



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2014년10월30일  
 (11) 등록번호 10-1444218  
 (24) 등록일자 2014년09월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 G01T 1/20 (2006.01) A61B 6/00 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2013-0047936  
 (22) 출원일자 2013년04월30일  
 심사청구일자 2013년04월30일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR1019940000857 A  
 KR1020120077836 A

(73) 특허권자  
 건국대학교 산학협력단  
 서울특별시 광진구 능동로 120, 건국대학교내 (화양동)  
 (72) 발명자  
 이봉수  
 서울특별시 서초구 서래로10길 26 라인아파트 101-303  
 유옥재  
 충청북도 충주시 충원대로 268 건국대학교 글로벌 캠퍼스  
 신상훈  
 서울특별시 양천구 목동서로 38 목동1단지아파트 110-408  
 (74) 대리인  
 한양특허법인

전체 청구항 수 : 총 16 항

심사관 : 이현길

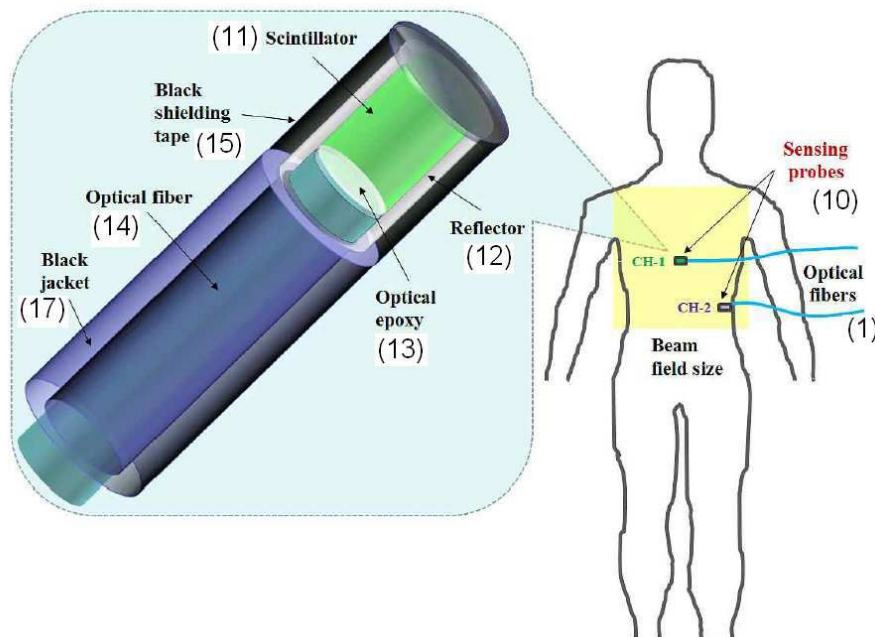
(54) 발명의 명칭 **진단방사선 영역에서 실시간 입사표면선량의 측정을 위한 광섬유 방사선량계 및 이를 이용한 수정된 직접 선량측정법**

**(57) 요약**

본 발명은 방사선 측정에 관한 것으로서, 정확한 선량(dose) 측정이 가능한 직접측정법(direct measurement)과 방사선 영상에 영향을 주지 않는 간접 측정법(indirect measurement)의 장점을 조합하여 본 발명에서 제시하는 수정된 직접 선량측정법(modified direct dosimetry)을 이용하는 광섬유 방사선량계(fiber-optic dosimeter)에

(뒷면에 계속)

**대표도** - 도1



관한 것이다.

더욱 상세하게는 진단방사선(diagnostic radiology) 영역에서 사용되는 X-선의 빔 조사야(beam field size) 중심(center)에서의 입사표면선량(entrance surface dose, ESD)을 방사선 영상 및 진단검사에 영향을 주지 않고 그 값을 획득하기 위해 조사야의 가장자리(edge)에서 측정되는 흡수선량(absorbed dose)의 세기에 비례하여 발생하는 실시간 섬광 신호(scintillating light signal)를 ESD 값으로 변환시킬 수 있는 광섬유방사선량계 및 이를 이용하는 수정된 직접 선량측정법에 관한 것이다.

본 발명은 섬광체와 광섬유 사이의 접속부에서 프레넬 반사(Fresnel's reflection)에 의한 광 손실을 줄이기 위하여 도포하는 굴절률 정합 오일(indexmatching oil) 또는 광학 에폭시; 섬광체의 외부에 도포하여 섬광체 내부에서 X-선과의 상호작용에 의해 발생된 섬광빛이 외부로의 손실 없이 광 계측장비로 전송되도록 하는  $iO_2$  기반의 반사체(reflector) 또는 테플론(Teflon) 재질의 반사테이프; 외부 가시광의 간섭을 최소화시키기 위해 감지프로브의 외부를 감싸는 광 차폐 테이프(black shielding tape);를 포함하여 구성된다.

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

섬광체와 광섬유 사이의 접속부에서 프레넬 반사(Fresnel's reflection)에 의한 광 손실을 줄이기 위하여 도포되는 굴절률 정합 오일(indexmatching oil) 또는 광학 에폭시;

섬광체의 외부에 도포되어, 섬광체 내부에서 X-선과의 상호작용에 의해 발생된 섬광빛이 외부로의 손실 없이 광 계측장비로 전송되도록 하는 TiO<sub>2</sub> 기반의 반사체(reflector) 또는 테플론(Teflon) 재질의 반사테이프;

섬광체의 외부에 도포되어, 섬광체 내부에서 X-선과의 상호작용에 의해 발생된 섬광빛이 외부로의 손실 없이 광 계측장비로 전송되도록 하는 광섬유 필터; 및

상기 TiO<sub>2</sub> 기반의 반사체(reflector) 또는 테플론(Teflon) 재질의 반사테이프 및 상기 광섬유 필터의 외부를 감싸 외부 가시광의 간섭을 최소화하는 광 차폐 테이프(black shielding tape);

를 포함하여 구성되는 감지프로브를 구비하여,

상기 감지프로브를 인체 모형 팬텀 위의 중심과 가장 자리 2군데에 위치시켜, 중심에 위치하는 감지프로브(CH1)를 통해 ESD 값에 해당하는 섬광 신호와 가장 자리에 위치하는 감지프로브(CH2)를 통해 가장자리에서의 흡수 선량값에 해당하는 섬광 신호를 동시에 측정하는 다음, 수정된 직접 선량측정법을 적용한 ESD 변환 프로그램을 통해 가장자리에 위치하는 감지프로브(CH2)로부터 전송된 섬광 신호를 중심에서의 ESD 값으로 변환하는 진단방사선 영역에서 실시간 입사표면선량의 측정을 위한 광섬유 방사선량계 .

**청구항 2**

제1항에 있어서,

방사선이 부딪침으로써 섬광을 발하는 섬광체(scintillator); 및

상기 광섬유 필터를 감싸는 검은색 재킷(black jacket);

을 더 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 진단방사선 영역에서 실시간 입사표면선량의 측정을 위한 광섬유 방사선량계 .

