(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년03월13일
(11) 등록번호 10-1838273
(24) 등록일자 2018년03월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01T 1/169 (2006.01) *G01N 1/02* (2006.01)
G01T 1/167 (2006.01) *G06F 17/10* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01T 1/169 (2013.01)
G01N 1/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0135981
(22) 출원일자 2016년10월19일
심사청구일자 2016년10월19일
(56) 선행기술조사문헌
JP2013113790 A*
JP2006084478 A*
US05714761 A*
JP09043359 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
김희령
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과학기술대학교
이욱제
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과학기술대학교
(74) 대리인
한상민, 김지원, 심성렬

전체 청구항 수 : 총 10 항 심사관 : 양성지

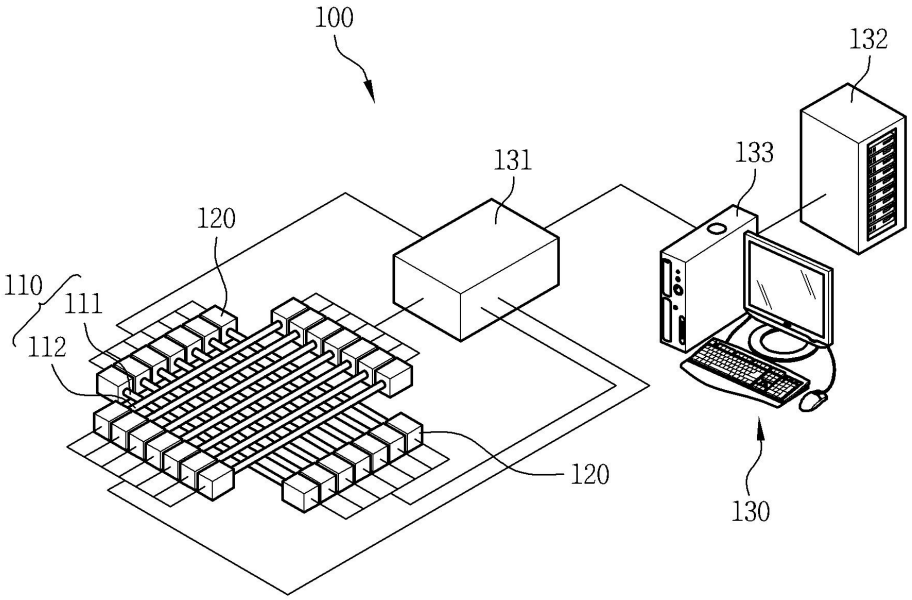
(54) 발명의 명칭 **방사선 모니터링 시스템 및 이를 이용한 방사선 모니터링 방법**

(57) 요 약

본 발명은 방사선 모니터링 시스템 및 이를 이용한 방사선 모니터링 방법에 관한 것으로서, 상기 방사선 모니터링 시스템은 방사선 물질로부터 생성된 광양자에 반응하여 광을 생성하는 것으로서, 제1방향을 따라 연장되며, 상기 제1방향에 대해 교차되는 제2방향을 따라 상호 이격되게 배열된 다수의 제1섬광부재와, 상기 제1섬광부재에

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



대해 교차될 수 있도록 상기 제1방향을 따라 상호 이격되게 배열되고, 상기 제2방향을 따라 연장형성된 다수의 제2섬광부재가 마련된 섬광검출유닛과, 상기 제1 및 제2섬광부재들의 양단부에 각각 설치되어 상기 제1 및 제2섬광부재들로부터 생성된 광을 전기적 신호로 변환하는 다수의 광전자 증배 부재과, 상기 광전자 증배 부재들에 의해 변환된 전기적 신호를 토대로 상기 방사선 물질에 대한 정보를 산출하는 정보 산출부를 포함한다.

본 발명에 따른 방사선 모니터링 시스템 및 이를 이용한 방사선 모니터링 방법은 격자구조로 배열된 섬광부재와 각 섬광부재의 양단부에 설치된 광전자 증배 부재들을 통해 측정된 계수율을 토대로 방사선을 모니터링 하므로 샘플을 채취하지 않고, 현장에 섬광부재를 설치하여 바로 측정할 수 있으며, 방사선 물질의 위치 뿐 아니라 방사선 물질의 방사능 값까지 산출할 수 있는 장점이 있다.

(52) CPC특허분류
G01T 1/167 (2013.01)
G06F 17/10 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2015M2A8A5022235
부처명 교육과학기술부
연구관리전문기관 미래창조과학부
연구사업명 원자력기술개발사업
연구과제명 부지 내부 베타선 깊이분포 측정기술 개발
기 여 율 1/1
주관기관 한국원자력연구원
연구기간 2015.03.01 ~ 2016.02.29

명 세 서

청구범위

청구항 1

방사선 물질로부터 생성된 광양자에 반응하여 광을 생성하는 것으로서, 제1방향을 따라 연장되며, 상기 제1방향에 대해 교차되는 제2방향을 따라 상호 이격되게 배열된 다수의 제1섬광부재와, 상기 제1섬광부재에 대해 교차될 수 있도록 상기 제1방향을 따라 상호 이격되게 배열되고, 상기 제2방향을 따라 연장형성된 다수의 제2섬광부재가 마련된 섬광검출유닛;

상기 제1 및 제2섬광부재들의 양단부에 각각 설치되어 상기 제1 및 제2섬광부재들로부터 생성된 광을 전기적 신호로 변환하는 다수의 광전자 증배 부재; 및

상기 광전자 증배 부재들에 의해 변환된 전기적 신호를 토대로 상기 방사선 물질에 대한 정보를 산출하는 정보 산출부;를 포함하고,

상기 정보 산출부는

상기 광전자 증배 부재들에 의해 전환되는 전기적 신호를 분석하여 상기 각 광전자 증배 부재에서의 계수율을 산출하는 계수율 측정부;

상기 섬광검출유닛에 대한 방사선 물질의 위치에 따른 상기 각 광전자 증배 부재에서 측정된 계수율의 변화에 대한 정보가 저장되는 것으로서, 상기 정보는 상기 각 광전자 증배 부재와 방사선 물질 사이의 이격거리에 따른 방사선 물질의 실제 계수율에 대한 상기 각 광전자 증배 부재에서 측정된 계수율의 비율인 데이터 베이스; 및

상기 계수율 측정부로부터 측정된 계수율과 상기 데이터 베이스에 저장된 정보를 토대로 상기 섬광검출유닛에 대한 방사선 물질의 위치를 산출하는 위치산출부;를 포함하고,

