피촬영물 주위를 회전하면서 여러 각도에서 촬영한 투영영상을 수집하여 단층영상을 재구성하게 된다.
- [0040] 예를 들어, 수평방향의 시야각을 ϕ_x 로, 수직방향의 시야각을 ϕ_z 라 한다면, 엑스선(12)의 주사가 끝난 디텍터(20)는 투영영상 집합 $\{p_i(s, t)\}$ 를 얻게 되며, 이 투영영상 집합으로부터 3차원 단층영상 $f(x, y, z)$ 을 계산해낼 수 있다. 이때, 투영영상 $p_i(s, t)$ 에서 s 와 t 는 디텍터(20)에서 수평축 방향과 수직축 방향으로의 좌표를 나타내며, i 는 단위주사각으로 회전한 수를 나타낸다.
- [0041] 단위주사각을 $\Delta\theta$ 라 할 때 i 번째 회전에서 주사각은 $\theta = i\Delta\theta$ 가 될 것이고, $i=0, 1, 2, \dots$ 이 된다. 3차원 단층영상 $f(x, y, z)$ 에서 (x, y, z) 는 대상 물체 내에서의 3차원 공간좌표를 나타내게 된다.
- [0042] 이렇게 수집한 투영영상의 집합으로부터 단면 영상을 얻어내는 과정인 영상재구성(image reconstruction)을 거치게 된다. 영상재구성을 하기 위해서는 투영영상을 공간필터링(spatial filtering)한 다음, 역투영하는 역투사(filtered back-projection)방법을 사용한다. 역투사 방법의 영상 재구성 방법은 공간해상도가 높고, 고속으로 연산할 수 있다는 장점이 있다.
- [0043] 또한 3차원 콘빔CT에서는 펠트캄프(Feldkamp) 알고리즘이라는 확장된 역투사 방법을 사용하기도 한다.
- [0044] 이렇게 수집된 투영영상으로부터 영상 재구성 과정을 거쳐 단층영상을 제공하게 된다. 영상재구성에 필요한 정확한 디텍터(20) 중심 좌표(0)와 경사 각도를 측정하여 알고리즘에 적용할 때 제공하기 때문에 역투사 방법뿐만 아니라 다른 영상재구성 방법을 사용할 수도 있을 것이다.
- [0045] 팬텀(30)은 디텍터(20)에 엑스선 소스(10)에서 방출되는 엑스선(12)이 수직하게 입사되는지 검사하기 위한 것으로, 팬텀(30)에 엑스선(12)이 투과가 되면 디텍터(20)에 엑스선 감쇄계수가 큰 복수의 궤적 형성부(34)가 궤적(40)을 형성하게 된다. 형성된 궤적(40)의 기울어진 각도를 통해 디텍터(20)의 정렬 정도를 파악할 수 있다. 팬텀(30)을 이용하여 디텍터(20)의 정렬 과정은 하기에서 상세히 설명하기로 한다.
- [0046] 디텍터 구동부는 궤적 형성부(34)의 투영영상에서 궤적의 기울어진 각도를 통해 궤적의 각도가 평행하도록 디텍터(20)를 정렬하게 된다. 이때 디텍터 구동부는 디텍터(20)의 일부에 구비될 수 있으며, 상세하게는 디텍터(20)의 중심으로 관통하는 구동축(미도시)이 디텍터(20)와 연결되어 있어, 구동축의 회전을 통해 디텍터(20)를 소

정의 각도로 회전시켜 정렬할 수 있을 것이다. 여기서, 디텍터를 정렬시킨다는 것은 도 3의 (a)와 같이 평면상(디텍터(20)와 엑스선 소스(10)를 위에서 본 모습)에서 보았을 때, 엑스선 소스(10)에서 방출되는 엑스선(12)이 디텍터(20)와 수직을 형성하는 것을 의미한다.