**청구항 3**

제1항에 있어서,

다수개의 상기 감지프로브를 사용하여 다채널 측정이 가능한 광 계측장비를 통해 변환된 전기신호를 증폭시키고 그 신호를 수집하기 위한 신호처리장치, 증폭시스템(amplifier system), 디스플레이, 및 저장을 하기 위한 컴퓨터 장치를 더 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 진단방사선 영역에서 실시간 입사표면선량의 측정을 위한 광섬유 방사선량계 .

**청구항 4**

제3항에 있어서,

X-선 빔의 조사 시 상기 감지프로브에서 발생된 섬광 신호는 광섬유를 통해 광 계측장비로 전송되고, 전기 신호로 변환 및 증폭되는 것을 특징으로 하는 진단방사선 영역에서 실시간 입사표면선량의 측정을 위한 광섬유 방사선량계 .

**청구항 5**

제4항에 있어서,

상기 최종 증폭된 전기신호는 신호수집장치(data acquisition board)로 전송된 후, 상기 컴퓨터 장치를 통해 디스플레이 및 저장되는 것을 특징으로 하는 진단방사선 영역에서 실시간 입사표면선량의 측정을 위한 광섬유 방사선량계 .

**청구항 6**

삭제

**청구항 7**

제4항에 있어서,

2군데에서 동시에 여러 번 측정된 상기 섬광 신호 및 기준 선량계(reference dosimeter)로 측정된 선량값에 관한 정보를 획득하는 것을 특징으로 하는 진단방사선 영역에서 실시간 입사표면선량의 측정을 위한 광섬유 방사선량계 .

**청구항 8**

삭제

**청구항 9**

제1항에 있어서,

진단실 내의 방사선 진단기기에 위치한 환자의 촬영부위 가장자리에 상기 감지프로브를 부착하고, X-선 빔의 조사 시 상기 감지프로브에서 발생한 가장자리에서의 흡수선량에 해당하는 섬광 신호는 광섬유를 통해 광 계측 시스템으로 전송되며 상기 섬광 신호는 ESD 값으로 최종 변환되어 디스플레이 및 저장되는 것을 특징으로 하는 진단방사선 영역에서 실시간 입사표면선량의 측정을 위한 광섬유 방사선량계 .

**청구항 10**

제1항에 있어서,

광 신호 전송용 상기 광섬유로는 섬광체에서 방출되는 가시광선 영역의 빛을 전송시킬 수 있는 플라스틱 및 유리 광섬유를 사용하는 것을 특징으로 하는 진단방사선 영역에서 실시간 입사표면선량의 측정을 위한 광섬유 방사선량계 .

**청구항 11**

제1항에 있어서,

상기 광 계측장비는 다채널 동시측정이 가능한 광증배관(photomultiplier tube, PMT)인 다중 애노드 광증배관(multi-anode PMT, MA-PMT), 위치 민감형 광증배관(position-sensitive PMT, PS-PMT) 포토다이오드 어레이(photodiode array), 아발란치 포토다이오드(Avalanche photodiode), 실리콘 광전자증배소자(silicon photomultiplier, SiPM), 또는 전하결합소자(charge coupled device, CCD)로 이루어진 것을 특징으로 하는 진단방사선 영역에서 실시간 입사표면선량의 측정을 위한 광섬유 방사선량계.

**청구항 12**

섬광체와 광섬유 사이의 접속부에서 프레넬 반사(Fresnel's reflection)에 의한 광 손실을 줄이기 위하여 굴절률 정합 오일(indexmatching oil) 또는 광학 에폭시를 도포하는 단계;

섬광체의 외부에 TiO<sub>2</sub> 기반의 반사체(reflector) 또는 테플론(Teflon) 재질의 반사테이프를 도포하여 섬광체 내부에서 X-선과의 상호작용에 의해 발생된 섬광빛이 외부로의 손실 없이 광 계측장비로 전송되도록 하는 단계;

광섬유 필터를 섬광체의 외부에 도포하여 섬광체 내부에서 X-선과의 상호작용에 의해 발생된 섬광빛이 외부로의 손실 없이 광 계측장비로 전송되도록 하는 단계; 및

상기 TiO<sub>2</sub> 기반의 반사체(reflector) 또는 테플론(Teflon) 재질의 반사테이프 및 상기 광섬유 필터의 외부에 광 차폐 테이프(black shielding tape)를 감싸 외부 가시광의 간섭을 최소화하는 단계;를 통해 구성되는 감지프로브를 구비하여,

상기 감지프로브를 인체 모형 팬텀 위의 중심과 가장 자리 2군데에 위치시키는 단계;

중심에 위치하는 감지프로브(CH1)를 통해 ESD 값에 해당하는 섬광 신호와 가장 자리에 위치하는 감지프로브

(CH2)를 통해 가장자리에서의 흡수선량값에 해당하는 섬광 신호를 동시에 측정하는 단계; 및

수정된 직접 선량측정법을 적용한 ESD 변환 프로그램을 통해 가장자리에 위치하는 상기 감지프로브(CH1)로부터 전송된 섬광 신호를 중심에서의 ESD 값으로 변환시키는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 진단방사선 영역에서 실시간 입사표면선량의 측정을 위한 광섬유 방사선량계를 이용한 수정된 직접 선량측정법.

**청구항 13**

제12항에 있어서,

섬광체를 통해 방사선이 부딪침으로써 섬광을 발하는 단계;

를 더 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 진단방사선 영역에서 실시간 입사표면선량의 측정을 위한 광섬유 방사선량계를 이용한 수정된 직접 선량측정법.

**청구항 14**

제12항에 있어서,

다수개의 상기 감지프로브를 사용하여 다채널 측정이 가능한 광 계측장비를 통해 변환된 전기신호를 증폭시키고 그 신호를 수집하기 위한 신호처리장치, 증폭시스템(amplifier system), 디스플레이 및 저장하는 단계를 더 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 진단방사선 영역에서 실시간 입사표면선량의 측정을 위한 광섬유 방사선량계를 이용한 수정된 직접 선량측정법.

**청구항 15**

제14항에 있어서,

X-선 빔의 조사 시 상기 감지프로브에서 발생된 섬광 신호는 광섬유를 통해 광 계측장비로 전송되는 단계;

상기 전송 신호는 전기 신호로 변환 및 증폭되는 단계;

를 더 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 진단방사선 영역에서 실시간 입사표면선량의 측정을 위한 광섬유 방사선량계를 이용한 수정된 직접 선량측정법.

**청구항 16**

제15항에 있어서,

상기 최종 증폭된 전기신호는 신호수집장치(data acquisition board)로 전송되는 단계;

컴퓨터 장치를 통해 디스플레이 및 저장되는 단계;

를 더 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 진단방사선 영역에서 실시간 입사표면선량의 측정을 위한 광섬유 방사선량계를 이용한 수정된 직접 선량측정법.