상기 위치산출부는

상기 데이터 베이스에 저장된 정보를 토대로 상기 제1 및 제2섬광부재들 중 광이 생성된 섬광부재의 일단부에 설치된 상기 광전자 증배 부재에서 측정된 계수율, 상기 섬광부재의 일단부에 설치된 상기 광전자 증배 부재로부터 상기 방사선 물질까지의 이격거리 및 상기 방사선 물질의 실제 계수율에 대한 제1수식과, 상기 데이터 베이스에 저장된 정보를 토대로 상기 제1 및 제2섬광부재들 중 광이 생성된 섬광부재의 타단부에 설치된 상기 광전자 증배 부재에서 측정된 계수율, 상기 섬광부재의 타단부에 설치된 상기 광전자 증배 부재로부터 상기 방사선 물질까지의 이격거리 및 상기 방사선 물질의 실제 계수율에 대한 제2수식을 산출하고, 상기 제1 및 제2수식을 연립하여 상기 섬광검출유닛에 대한 방사선 물질의 위치를 산출하는,

방사선 모니터링 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 및 제2섬광부재는 플렉시블한 섬광섬유인,

방사선 모니터링 시스템.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 위치산출부는 상기 제1 및 제2섬광부재들 중 광이 생성된 섬광부재의 양단부에 각각 설치된 상기 광전자 증배 부재들에서의 계수율을 이용하여 상기 섬광검출유닛에 대한 방사선 물질의 위치를 산출하는,

방사선 모니터링 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 정보 산출부는

상기 위치산출부로부터 산출된 방사선 물질의 위치 정보, 상기 계수율 측정부를 통해 측정된 계수율 및 상기 데이터 베이스에 저장된 정보를 토대로 상기 방사선 물질의 방사능 값을 산출하는 방사능 산출부;를 더 포함하는,

방사선 모니터링 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 방사능 산출부는 상기 제1 및 제2섬광부재들 중 광이 생성된 섬광부재의 양단부에 각각 설치된 상기 광전자 증배 부재들에서의 계수율을 이용하여 상기 방사선 물질의 방사능 값을 산출하는,

방사선 모니터링 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 방사능 산출부는

상기 위치산출부에서 산출된 위치정보를 통해 상기 광전자 증배 부재들과 방사선 물질 사이의 이격거리를 산출하며, 상기 데이터 베이스에 저장된 정보를 토대로 상기 광전자 증배 부재들과 방사선 물질 사이의 이격거리에 대응되는 계수율의 변화 정보를 산출하고, 산출된 계수율의 변화 정보와 상기 각 광전자 증배 부재들에서의 계수율을 토대로 상기 방사선 물질의 실제 계수율을 산출하는,

방사선 모니터링 시스템.

청구항 8

삭제

청구항 9

방사선 물질로부터 생성된 광양자에 반응하여 광을 생성하는 섬광검출유닛과, 상기 섬광검출유닛의 양단부에 각각 설치되어 상기 섬광검출유닛으로부터 생성된 광을 전기적 신호로 변환하는 다수의 광전자 증배 부재가 마련된 방사선 모니터링 시스템을 이용한 방사선 모니터링 방법에 관한 것으로,

상기 섬광검출유닛과 광전자 증배 부재를 준비하는 준비단계;

모의 실험을 통해 상기 섬광검출유닛에 대한 방사선 물질의 위치에 따른 상기 광전자 증배 부재에서 측정된 계수율의 변화에 대한 정보를 획득하는 정보획득단계;

상기 정보획득단계가 완료되면 상기 섬광검출유닛을 감시지역에 설치하는 설치단계;

상기 설치단계 이후에 상기 광전자 증배 부재들에 의해 전환되는 전기적 신호를 분석하여 상기 각 광전자 증배 부재에서의 계수율을 산출하는 계수율 산출단계; 및

상기 계수율 산출단계에서 산출된 계수율을 토대로 상기 감시지역 내의 방사선 물질에 대한 정보를 산출하는 것으로서, 상기 정보획득단계를 통해 획득한 정보와 상기 계수율 산출단계를 통해 산출된 상기 각 광전자 증배 부재에서의 계수율을 토대로 방사선 물질의 위치를 검출하는 방사선 검출단계;를 포함하고,

상기 방사선 검출단계에서, 상기 정보획득단계를 통해 획득한 정보를 토대로 상기 섬광검출유닛의 상호 교차되게 배열된 제1 및 제2섬광부재들 중 광이 생성된 섬광부재의 일단부에 설치된 상기 광전자 증배 부재에서 측정된 계수율, 상기 섬광부재의 일단부에 설치된 상기 광전자 증배 부재로부터 상기 방사선 물질까지의 이격거리 및 상기 방사선 물질의 실제 계수율에 대한 제1수식과, 상기 정보획득단계를 통해 획득한 정보를 토대로 상기 제1 및 제2섬광부재들 중 광이 생성된 섬광부재의 타단부에 설치된 상기 광전자 증배 부재에서 측정된 계수율, 상기 섬광부재의 타단부에 설치된 상기 광전자 증배 부재로부터 상기 방사선 물질까지의 이격거리 및 상기 방사선 물질의 실제 계수율에 대한 제2수식을 산출하고, 상기 제1 및 제2수식을 연립하여 상기 섬광검출유닛에 대한 방사선 물질의 위치를 산출하는,

방사선 모니터링 방법.

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 방사선 검출단계는

상기 광전자 증배 부재들에서의 전기적 신호 또는 상기 계수율 산출단계를 통해 산출된 상기 각 광전자 증배 부재에서의 계수율을 토대로 방사선 물질의 위치를 산출하는 위치 산출단계; 및

상기 위치 산출단계로부터 획득한 방사선 물질의 위치정보, 상기 계수율 산출단계를 통해 산출된 계수율 및 상기 정보획득단계를 통해 획득한 정보를 토대로 상기 방사선 물질의 계수율을 산출하는 계수율 산출단계;를 포함하는,

방사선 모니터링 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 계수율 산출단계에서, 상기 섬광검출유닛의 상호 교차되게 배열된 제1 및 제2섬광부재들 중 광이 생성된 섬광부재의 양단부에 각각 설치된 상기 광전자 증배 부재들에서의 계수율을 이용하여 상기 방사선 물질의 방사능 값을 산출하는,

방사선 모니터링 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 계수율 산출단계는 상기 위치산출단계에서 산출된 위치정보를 통해 상기 광전자 증배 부재들과 방사선 물질 사이의 이격거리를 산출하며, 상기 정보획득단계에 획득한 정보를 토대로 상기 광전자 증배 부재들과 방사선 물질 사이의 이격거리에 대응되는 계수율의 변화율을 산출하고, 산출된 계수율의 변화율과 상기 각 광전자 증배 부재들에서의 계수율을 토대로 상기 방사선 물질의 방사선 값을 산출하는 단계인,

방사선 모니터링 방법.

