



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년04월02일
(11) 등록번호 10-1248760
(24) 등록일자 2013년03월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
GOIT 1/20 (2006.01) **GOIT 1/02** (2006.01)
A61N 5/00 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2011-0006029
 (22) 출원일자 2011년01월20일
 심사청구일자 2011년01월20일
 (65) 공개번호 10-2012-0084591
 (43) 공개일자 2012년07월30일
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2003098259 A
 JP2009036752 A

(73) 특허권자
건국대학교 산학협력단
 서울특별시 광진구 능동로 120, 건국대학교내 (화양동)
 (72) 발명자
이봉수
 서울특별시 서초구 서래로10길 26, 101동 303호 (반포동, 라인아파트)
장경원
 충청북도 충주시 충원대로 268, 의료생명대학 513-2호 (단월동, 건국대학교충주캠퍼스)
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
특허법인 수

전체 청구항 수 : 총 3 항

심사관 : 이현길

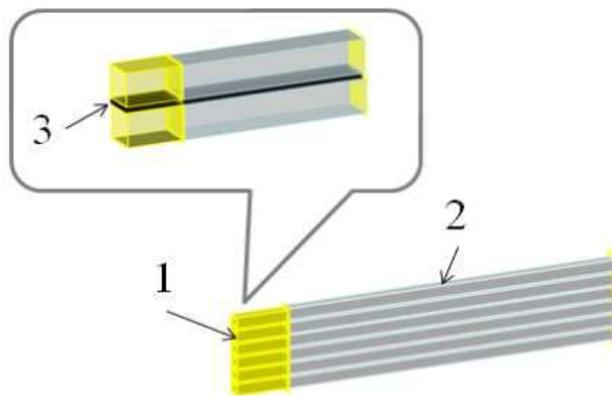
(54) 발명의 명칭 **광섬유 팬텀선량계 및 이를 이용한 측정 방법**

(57) 요약

본 발명은 광섬유 팬텀선량계 및 이를 이용한 측정 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 여러 개의 광섬유 선량계(fiber-optic dosimeter, FOD)를 배열하고, 각각의 광섬유 선량계에서 선량(dose)의 세기에 비례하여 발생되는 섬광(scintillation light)량을 전기신호로 변환시켜 상대깊이선량(relative depth dose)이나 등선량(isodose) 분포도를 한 번에 측정할 수 있도록 하는 광섬유 팬텀선량계 및 이를 이용한 측정 방법에 관한 것이다.

본 발명은 광섬유 팬텀선량계에 있어서, 광섬유 팬텀선량계의 센서부는 유기섬광체와, 상기 유기섬광체를 한쪽 끝단에 부착한 광섬유와, 센서와 센서 사이에 코팅되는 얇은 격막으로 구성되며, 다수개 배열된 상기 광섬유 팬텀선량계의 센서부의 유기섬광체에 방사선이 조사되면 섬광빛이 발생되고 광섬유에 의해 광 신호가 광 계측장비로 전달된다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

문진수

서울특별시 은평구 은평로13길 32 (녹번동)

유옥재

경상북도 경주시 외동읍 모화3리 393번지

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2010A4190008

부처명 교육과학기술부

연구사업명 기본연구지원사업

연구과제명 (1차)방사선 치료 시, 피부 및 선량보강 영역에서 실시간 고 분해능 선량측정을 위한 저양
형 섬광 광섬유를 포함한 팬텀 선량계의 개발

주관기관 건국대학교 산학협력단

연구기간 2010.05.01 ~ 2011.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

광섬유 팬텀선량계에 있어서,

광섬유 팬텀선량계의 센서부를 이루는 유기섬광체와;

상기 유기섬광체를 한쪽 끝단에 부착한 광섬유와;

센서와 센서 사이에 코팅되는 격막;

으로 구성되되,

다수개 배열된 상기 광섬유 팬텀선량계의 센서부의 유기섬광체에 방사선이 조사되면 섬광빛이 발생되고 광섬유에 의해 광 신호가 광 계측장비로 전달되며,

상기 유기섬광체는 팬텀 (phantom) 내 공기층에 의한 선량 (dose) 변화를 최소화하고, 팬텀의 구조적 배열을 용이하게 하기 위한 정방형 (square)의 형상이고,

상기 광섬유는

유기섬광체로부터 방출되는 가시광선 (visible ray) 영역의 빛을 전송시킬 수 있는 플라스틱 및 유리 광섬유로서 원통형 (cylinder)의 광섬유 또는 정방형 광섬유이며,

각 센서들에서 발생하는 간섭 신호를 최소화하기 위해서 검정색 PVC (Polyvinyl chloride) 필름 또는 TiO₂ (Titanium dioxide) 반사체를 격막으로 사용한 것을 특징으로 하는 광섬유 팬텀선량계.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

물과 등가인 물질로 구성된 광섬유 팬텀선량계 센서부와;

광 신호를 전송하기 위해 사용되는 광섬유와;

광 검출기와;

컴퓨터 디스플레이 장치;로 구성되되,

일정 범위의 에너지를 갖는 방사선이 광섬유 팬텀선량계에 조사되면 유기섬광체로부터 빛이 발생되고, 상기 발생된 빛은 광섬유를 통해 광 검출기로 전송되고, 상기 광 검출기는 광 신호를 전기신호로 변환시킨 뒤 미세한 전기신호 변화를 증폭시킴과 증폭된 출력신호는 컴퓨터로 디스플레이시키며,

상기 유기섬광체는 팬텀 (phantom) 내 공기층에 의한 선량 (dose) 변화를 최소화하고, 팬텀의 구조적 배열을 용이하게 하기 위한 정방형 (square)의 형상이고,

상기 광섬유는

유기섬광체로부터 방출되는 가시광선 (visible ray) 영역의 빛을 전송시킬 수 있는 플라스틱 및 유리 광섬유로서 원통형 (cylinder)의 광섬유 또는 정방형 광섬유이며,

상기 광 검출기는 상기 광섬유를 통해 전달되는 광신호를 측정할 수 있는 포토다이오드 (photodiode) 또는 아발

란치 포토다이오드 (Avalanche photodiode) 또는 광증배관 (photo-multiplier tube, PMT) 또는 위치민감형 광증배관 (position sensitive photo-multiplier tube, PS-PMT) 또는 전하결합소자 (charged couple device, CCD)이고,

각 센서들에서 발생하는 간섭 신호를 최소화하기 위해서 검정색 PVC (Polyvinyl chloride) 필름 또는 TiO₂ (Titanium dioxide) 반사체를 격막으로 사용한 것을 특징으로 하는 광섬유 팬텀선량계.