**청구항 17**

삭제

**청구항 18**

제15항에 있어서,

2군데에서 동시에 여러 번 측정한 상기 섬광 신호 및 기준 선량계(reference dosimeter)로 측정한 선량값에 관한 정보를 획득하는 단계;

를 더 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 진단방사선 영역에서 실시간 입사표면선량의 측정을 위한 광섬유 방사선량계를 이용한 수정된 직접 선량측정법.

**청구항 19**

삭제

**청구항 20**

제12항에 있어서,

진단실 내의 방사선 진단기기에 위치한 환자의 촬영부위 가장 자리에 상기 감지프로브를 부착하는 단계;

X-선 빔의 조사 시 상기 감지프로브에서 발생한 가장자리에서의 흡수선량에 해당하는 섬광 신호는 광섬유를 통해 광 계측 시스템으로 전송되는 단계;

상기 섬광 신호는 ESD 값으로 최종 변환되어 디스플레이 및 저장되는 단계;

를 더 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 진단방사선 영역에서 실시간 입사표면선량의 측정을 위한 광섬유 방사선량계를 이용한 수정된 직접 선량측정법. .

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 방사선 측정에 관한 것으로서, 정확한 선량(dose) 측정이 가능한 직접측정법(direct measurement)과 방사선 영상에 영향을 주지 않는 간접 측정법(indirect measurement)의 장점을 조합하여 본 발명에서 제시하는 수정된 직접 선량측정법(modified direct dosimetry)을 이용하는 광섬유 방사선량계(fiber-optic dosimeter)에 관한 것이다.

[0002] 더욱 상세하게는 진단방사선(diagnostic radiology) 영역에서 사용되는 X-선의 빔 조사야(beam field size) 중심(center)에서의 입사표면선량(entrance surface dose, ESD)을 방사선 영상 및 진단검사에 영향을 주지 않고 그 값을 획득하기 위해 조사야의 가장자리(edge)에서 측정되는 흡수선량(absorbed dose)의 세기에 비례하여 발생하는 실시간 섬광 신호(scintillating light signal)를 ESD 값으로 변환시킬 수 있는 광섬유방사선량계 및 이를 이용하는 수정된 직접 선량측정법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0003] 국제방사선방어위원회(international commission on radiological protection, ICRP)와 국제원자력기구(international atomic energy agency, IAEA) 등에서는 진단방사선 검사 시 의료피폭을 감소시키기 위해 검사의 종류에 따라 환자가 받는 선량의 지침준위(guidance level)를 마련하였고, 진단참고준위(diagnostic reference level, DRL)의 확립 및 적용을 각국에 권고하고 있다. 이에 따라 우리나라에서도 국내의 실정에 맞게 진단방사선 분야에서의 DRL을 설정하기 위하여 환자선량 평가 관련 연구를 수행하고 있다[1-3]. 현재 흉부 X-선 촬영을 비롯한 대부분의 진단방사선 분야에서 환자의 흡수선량을 결정하기 위해 기준이 되는 ESD의 준위가 설정되었거나, 설정을 위한 관련 연구가 진행 중이지만, 방사선 영상촬영시스템의 보조의료기기로서 환자의 실시간 선량정보를 정확하게 측정할 수 있는 방사선량계(dosimeter)의 개발에 관한 연구는 미미한 상태이다. 또한 식약청에서 환자의

[0004] 방사선량 저감화를 위한 가이드라인으로 국내 권고량을 ICRP에서 권고하는 DRL에 비하여 비슷하거나 낮은 수준으로 결정하였음에도 불구하고, 환자의 체형이나 상태, 촬영부위에 따라 최적의 조사선량을 적용하기 보다는 방사선 영상의 농도와 업무의 편의성에 따라 조사 조건이 설정되고 있는 상황이다. 이에 따라 확립된 DRL을 적용하고, 환자의 불필요한 피폭을 최소화하기 위하여 다양한 방사선 진단기기의 관전압(tube voltage, [kVp]), 관전류-시간곱(current-time product, [mAs]), 선원표면간거리(source-surface distance, SSD, [cm]), 조사야(field size, [cm<sup>2</sup>]) 등과 같은 조사조건(exposure parameter)에 따른 선량의 변화와 선량 분포의 실시간 측정이 가능한 초소형 방사선량계의 개발이 필요한 실정이다.

[0005] 진단방사선 영역에서 X-선의 조사에 따라 환자가 받는 ESD를 측정하기 위한 방법으로는 계산법(calculation method), 간접 측정법(indirect measurement), 직접 측정법(direct measurement)이 있다.

[0006] 먼저 계산법에서는 NDD-M(non dosimeter dosimetrymodify)법이 최초로 시도된 ESD 계산법으로 X-선 촬영 시스

템의 하드웨어 스펙을 이용하여 간단하게 ESD를 획득할 수 있다는 장점을 가지지만, 정확한 ESD 측정을 위해서는 X-선관(X-ray tube)과 제너레이터(generator)를 비롯한 X-선 발생장치의 엄격한 하드웨어 관리가 필요하다. 이에 따라 국내의 연구팀에서 정확한 ESD값을 추정할 수 있는 새로운 계산식에 대한 연구가 계속 진행되고 있는 상황이다.

- [0007] 두 번째로 간접 측정법에서는 선량면적곱(dose area product, DAP)을 측정하는 DAP 미터가 대표적으로 사용되는 선량계로서 영상에 흔적을 남기지 않고, X-선 촬영과정을 방해하지 않으면서 선량을 측정할 수 있는 효과적인 장비이다.
- [0008] 하지만 DAP 미터를 이용한 간접측정법에는 수식을 통해 DAP값( $mGy \cdot cm^2$ )을 ESD값( $mGy$ )으로 변경할 때 정확한 조사야의 크기와 후방산란계수(backscatter factor, BSF)가 필요하다는 단점을 가진다. 또한 선원과 환자와의 거리가 바뀔 때 따라 변화된 ESD 값의 계측이 불가능하다.
- [0009] 마지막으로 직접 측정법의 경우, 가장 흔히 사용되는 ESD 측정방법으로 열형광선량계(thermoluminescence dosimeter, TLD), 유리선량계(glass dosimeter), 이온전리함(ionization chamber) 및 반도체선량계(semiconductor detector) 등을 이용한다.
- [0010] 하지만 TLD나 유리선량계의 경우, 측정 후 전용 장비를 이용한 판독과정을 필요로 하므로 선량을 실시간으로 측정할 수 없고 판독시간이 오래 걸리는 단점이 있으며, 이온전리함은 감지부의 부피가 크고, 주변온도와 습도 및 압력에 민감하여 보정과정이 반드시 필요하다. 반도체선량계의 경우에는 원자번호가 높은 물질로 구성되기 때문에 진단영역에서 사용되는 저에너지 X-선 빔의 조사 시 광전효과(photoelectric effect)에 따른 과다응답(over-response)을 보이고, 누설전류가 커서 잡음이 크다는 단점이 있다.
- [0011] 앞서 설명한 선량계 및 측정방법의 단점을 보완하기 위해서는 환자의 불필요한 피폭을 방지하고, 방사선 종사자의 안전을 위하여 환자에게 전달된 선량을 진단실(examination room)이 아닌 원거리에 위치한 제어실(control room)에서 실시간으로 신속, 정확하게 측정할 수 있어야 한다. 따라서 제조비용이 저렴하고 측정결과가 주변 환경의 온도, 습도, 압력 및 전자기파 등에 쉽게 영향을 받지 않으며, 직접 측정법과 간접 측정법의 장점을 조합한 새로운 방식의 수정된 직접 선량측정법을 이용한 패치형(patch type) 광섬유 방사선량계를 발명하였다. 본 발명을 통해 개발한 광섬유 방사선량계와 수정된 직접 선량측정법을 이용하면, 진단영상에 영향을 미치지 않는 검사부위의 가장자리에 패치형으로 부착시킨 광섬유 방사선량계로 측정된 흡수선량의 실측값을 통해 중심부위의 ESD 값을 획득할 수 있다.