- [0047] 디텍터 구동부는 모터(미도시)를 사용할 수 있을 것이며, 수동으로 조작할 수도 있을 것이다.
- [0048] 도 2는 본 발명에 따른 콘빔 엑스선의 2차원 디텍터 정렬 장치에 대한 영상 재구성을 위한 콘빔 CT의 시스템 파라미터를 보여주고 있다.
- [0049] 영상을 재구성하기 위해서는 투영 영상을 얻기 위한 콘빔 CT의 시스템 파라미터가 필요하다.
- [0050] 엑스선 소스(10)와 디텍터(20) 사이에 피촬영물이 위치하게 되며, 피촬영물을 회전축(Z)으로 하여 엑스선 소스(10)와 디텍터(20)가 회전할 때, 엑스선 소스(10)와 회전축(Z)과의 거리, 디텍터(20)와 회전축(Z)과의 거리 및 엑스선 소스(10)로부터 회전축(Z)을 지나는 연장선(1)이 디텍터(20)와 만나는 디텍터(20)의 중심 좌표(0)를 이용하여 알고리즘을 계산하게 된다.
- [0051] 선명한 화질의 투영영상을 얻기 위해서는 디텍터(20)가 연장선(1)에 대하여 기울어지지 않고 수직으로 위치해야 기하학적 좌표 계산을 위한 영상 재구성 알고리즘을 정확히 수행할 수 있게 된다.
- [0052] 도 3은 본 발명에 따른 콘빔 엑스선의 2차원 디텍터 정렬 장치에서 디텍터와 엑스선원이 정렬된 모습을 비교한 것에 관한 것이다.
- [0053] 디텍터(20)가 엑스선 소스(10) 사이에 팬텀(30)이 위치하고 있으며, 디텍터(20)가 엑스선(12)으로부터 수직하게 위치하는 모습과 기울어진 상태로 위치하고 있는 모습을 각각 보여주고 있다.
- [0054] 디텍터(20)가 엑스선 소스(10)로부터 회전축을 통과하는 엑스선(12)과 수직하게 위치하게 되면, 정확한 좌표값을 구할 수 있게 된다. 따라서 정확한 좌표값을 영상재구성을 위한 알고리즘에 적용하여 보다 정확하고 선명한 영상을 획득할 수 있다.
- [0055] 반면에 디텍터(20)가 회전축을 통과하는 엑스선(12)과 수직하게 위치하지 않고 기울어지게 되면, 정확한 좌표값을 구할 수 없게 된다. 이 좌표값으로 알고리즘을 계산하게 되면 상대적으로 화질이 떨어지는 영상을 출력하게 된다. 즉, 디텍터(20)가 좌우 또는 상하로 기울어진 상태에서 촬영을 하게 되면, 회전축으로부터 좌우로 회전한 상태에서 심각한 화질 저하가 일어나게 된다. 하지만 디텍터(20)가 상하로 기울어진 상태로 촬영하게 되면, CT 영상 재구성이 회전방향으로 역투영되는 원리 때문에 좌우로 기울어진 상태보다 상대적으로 화질이 양호하게 출력된다.
- [0056] 하지만 정확한 진찰을 위해 보다 선명한 영상을 출력하기 위해서는 디텍터(20)가 회전축을 통과하는 엑스선(12)으로부터 수직하게 위치하는 것이 바람직할 것이다.
- [0057] 도 4는 본 발명에 따른 콘빔 엑스선의 2차원 디텍터 정렬 장치에서 팬텀에 대한 모습 및 촬영 영상을 보여주고 있다.
- [0058] 팬텀(30)의 몸체부(32)는 원통 형상으로 형성되고, 케적 형성부(34)는 몸체부(32)의 측면에 수직 방향으로 이격되어 결합하게 된다. 몸체부(32)는 아크릴 재질이고, 케적 형성부(34)는 금속구로 형성되어 있다. 케적 형성부(34)는 엑스선(12)이 투과되어 디텍터(20)에 케적(40)을 형성하기 때문에 보다 선명하게 케적(40)을 형성할 수 있도록 엑스선 감쇄계수가 큰 금속물질이나 밀도가 높은 물질로 이루어지는 것이 좋을 것이다.
- [0059] 팬텀(30)에 엑스선(12)이 투과되면 디텍터(20)는 타원 형상과 같은 케적(40)을 출력하게 된다. 이때 케적(40)의 개수는 케적 형성부(34)의 개수와 비례하다. 본 도시의 경우, 두 개의 케적 형성부(34)가 마련되어 있기 때문에 두 개의 케적(40)이 형성되어 있는 것을 알 수 있다.
- [0060] 두 개의 타원 케적(40)은 엑스선 소스(10)와 디텍터(20) 사이에 회전축이 형성되어, 팬텀(30)이 회전축에 위치하고, 엑스선 소스(10)와 디텍터(20)가 회전하거나, 팬텀(30)이 회전하는 동안 팬텀(30)을 투과하는 엑스선(12)으로부터 투영 데이터를 출력한 것이다.
- [0061] 두 개의 케적(40)이 서로 평행하게 위치하고 있으면, 디텍터(20)가 회전축을 통과하는 엑스선(12)과 수직하게 위치하고 있는 것으로, 진찰을 위해 바로 피촬영물을 단층영상촬영해도 좋을 것이며, 가장 최적의 화질을 얻을 수 있다.
- [0062] 반면에 디텍터(20)가 회전축을 통과하는 엑스선(12)과 직각이지만 약간 기울어져 있다면, 두 개의 케적(40)이