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

광섬유 팬텀선량계를 이용한 측정 방법에 있어서,

다수개 배열된 광섬유 팬텀선량계의 센서부의 유기섬광체에 방사선이 조사되는 단계와;

광섬유에 의해 광 신호가 광 검출기로 전송되는 단계와;

상기 광 검출기가 광 신호를 전기신호로 변환시키고, 미세한 전기신호 변화를 증폭시키는 단계와;

상기 증폭된 출력신호를 컴퓨터로 디스플레이시키는 단계;

로 이루어지되,

상기 다수개 배열된 광섬유 팬텀선량계의 센서부의 유기섬광체에 방사선이 조사되는 단계에서,

팬텀 (phantom) 내 공기층에 의한 선량 (dose) 변화를 최소화하고, 팬텀의 구조적 배열을 용이하게 하기 위한 정방형 (square)의 유기섬광체에 방사선이 조사되고,

상기 광섬유에 의해 광 신호가 광 검출기로 전송되는 단계에서,

상기 광섬유는 상기 유기섬광체로부터 방출되는 가시광선 (visible ray) 영역의 빛을 전송시킬 수 있는 플라스틱 및 유리 광섬유로서 원통형 (cylinder)의 광섬유 또는 정방형 광섬유이며,

상기 광 검출기가 광 신호를 전기신호로 변환시키고, 미세한 전기신호 변화를 증폭시키는 단계에서,

상기 광 검출기는 상기 광섬유를 통해 전달되는 광신호를 측정할 수 있는 포토다이오드 (photodiode) 또는 아발란치 포토다이오드 (Avalanche photodiode) 또는 광증배관 (photo-multiplier tube, PMT) 또는 위치민감형 광증배관 (position sensitive photo-multiplier tube, PS-PMT) 또는 전하결합소자 (charged couple device, CCD)이며,

상기 다수개 배열된 광섬유 팬텀선량계의 센서부의 유기섬광체에 방사선이 조사되는 단계에서,

각 센서들에서 발생하는 간섭 신호를 최소화하기 위해서 검정색 PVC (Polyvinyl chloride) 필름 또는 TiO₂ (Titanium dioxide) 반사체를 격막으로 사용한 것을 특징으로 하는 광섬유 팬텀선량계를 이용한 측정 방법.

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 광섬유 팬텀선량계 및 이를 이용한 측정 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 여러 개의 광섬유 선량계(fiber-optic dosimeter, FOD)를 배열하고, 각각의 광섬유 선량계에서 선량(dose)의 세기에 비례하여 발생하는 섬광(scintillation light)량을 전기신호로 변환시켜 상대깊이선량(relative depth dose)이나 등선량(isodose) 분포도를 한 번에 측정할 수 있도록 하는 광섬유 팬텀선량계 및 이를 이용한 측정 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로 방사선 치료를 위한 고 에너지 광자선(photon beam)은 표면선량이 낮고, 표면에서부터 최대선량 깊이까지 선량이 급격하게 증가하는 선량보강영역(build-up region)이 형성된다. 이러한 고 에너지 광자선 조사 시, 매질의 선량보강영역에서 흡수선량(absorbed dose)의 분포는 광자선의 조사야(field size)와 에너지에 따라 차이를 보이며 작은 깊이의 변화에도 매우 급격한 선량 변화를 나타내기 때문에 선량보강영역에서 흡수선량 분포를 정확하게 측정하기는 매우 어렵다.

[0003] 현재 방사선 흡수선량 측정에 가장 널리 사용되고 있는 이온전리함(ionization chamber)의 경우, 표면선량 및 선량보강영역에서의 선량을 정확히 측정하기에는 부피가 크므로 다차원 측정이 불가능하고, 온도 및 구성 물질에 따른 보정작업이 필요하다는 단점이 있다. 열형광 선량계(thermoluminescence, TLD)의 경우, 개인선량계로는 최적의 선량계이나 실시간 측정이 불가능하며, 사용 전 가열 냉각 처리가 필수적이라 많은 불편함이 따른다. Gafchromic EBT 필름은 2차원 측정이 가능하고 두께가 얇기 때문에 표면선량을 측정할 수 있으나, 필름의 특성상 에너지 및 방향 의존성이 크고 선질 특성이 나쁘며 실시간 측정이 불가능하다는 단점이 있다. 이에 따라 최근에는 유기섬광체(organic scintillator)와 광섬유(optical fiber)를 이용하여 원거리에서 실시간 선량 측정이 가능한 광섬유 선량계에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0004] 일반적으로 광섬유 선량계는 유기섬광체, 광섬유 그리고 광 검출기(light measuring device)로 구성된다. 유기섬광체는 부피가 매우 작아 높은 공간 분해능(spatial resolution)을 가지고, 물 또는 피부와 등가(water or tissue equivalence)인 성질을 가지므로 복잡한 보정작업을 필요로 하지 않으며, 선량율(dose rate)에 대하여 선형적 응답을 갖는다. 광섬유는 보통 플라스틱(plastic) 또는 유리 광섬유(glass optical fiber)를 사용하고, 이러한 광섬유는 방사선치료 환경에서 전자기파의 영향을 받지 않으며, 원거리에서 섬광신호 측정이 가능하다는 장점을 갖는다. 광 검출기로는 미약한 빛에도 감도가 우수한 광증배관(photo-multiplier tube, PMT), 빛에 대한 고속응답을 가지고 감도과장이 넓은 포토다이오드(photodiode), 광 신호를 축적할 수 있고 다채널 측정이 용이한 전하결합소자(charge coupled device, CCD) 등을 주로 사용한다.