**선행기술문헌**

**비특허문헌**

- [0012] (비특허문헌 0001) [문헌1] IAEA, “International basic safety standards for protection against ionizing radiation and the safety of radiation source”, IAEA Safety Series No. 115, 1996.
- (비특허문헌 0002) [문헌2] ICRP, “Radiological protection and safety in medicine”, ICRP Publication No. 73, 1997.
- (비특허문헌 0003) [문헌3] 보건복지부, 식약청, “환자선량 측정 가이드라인, 방사선 안전관리 시리즈 No. 14, 2007.
- (비특허문헌 0004) [문헌4] 조광호, 강영한, 김부순, “디지털 방사선의학에서의 조사선량 설정과 인지에 대한 실태”, 방사선기술과학, Vol. 31, No. 2, pp. 177-182, 2008.
- (비특허문헌 0005) [문헌5] 김유현, 최중학, 김성수, 오유환, 이창엽, 조평근, 강대현, 이영배, 김형철, 김철민, “진단방사선검사에서 환자피폭선량에 관한 연구”, 방사선기술과학, Vol. 28, No. 3, pp. 241-248, 2005.
- (비특허문헌 0006) [문헌6] Hyer, D. E., Fisher, R. F., Hintenlang, D. E., “Characterization of a water-equivalent fiber-optic coupled dosimeter for use in diagnostic radiology”, Med. Phys. Vol. 36, pp. 1711-1716. 2009.
- (비특허문헌 0008) [문헌7] 한동균, 고신관, 선종률, 윤석환, 정재은, “X선 장치의 기술적 인자의 변화에 따른 선량 비교 평가”, Korean J. Digit. Imaging Med. Vol. 11, No. 2, pp. 101-107, 2009.



(비특허문헌 0009) [문헌8] Ariga, E., Mano, A., Niimi, T., Hioki, T., 2000. "Use of a glass dosimeter for quality control in diagnostic X-ray", In proc. of the 10th International Congress of the International Radiation Protection Association, May 2000, Hiroshima, Japan.

(비특허문헌 0010) [문헌9] 김성철, 김종일, 안성민, "선질계수에 의한 피부입사선량 계산법", 한국콘텐츠학회 논문지, Vol. 10, No. 2, pp. 258-267, 2009.

(비특허문헌 0011) [문헌10] Mcparland, B. J., "Entrance skin dose estimates derived from dose-area product measurements in interventional radiological procedures", Br. J. Radiol. Vol. 71, pp. 1288-1295. 1998.

(비특허문헌 0012) [문헌11] Zoetelief, J., Idris, H. H. E., Jansen, J. T. M., "Investigation of possible methods for equipment self-tests in digital radiology", Rad. Prot. Dosim. Vol. 117, pp. 269-273. 2005.

(비특허문헌 0013) [문헌12] Bahreyni Toosi, M. T., Nazery, M., Zare, H., 2004. "Application of dose-area product meter to measure organ and effective dose in diagnostic radiology at two hospitals, Mashhad, Iran", In proc. of the 11th International Congress of the International Radiation Protection Association, May 2004, Madrid, Spain.

(비특허문헌 0014) [문헌13] Jones, A. K., Hintenlang, D., "Potential clinical utility of a fibre optic-coupled dosimeter for dose measurements in diagnostic radiology", Rad. Prot. Dosim. Vol. 132, pp. 80-87. 2008.

(비특허문헌 0015) [문헌14] Benevides, L. A., Huston, A. L., Justus, B. L., Falkenstein, P., Brateman, L. F., Hintenlang, D. E., "Characterization of a fiber-optic-coupled radioluminescent detector for application in the mammography energy range", Med. Phys. Vol. 34, pp. 2220-2227, 2007.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0013] 방사선 영상의 관독에 영향을 주지 않고, 진단방사선에서 환자의 흡수선량을 결정하는 기준이 되는 조사야 중심에서의 ESD값을 실시간으로 측정하기 위하여 2개의 동일한 감지프로브를 가지는 광섬유 방사선량계 이용하여 X-선 빔의 조사야 중심부와 가장자리에서 X-선과의 상호작용에 따라 발생하는 각각의 섬광신호를 동시에 계측하고 관계식을 획득한 다음, 수정된 직접 선량측정법을 이용하여 가장자리에서 측정한 흡수선량값을 중심부에서의 ESD값으로 변환하는데 있다.
- [0014] 일반적으로 계산법과 간접 측정법에 비하여 직접 측정법으로 측정된 ESD 값이 더 정확하다. 하지만 기존의 직접 측정법 기반의 선량계를 이용하여 ESD를 직접적으로 측정할 경우, TLD나 유리선량계는 측정 후 전용 장비를 이용한 관독과정을 필요로 하고, 이온전리함이나 반도체선량계는 감지부의 크기가 크고, 복잡한 보정과정이 필요하며 또한 재료의 원자번호(atomic number, Z)가 높음에 따라 방사선영상에 뚜렷하게 나타나므로 영상 관독에 큰 영향을 끼친다. 본 발명에서 제안하는 광섬유 방사선량계의 경우, 감지프로브(sensing probe)가 섬광체(scintillator)와 광섬유(optical fiber)로 구성되므로 크기가 작아서 고 분해능 측정이 가능하다.
- [0015] 또한 섬광체로 유기섬광체(organic scintillator)를 사용할 경우, 감지프로브의 재질이 원자번호가 낮은 물질로 구성이 되므로, 조사야의 중심에 위치하더라도 방사선 영상에 큰 영향을 끼치지 않는다는 점이다. 하지만 방사선 영상의 정확한 관독을 위해서는 검사부위의 중심에 방사선량계가 위치하지 않는 것이 유리하다.
- [0016] 따라서 본 발명에서는 광섬유 방사선량계와 이를 이용한 수정된 직접 선량측정법을 고안하였다.

