

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2013-0040473 (43) 공개일자 2013년04월24일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) G01T 1/167 (2006.01) G01T 1/20 (2006.01)		(71) 출원인 서강대학교산학협력단
(21) 출원번호	10-2011-0105261	서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
(22) 출원일자	2011년10월14일	
심사청구일자	2011년10월14일	(72) 발명자
		이기진
		서울특별시 종로구 자하문로12길 11-5 (창성동)
		이정하
		서울특별시 마포구 대흥동 660, 태영아파트 106동 1602호
		(뒷면에 계속)
		(74) 대리인
		특허법인충현

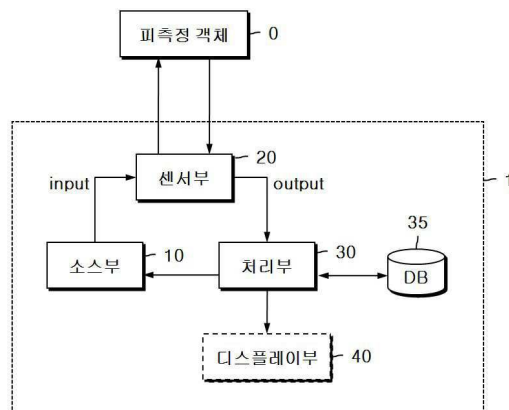
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 유전체 공진기를 이용한 방사능 측정 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 유전체 공진기를 이용한 방사능 측정 장치 및 방법에 관한 것으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 방사능 측정 장치는, 전자계 에너지를 생성하는 소스부, 방사선 흡수 물질을 이용하여 상기 피측정 객체와 상호작용함으로써 방사선을 흡수하여 유전율이 변화하는 유전체 공진기를 통해 소스부로부터 생성된 전자계 에너지를 입력받아 피측정 객체에 조사하고 피측정 객체로부터 반사되는 전파를 검출하는 센서부, 및 소스부를 제어하여 센서부의 공진 주파수를 결정하고 센서부를 통해 검출된 전파의 공진 주파수 및 반사율의 변화로부터 피측정 객체의 방사능을 검출하는 처리부를 포함한다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

김종철

서울특별시 강동구 명일동 삼익 그린2차아파트 60
3동 809호

김승완

서울특별시 관악구 신림11동 1700 라이프아파트
605호

장영수

충청북도 청주시 흥덕구 분평동 주공아파트
113-404

특허청구의 범위

청구항 1

소정 주파수의 전자계 에너지를 생성하는 소스(source)부;

상기 소스부로부터 생성된 전자계 에너지를 입력받아 피측정 객체에 조사하고, 상기 피측정 객체로부터 반사되는 전파를 검출하는 센서(sensor)부; 및

상기 소스부를 제어하여 상기 센서부의 공진 주파수를 결정하고, 상기 센서부를 통해 검출된 전파의 공진 주파수 및 반사율의 변화로부터 상기 피측정 객체의 방사능을 검출하는 처리부를 포함하고,

상기 센서부는 방사선 흡수 물질을 이용하여 상기 피측정 객체와 상호작용함으로써 상기 피측정 객체로부터 방사선을 흡수하여 유전률이 변화하는 유전체 공진기를 구비하는 것을 특징으로 하는 방사능 측정 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 방사선 흡수 물질은,

상기 피측정 객체로부터 방사되는 방사선을 흡수하여 구조가 변화하고, 상기 변화된 구조에 의해 상기 유전률이 변화하는 것을 특징으로 하는 방사능 측정 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 방사선 흡수 물질은,