[0005] 현재, 연구 및 개발되어 사용되는 광섬유 선량계의 경우, 일반적으로 거리에 따른 방사선의 표면선량만을 측정하고 있으며, 방사선 치료실 환경에서 상대깊이선량을 측정하고자 할 경우에는 물과 등가인 솔리드워터(solid water) 팬텀을 이용하여 원하는 깊이에서의 선량을 측정하고 있는 실정이다. 하지만 이러한 방법으로 상대깊이선량을 얻기 위해서는 한 번에 한 포인트씩 여러 번의 측정이 필요하므로 오차율이 커지고, 측정시간이 길어진다는 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은 광섬유 방사선량계의 특징을 이용하여 물과 등가인 정방형 (square) 광섬유 선량계를 다차원

으로 배열하여 한 번의 측정으로 상대깊이선량과 등선량을 측정할 수 있도록 하는 데 있다.

[0007] 본 발명의 목적은 여러 개의 광섬유 선량계를 다차원으로 배열함에 따라 한번의 측정만으로도 선량보강영역, 등선량 (isodose)분포를 측정할 수 있으며, 선량보강영역과 등선량을 동시에 측정하여, 3차원 선량분포도를 구현 가능한 팬텀 선량계를 제작하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명은 광섬유 팬텀선량계에 있어서, 광섬유 팬텀선량계의 센서부는 유기섬광체와, 상기 유기섬광체를 한쪽 끝단에 부착한 광섬유와, 센서와 센서 사이에 코팅되는 얇은 격막으로 구성되되, 다수개 배열된 상기 광섬유 팬텀선량계의 센서부의 유기섬광체에 방사선이 조사되면 섬광빛이 발생되고 광섬유에 의해 광 신호가 광 계측장비로 전달된다.

[0009] 상기 유기섬광체는 팬텀 (phantom) 내 공기층에 의한 선량 (dose) 변화를 최소화하고, 팬텀의 구조적 배열을 용이하게 하기 위한 정방형 (square)의 형상이다.

[0010] 상기 광섬유는 유기섬광체로부터 방출되는 가시광선 (visible ray) 영역의 빛을 전송시킬 수 있는 플라스틱 및 유리 광섬유로서 원통형 (cylinder)의 광섬유 또는 정방형 광섬유이다.

[0011] 상기 각 센서들에서 발생하는 간섭 신호를 최소화하기 위해서 검정색 PVC (Polyvinyl chloride)필름 또는 TiO₂ (Titanium dioxide)반사체를 격막으로 사용한 다.

[0012] 본 발명은 물과 등가인 물질로 구성된 광섬유 팬텀선량계 센서부와, 광 신호를 전송하기 위해 사용되는 광섬유와, 광 검출기와, 컴퓨터 디스플레이 장치;로 구성되되, 고에너지의 방사선이 광섬유 팬텀선량계에 조사되면 유기섬광체로부터 빛이 발생되고, 상기 발생된 빛은 광섬유를 통해 광 검출기로 전송되고, 상기 광 검출기는 광 신호를 전기신호로 변환시킨 뒤 미세한 전기신호 변화를 증폭시키며 증폭된 출력신호는 컴퓨터로 디스플레이시킨다.

[0013] 상기 유기섬광체는 팬텀 (phantom) 내 공기층에 의한 선량 (dose) 변화를 최소화하고, 팬텀의 구조적 배열을 용이하게 하기 위한 정방형 (square)의 형상이다.

[0014] 상기 광섬유는 유기섬광체로부터 방출되는 가시광선 (visible ray) 영역의 빛을 전송시킬 수 있는 플라스틱 및 유리 광섬유로서 원통형 (cylinder)의 광섬유 또는 정방형 광섬유이다.

[0015] 상기 광 검출기는 상기 광섬유를 통해 전달되는 광신호를 측정할 수 있는 포토다이오드 (photodiode) 또는 아발란치 포토다이오드 (Avalanche photodiode) 또는 광증배관 (photo-multiplier tube, PMT) 또는 위치민감형 광증배관 (position sensitive photo-multiplier tube, PS-PMT) 또는 전하결합소자 (charged couple device, CCD)이다.

[0016] 상기 각 센서들에서 발생하는 간섭 신호를 최소화하기 위해서 검정색 PVC (Polyvinyl chloride)필름 또는 TiO₂ (Titanium dioxide)반사체를 격막으로 사용한다.

[0017] 본 발명은 광섬유 팬텀선량계를 이용한 측정 방법에 있어서, 다수개 배열된 광섬유 팬텀선량계의 센서부의 유기섬광체에 방사선이 조사되는 단계와, 광섬유에 의해 광 신호가 광 검출기로 전송되는 단계와, 상기 광 검출기가 광 신호를 전기신호로 변환시키고, 미세한 전기신호 변화를 증폭시키는 단계와, 상기 증폭된 출력신호를 컴퓨터로 디스플레이시키는 단계로 이루어진다.

[0018] 상기 다수개 배열된 광섬유 팬텀선량계의 센서부의 유기섬광체에 방사선이 조사되는 단계에서, 팬텀 (phantom) 내 공기층에 의한 선량 (dose) 변화를 최소화하고, 팬텀의 구조적 배열을 용이하게 하기 위한 유기섬광체에 방사선이 조사된다.

[0019] 상기 광섬유에 의해 광 신호가 광 검출기로 전송되는 단계에서, 상기 광섬유는 상기 유기섬광체로부터 방출되는 가시광선 (visible ray) 영역의 빛을 전송시킬 수 있는 플라스틱 및 유리 광섬유로서 원통형 (cylinder)의 광섬유 또는 정방형 광섬유이다.

[0020] 상기 광 검출기가 광 신호를 전기신호로 변환시키고, 미세한 전기신호 변화를 증폭시키는 단계에서, 상기 광 검출기는 상기 광섬유를 통해 전달되는 광신호를 측정할 수 있는 포토다이오드 (photodiode) 또는 아발란치 포토다이오드 (Avalanche photodiode) 또는 광증배관 (photo-multiplier tube, PMT) 또는 위치민감형 광증배관

(position sensitive photo-multiplier tube, PS-PMT) 또는 전하결합소자 (charged couple device, CCD)이다.