청구항 15

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 방사선 모니터링 시스템 및 이를 이용한 방사선 모니터링 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 격자 구조를 이루는 섬광섬유를 이용하여 방사선 물질을 검출하는 방사선 모니터링 시스템 및 이를 이용한 방사선 모니터링 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 기존의 베타 방출 핵종 검출시스템은 액체섬광계수기를 활용하여 진행되었다. 액체섬광계수기는 보다 정확한 방사능 분석이 가능하지만, 계측을 위하여 현장에서 적당한 양의 시료를 샘플링하고, 목표 핵종에 맞는 칵테일을 사용하여 전처리를 진행해야 한다. 이러한 과정에서 많은 시간과 인력이 소요되는 문제가 있다.

[0003] 또한, 방사성 오염이 된 표면의 오염도를 측정하는 표면오염 선량계는 비교적 작은 크기의 검출부를 사용하므로 넓은 면적의 오염도를 신속하게 파악하기 어려운 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 등록특허공보 제10-1421986호: 수용액 내 우라늄 동위원소 측정방법

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 개선하기 위해 창안된 것으로서, 격자구조로 배열된 섬광부재들로 이루어진 섬광검출유닛을 구비하고, 방사선과 섬광부재가 반응하여 발생된 광자가 거리에 따라 광전자 증배 부재로 입사되는 광자의 세기가 달라지는 특성을 활용하여 방사선 물질의 위치 또는 방사선 물질의 방사능 값을 산출할 수 있는 방사선 모니터링 시스템 및 이를 이용한 방사선 모니터링 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 방사선 모니터링 시스템은 방사선 물질로부터 생성된 광양자에 반응하여 광을 생성하는 것으로서, 제1방향을 따라 연장되며, 상기 제1방향에 대해 교차되는 제2방향을 따라 상호 이격되게 배열된 다수의 제1섬광부재와, 상기 제1섬광부재에 대해 교차될 수 있도록 상기 제1방향을 따라 상호 이격되게 배열되고, 상기 제2방향을 따라 연장형성된 다수의 제2섬광부재가 마련된 섬광검출유닛과, 상기 제1 및 제2섬광부재들의 양단부에 각각 설치되어 상기 제1 및 제2섬광부재들로부터 생성된 광을 전기적 신호로 변환하는 다수의 광전자 증배 부재와, 상기 광전자 증배 부재들에 의해 변환된 전기적 신호를 토대로 상기 방사선 물질에 대한 정보를 산출하는 정보 산출부를 포함한다.

[0007] 상기 제1 및 제2섬광부재는 플렉시블한 섬광섬유인 것이 바람직하다.

[0008] 상기 정보 산출부는 상기 광전자 증배 부재들에 의해 전환되는 전기적 신호를 분석하여 상기 각 광전자 증배 부재에서의 계수율을 산출하는 계수율 측정부와, 상기 섬광검출유닛에 대한 방사선 물질의 위치에 따른 상기 각 광전자 증배 부재에서 측정된 계수율의 변화에 대한 정보가 저장된 데이터 베이스와, 상기 계수율 측정부로부터 측정된 계수율과 상기 데이터 베이스에 저장된 정보를 토대로 상기 섬광검출유닛에 대한 방사선 물질의 위치를 산출하는 위치산출부를 포함한다.

[0009] 상기 위치산출부는 상기 제1 및 제2섬광부재들 중 광이 생성된 섬광부재의 양단부에 각각 설치된 상기 광전자 증배 부재들에서의 계수율을 이용하여 상기 섬광검출유닛에 대한 방사선 물질의 위치를 산출한다.

[0010] 상기 정보 산출부는 상기 광전자 증배 부재들에 의해 전환되는 전기적 신호를 분석하여 상기 각 광전자 증배 부재에서의 계수율을 산출하는 계수율 측정부와, 상기 섬광검출유닛에 대한 방사선 물질의 위치에 따른 상기 각 광전자 증배 부재에서 측정된 계수율의 변화에 대한 정보가 저장된 데이터 베이스와, 상기 계수율 측정부로부터 측정된 계수율 또는 상기 광전자 증대 부재의 전기적 신호를 토대로 상기 섬광검출유닛에 대한 방사선 물질의 위치 정보를 산출하는 위치산출부와, 상기 위치산출부로부터 산출된 방사선 물질의 위치 정보, 상기 계수율 측정부를 통해 측정된 계수율 및 상기 데이터 베이스에 저장된 정보를 토대로 상기 방사선 물질의 방사능 값을 산출하는 방사능 산출부를 더 포함한다.

[0011] 상기 방사능 산출부는 상기 제1 및 제2섬광부재들 중 광이 생성된 섬광부재의 양단부에 각각 설치된 상기 광전자 증배 부재들에서의 계수율을 이용하여 상기 방사선 물질의 방사능 값을 산출한다.

[0012] 상기 방사능 산출부는 상기 위치산출부에서 산출된 위치정보를 통해 상기 광전자 증배 부재들과 방사선 물질 사이의 이격거리를 산출하며, 상기 데이터 베이스에 저장된 정보를 토대로 상기 광전자 증배 부재들과 방사선 물질 사이의 이격거리에 대응되는 계수율의 변화 정보를 산출하고, 산출된 계수율의 변화 정보와 상기 각 광전자 증배 부재들에서의 계수율을 토대로 상기 방사선 물질의 실제 계수율을 산출한다.

[0013] 상기 데이터 베이스에 저장된 정보는 상기 각 광전자 증배 부재와 방사선 물질 사이의 이격거리에 따른 방사선 물질의 실제 계수율에 대한 상기 각 광전자 증배 부재에서 측정된 계수율의 비율인 것이 바람직하다.