평행하게 위치하고 있지만, 기울기가 형성된 상태로 영상을 출력하게 된다.

- [0063] 또한 디텍터(20)가 회전축을 통과하는 엑스선(12)과 직각으로 위치하지 않으며, 좌우로 기울어져 있다면, 두 개의 궤적(40)에 기울기가 형성되어 있고, 평행하지도 않은 상태로 출력하게 될 것이다.
- [0064] 이와 같이 디텍터(20)가 엑스선(12) 방향으로부터 수직하게 위치했을 때 출력되는 영상과 궤적이 다른 기울기를 형성한 상태로 출력된다면, 디텍터(20)의 기울기를 조정하여 다음 촬영하고자 하는 피조사물을 촬영하면 될 것이다.
- [0065] 다만, 복수개의 궤적(40)이 평행하게 위치하고 있다면, 엑스선(12)과 디텍터(20)가 수직으로 위치하고 있는 것이며, 선명한 화질을 출력할 수 있을 것이다.
- [0066] 도 5는 본 발명에 따른 콘빔 엑스선의 2차원 디텍터 정렬 장치에서 다른 실시예의 팬텀을 촬영한 영상에 관한 것이다.
- [0067] 팬텀(30)에 총 6개의 궤적형성부(34)를 부착한 다음 촬영한 영상으로, 6개의 궤적(40)이 출력되어 있다. 몸체부(32)에 6개의 궤적형성부(34)가 구비되어 있기 때문에 두 개의 궤적형성부(34)로 기울기를 구했을 때보다 정확한 기울기 값을 구할 수 있을 것이다.
- [0068] (a)는 상단에 위치한 궤적(40)의 제1장축(42)과 하단에 위치한 궤적(40)의 제2장축(44)의 기울기가 다른 것으로, 디텍터(20)가 엑스선(12)에 직각으로 놓이지 않은 상태이다. 반면에 (b)는 두 궤적(40)의 장축(42)(44)의 기울기가 일치하는 것으로, 디텍터(20)가 엑스선(12)에 정확히 직각으로 놓여있는 상태이다.
- [0069] 궤적(40)의 기울기가 눈에 띄게 차이가 있는 경우도 있지만, 기울기의 차이가 미세할 수도 있기 때문에 기울기를 정확하게 측정한 다음, 두 기울기의 일치 여부를 판단하기도 한다. 만약 두 기울기가 일치하지 않으면 디텍터(20)가 엑스선(12)에 직각으로 정렬되지 않았다고 판단할 수 있으며, 궤적(40)의 기울기가 일치하도록 디텍터(20) 위치를 제어부(미도시)가 재조정하게 된다.
- [0070] 즉, 팬텀(30)을 회전시키거나, 팬텀(30) 주변에 엑스선 소스(10) 및 디텍터(20) 가운데 적어도 하나를 회전시켜서 얻은 투영 영상에서의 복수의 궤적 형성부(34) 각각의 궤적(40)이 기울어진 각도 값들을 구하고, 각도 값들이 같아지도록 디텍터 구동부의 구동을 제어하는 제어부(미도시)를 포함한다.
- [0071] 제어부는 투영 영상을 통해 출력된 궤적형성부(34)의 궤적(40)의 기울기를 두가지 방법으로 측정한다.
- [0072] 한가지 방법은 간단한 방법으로, 투영 영상에서 궤적 형성부(34)의 좌측 투영 끝점 및 우측 투영 끝점을 찾고, 좌측 투영 끝점 및 우측 투영 끝점을 직선으로 잇는 방식으로 궤적 형성부(34)가 형성하는 궤적(40)의 각도를 측정한다. 이 방법은 매우 간단하지만 투영영상의 잡음이 발생하게 되면 끝점을 찾기가 애매하기 때문에 정확한 기울기를 구할 수 없다는 문제점이 있다.
- [0073] 또 다른 방법으로는 상기의 방법보다 더 정확하고 체계적인 방법으로, 투영 영상들 전체에서 투영된 궤적 형성부(34) 영상의 모멘트를 이용하여 주축의 각도를 계산하고, 주축의 각도를 궤적 형성부(34)의 궤적(40)의 기울어진 각도를 측정한다.
- [0074] 투영 영상들 내에서 궤적형성부(34)의 궤적(40) 영상을 $I(x,y)$ 라고 했을 때, (i,j) 차 모멘트 M_{ij} 는 다음의 수식으로 구할 수 있다.