[0021] 상기 다수개 배열된 광섬유 팬텀선량계의 센서부의 유기섬광체에 방사선이 조사되는 단계에서, 상기 각 센서들에서 발생하는 간섭 신호를 최소화하기 위해서 검색 PVC (Polyvinyl chloride) 필름 또는 TiO₂ (Titanium dioxide) 반사체를 격막으로 사용한다.

발명의 효과

[0022] 본 발명은 광섬유를 사용하므로 유연하고, 전자기파의 장애로부터 간섭을 받지 않으며 신호의 장거리 전달능력을 가지므로 원거리에서 온라인으로 선량을 다차원으로 측정할 수 있다는 장점을 가진다.

[0023] 본 발명에 따르면 여러 개의 광섬유 선량계를 다차원으로 배열함에 따라 한번의 측정만으로도 선량보강영역, 등선량 (isodose) 분포를 측정할 수 있으며, 선량보강영역과 등선량을 동시에 측정하여, 3차원 선량분포도를 구현 가능한 팬텀선량계로의 제작이 가능하다.

[0024] 본 발명에서 제안하는 광섬유 팬텀선량계는 기존의 광섬유 선량계가 가지는 모든 장점을 그대로 가지고 있을 뿐만 아니라, 정방형 광섬유 팬텀선량계 센서의 배열에 따라 상대깊이선량, 등선량 그리고 선량 분포도를 획득할 수 있다는 장점을 가져 의료용 방사선 치료장치를 이용한 시술 전, 선량을 빠르고 손쉽게 측정할 수 있다

[0025] 본 발명에 따르면 공기층에 의한 선량 변화를 최소화하고, 선량계의 각 센서 사이에는 TiO₂ 반사체 기반의 얇은 격막을 사용하여 빛의 신호간섭을 최소화할 수 있다.

[0026] 본 발명은 지속적인 연구를 통하여 개발될 광섬유 팬텀선량계는 보다 정확하고 경제적으로 치료용 방사선 계측에 사용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 정방형 유기섬광체, 정방형 광섬유 그리고 격막을 이용하여 제작한 1차원 광섬유 팬텀선량계 센서부의 구조를 보여주는 도면.

도 2는 2차원 광섬유 팬텀선량계 센서부의 구조를 보여주는 도면.

도 3은 광섬유 팬텀선량계 시스템을 이용한 사용 예를 보여주는 도면.

도 4a는 1차원 팬텀선량계 제작 시, 센서 사이의 발생하는 간섭 신호를 측정하기 위한 센서부 구성을 보여주는 도면.

도 4b는 간섭 신호 최소화 연구를 위해 센서 사이에 격막을 사용하여 제작한 센서부의 구성을 보여주는 도면.

도 4c는 1차원 광섬유 팬텀선량계를 이용한 실험 구성도를 보여주는 도면.

도 5는 도 4a의 각 센서에서 발생하는 광량을 측정한 결과를 보여주는 도면.

도 6a,b,c는 광자선 (photon beam)을 조사하였을 때 PVC 필름 또는 TiO₂ 반사체를 격막으로 사용한 경우, 그리고 격막이 없는 경우에서의 광량을 솔리드워터 팬텀 (solid water phantom)의 깊이에 따라 측정한 결과를 보여주는 도면.

도 7a,b는 선정된 격막을 이용하여 제작된 1차원 광섬유 팬텀선량계에 광자선을 조사하였을 때 에너지에 따른 상대깊이선량 측정결과를 보여주는 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 이하 본 발명의 실시를 위한 구체적인 내용을 도면을 참조하여 자세히 설명한다.

[0029] 본 발명에 따른 광섬유 팬텀선량계에서 선량을 측정하는 기본 원리는 방사선이 조사되면 방사선의 선량에 비례하여 광섬유 선량계의 유기섬광체에서 발생하는 섬광량을 광섬유를 통해 광 검출기로 전송시켜 전기신호로 변환하는 것이다.

[0030] 도1과 도2에서 보는 바와 같이 투명한 광학용 에폭시(optical epoxy)를 이용하여 정방형 유기섬광체(1)를 정방형 광섬유(2)의 한쪽 끝단에 부착하고, 센서와 센서 사이에는 얇은 격막(3)을 코팅한 뒤, 배열하여 광섬유 팬텀선량계의 센서부를 제작한다. 제작된 센서부의 정방형 유기섬광체(1)에 방사선이 조사되면 섬광빛이 발생되고

정방형 광섬유(2)에 의해 광 신호가 광 계측장비로 전달되게 된다.