[0014] 본 발명에 따른 방사선 모니터링 시스템을 이용한 방사선 모니터링 방법은 방사선 물질로부터 생성된 광양자에 반응하여 광을 생성하는 것으로서, 제1방향을 따라 연장되며, 상기 제1방향에 대해 교차되는 제2방향을 따라 상호 이격되게 배열된 다수의 제1섬광부재와, 상기 제1섬광부재에 대해 교차될 수 있도록 상기 제1방향을 따라 상호 이격되게 배열되고, 상기 제2방향을 따라 연장형성된 다수의 제2섬광부재가 마련된 섬광검출유닛과, 상기 제1 및 제2섬광부재들의 양단부에 각각 설치되어 상기 제1 및 제2섬광부재들로부터 생성된 광을 전기적 신호로 변환하는 다수의 광전자 증배 부재가 마련된 방사선 모니터링 시스템을 이용한 방사선 모니터링 방법에 관한 것으로, 상기 섬광검출유닛과 광전자 증배 부재를 준비하는 준비단계와, 모의 실험을 통해 상기 섬광검출유닛에 대한 방사선 물질의 위치에 따른 상기 광전자 증배 부재에서 측정된 계수율의 변화에 대한 정보를 획득하는 정보획득단계와, 상기 정보획득단계가 완료되면 상기 섬광검출유닛을 감시지역에 설치하는 설치단계와, 상기 설치단계 이후에 상기 광전자 증배 부재들에 의해 전환되는 전기적 신호를 분석하여 상기 각 광전자 증배 부재에서의 계수율을 산출하는 계수율 산출단계와, 상기 계수율 산출단계에서 산출된 계수율을 토대로 상기 감시지역 내의 방사선 물질에 대한 정보를 산출하는 방사선 검출단계를 포함한다.

[0015] 상기 방사선 검출단계에서, 상기 정보획득단계를 통해 획득한 정보와 상기 계수율 산출단계를 통해 산출된 상기 각 광전자 증배 부재에서의 계수율을 토대로 방사선 물질의 위치를 검출하는 것이 바람직하다.

[0016] 상기 위치 검출단계에서, 상기 제1 및 제2섬광부재들 중 광이 생성된 섬광부재의 양단부에 각각 설치된 광전자 증배 부재들에서의 계수율을 이용하여 상기 방사선 물질의 위치를 검출한다.

[0017] 상기 방사선 검출단계는 상기 광전자 증배 부재들에서의 전기적 신호 또는 상기 계수율 산출단계를 통해 산출된 상기 각 광전자 증배 부재에서의 계수율을 토대로 방사선 물질의 위치를 산출하는 위치 산출단계와, 상기 위치 산출단계로부터 획득한 방사선 물질의 위치정보, 상기 계수율 산출단계를 통해 산출된 계수율 및 상기 정보획득단계를 통해 획득한 정보를 토대로 상기 방사선 물질의 계수율을 산출하는 계수율 산출단계를 포함할 수도 있다.

[0018] 상기 계수율 산출단계에서, 상기 제1 및 제2섬광부재들 중 광이 생성된 섬광부재의 양단부에 각각 설치된 상기 광전자 증배 부재들에서의 계수율을 이용하여 상기 방사선 물질의 방사능 값을 산출한다.

[0019] 상기 계수율 산출단계는 상기 위치산출단계에서 산출된 위치정보를 통해 상기 광전자 증배 부재들과 방사선 물질 사이의 이격거리를 산출하며, 상기 정보획득단계에 획득한 정보를 토대로 상기 광전자 증배 부재들과 방사선 물질 사이의 이격거리에 대응되는 계수율의 변화율을 산출하고, 산출된 계수율의 변화율과 상기 각 광전자 증배 부재들에서의 계수율을 토대로 상기 방사선 물질의 방사선 값을 산출하는 단계인 것이 바람직하다.

[0020] 상기 정보획득단계에서, 상기 각 광전자 증배 부재와 방사선 물질 사이의 이격거리에 따른 방사선 물질의 실제 계수율에 대한 상기 각 광전자 증배 부재에서 측정된 계수율의 비율 정보를 획득한다.

발명의 효과

[0021] 본 발명에 따른 방사선 모니터링 시스템 및 이를 이용한 방사선 모니터링 방법은 격자구조로 배열된 섬광부재와 각 섬광부재의 양단부에 설치된 광전자 증배 부재들을 통해 측정된 계수율을 토대로 방사선을 모니터링 하므로 샘플을 채취하지 않고, 현장에 섬광부재를 설치하여 바로 측정할 수 있으며, 방사선 물질의 위치 뿐 아니라 방사선 물질의 방사능 값까지 산출할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명에 따른 방사선 모니터링 시스템에 대한 사시도이고,

도 2는 도 1의 방사선 모니터링 시스템에 대한 블럭도이고,

도 3은 도 1의 방사선 모니터링 시스템에 대한 제1섬광부재 및 광전자 증배 부재에 대한 측면도이고,

도 4는 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 방사선 모니터링 시스템에 대한 사시도이고,

도 5는 도 4의 방사선 모니터링 시스템에 대한 제1섬광부재 및 광전자 증배 부재에 대한 측면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 방사선 모니터링 시스템 및 이를 이용한 방사선 모니터링 방법에 대해 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다. 첨부된 도면에 있어서, 구조물들의 치수는 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대하여 도시한 것이다.

[0024] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.

[0025] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0026] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0027] 도 1 및 도 2에는 본 발명에 따른 방사선 모니터링 시스템(100)이 도시되어 있다.

[0028] 도면을 참조하면, 방사선 물질로부터 생성된 광양자에 반응하여 광을 생성하는 섬광검출유닛(110)과, 상기 섬광검출유닛(110)에 설치되어 섬광검출유닛(110)으로부터 생성된 광을 전기적 신호로 변환하는 다수의 광전자 증배 부재(120)와, 상기 광전자 증배 부재(120)들에 의해 변환된 전기적 신호를 토대로 상기 방사선 물질에 대한 정보를 산출하는 정보 산출부(130)를 포함한다.

[0029] 섬광검출유닛(110)은 다수의 제1섬광부재(111) 및 제2섬광부재(112)를 구비한다.

[0030] 제1섬광부재(111)는 제1방향을 따라 연장되며, 상기 제1방향에 대해 교차되는 제2방향을 따라 상호 이격되게 배열된다. 제2섬광부재(112)는 상기 제1섬광부재(111)에 대해 교차될 수 있도록 다수개가 제1방향을 따라 상호 이격되게 배열되고, 상기 제2방향을 따라 연장형성된다. 이때, 제1 및 제2섬광부재(111,112)는 플렉시블한 섬광섬유인 것이 바람직하다. 방사선 물질로부터 생성된 방사선은 제1 및 제2섬광부재(111,112)들에 입사된다. 제1 및

제2섬광부재(111,112)들로 입사된 방사선은 섬광부재에 포함된 원자들과 충돌하여 컴프턴 산란(Compton Scattering)을 일으킨다. 이 컴프턴 산란은 방사선이 섬광부재에 포함된 원자의 외곽 전자와 출동하면서 에너지를 잃는 대신 되튐 전자(recoilelectron)를 생성하는 동작이다. 생성된 되튐 전자는 입사된 방사선의 에너지 및 진행 방향에 따라 다양한 운동 에너지를 가진다. 되튐 전자는 진행 경로 상의 다른 원자들과 전기적 반응으로 반응한다. 이 되튐 전자는 전기전 반응에 의하여 운동 에너지를 잃고, 이온화된 원자와 결합하여 광을 발생시킨다. 즉, 제1 및 제2섬광부재(111,112)들은 방사선 물질로부터 생성되어 입사된 방사선을 광으로 변환한다.