$$M_{ij} = \sum_x \sum_y x^i y^j I(x,y)$$

- [0075]
- [0076] 이 모멘트 M_{ij} 으로부터 구한 $(1,1)$ 차 센트럴 모멘트 μ_{11} 와 $(2,0)$ 차 센트럴 모멘트 μ_{20} 그리고 $(0,2)$ 차 센트럴 모멘트 μ_{02} 는 다음의 수식으로 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}\bar{x} &= M_{10}/M_{\wedge}, \bar{y} = M_{01}/M_{\wedge} \\ \mu_{11} &= M_{11} - \bar{x}M_{01} = M_{11} - \bar{y}M_{10} \\ \mu_{20} &= M_{20} - \bar{x}M_{10} \\ \mu_{02} &= M_{02} - \bar{y}M_{01}\end{aligned}$$

[0077]

[0078]

이때 궤적 형성부(34)의 궤적(40)이 기울어진 각도(θ)는 다음의 수식으로 주어진다.

$$\tan 2\theta = \frac{2\mu_{11}}{\mu_{20} - \mu_{02}}$$

[0079]

[0080]

이와 같은 방법으로 구한 기울기(θ)는 궤적형성부(34)에 의해 형성된 궤적(40)의 기울기로 추정할 수 있다.

[0081]

이와 같은 계산식을 이용해 기울기를 구하게 되면 사용자의 판단에 의해 결정되는 오차가 감소하기 때문에 보다 정확한 기울기 값을 구할 수 있을 것이며, 본 계산식이 적용된 프로그램을 사용한다면 빠르고 간단하게 처리될 수 있을 것이다.

[0082]

한편, 제어부는 투영 영상에서의 복수의 궤적 형성부(34)에 의해 형성된 원 또는 타원 형상의 궤적을 통해 디텍터(20)와 엑스선 소스(10)에서 방출되는 엑스선(12)이 수직하게 위치하는지 여부를 판단하게 된다. 예를 들어, 복수의 궤적(40)들이 서로 평행하면, 제어부는 디텍터(20)에 엑스선 소스(10)에서 방출되는 엑스선(12)이 수직하게 입사되는 것으로 인식하게 된다. 하지만 복수의 궤적(40)들이 서로 다른 각도의 기울기가 형성되면 제어부는 디텍터(20)에 엑스선 소스(10)에서 방출되는 엑스선(12)이 수직하게 입사되도록 구동부를 제어하게 된다.

[0083]

도 6은 본 발명에 따른 콘빔 엑스선의 2차원 디텍터 정렬 장치에서 콘빔 엑스선 단층 촬영 장치를 통해 촬영한 영상에 관한 것이다.

[0084]

치아 인상체의 단층 촬영 영상으로, 디텍터(20)가 치아 인상체의 회전축을 통과하는 엑스선(12)과 수직하게 위치했을 경우와 그렇지 않을 경우를 비교한 모습이다.

[0085]

디텍터(20)가 잘 정렬된 영상은 선명하기 때문에 보다 정확한 진찰을 할 수 있지만, 잘못 정렬된 디텍터(20)는 영상의 해상도와 화질이 현저히 떨어지게 된다.

[0086]

따라서 진찰을 위해 단층 촬영을 하기 전에 디텍터(20)가 제대로 정렬되어 있는지 디텍터(20) 정렬 여부 검사를 먼저 해야한다.

[0087]

디텍터(20)의 정렬 장치(1)는 별도의 계측기를 구비하지 않고, 영상 촬영할 때와 마찬가지로 팬텀(30)을 엑스선(12) 촬영한 후에 이 영상을 통하여 디텍터(20)의 정렬 여부를 판단하고, 디텍터(20)의 위치를 수정할 수 있다.