- [0031] 여기에서 상기 광섬유는 유기섬광체로부터 방출되는 가시광선 (visible ray) 영역의 빛을 전송시킬 수 있는 플라스틱 및 유리 광섬유로서 정방형 광섬유 뿐만 아니라 원통형 (cylinder)의 광섬유도 사용할 수 있다.
- [0032] 본 발명에서는 정방형 광섬유 및 섬광체를 사용하여 배열함으로써 공기층에 의한 선량 변화를 최소화하고, 선량계의 각 센서 사이에는 TiO₂ 반사체 기반의 얇은 격막을 사용하여 빛의 신호간섭을 최소화하도록 구성하였다. 팬텀선량계를 구성하는 물질은 모두 물과 등가인 성질을 가지므로 선량 측정 시 별도의 보정작업을 필요로 하지 않는다.
- [0033] 도 3은 본 발명의 전체 구성도와 사용 예를 보여주며, 광섬유 팬텀선량계 시스템은 물과 등가인 물질로 구성된 광섬유 팬텀선량계 센서부, 광 신호를 전송하기 위해 사용되는 광섬유(4), 광 검출기(5) 및 컴퓨터 디스플레이 장치(6)로 구성된다.
- [0034] 여기에서 상기 광 검출기(5)는 상기 광섬유를 통해 전달되는 광신호를 측정할 수 있는 포토다이오드 (photodiode) 또는 아발란치 포토다이오드 (Avalanche photodiode) 또는 광증배관 (photo-multiplier tube, PMT) 또는 위치민감형 광증배관 (position sensitive photo-multiplier tube, PS-PMT) 또는 전하결합소자 (charged couple device, CCD)가 사용되는 것이 바람직하다.
- [0035] 도 3에서 보듯이 치료용 방사선 선형가속기(linear accelerator, LINAC)로부터 고에너지의 방사선이 광섬유 팬텀선량계에 조사되면 정방형 유기섬광체로부터 빛이 발생된다. 발생된 빛은 광섬유(4)를 통해 광 검출기(5)로 전송되고, 광 검출기는 광 신호를 전기신호로 변환시킨 뒤 미세한 전기신호 변화를 증폭시키며 증폭된 출력신호는 컴퓨터 디스플레이(6) 된다.
- [0036] 즉, 다차원 광섬유 팬텀선량계 시스템은 광섬유 팬텀선량계 센서부, 광 검출기(5) 및 컴퓨터 디스플레이 장치(5)로 간략히 구성된다.
- [0037] 또한 광섬유 팬텀선량계는 투명한 광학용 에폭시를 이용하여 정방형 유기섬광체를 광섬유의 한쪽 끝단에 부착하고, 센서와 센서 사이에는 얇은 격막을 코팅한 뒤, 배열함으로써 제작된다.
- [0038] 그리고 방사선에 의해 광섬유 팬텀선량계로부터 방출된 빛은 광섬유를 통해 광 검출기로 전송되고, 광 검출기는 광 신호를 전기신호로 변환시킨 뒤 미세한 전기신호 변화를 증폭시키며 증폭된 출력신호는 컴퓨터 디스플레이 된다.
- [0039] <실시예>
- [0040] 본 발명의 일실시예에 따른 광섬유 팬텀선량계는 치료용 광자선의 상대선량 계측을 위하여 PMMA (polymethyl methacrylate)팬텀 내에 광섬유 선량계들을 배열하여 9개의 광섬유 선량계로 구성된 1차원 팬텀선량계로 제작하였다.
- [0041] 또한 상대깊이선량 계측의 최적화를 위해 정방형 유기섬광체를 사용하여 팬텀선량계 내부의 공기층을 최소화한 1 mm의 직경을 가지는 소형 센서부를 제작하였고, 각 센서 사이의 신호 간섭 (cross-talk)을 줄이기 위해 격막을 사용하였다. 그리고, 선량보강 영역에서의 상대깊이선량을 측정하였고 이온전리함을 이용한 측정결과와 비교하였다.
- [0042] 여기에서는 실험을 위하여 유기섬광체의 형상과 재질을 제한하였지만, 상기 유기섬광체는 팬텀 (phantom) 내 공기층에 의한 선량 (dose) 변화를 최소화하고, 팬텀의 구조적 배열을 용이하게 하기 위한 정방형 (square)의 형상이면 된다.
- [0043] 구체적으로 실험 재료 및 방법을 살펴보면, 본 발명의 일실시예에 따른 팬텀선량계는 유기섬광체, 광섬유, 격막 그리고 PMMA 팬텀으로 구성된다.
- [0044] 상기 유기섬광체는 원자번호가 낮은 물질로 구성된 직경이 1 mm인 정방형 유기섬광체 (BCF-12, Saint-Gobain Ceramic & Plastics, Inc.)로 435 nm의 최대 방출 파장을 가지고, 3.2 nsec의 감쇠시간을 갖는다.
- [0045] 또한 1 MeV의 에너지를 갖는 하전입자에 대하여 약 8,000개의 광자를 방출한다. 이러한 유기섬광체들의 수명은 1.0 kGy로 보고 되고 있다.
- [0046] 상기 광섬유 (BCF-98, Saint-Gobain Ceramic & Plastics, Inc.)는 직경이 1 mm인 정방형 광섬유이다. 광섬유의 코어 (core)와 클래딩 (cladding)은 각각 폴리스틸렌 (Polystyren)과 아크릴 (Acrylic)로 이루어져 있으며,

굴절률은 각각 1.60, 1.49이다.