상기 피측정 객체로부터 방사선이 입사하면 양자의 상호작용에 의해 에너지를 흡수하고,

상기 흡수된 에너지를 이용하여 2차 전자가 바닥 상태에 있는 상기 방사선 흡수 물질의 전자 또는 이온을 여기하며,

상기 여기된 에너지의 차이에 의해 상기 방사선 흡수 물질의 구조를 변화시킴으로써 상기 유전률이 변화하는 것을 특징으로 하는 방사능 측정 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 처리부는 상기 센서부를 통해 검출된 전파의 공진 주파수 및 반사율의 변화를 미리 저장된 데이터베이스와 비교함으로써 상기 피측정 객체에 의해 유도된 상기 방사선 흡수 물질의 유전률의 정량적 변화에 대한 시각적인 데이터를 생성하고,

상기 생성된 시각적인 데이터를 표시하는 디스플레이부를 더 포함하는 방사능 측정 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 방사성 흡수 물질의 반사 계수 및 주파수는 상기 피측정 객체로부터 방사되는 방사선에 의해 변화하고,

상기 센서부는 상기 반사 계수 및 주파수 변화에 따른 유전상수(dielectric permittivity)를 이용하여 상기 피측정 객체로부터 반사되는 전파를 검출하는 것을 특징으로 하는 방사능 측정 장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 전자계 에너지 및 전파는 상기 피측정 객체와의 상호작용을 고려하여 설정된 마이크로파(microwave)인 것

을 특징으로 하는 방사능 측정 장치.

청구항 7

센서를 구비하여 방사능을 측정하는 장치에 있어서,

상기 센서는,

방사선 흡수 물질을 이용하여 피측정 객체와 상호작용함으로써 상기 피측정 객체로부터 방사선을 흡수하여 구조가 변화하고, 상기 변화된 구조에 의해 유전률이 변화하는 유전체 공진기를 구비하고,

전자계 에너지를 입력받아 상기 피측정 객체에 조사하고,

상기 피측정 객체와의 상호작용 결과, 상기 피측정 객체로부터 반사되는 전파의 공진 주파수 및 반사율의 변화를 검출하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 방사선 흡수 물질은,

상기 피측정 객체로부터 방사선이 입사하면 양자의 상호작용에 의해 에너지를 흡수하고,

상기 흡수된 에너지를 이용하여 2차 전자가 바닥 상태에 있는 상기 방사선 흡수 물질의 전자 또는 이온을 여기하며,

상기 여기된 에너지의 차이에 의해 상기 방사선 흡수 물질의 구조를 변화시킴으로써 상기 유전률이 변화하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 방사선 흡수 물질은,

적은 방사선 에너지에서 상대적으로 발광 효과가 큰 물질인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 10

제 7 항에 있어서,

상기 방사선 흡수 물질은,

요오드화나트륨, 요오드화세슘, 요오드화리튬, 또는 용매에 용해된 액체신틸레이터 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 11

소정 주파수의 전자계 에너지를 생성하여 입력받는 단계;

센서가 상기 입력된 전자계 에너지를 피측정 객체에 조사하는 단계;

상기 센서가 상기 피측정 객체로부터 반사되는 전파를 검출하는 단계; 및

상기 검출된 전파의 공진 주파수 및 반사율의 변화로부터 상기 피측정 객체의 방사능을 검출하는 단계를 포함하고,

상기 센서는 방사선 흡수 물질을 이용하여 상기 피측정 객체와 상호작용함으로써 상기 피측정 객체로부터 방사선을 흡수하여 유전률이 변화하는 유전체 공진기를 구비하는 것을 특징으로 하는 방사능 측정 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 방사선 흡수 물질은,

상기 피측정 객체로부터 방사되는 방사선을 흡수하여 구조가 변화하고, 상기 변화된 구조에 의해 상기 유전률이 변화하는 것을 특징으로 하는 방사능 측정 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 방사선 흡수 물질은,

상기 피측정 객체로부터 방사선이 입사하면 양자의 상호작용에 의해 에너지를 흡수하고,

상기 흡수된 에너지를 이용하여 2차 전자가 바닥 상태에 있는 상기 방사선 흡수 물질의 전자 또는 이온을 여기 하며,

상기 여기된 에너지의 차이에 의해 상기 방사선 흡수 물질의 구조를 변화시킴으로써 상기 유전률이 변화하는 것을 특징으로 하는 방사능 측정 방법.