### 과제의 해결 수단

- [0017] 본 발명은 감지프로브를 구성하는 섬광체와 광섬유 사이의 접속부에서 프레넬 반사(Fresnel reflection)에 의한 광 손실을 줄이기 위하여 도포하는 굴절률 정합 오일(index-matching oil) 또는 광학 에폭시; 섬광체의 외부에 도포하여 섬광체 내부에서 X-선과의 상호작용에 의해 발생된 섬광빛(scintillating light)이 외부로의 손실



없이 광 계측장비로 전송되도록 하는 TiO<sub>2</sub> 기반의 반사체(reflector) 또는 테플론(Teflon) 재질의 반사테이프; 외부 가시광의 간섭을 최소화시키기 위해 감지프로브의 외부를 감싸는 광 차폐 테이프(black shielding tape); 를 포함하여 구성된다.

- [0018] 일 실시예에 있어서, 방사선과의 상호작용을 통해 섬광빛을 발하는 섬광체(sintillator); 및 상기 반사체와 전송용 광섬유 부위를 감싸는 검은색 재킷(black jacket);을 더 포함하여 구성된다.
- [0019] 일 실시예에 있어서, 다수개의 감지프로브를 사용하여 다채널 측정이 가능한 광 계측장비를 통해 변환된 전기신호를 증폭시키고 그 신호를 수집하기 위한 신호처리장치, 증폭시스템(amplifier system), 디스플레이, 및 저장을 하기 위한 컴퓨터 장치를 더 포함하여 구성된다.
- [0020] 일 실시예에 있어서, X-선 빔의 조사 시 상기 감지프로브에서 발생된 섬광 신호는 광섬유를 통해 광 계측장비로 전송되고, 전기 신호로 변환 및 증폭된다.
- [0021] 일 실시예에 있어서, 상기 최종 증폭된 전기신호는 신호수집장치(data acquisition board)로 전송된 후, 상기 컴퓨터 장치를 통해 디스플레이 및 저장된다.
- [0022] 일 실시예에 있어서, 방사선 촬영 전, 2개의 상기 감지프로브를 팬텀 위의 중심과 가장자리에 위치시키고, CH-1의 감지프로브를 통해 ESD 값에 해당하는 섬광 신호, CH-2를 통해 가장자리에서의 흡수선량값에 해당하는 섬광 신호를 동시에 측정한다.
- [0023] 일 실시예에 있어서, 2군데에서 동시에 여러 번 측정된 상기 섬광 신호 및 기준 선량계(reference dosimeter)로 측정된 선량값에 관한 정보를 획득한다.
- [0024] 일 실시예에 있어서, 수정된 직접 선량측정법을 적용한 ESD 변환 프로그램을 통해 가장자리에 위치시킨 상기 감지프로브로부터 전송된 상기 섬광 신호를 중심에서의 ESD 값으로 변환시킨다.
- [0025] 일 실시예에 있어서, 진단실 내의 방사선 진단기기에 위치한 환자의 촬영부위 가장자리에 상기 감지프로브를 부착하고, X-선 빔의 조사 시 상기 감지프로브에서 발생한 가장자리에서의 흡수선량에 해당하는 섬광 신호는 광섬유를 통해 광 계측 시스템으로 전송되며 상기 섬광 신호는 ESD 값으로 최종 변환되어 디스플레이 및 저장된다.
- [0026] 일 실시예에 있어서, 광 신호 전송용 상기 광섬유로는 섬광체에서 방출되는 가시광선 영역의 빛을 전송시킬 수 있는 플라스틱 및 유리 광섬유를 사용한다.
- [0027] 일 실시예에 있어서, 상기 광 계측장비는 다채널 동시측정이 가능한 광증배관(photomultiplier tube, PMT)인 다중 애노드 광증배관(multi-anode PMT, MA-PMT)과 위치 민감형 광증배관(position-sensitive PMT, PS-PMT) 또는 포토다이오드 어레이(photodiode array), 아발란치 포토다이오드(Avalanche photodiode), 실리콘 광전자증배소자(silicon photomultiplier, SiPM), 전하결합소자(charge coupled device, CCD) 등으로 이루어진다.
- [0028] 본 발명은 섬광체와 광섬유 사이의 접촉부에서 프레넬 반사(Fresnel reflection)에 의한 광 손실을 줄이기 위하여 굴절률 정합 오일(index-matching oil) 또는 광학 에폭시를 도포하는 단계; 섬광체의 외부에 TiO<sub>2</sub> 기반의 반사체(reflector) 또는 테플론(Teflon) 재질의 반사테이프를 도포하여 섬광체 내부에서 X-선과의 상호작용에 의해 발생된 섬광빛이 외부로의 손실 없이 광 계측장비로 전송되도록 하는 단계; 감지프로브의 외부를 감싸는 광 차폐 테이프를 통해 외부 가시광의 간섭을 최소화시키는 단계;를 포함하여 구성된다.
- [0029] 일 실시예에 있어서, 섬광체와 방사선의 상호작용을 통해 섬광을 발하는 단계;를 더 포함하여 구성된다.
- [0030] 일 실시예에 있어서, 다수개의 감지프로브를 사용하여 다채널 측정이 가능한 광 계측장비를 통해 변환된 전기신호를 증폭시키고 그 신호를 수집하기 위한 신호처리장치, 증폭시스템(amplifier system), 디스플레이 및 저장하는 단계를 더 포함하여 구성된다.
- [0031] 일 실시예에 있어서, X-선 빔의 조사 시 상기 감지프로브에서 발생된 섬광 신호는 광섬유를 통해 광 계측장비로 전송되는 단계; 상기 전송 신호는 전기 신호로 변환 및 증폭되는 단계;를 더 포함하여 구성된다.
- [0032] 일 실시예에 있어서, 상기 최종 증폭된 전기신호는 신호수집장치(data acquisition board)로 전송되는 단계; 상기 컴퓨터 장치를 통해 디스플레이 및 저장되는 단계;를 더 포함하여 구성된다.
- [0033] 일 실시예에 있어서, 방사선 촬영 전, 2개의 상기 감지프로브를 팬텀 위의 중심과 가장자리에 위치시키는 단계; CH-1의 감지프로브를 통해 ESD 값에 해당하는 섬광 신호, CH-2를 통해 상기 가장자리에서의 흡수선량값에 해당

하는 섬광 신호를 동시에 측정하는 단계;를 더 포함하여 구성된다.