[0031] 광전자 증배 부재(120)는 다수개가 제1 및 제2섬광부재(111,112)들의 양단부에 각각 설치되는 것으로서, 광전자 증배관(Photomultiplier tube: PMT)가 적용된다. 그러나, 광전자 증배 부재(120)는 이에 한정하는 것이 아니라 상기 제1 및 제2섬광부재(111,112)들로부터 생성된 광을 전기적 신호로 변환할 수 있는 수단이면 무엇이든 가능하다.

[0032] 정보산출부는 상기 광전자 증배 부재(120)들에 의해 전환되는 전기적 신호를 분석하여 상기 각 광전자 증배 부재(120)에서의 계수율을 산출하는 계수율 측정부(131)와, 상기 섬광검출유닛(110)에 대한 방사선 물질의 위치에 따른 상기 각 광전자 증배 부재(120)에서 측정된 계수율의 변화에 대한 정보가 저장된 데이터 베이스(132)와, 상기 계수율 측정부(131)로부터 측정된 계수율과 상기 데이터 베이스(132)에 저장된 정보를 토대로 상기 섬광검출유닛(110)에 대한 방사선 물질의 위치를 산출하는 위치산출부(133)를 구비한다.

[0033] 계수율 측정부(131)는 광전자 증배 부재(120)들에 연결되어 광전자 증배 부재(120)들에 의해 전환되는 전기적 신호에 따라 계수율을 산출한다. 상기 계수율 측정부(131)는 광전자 증배 부재(120)의 계수율들을 각각 산출할 수 있다.

[0034] 한편, 데이터 베이스(132)에 저장되는 정보는 상기 각 광전자 증배 부재(120)와 방사선 물질 사이의 이격거리에 따른 방사선 물질의 실제 계수율에 대한 상기 각 광전자 증배 부재(120)에서 측정된 계수율의 비율인 것이 바람직하다. 작업자는 섬광검출유닛(110)을 검사지역에 설치 전에 다수회 모의 실험을 통해 상기 정보를 획득하여 데이터 베이스(132)에 저장한다.

[0035] 상기 언급된 모의 실험은 다음과 같다. 작업자는 소정의 계수율을 갖는 방사선 물질 샘플을 준비하고, 제1 및 제2섬광부재(111,112)들에 대한 방사선 물질 샘플의 위치를 변경하며 계수율 측정부(131)를 통해 산출된 각 광전자 증배 부재(120)에서의 계수율 데이터를 획득한다. 이때, 작업자는 제1 및 제2섬광부재(111,112)들의 교차점들로 방사선 물질 샘플의 위치를 변경하면서 계수율을 측정할 수도 있다.

[0036] 다음, 작업자는 상기 계수율 데이터를 토대로 각 광전자 증배 부재(120)와 방사선 물질 사이의 이격거리에 따른 방사선 물질의 실제 계수율에 대한 상기 각 광전자 증배 부재(120)에서 측정된 계수율의 비율 정보를 획득한다. 이때. 획득된 비율 정보는 데이터 시트의 형태나 각 광전자 증배 부재(120)와 방사선 물질 사이의 이격거리에 대한 관계식의 형태로 정리되어 데이터 베이스(132)에 저장된다.

[0037] 또한, 데이터 베이스(132)에는 제1 및 제2섬광부재(111,112)의 전체 길이에 대한 정보도 정장되어 있는 것이 바람직하다.

[0038] 위치산출부(133)는 상기 계수율 측정부(131)로부터 측정된 계수율과 상기 데이터 베이스(132)에 저장된 정보를 토대로 상기 섬광검출유닛(110)에 대한 방사선 물질의 위치를 산출한다. 이때, 위치산출부(133)는 상기 제1 및 제2섬광부재(111,112)들 중 광이 생성된 섬광부재의 양단부에 각각 설치된 상기 광전자 증배 부재(120)들에서의 계수율을 이용하여 상기 섬광검출유닛(110)에 대한 방사선 물질의 위치를 산출한다. 도 3를 참조하여, 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0039] 위치산출부(133)는 계수율 측정부(131)로부터 측정된 계수율과 상기 데이터 베이스(132)에 저장된 정보를 토대로 하기의 수학식 1,2에 의해 방사선 물질의 위치를 산출한다.

수학식 1

[0040] $$C_A = A F_a(l_1)$$

[0041] 여기서, C_A는 광전자 증배 부재(120)A에서 측정된 계수율이고, $F_a(l_1)$은 광전자 증배부재A로부터 l_1만큼 이격된 위치에서의 방사선 물질의 실제 계수율에 대한 광전자 증배 부재(120)A에서 측정된 계수율의 비율이고, A는 방

사선 물질의 실제 계수율이다.

수학식 2

[0042] $$C_B = A F_b(L - l_1)$$

[0043] 여기서, C_B는 광전자 증배 부재(120)A에서 측정된 계수율이고, $F_b(L-l_1)$은 광전자 증배부재B로부터 $L-l_1$만큼 이격된 위치에서의 방사선 물질의 실제 계수율에 대한 광전자 증배 부재(120)B에서 측정된 계수율의 비율이고, A는 방사선 물질의 실제 계수율이다. 상기 수학식 1,2를 통해 l_1의 값을 산출할 수 있다. 이때, 섬광부재의 전체 길이 L에 대한 정보는 데이터 베이스(132)에 저장되어 있고, C_A 와 C_B는 계수율 측정부(131)를 통해 각각 측정할 수 있다. $F_a(l_1)$, $F_b(L-l_1)$도 데이터 베이스(132)에 저장된 정보를 통해 알 수 있는데, 비율에 대한 정보가 데이터 시트 형태로 저장된 경우, 데이터 시트의 값들을 각각 대입하여 수학식 1,2에 대응되는 값을 찾을 수 있고, 비율에 대한 정보가 관계식의 형태로 저장된 경우, 수학식 1,2에 관계식을 대입하여 수학식 1,2를 계산할 수 있다.