- [0047] 상기 광섬유 팬텀선량계로부터 발생된 빛의 신호를 광계측장비까지 전달하기 위해 사용된 광섬유 (SH-4001, Mitsubishi Inc.)는 직경이 1 mm이며 계단형 굴절율 (step-index)을 갖는 플라스틱 멀티모드 (multi-mode) 광섬유이다.
- [0048] 광섬유의 코어 (core)와 클래딩 (cladding)은 각각 PMMA와 불소 중합체 (fluorinated polymer)로 이루어져 있으며, 굴절율은 각각 1.492, 1.402이다.
- [0049] 광섬유의 개구수 (numerical aperture, NA)는 0.510이며, 감쇄율은 650nm 파장의 빛에서 약 0.20dB/m 이하이다.
- [0050] 광 검출기(5)로는 다채널 광신호 측정이 용이한 CCD (EO-5012c, IDS)를 사용하였다. 또한 광자선은 의료용 선형 가속기(CLINAC 2100C/D, Varian)에서 발생하는 6 내지 15 MV 에너지의 광자선을 이용하였다.
- [0051] 여기에서 상기 광섬유의 특성은 실험을 위해 한정하였지만, 유기섬광체로부터 방출되는 가시광선 (visible ray) 영역의 빛을 전송시킬 수 있는 플라스틱 및 유리 광섬유로서 일반적으로 사용되는 원통형 (cylinder)의 광섬유를 비롯하여 정방형 광섬유를 사용할 수 있고, 굴절율(refractive index), 모드 (mode), 개구수 (numerical aperture, NA) 등의 광학적 특성과 재질이 달라도 무방하다.
- [0052] 도 4a에서 보는 바와 같이, 간접 신호를 측정하기 위해서 유기섬광체(10)와 광섬유(20)로 구성된 제1센서(51)과 광섬유(20)만을 사용한 제2센서(52)를 포개어 놓고 광자선을 조사하여 두 센서에서 발생하는 신호를 측정하였다.
- [0053] 도 4b에서 보는 바와 같이, 각 센서들(51, 52)에서 발생하는 간접 신호를 최소화하기 위해서 검색 PVC (Polyvinyl chloride) 필름 또는 TiO₂ (Titanium dioxide) 반사체를 격막으로 사용하였고, 각각에 대하여 센서 사이의 신호 간섭을 비교 측정하였다.
- [0054] 도 4c에서 보는 바와 같이, 제작된 1차원 광섬유 팬텀선량계는 유기섬광체와 광섬유로 이루어진 9개의 센서를 신호 간섭 최소화 연구를 통해 선정된 격막과 함께 PMMA 팬텀 내에 1차원으로 배열하여 구성된다.
- [0055] 이 때 유기섬광체와 광섬유의 접합부는 여러 종류의 폴리싱패드를 이용하여 연마하였으며, 광학용 에폭시를 사용하여 결합하였다.
- [0056] 이하 본 발명의 일실시예에 따른 광섬유 팬텀선량계의 실험 결과를 도면을 참조하여 자세히 살펴본다.
- [0057] 도 5에서 보는 바와 같이, 본 실험에서는 센서 사이의 신호 간섭 유무를 측정하기 위해서 섬광체에서 발생하는 섬광량을 측정하였고, 섬광체의 섬광빛에 의해 광섬유에서 발생하는 간접 신호를 측정하였다. 또한 광자선이 조사되었을 때 광섬유 자체에서 발생하는 체렌코프(Cerenkov) 광량을 측정하여 각각의 측정결과에서 감법을 이용해 제거하였다. 일반적으로 체렌코프 광량은 하전입자가 어떠한 매질 속에서 빛보다 빠른 속도로 움직일 때 발생하는 빛으로 광섬유 선량계에서 발생하는 섬광량을 계측하는데 방해 요소로 작용하게 된다. 섬광체와 광섬유로 구성된 제1센서(도4a)에서 발생하는 섬광량을 1이라고 할 때, 제2센서에서 0.25의 광량이 측정되었다. 그리고 광자선에 의해 광섬유자체에서 발생하는 체렌코프 광량은 0.04로 측정되었다. 제2센서에서 발생된 광량(0.25)에서 체렌코프 광량(0.04)을 제외하면 섬광체에 의해 발생하는 간접 신호를 측정할 수 있으며, 계산 결과는 0.21이다.
- [0058] 도 6a의 결과를 통하여 격막을 사용하지 않은 센서부에서 발생하는 광량이 가장 큰 것을 확인 할 수 있으며, PVC 필름을 사용한 센서부에서 가장 적은 것을 확인할 수 있다. 이는 격막이 없는 센서부에서 간섭이 가장 크고, PVC 필름을 격막으로 사용했을 경우 간섭이 가장 적은 것을 의미한다.
- [0059] 도 6b는 도 6a의 결과를 격막에 따른 피부 및 선량 보강영역에서의 상대깊이선량으로 표현한 결과이다. 상대깊이선량은 선속 중심축 상 기준 깊이인 최대흡수선량 깊이에서 흡수되는 선량과 상대선량을 계측 한 깊이에서의 흡수선량의 비로 나타낸다. 결과를 살펴보면 피부영역 (0 mm)에서 격막으로 PVC 필름을 사용했을 때 상대선량이 가장 낮게 측정 되는 것을 확인할 수 있다. 일반적으로 광자선의 경우, 선량보강영역에서의 상대선량은 피부영역에서 가장 작은 값을 가지고 최대선량지점까지 급격히 증가하게 된다.
- [0060] 그러므로 간섭이 적을수록 피부선량값은 더욱 작은 값을 갖게 된다. 또한 PVC 필름을 사용한 결과가 선량보강영역에서 가장 큰 기울기를 가지는데 이것 역시 간섭이 가장 적은 것을 의미한다. 본 실험을 통하여 팬텀선량계의 격막은 PVC 필름으로 선정하였다.

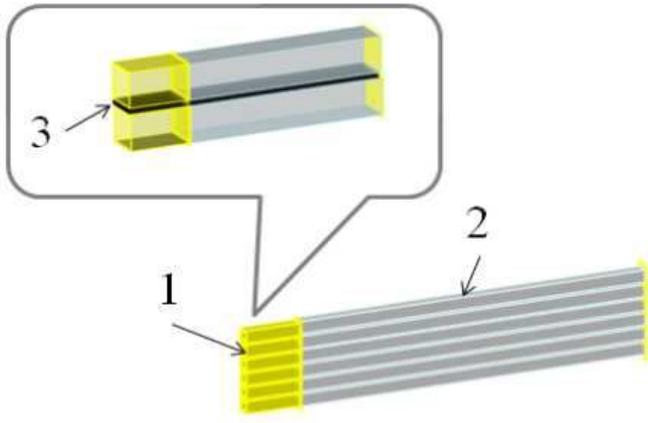
- [0061] 도7a,b에서 보는 바와 같이, 본 실험에서 광자선의 에너지는 6 MV 내지 15 MV이다.
- [0062] 도 7a는 깊이 15 mm에서 최대선량 깊이를 가지는 6 MV 광자선을 이용하여 PMMA 팬텀을 10 mm 간격으로 증가시키면서 측정된 결과이다. 9개의 센서를 가지는 1차원 광섬유 팬텀선량계를 이용하여 6 MV 광자선의 상대깊이선량을 측정된 결과, 최대선량 깊이인 15 mm에서 최대값을 가지는 것을 확인할 수 있으며, 이온전리함의 결과와 거의 유사한 추세를 갖는 것을 확인할 수 있다.
- [0063] 팬텀선량계를 사용하여 측정한 상대깊이선량은 이온전리함을 사용하여 5 mm 간격으로 측정된 값과 약 2.07%의 차이를 보였다.
- [0064] 도 7b는 15 MV 광자선에 대한 팬텀선량계의 상대깊이선량 측정결과를 보여주고 있다. 15 MV 광자선의 최대선량 깊이인 30 mm 부근에서 최대값을 갖는 것을 확인할 수 있으며 이온전리함의 측정결과로 약 0.95%의 차이를 보였다.
- [0065] 방사선 치료를 위한 고 에너지 광자선은 표면선량이 낮고, 피부표면에서부터 최대선량 깊이까지 선량이 급격하게 증가하는 선량 보강 영역을 형성시키므로 신중한 치료 계획이 필요하다.
- [0066] 그러므로 본 발명에서는 정방형 유기 섬광체를 사용하여 센서 사이에 존재하는 공기층을 최소화하여 공기에 의한 선량변화가 적은 고 분해능의 1차원 광섬유 팬텀선량계를 제작하였다.
- [0067] 이러한 팬텀선량계를 이용하여 6, 15 MV 광자선의 선량보강 영역에서 측정된 상대깊이선량은 이온 전리함의 측정결과와 같이 각각의 최대선량 깊이에서 최대값을 갖는 것을 확인하였다.
- [0068] 이온전리함의 경우, 0 ~ 10 mm 구간은 이온전리함의 부피로 인해 측정할 수 없었고, 10 mm 이후의 구간에서는 1차원 광섬유 팬텀선량계의 상대깊이선량 측정결과와 이온전리함의 결과가 거의 일치 하는 것을 확인하였다.
- [0069] 이하 본 발명의 일실시예에 따른 광섬유 팬텀선량계를 이용한 측정 방법에 대하여 자세히 설명한다.
- [0070] 먼저, 다수개 배열된 광섬유 팬텀선량계의 센서부의 유기섬광체에 방사선이 조사된다.
- [0071] 여기에서 팬텀 (phantom) 내 공기층에 의한 선량 (dose) 변화를 최소화하고, 팬텀의 구조적 배열을 용이하게 하기 위한 유기섬광체에 방사선이 조사된다.
- [0072] 그리고 광섬유에 의해 광 신호가 광 검출기로 전송된다.
- [0073] 또한 상기 다수개 배열된 광섬유 팬텀선량계의 센서부의 유기섬광체에 방사선이 조사되는 단계에서, 상기 각 센서들에서 발생하는 간섭 신호를 최소화하기 위해서 검정색 PVC (Polyvinyl chloride)필름 또는 TiO₂ (Titanium dioxide)반사체를 격막으로 사용한다.
- [0074] 여기에서 상기 광섬유는 상기 유기섬광체로부터 방출되는 가시광선 (visible ray) 영역의 빛을 전송시킬 수 있는 플라스틱 및 유리 광섬유로서 원통형 (cylinder)의 광섬유 또는 정방형 광섬유이다.
- [0075] 계속하여 상기 광 검출기가 광 신호를 전기신호로 변환시키고, 미세한 전기신호 변화를 증폭시킨다.
- [0076] 여기에서 상기 광 검출기는 상기 광섬유를 통해 전달되는 광신호를 측정할 수 있는 포토다이오드 (photodiode) 또는 아발란치 포토다이오드 (Avalanche photodiode) 또는 광증배관 (photo-multiplier tube, PMT) 또는 위치 민감형 광증배관 (position sensitive photo-multiplier tube, PS-PMT) 또는 전하결합소자 (charged couple device, CCD)이다.
- [0077] 그리고 상기 증폭된 출력신호를 컴퓨터로 디스플레이시킨다.