청구항 14

제 11 항에 있어서,

전파의 공진 주파수 및 반사율의 변화에 따른 방사능 정보를 생성하여 미리 데이터베이스에 저장하는 단계; 및

상기 피측정 객체의 방사능량에 대한 시각적인 데이터를 디스플레이 장치를 통해 표시하는 단계를 더 포함하고,

상기 방사능을 검출하는 단계는, 상기 센서를 통해 검출된 전파의 공진 주파수 및 반사율의 변화를 상기 미리 저장된 데이터베이스와 비교함으로써 상기 피측정 객체에 의해 유도된 상기 방사선 흡수 물질의 유전률의 정량적 변화에 대한 시각적인 데이터를 생성하는 것을 특징으로 하는 방사능 측정 방법.

청구항 15

제 11 항에 있어서,

상기 방사성 흡수 물질의 반사 계수 및 주파수는 상기 피측정 객체로부터 방사되는 방사선에 의해 변화하고,

상기 센서부는 상기 반사 계수 및 주파수 변화에 따른 유전상수를 이용하여 상기 피측정 객체로부터 반사되는 전파를 검출하는 것을 특징으로 하는 방사능 측정 방법.

명 세 서

기술 분야

[0001] 본 발명은 방사능 측정 장치 및 방법에 관한 것으로, 특히 근접장(near field) 원리를 이용한 전자기파 유전체 공진기를 사용하여 미세한 방사능을 측정하기 위한 센서, 그 센서를 구비한 방사능 측정 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 방사능(radioactivity)이라 함은 어떤 원자핵이 붕괴(decay)하여 원자핵의 구성물질의 일부를 방출하는 현상을 말한다. 그리고 그렇게 자발적으로 붕괴할 수 있는 원자핵을 함유한 물질을 방사성 물질이라 한다. 이러한 현상은 1896년 프랑스의 물리학자 베르셀(Becquerel)에 의하여 최초로 발견된 이래 끊임없이 연구되어 왔다. 한편 이렇게 원자핵의 변화에서 발생하는 모든 것들을 방사선(radioactive ray)이라 하는데, 일반적으로 자연 방사능 물질에서 나오는 것으로는 α 선, β 선, γ 선이 주종을 이루기 때문에 이들만을 말하기도 한다. 또한 원자로에서 주로 방출되는 중성자선도 현대에 이르러서는 중요한 방사선의 하나라 할 수 있다.

[0003] 방사선을 측정하는 방법에는 방사선이 일으키는 이온화를 이용해서 전기적인 측정을 하는 방법, 방사선의 형광작용을 이용하는 방법, 감광작용을 이용하는 방법이 있다. 이러한 방사능의 측정은 기본적으로 방사선이 물질과 상호작용을 하는 것을 이용하게 된다. 방사선이 기체를 지날 때 기체를 이온화시키는 것을 이용한 가이거(Geiger) 관, 안개상자 등이 있고, 또 방사선이 형광물질에 충돌하여 내는 형광을 관측하는 섬광계수기, 사진건판을 감광시키는 것을 이용한 원자핵건판 등이 있다. 이러한 장치들은 방사선이 가지고 있는 에너지, 개수 등을 측정하는 것이다.