[0044] 상술된 바와 같이 구성된 본 발명에 따른 방사선 모니터링 시스템(100)을 이용한 방사선 모니터링 방법을 상세히 설명하면 다음과 같다. 상기 방사선 모니터링 방법은 준비단계, 정보획득단계, 설치단계, 계수율 산출단계 및 방사선 검출단계를 포함한다.

[0045] 준비단계는 섬광검출유닛(110)과, 광전자 증배 부재(120)를 준비하는 단계이다. 제1섬광부재(111)들과 제2섬광부재(112)들을 상호 교차되게 배열하고, 제1 및 제2섬광부재(111,112)의 양단부에 각각 광전자 증배 부재(120)를 설치한다.

[0046] 정보획득단계는 모의실험을 통해 섬광검출유닛(110)에 대한 방사선 물질의 위치에 따른 광정자 증부 부재에서 측정된 계수율의 변화에 대한 정보를 획득하는 단계이다. 이때, 상기 정보는 각 광전자 증배 부재(120)와 방사선 물질 사이의 이격거리에 따른 방사선 물질의 실제 계수율에 대한 각 광전자 증배 부재(120)에서 측정된 계수율의 비율인 것이 바람직하다.

[0047] 작업자는 소정의 계수율을 갖는 방사선 물질 샘플을 준비하고, 제1 및 제2섬광부재(111,112)들에 대한 방사선 물질 샘플의 위치를 변경하며 계수율 측정부(131)를 통해 산출된 각 광전자 증배 부재(120)에서의 계수율 데이터를 획득한다. 이때, 작업자는 제1 및 제2섬광부재(111,112)들의 교차점들로 방사선 물질 샘플의 위치를 변경하면서 계수율을 측정할 수도 있다.

[0048] 다음, 작업자는 상기 계수율 데이터를 토대로 각 광전자 증배 부재(120)와 방사선 물질 사이의 이격거리에 따른 방사선 물질의 실제 계수율에 대한 상기 각 광전자 증배 부재(120)에서 측정된 계수율의 비율 정보를 획득한다. 이때. 작업자는 획득된 비율 정보는 데이터 시트의 형태나 각 광전자 증배 부재(120)와 방사선 물질 사이의 이격거리에 대한 관계식의 형태로 정리하여 데이터 베이스(132)에 저장한다.

[0049] 설치단계는 정보획득단계가 완료되면 섬광검출유닛(110)을 감시지역에 설치하는 단계이다. 작업자는 제1 및 제2섬광부재(111,112)가 접힌 부분이 생기지 않도록 펼친 상태로 감시지역의 지면에 안착시킨다.

[0050] 계수율 산출단계는 설치단계 이후에 광전자 증배 부재(120)들에 의해 전환되는 전기적 신호를 분석하여 각 광전자 증배 부재(120)에서의 계수율을 산출하는 단계이다. 이때, 감시지역에 방사선 물질이 존재하면 상기 방사선 물질에서 대향되는 위치의 섬광부재에 광이 발생한다. 제1 및 제2섬광부재(111,112)들 중 광이 발생된 섬광부재의 양단부에 각각 설치된 광전자 증배 부재(120)들에 전기적 신호가 발생되고, 이 전기적 신호를 통해 계수율을 산출할 수 있다.

[0051] 방사선 검출단계는 계수율 산출단계에서 산출된 계수율을 토대로 상기 감시지역 내의 방사선 물질에 대한 정보를 산출하는 것으로서, 상기 정보획득단계를 통해 획득한 정보와 상기 계수율 산출단계를 통해 산출된 상기 각 광전자 증배 부재(120)에서의 계수율을 토대로 방사선 물질의 위치를 검출하는 단계이다. 위치검출부는 상술된 바와 같이 제1 및 제2섬광부재(111,112)들 중 광이 생성된 섬광부재의 양단부에 각각 설치된 광전자 증배 부재(120)들에서의 계수율, 데이터 베이스(132)에 저장된 정보를 토대로 방사선 물질의 위치를 산출한다.

[0052] 상기 언급된 바와 같이 구성된 본 발명에 따른 방사선 모니터링 시스템(100) 및 이를 이용한 방사선 모니터링

방법은 격자구조로 배열된 섬광부재와 각 섬광부재의 양단부에 설치된 광전자 증배 부재(120)들을 통해 측정된 계수율을 토대로 방사선을 모니터링 하므로 샘플을 채취하지 않고, 현장에 섬광부재를 설치하여 바로 측정할 수 있으며, 방사선 물질의 위치 뿐 아니라 방사선 물질의 방사능 값까지 산출할 수 있는 장점이 있다.

[0053] 한편, 도 4에는 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 정보 산출부(160)가 도시되어 있다.

[0054] 앞서 도시된 도면에서와 동일한 기능을 하는 요소는 동일 참조부호로 표기한다.

[0055] 도면을 참조하면, 상기 정보 산출부(160)는 상기 광전자 증배 부재(120)들에 의해 전환되는 전기적 신호를 분석하여 상기 각 광전자 증배 부재(120)에서의 계수율을 산출하는 계수율 측정부(162)와, 상기 섬광검출유닛(110)에 대한 방사선 물질의 위치에 따른 상기 각 광전자 증배 부재(120)에서 측정된 계수율의 변화에 대한 정보가 저장된 데이터 베이스(161)와, 상기 계수율 측정부(162)로부터 측정된 계수율 또는 상기 광전자 증대 부재의 전기적 신호를 토대로 상기 섬광검출유닛(110)에 대한 방사선 물질의 위치 정보를 산출하는 위치산출부(163)와, 상기 위치산출부(163)로부터 산출된 방사선 물질의 위치 정보, 상기 계수율 측정부(162)를 통해 측정된 계수율 및 상기 데이터 베이스(161)에 저장된 정보를 토대로 상기 방사선 물질의 방사능 값을 산출하는 방사능 산출부(164)를 구비한다.

[0056] 이때, 계수율 측정부(162), 데이터 베이스(161)는 앞서 언급된 계수율 측정부(162) 및 데이터 베이스(161)와 동일하므로 상세한 설명은 생략한다. 또한, 위치산출부(163)는 앞서 언급된 위치산출부(163)와 동일한 구성을 구비하나, 이에 한정하는 것이 아니라 각 광전자 증배 부재(120)가 변환하는 전기적 신호를 통해 방사선 물질의 위치를 산출할 수도 있다. 즉, 위치산출부(163)는 제1 및 제2섬광부재(111,112)들 중 광이 발생된 제1 및 제2섬광부재(111,112)를 검출하고, 검출된 제1 및 제2섬광부재(111,112)의 교차점을 방사선 물질의 위치로 판별할 수도 있다.