[0088]

도 7은 본 발명에 따른 콘빔 엑스선의 2차원 디텍터 정렬 장치의 디텍터를 정렬하는 과정을 나타내는 순서도에 관한 것이다.

[0089]

엑스선 소스와 디텍터 사이에 팬텀을 위치시키는 단계(S1)와 팬텀을 회전시키거나, 팬텀 주변에 엑스선 소스 및 디텍터 가운데 적어도 하나를 회전시켜서 투영 영상을 얻는 단계(S2)와 복수의 궤적 형성부 각각의 궤적이 기울어진 각도를 구하는 단계(S3) 및 복수의 궤적 형성부 각각의 궤적이 기울어진 각도가 같아지도록 디텍터를 정렬시키는 단계(S4)를 포함한다.

[0090]

팬텀을 위치시키는 단계(S1)에서 팬텀(30)은 엑스선 소스(10)와 디텍터(20) 사이에 형성된 회전축(Z)에 위치하게 된다.

[0091]

투영 영상을 얻는 단계(S2)에서 회전축(Z)을 중심으로 엑스선 소스(10)와 디텍터(20)가 회전하거나 팬텀(30)이 직접 회전하여 영상을 획득하게 된다.

[0092]

궤적 형성부 각각의 궤적이 기울어진 각도를 구하는 단계(S3)에서 팬텀(30)의 궤적형성부(34)가 타원 형상의 궤적(40)이 출력된다. 이때 궤적(40)을 이용하여 궤적(40)의 장축 양 끝점을 연결하여 기울기를 구하거나, 모멘트를 이용하여 기울기를 구하게 된다.

[0093] 디텍터를 정렬시키는 단계(S4)는 궤적(40)의 기울기가 형성되지 않으면 디텍터(20)의 각도를 조절하지 않아도 되지만, 궤적(40)의 기울기가 발생했거나, 기울기 값이 서로 다를 경우에는 디텍터(20)의 위치를 조절하여 디텍터(20)가 회전축(Z)을 통과하는 엑스선(12)과 수직하게 위치하도록 한다.

[0094] 디텍터(20)의 정렬이 모두 완료 되었으면, 진료를 위한 피촬영물을 엑스선 소스(10)와 디텍터(20) 사이의 회전축(Z)에 위치시킨 다음 촬영을 진행하면 될 것이다.

[0095] 이상에서 설명한 본 발명은 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능함은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명백할 것이다.