- [0034] 일 실시예에 있어서, 2군데에서 동시에 여러 번 측정된 상기 섬광 신호 및 기준 선량계(reference dosimeter)로 측정된 선량값에 관한 정보를 획득하는 단계;를 더 포함하여 구성된다.
- [0035] 일 실시예에 있어서, 수정된 직접 선량측정법을 적용한 ESD 변환 프로그램을 통해 가장자리에 위치시킨 상기 감지프로브로부터 전송된 상기 섬광 신호를 중심에서의 ESD 값으로 변환시키는 단계;를 더 포함하여 구성된다.
- [0036] 일 실시예에 있어서, 진단실 내의 방사선 진단기기에 위치한 환자의 촬영부위 가장자리에 상기 감지프로브를 부착하는 단계; X-선 빔의 조사 시 상기 감지프로브에서 발생한 가장자리에서의 흡수선량에 해당하는 섬광 신호는 광섬유를 통해 광 계측 시스템으로 전송되는 단계; 상기 섬광 신호는 ESD 값으로 최종 변환되어 디스플레이 및 저장되는 단계;를 더 포함하여 구성된다.

**발명의 효과**

- [0037] 본 발명에 따르면 수정된 직접 선량측정법 기반의 광섬유 방사선량계를 사용할 시 감지프로브가 진단부위의 가장자리에 패치형으로 위치하므로 후방산란계수 및 조사조건(관전압, 관전류-시간곱, 조사야, 선원표면간거리) 등에 영향을 받지 않으면서 직접적으로 본래 위치에서의 실시간 선량측정이 가능하다.
- [0038] 본 발명에 따르면 감지프로브의 내부에 위치한 X-선 감지물질인 섬광체에서 발생하는 섬광 신호를 전달하기 위하여 광섬유를 사용하므로 광섬유가 가지는 다양한 장점인 작은 크기, 유연성, 낮은 원자번호를 가지는 구성물질, 광 신호의 원거리 전송능력, 전자기파에 대한 무간섭 등의 특성을 그대로 가지고 있다.
- [0039] 본 발명에 따르면 광섬유 방사선량계의 감지프로브를 검사부위의 가장자리에 패치형으로 위치시킨 뒤, 흡수선량을 측정하여 변환시킨 ESD 값을 이용하여 환자의 피폭정도를 실시간 평가할 수 있고, 방사선 진단기기의 다양한 조사조건 변화 및 인체의 각 부위에 따른 선량변화를 원거리에서 실시간 측정할 수 있으므로 진단방사선 영역에서 사용할 경우, 확립된 진단참조준위를 준수하고 환자의 불필요한 피폭을 최소화 시킬 수 있을 것으로 기대된다.
- [0040] 본 발명에 따르면 방사선 영상의 관독에 영향을 주지 않고, 진단방사선에서 환자의 흡수선량을 결정하는 기준이 되는 조사야 중심에서의 ESD값을 실시간으로 측정하기 위하여 2개의 동일한 감지프로브를 가지는 광섬유 방사선량계 이용하여 X-선 빔의 조사야 중심부와 가장자리에서 X-선과의 상호작용에 따라 발생하는 각각의 섬광신호를 동시에 계측하고 관계식을 획득한 다음, 수정된 직접 선량측정법을 이용하여 가장자리에서 측정된 흡수선량값을 중심부에서의 ESD값으로 변환할 수 있다.
- [0041] 본 발명에 따르면 수정된 직접 선량측정법 기반의 광섬유 방사선량계를 사용할 시 감지프로브가 진단부위의 가장자리에 패치형으로 위치하므로 후방산란계수 및 조사조건(관전압, 관전류-시간곱, 조사야, 선원표면간거리) 등에 영향을 받지 않으면서 직접적으로 본래 위치에서의 실시간 선량측정이 가능하다.
- [0042] 본 발명에 따르면 유기섬광체와 플라스틱 광섬유(plastic optical fiber) 또는 유리 광섬유(glass optical fiber) 기반의 감지프로브는 크기가 작고 낮은 원자번호로 이루어진 물질로 구성되므로 고 분해능 측정이 가능하며 방사선 영상에 큰 영향을 끼치지 않는다.
- [0043] 본 발명에 따르면 감지프로브 내의 섬광체에서 발생된 섬광신호의 전송을 위하여 광섬유를 사용하므로 원거리 신호 전송이 가능하고, 가벼우며 유연하다는 장점을 가진다.

**도면의 간단한 설명**

- [0044] 도 1은 패치형 광섬유 방사선량계의 감지프로브의 구조도
- 도 2는 수정된 직접 선량측정법의 적용을 위한 광섬유 방사선량계 시스템의 전체 구성도
- 도 3은 일반 X-선 촬영기기를 이용한 흉부 촬영 시 광섬유 방사선량계 시스템을 적용한 사용 예

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0045] 본 발명에서 흡수선량을 측정하는 기본 원리는 X-선 빔이 조사되면 X-선의 선량에 비례하여 광섬유 선량계의 감지프로브 내에 위치하는 섬광체에서 발생하는 섬광 신호를 광섬유를 통해 광 검출기로 전송시켜 전기신호로 변

환하고, 이를 다시 선량값으로 변환하는 것이다. 이러한 기본 원리를 이용하여 방사선 영상의 관독에 영향을 주지 않고, 진단방사선에서 환자의 흡수선량을 결정하는 기준이 되는 조사야 중심에서의 ESD 값을 획득하기 위해 조사야의 가장자리에서 광섬유 방사선량계를 이용하여 측정된 흡수선량값을 중심부에서의 ESD 값으로 최종 변환하는 것이다.

[0046] 본 발명을 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하면 다음과 같다. 도 1은 패치형 광섬유 방사선량계의 감지프로브의 구조를 보여준다. 감지프로브를 제작하기 위해 먼저 접속손실(connecting loss) 및 광 감쇄(attenuation)를 최소화하고 광 전송효율을 높이기 위하여 섬광체와 광섬유의 양 끝단을 여러 종류의 연마지(polishing film)를 이용하여 연마한다. 연마된 섬광체와 광섬유의 연결 시, 섬광체와 광섬유 사이의 접속부에서 프레넬 반사(Fresnel's reflection)에 의한 광 손실을 줄이기 위하여 굴절률 정합 오일(index-matching oil) 또는 광학 에폭시(optical epoxy; 13)를 도포한다. 또한 TiO<sub>2</sub> 기반의 반사체(reflector) 또는 테플론(Teflon) 재질의 반사 테이프(12)를 섬광체의 외부에 도포하여 섬광체 내부에서 X-선과의 상호작용에 의해 발생된 섬광빛이 외부로의 손실 없이 광섬유 (optical fiber; 14)를 통해 광 계측장비로 전송되도록 한다. 마지막으로 외부 가시광의 간섭을 최소화시키기 위해 광 차폐 테이프(black shielding tape; 15)로 감지프로브의 외부를 감싸고, 집게(clip)나 벨크로 테이프(Velcro tape) 등으로 인체에 부착이 가능하도록 패치형으로 감지프로브가 제작된다.