[0057] 방사능 산출부(164)는 상기 제1 및 제2섬광부재(111,112)들 중 광이 생성된 섬광부재의 양단부에 각각 설치된 상기 광전자 증배 부재(120)들에서의 계수율을 이용하여 상기 방사선 물질의 방사능 값을 산출한다. 즉, 방사능 산출부(164)는 상기 위치산출부(163)에서 산출된 위치정보를 통해 상기 광전자 증배 부재(120)들과 방사선 물질 사이의 이격거리를 산출하며, 상기 데이터 베이스(161)에 저장된 정보를 토대로 상기 광전자 증배 부재(120)들과 방사선 물질 사이의 이격거리에 대응되는 계수율의 변화 정보를 산출하고, 산출된 계수율의 변화 정보와 상기 각 광전자 증배 부재(120)들에서의 계수율을 토대로 상기 방사선 물질의 실제 계수율을 산출한다. 즉, 상술된 수학식 1,2에, 위치산출부(163)를 통해 산출된 방사선 물질 정보를 통해 데이터 베이스(161)로부터 획득한 $F_a(l_1)$, $F_b(L-l_1)$ 값을 대입하여 방사선 물질의 실제 계수율을 산출한다.

[0058] 한편, 도 5에 도시된 바와 같이 하나의 섬광부재 상에 두 개의 방사선 물질이 검출된 경우, 하기의 수학식 3,4를 통해 각각의 방사선 물질의 실제 계수율을 산출할 수 있다.

수학식 3

[0059] $$C_A = A_a F_A(d_1) + A_b F_A(d_3)$$

[0060] 여기서, C_A는 광전자 증배 부재(120)A에서 측정된 계수율이고, $F_A(d_1)$은 광전자 증배부재A로부터 d_1만큼 이격된 위치에서의 방사선 물질(a)의 실제 계수율에 대한 광전자 증배 부재(120)A에서 측정된 계수율의 비율이고, $F_A(d_3)$은 광전자 증배부재A로부터 d_3만큼 이격된 위치에서의 방사선 물질(b)의 실제 계수율에 대한 광전자 증배 부재(120)A에서 측정된 계수율의 비율이다. A_a는 방사선 물질(a)의 실제 계수율이고, A_b는 방사선 물질(a)의 실제 계수율이다.

수학식 4

[0061] $$C_B = A_a F_B(d_2) + A_b F_B(d_4)$$

[0062] 여기서, C_B는 광전자 증배 부재(120)B에서 측정된 계수율이고, $F_B(d_2)$은 광전자 증배부재B로부터 d_2만큼 이격된

위치에서의 방사선 물질(a)의 실제 계수율에 대한 광전자 증배 부재(120)B에서 측정된 계수율의 비율이고, $F_B(d_4)$은 광전자 증배부재B로부터 d_4만큼 이격된 위치에서의 방사선 물질(b)의 실제 계수율에 대한 광전자 증배 부재(120)B에서 측정된 계수율의 비율이다. A_a는 방사선 물질(a)의 실제 계수율이고, A_b는 방사선 물질(a)의 실제 계수율이다.

[0063] 상기 수학식 3,4를 상호 연립하면 하기의 수학식 5를 산출할 수 있다.

수학식 5

[0064] $$A_a=(C_A F_B(d_4)-C_B F_A(d_3))/(F_A(d_1)F_B(d_4)-F_A(d_3)F_B(d_2))$$

[0065] $$A_b=(C_A F_B(d_2)-C_B F_A(d_1))/(F_A(d_3)F_B(d_2)-F_A(d_1)F_B(d_4))$$

[0066] C_A 와 C_B는 계수율 측정부(162)를 통해 각각 측정할 수 있고, $F_A(d_1)$, $F_A(d_3)$, $F_B(d_2)$, $F_B(d_4)$도 데이터 베이스(161)에 저장된 정보를 통해 알 수 있다.

[0067] 상술된 바와 같이 방사능 산출부(164)는 데이터 베이스(161)에 저장된 비율정보를 토대로 계산할 수 있으므로 다수의 방사선 물질에 대한 방사능 값을 동시에 산출할 수 있다.

[0068] 한편, 상기 언급된 바와 같이 구성된 본 발명에 따른 방사선 모니터링 시스템(100)을 이용한 방사선 모니터링 방법을 상세히 설명하면 다음과 같다. 상기 방사선 모니터링 방법은 준비단계, 정보획득단계, 설치단계, 계수율 산출단계 및 방사선 검출단계를 포함한다. 상기 준비단계, 정보획득단계, 설치단계, 계수율 산출단계은 상술된 준비단계, 정보획득단계, 설치단계, 계수율 산출단계와 동일하므로 상세한 설명은 생략한다.

[0069] 방사선 검출단계는 위치산출단계, 계수율 산출단계를 포함한다.

[0070] 위치산출단계는 상기 광전자 증배 부재(120)들에서의 전기적 신호 또는 상기 계수율 산출단계를 통해 산출된 상기 각 광전자 증배 부재(120)에서의 계수율을 토대로 방사선 물질의 위치를 산출하는 단계이다. 작업자는 상술된 바와 같이 위치산출부(163)를 통해 제1 및 제2섬광부재(111,112)들에 대한 방사선 물질의 위치를 산출한다.

[0071] 계수율 산출단계는 상기 위치 산출단계로부터 획득한 방사선 물질의 위치정보, 상기 계수율 산출단계를 통해 산출된 계수율 및 상기 정보획득단계를 통해 획득한 정보를 토대로 상기 방사선 물질의 계수율을 산출하는 단계이다. 방사능 산출부(164)는 상술된 바와 같이 제1 및 제2섬광부재(111,112)들 중 광이 생성된 섬광부재의 양단부에 각각 설치된 광전자 증배 부재(120)들에서의 계수율, 위치산출부(163)에서 산출된 방사능 물질의 위치 정보 및 데이터 베이스(161)에 저장된 정보를 토대로 방사선 물질의 계수율을 산출한다.