부호의 설명

[0096] 1 : 디텍터의 정렬 장치 10 : 엑스선 소스

12 : 엑스선 20 : 디텍터

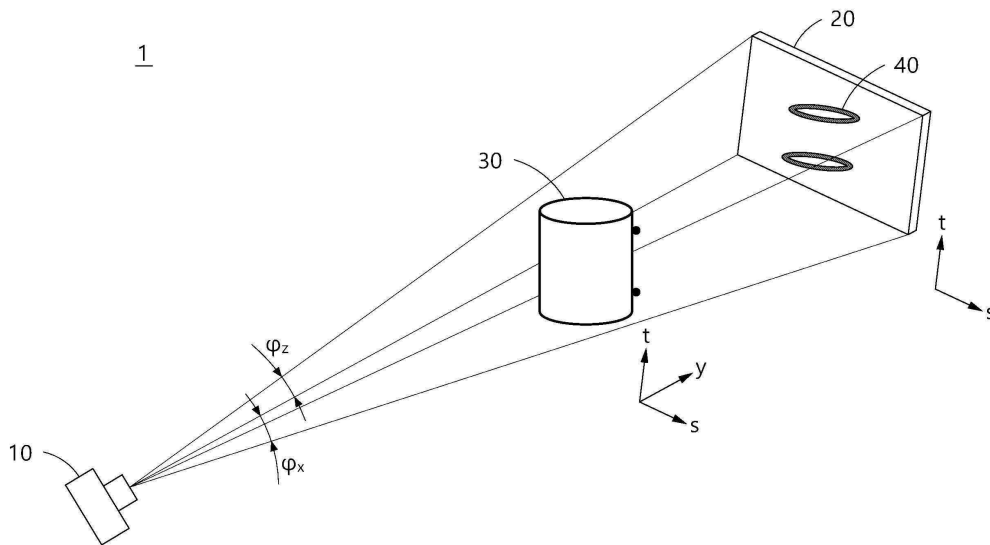
30 : 팬텀 32 : 몸체부

34 : 궤적형성부 40 : 궤적