부호의 설명

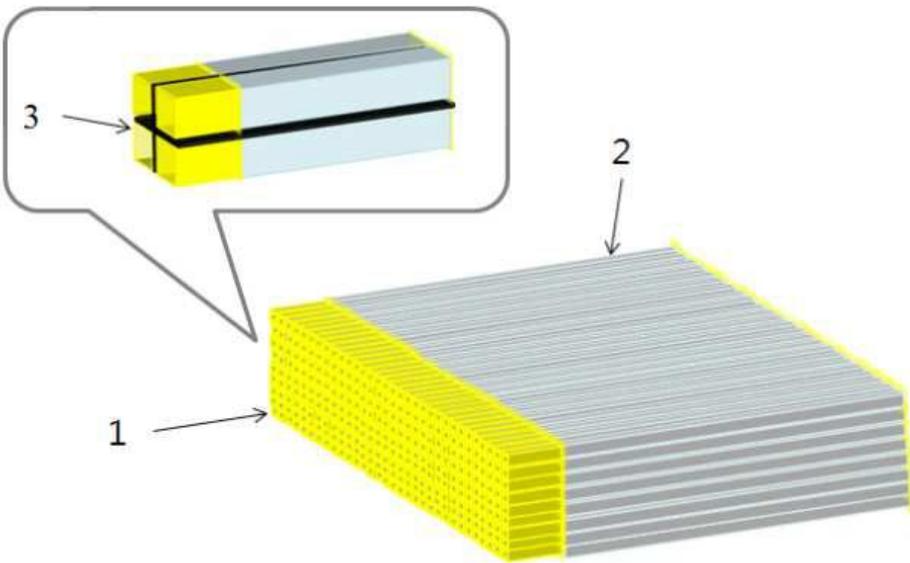
- [0078] 1 : 정방형 유기섬광체 2 : 정방형 광섬유
- 3 : 얇은 격막 4 : 광섬유
- 5 : 광 검출기 6 : 디스플레이 장치
- 51 : 제1센서 52 : 제2센서