[0072] 제시된 실시예들에 대한 설명은 임의의 본 발명의 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 이용하거나 또는 실시할 수 있도록 제공된다. 이러한 실시예들에 대한 다양한 변형들은 본 발명의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진자에게 명백할 것이며, 여기에 정의된 일반적인 원리들은 본 발명의 범위를 벗어남이 없이 다른 실시예들에 적용될 수 있다. 그리하여, 본 발명은 여기에 제시된 실시예들로 한정되는 것이 아니라, 여기에 제시된 원리들 및 신규한 특징들과 일관되는 최광의의 범위에서 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

[0073] 100: 방사능 모니터링 시스템

110: 섬광검출유닛

111: 제1섬광부재

112: 제2섬광부재

120: 광전자 증배 부재

130: 정보 산출부

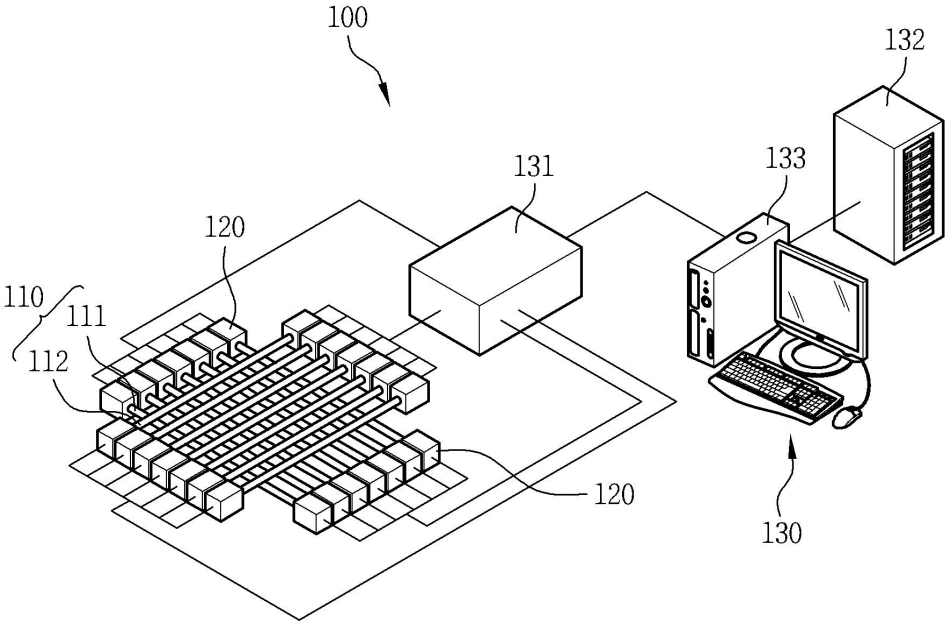
131: 계수율 측정부

132: 데이터 베이스

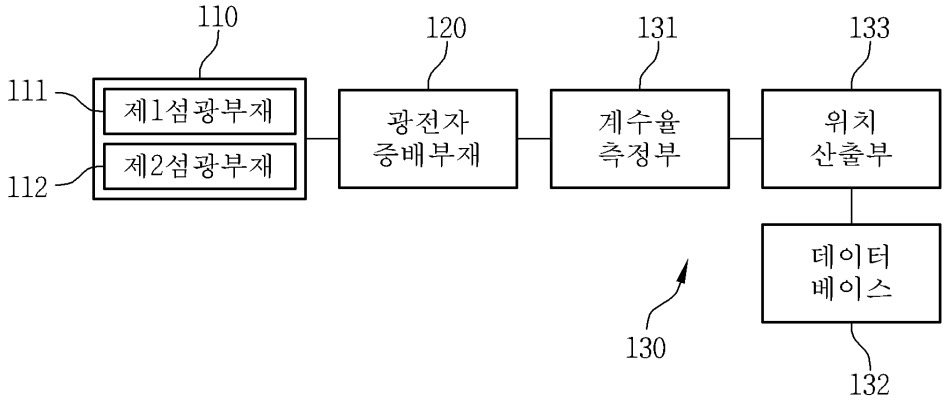
133: 위치산출부

도면

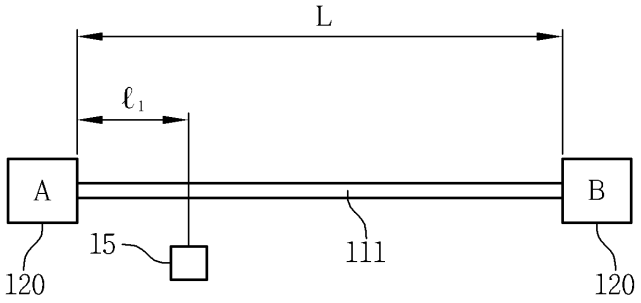
도면1



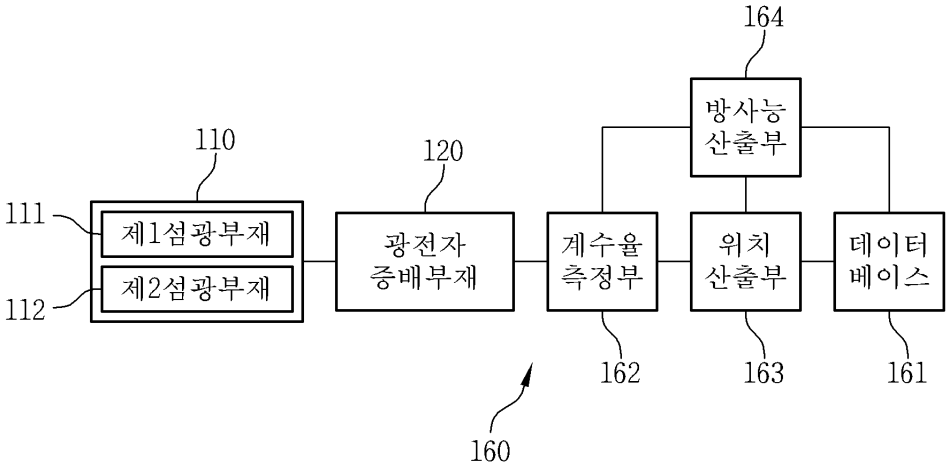
도면2



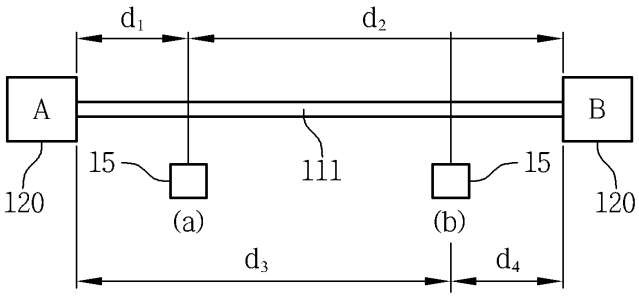
도면3


L
ℓ1
A
B
15
111
120
120

도면4


164
방사능
산출부
110
120
111
제1섬광부재
112
제2섬광부재
광전자
증배부재
계수율
측정부
위치
산출부
데이터
베이스
162
163
161
160

도면5


d1
d2
A
B
15
111
15
120
120
(a)
(b)
d3
d4