[0047] 이 외에도 방사선이 부딪침으로써 섬광을 발하는 섬광체(scintillator; 11)와 검은색 재킷(black jacket; 17) 등을 더 포함할 수 있다.

[0048] 도 2는 수정된 직접 선량측정법의 적용을 위한 광섬유 방사선량계 시스템의 전체 구성도를 보여준다. 광섬유 방사선량계 시스템은 2개 이상의 감지프로브(10)를 사용하므로 다채널 측정이 가능한 광 계측장비가 필요하다. 또한 다채널 광 계측장비를 통해 변환된 전기신호를 증폭시키고 신호를 수집하기 위한 신호처리, 증폭시스템(amplifier system), 디스플레이 및 저장을 하기 위한 컴퓨터 장치가 필요하다. X-선 빔의 조사 시 감지프로브에서 발생된 섬광 신호는 광섬유(1)를 통해 광 계측장비로 전송되고, 전기 신호로 변환 및 증폭된다. 최종 증폭된 전기신호는 신호수집장치(data acquisition board)로 전송된 후, 컴퓨터 장치를 통해 디스플레이 및 저장된다. 도 2에서는 또한 일반 X-선 촬영기와 인체모형 팬텀(phantom)을 이용하여 수정된 직접 선량측정법을 적용시키고, 교정을 위한 구성을 보여준다. 방사선 촬영 전, 2개의 감지프로브를 팬텀 위의 중심과 가장 자리에 위치시키고, CH-1의 감지프로브를 통해 ESD 값에 해당하는 섬광 신호, CH-2를 통해 가장자리에서의 흡수선량값에 해당하는 섬광 신호를 동시에 측정한다. 2군데에서 동시에 여러 번 측정된 섬광 신호 및 기준 선량계(reference dosimeter)로 측정된 선량값에 관한 신뢰할 만한 관계식을 획득한 다음, 수정된 직접 선량측정법을 적용한 ESD 변환 프로그램을 통해 가장자리에 위치시킨 감지프로브로부터 전송된 섬광 신호를 중심에서의 ESD 값으로 변환시킨다.

[0049] 도 3은 일반 X-선 촬영기기를 이용한 흉부 촬영 시 광섬유 방사선량계 시스템을 적용한 사용 예를 보여준다. 진단실 내의 방사선 진단기기에 위치한 환자의 촬영부위 가장자리에 감지프로브를 부착하고, X-선 빔의 조사 시 감지프로브에서 발생한 가장자리에서의 흡수선량에 해당하는 섬광 신호는 광섬유를 통해 조종실(50)에 위치한 광 계측 시스템으로 전송되며 섬광 신호는 ESD 값으로 최종 변환되어 디스플레이 및 저장된다.

**실시예 1**

[0050] 본 발명에서 광 신호 전송용 광섬유로는 섬광체에서 방출되는 가시광선 영역의 빛을 전송시킬 수 있는 플라스틱 및 유리 광섬유를 사용할 수 있다. 광 계측장비는 신호대잡음비(signal-to-noise ratio, SNR) 및 증폭률이 높고, 다채널 동시측정이 가능한 광증배관(photomultiplier tube, PMT) 즉, 다중 애노드 광증배관(multi-anode PMT, MA-PMT)과 위치 민감형 광증배관(position-sensitive PMT, PS-PMT) 그리고 포토다이오드 어레이(photodiode array), 아발란치 포토다이오드(Avalanche photodiode), 실리콘 광전자증배소자(silicon photomultiplier, SiPM), 전하결합소자(charge coupled device, CCD) 등을 사용할 수 있다.

[0051] 이하 본 발명에 따른 직접선량측정법에 대해 설명한다.

[0052] 본 발명은 섬광체와 광섬유 사이의 접속부에서 프레넬 반사(Fresnel reflection)에 의한 광 손실을 줄이기 위하여 굴절률 정합 오일(index-matching oil) 또는 광학 에폭시를 도포하는 단계; TiO<sub>2</sub> 기반의 반사체(reflector) 또는 테플론(Teflon) 재질의 반사테이프를 섬광체의 외부에 도포하여 섬광체 내부에서 X-선과의 상

호작용에 의해 발생된 섬광빛이 외부로의 손실 없이 광 계측장비로 전송되도록 하는 단계; 감지프로브의 외부를 감싸는 광 차폐 테이프를 통해 외부 가시광의 간섭을 최소화시키는 단계;를 포함하여 구성된다.

[0053] 또한, 본 발명은 섬광체를 통해 방사선이 부딪침으로써 섬광을 발하는 단계; 다수개의 감지프로브를 사용하여 다채널 측정이 가능한 광 계측장비를 통해 변환된 전기신호를 증폭시키고 그 신호를 수집하기 위한 신호처리장치, 증폭시스템(amplifier system), 디스플레이 및 저장하는 단계; X-선 빔의 조사 시 상기 감지프로브에서 발생된 섬광 신호는 광섬유를 통해 광 계측장비로 전송되는 단계; 상기 전송 신호는 전기 신호로 변환 및 증폭되는 단계; 상기 최종 증폭된 전기신호는 신호수집장치(data acquisition board)로 전송되는 단계; 상기 컴퓨터 장치를 통해 디스플레이 및 저장되는 단계; 방사선 촬영 전, 2개의 상기 감지프로브를 팬텀 위의 중심과 가장자리에 위치시키는 단계; CH-1의 감지프로브를 통해 ESD 값에 해당하는 섬광 신호, CH-2를 통해 상기 가장자리에서의 흡수선량값에 해당하는 섬광 신호를 동시에 측정하는 단계; 2군데에서 동시에 여러 번 측정한 상기 섬광 신호 및 기준 선량계(reference dosimeter)로 측정된 선량값에 관한 정보를 획득하는 단계; 수정된 직접 선량측정법을 적용한 ESD 변환 프로그램을 통해 가장자리에 위치시킨 상기 감지프로브로부터 전송된 상기 섬광 신호를 중심에서의 ESD 값으로 변환시키는 단계; 진단실 내의 방사선 진단기에 위치한 환자의 촬영부위 가장 자리에 상기 감지프로브를 부착하는 단계; X-선 빔의 조사 시 상기 감지프로브에서 발생한 가장자리에서의 흡수선량에 해당하는 섬광 신호는 광섬유를 통해 광 계측 시스템으로 전송되는 단계; 상기 섬광 신호는 ESD 값으로 최종 변환되어 디스플레이 및 저장되는 단계;를 더 포함하여 구성된다.