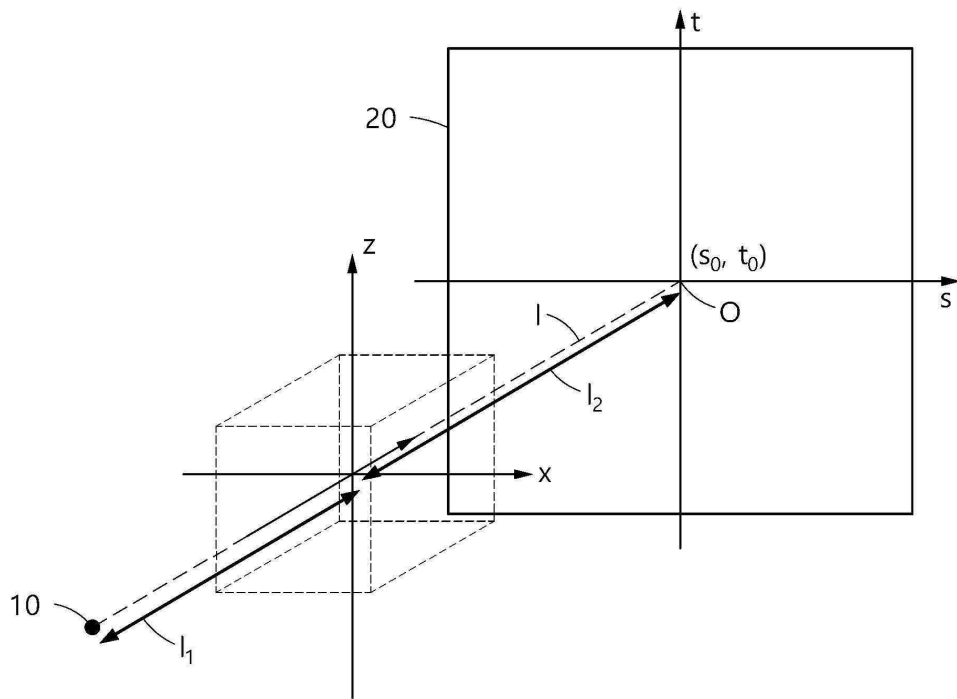
42 : 제1장축 44 : 제2장축

도면

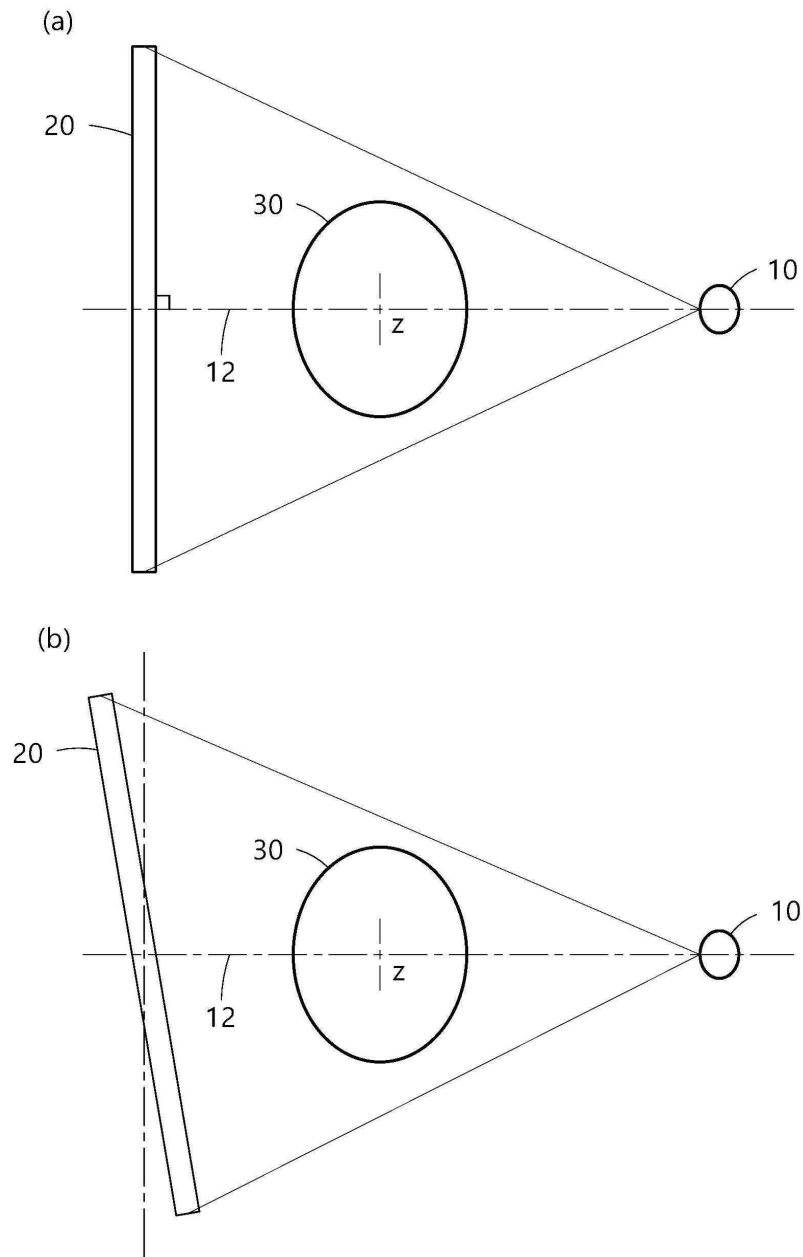
도면1



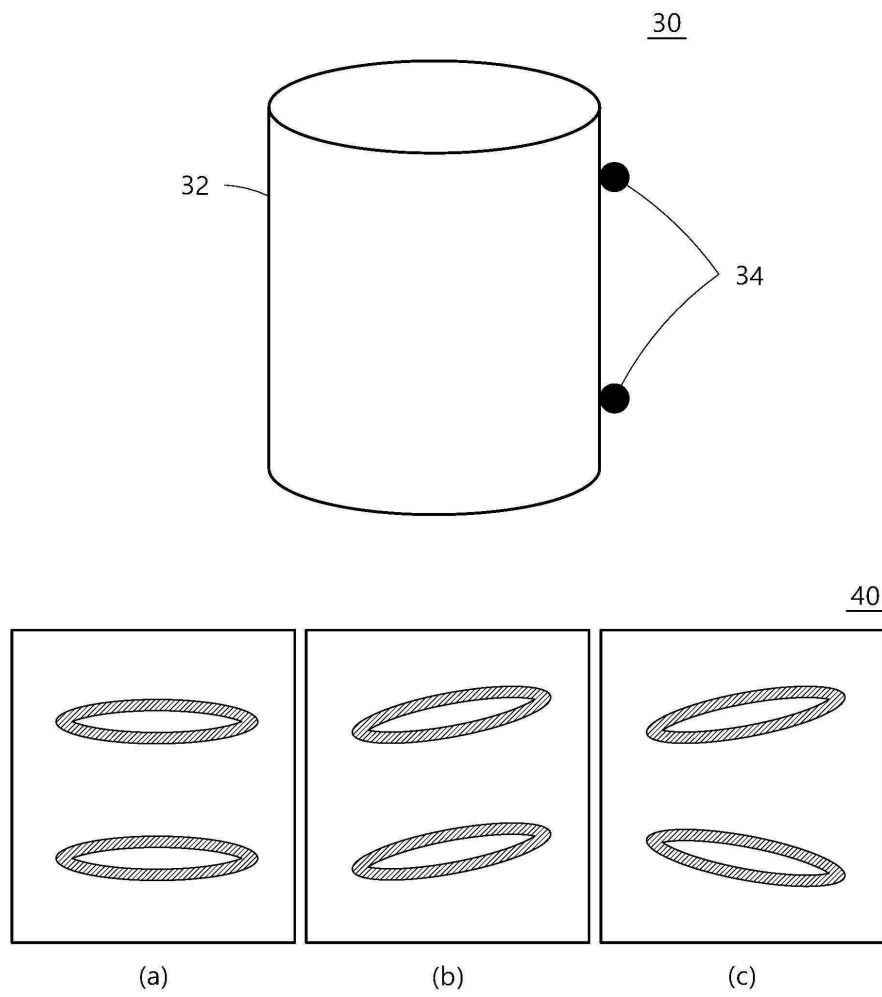
도면2