도면

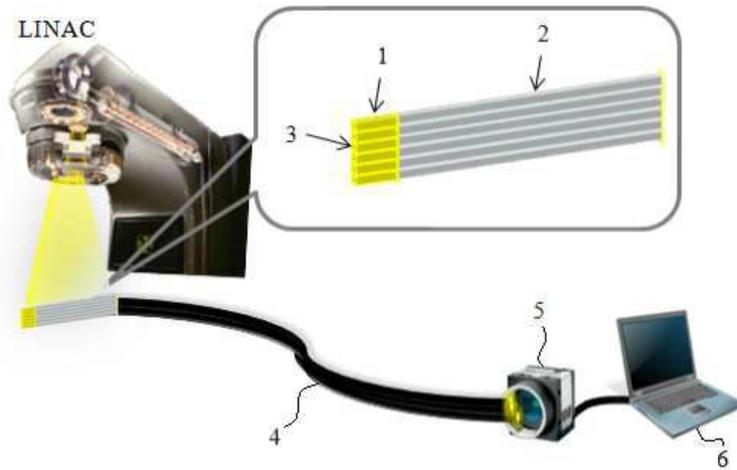
도면1



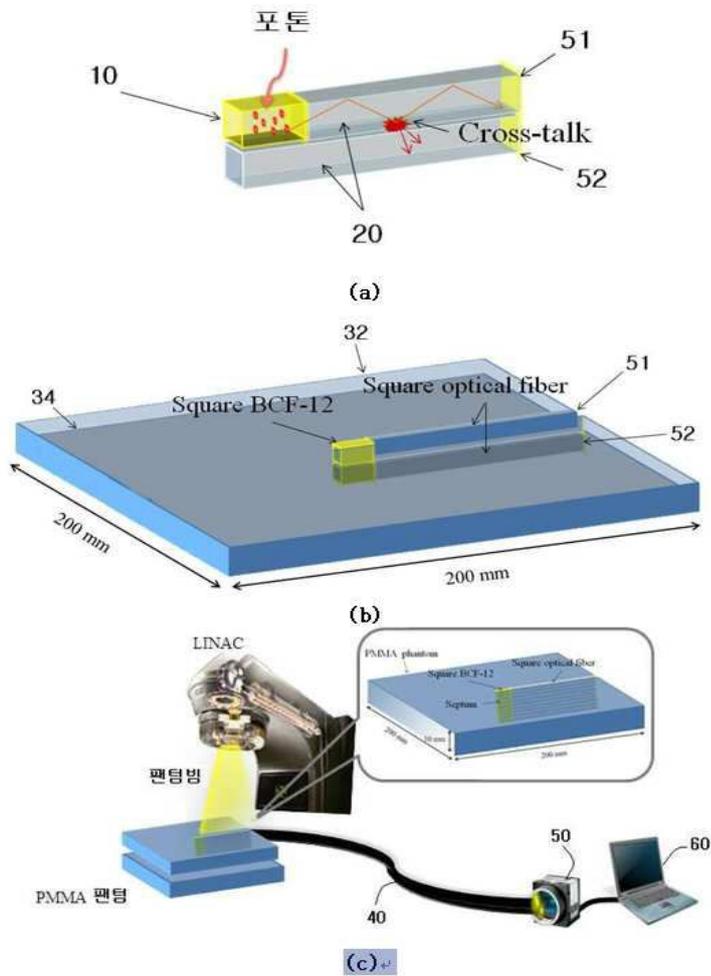
도면2



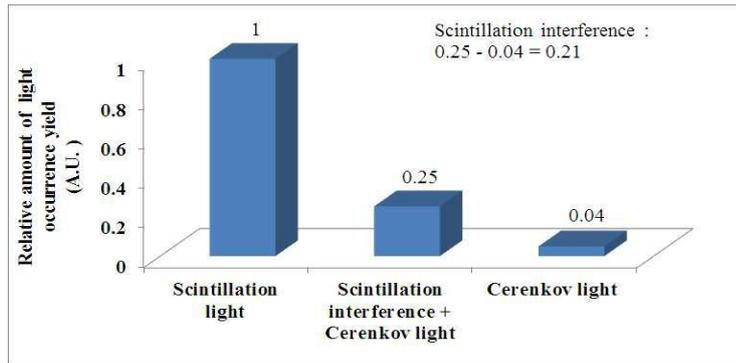
도면3



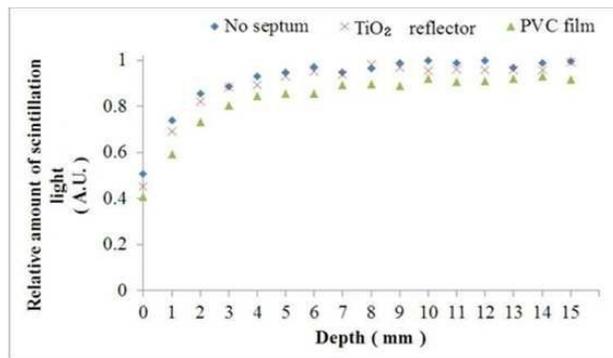
도면4



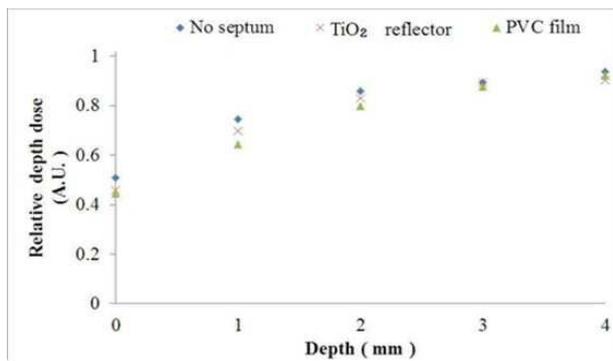
도면5



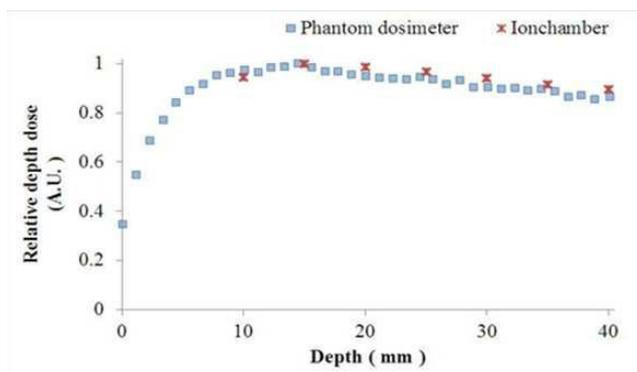
도면6a



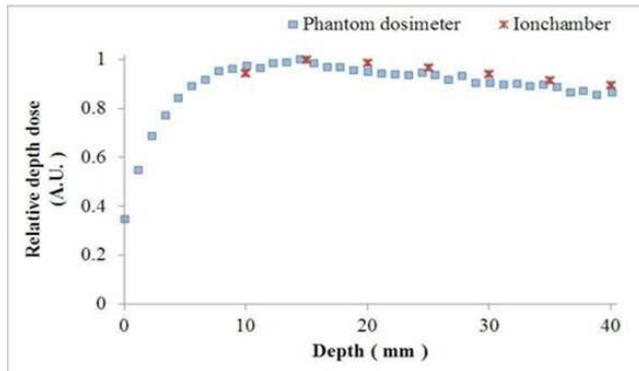
도면6b



도면7a



도면7b



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 10의 27번째줄

【변경전】

상기 각 센서들

【변경후】

각 센서들

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 5의 20번째줄

【변경전】

상기 각 센서들

【변경후】

각 센서들