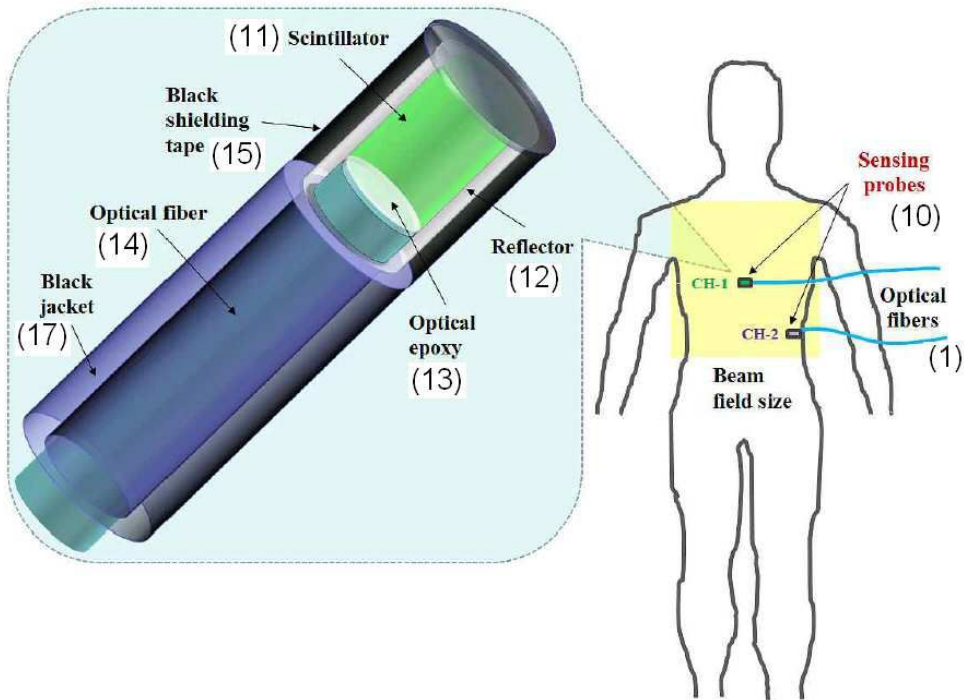
**부호의 설명**

- [0054]
- 1 : 광섬유
  - 10 : 감지프로브
  - 11 : 섬광체
  - 12 : 반사테이프
  - 13 : 광학 예폭시
  - 14 : 광섬유
  - 15 : 광 차폐 테이프
  - 17 : 검은색 재킷

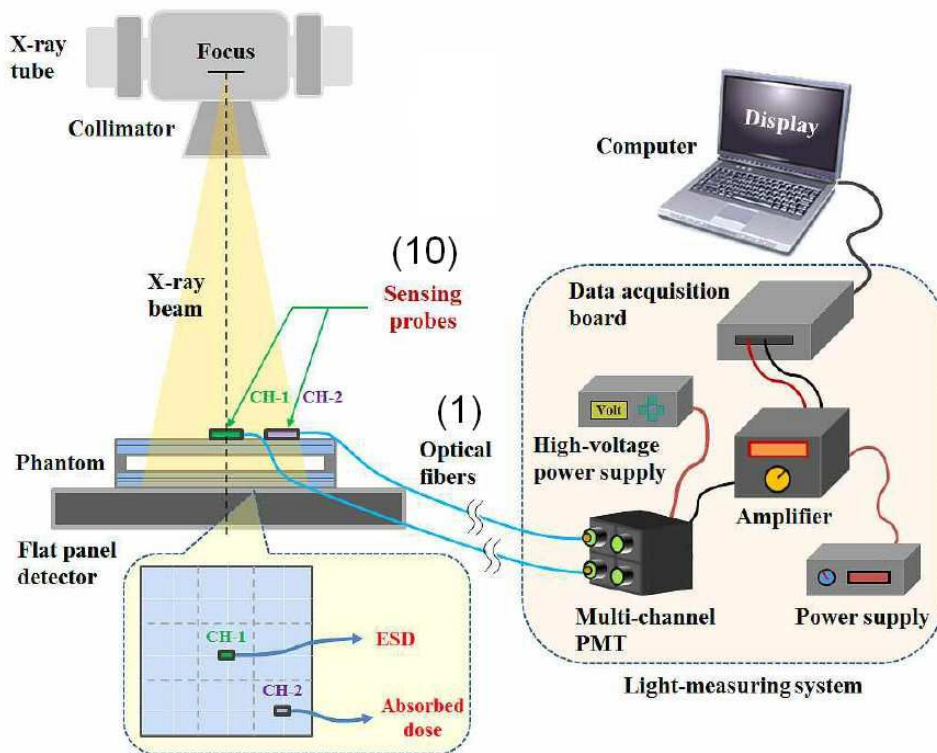


도면

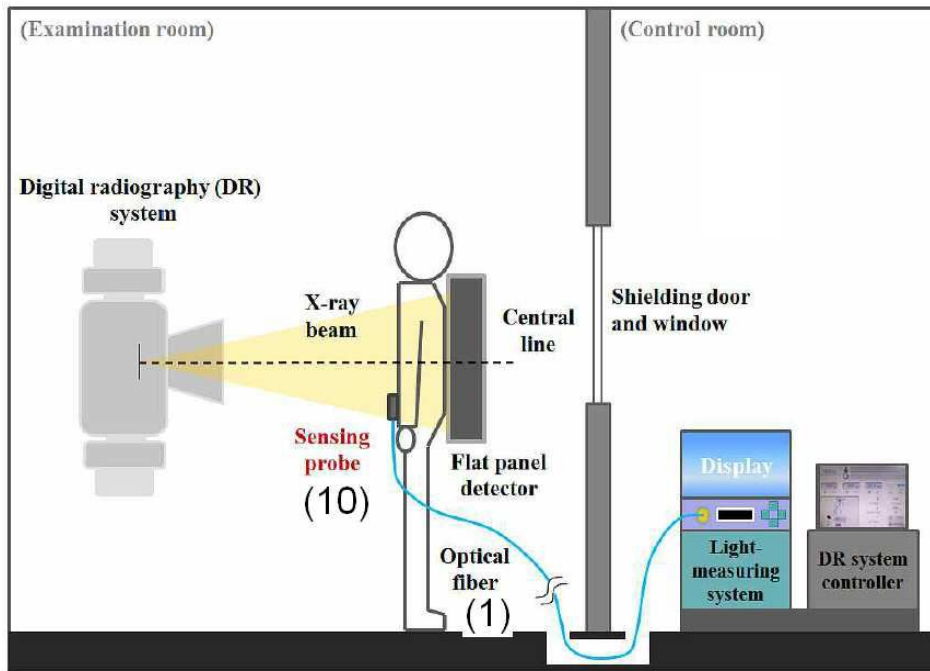
도면1



도면2



도면3



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 16의 4번째줄

【변경전】

상기 컴퓨터 장치를

【변경후】

컴퓨터 장치를

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 12의 19번째줄

【변경전】

상기 감지프로브(CH1)부터

【변경후】

상기 감지프로브(CH1)로부터