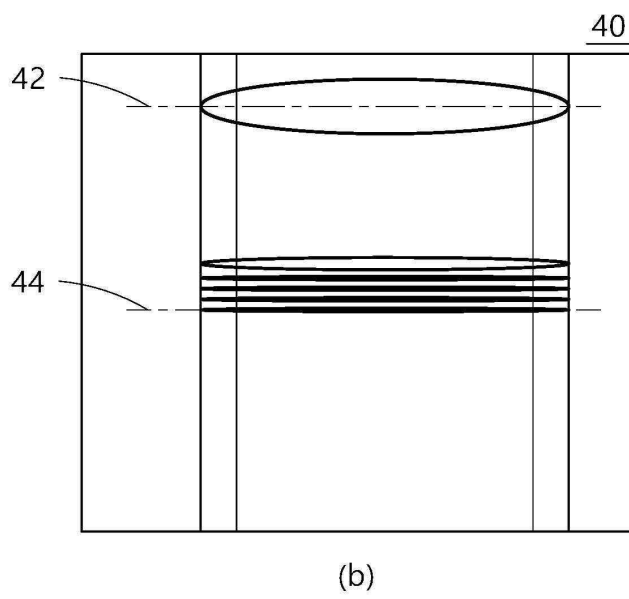
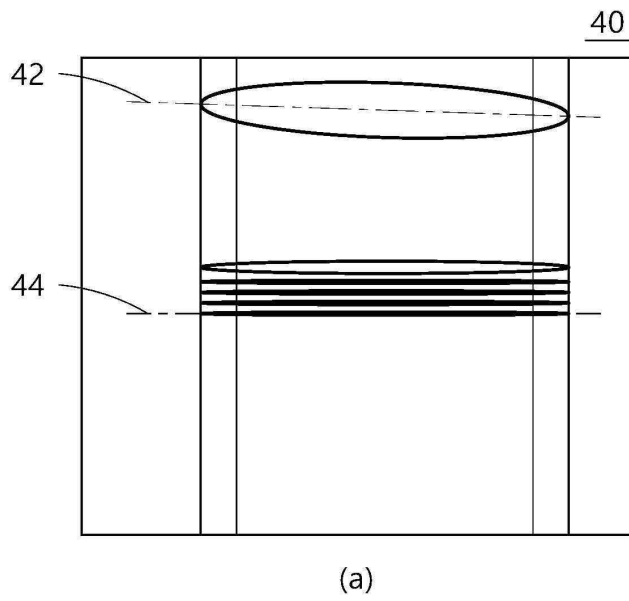
도면3



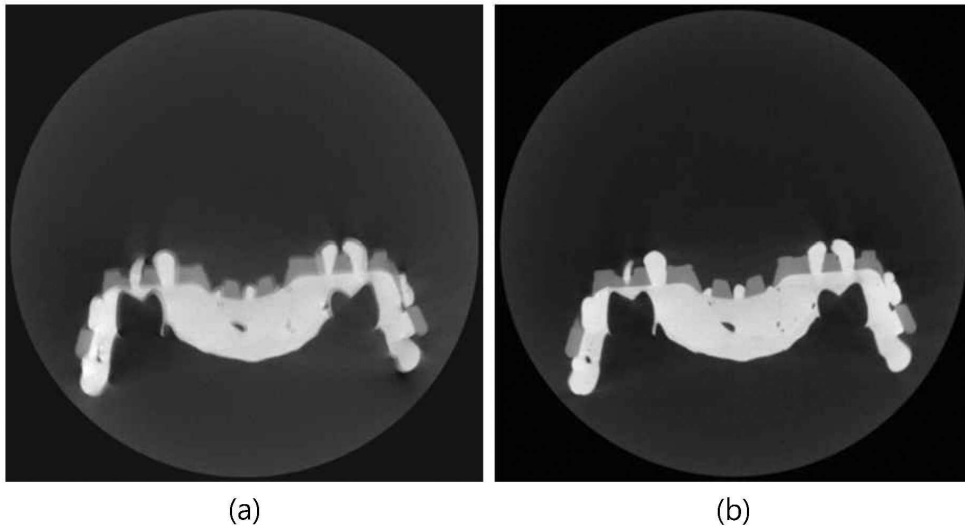
도면4



도면5



도면6



도면7