[0004] 전기 측정 방법은 가장 오래된 것으로서, 가이거-뮐러 계수기(Geiger-Muller counter)가 대표적이다. 이 계수기는 기체가 이온화되었을 때 전류가 기체 사이를 흐른다는 점을 이용하여, 전류의 세기를 가지고 방사선을 측정한다. 이런 식으로 기체의 이온화를 이용해서 전기적인 방식으로 측정하는 기구를 통틀어 이온화상자(ionization chamber)라고 한다. 또한, 방사선이 가진 에너지가 감소하면서 형광이 나타나는 현상인 신틸레이션(scintillation)을 이용한 측정 방법이 있다. 이 측정 기구를 신틸레이션 계수기라고 하며, 형광물질을 칠한 막에 방사선이 충돌했을 때 나오는 형광의 세기를 정밀하게 측정하는 기구이다. 아래에서 제시되는 비특허문헌에는 이러한 신틸레이션을 이용한 측정 방법의 일례가 제시되어 있다.

[0005] 한편 방사선에 피폭된 생체나 물질에 흡수된 에너지의 양을 방사선량(radiation dose)이라 한다. 인체에 방사선이 흡수되면 방사선량의 정도에 따라 폐해가 나타나므로 실제로 원자력 관련 기관에 종사하는 사람은 방사선량계(radiation dosimetry)를 부착하고 있다. 방사선량계는 플라스틱 용기 안에 집전용 전극과 이온화가 잘 되는 원통 용기로 되어 방사선에 노출된 정도에 따라 대전량이 달라지는 구조로 되어 있는 포켓형, 사진건판을 빛에 노출되지 않게 검은 카드 속에 밀폐시킨 형태, 고체로 되어 있어 장시간에 걸쳐서 노출된 선량이 그 고체의 내부적인 구조상의 결함을 만들어 내고 이 정도를 측정하는 것 등이 있다.

[0006] 그러나, 이상과 같은 종래의 방사능 측정 장치들은 매우 고가이며, 구성이 복잡하여 특수한 목적을 위한 경우가 아니라면 기기의 도입이 쉽지 않다. 따라서, 범용적이고 다양한 장소에서 방사능 측정이 요구되는 상황 하에서 방사능의 농도를 보다 정확하고 빠르게 검출할 수 있는 장치의 개발이 요구된다.

선행기술문헌

비특허문헌

[0007] (비특허문헌 0001) 원자력기초용어집, 일본원자력연구소 국제원자력종합기술센터, 1997

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 방사선이 일으키는 이온화를 이용해서 전기적인 측정을 하는 방법, 방사선의 형광작용을 이용하는 방법 및 감광작용을 이용하는 방법 등을 직접적으로 이용하는 방법을 통한 종래의 방사능 측정 장치들이 그 구조가 복잡하고, 부피가 크며, 고가의 부품으로 구성됨으로써 대중에게 널리 활용되기에 어렵다는 한계를 극복하고, 방사능의 농도 검출의 정확도가 떨어지고 시간이 오래 걸리는 문제점을 해결하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기 기술적 과제를 해결하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 방사능 측정 장치는, 소정 주파수의 전자계 에너지를 생성하는 소스(source)부; 상기 소스부로부터 생성된 전자계 에너지를 입력받아 피측정 객체에 조사하고, 상기 피측정 객체로부터 반사되는 전파를 검출하는 센서(sensor)부; 및 상기 소스부를 제어하여 상기 센서부의 공진 주파수를 결정하고, 상기 센서부를 통해 검출된 전파의 공진 주파수 및 반사율의 변화로부터 상기 피측정 객체의 방사능을 검출하는 처리부를 포함하고, 상기 센서부는 방사선 흡수 물질을 이용하여 상기 피측정 객체와 상호작용함으로써 상기 피측정 객체로부터 방사선을 흡수하여 유전율이 변화하는 유전체 공진기를 구비한다.

[0010] 상기된 방사능 측정 장치에서 상기 방사선 흡수 물질은, 상기 피측정 객체로부터 방사되는 방사선을 흡수하여 구조가 변화하고, 상기 변화된 구조에 의해 상기 유전율이 변화한다.

[0011] 또한, 상기된 방사능 측정 장치에서 상기 처리부는 상기 센서부를 통해 검출된 전파의 공진 주파수 및 반사율의 변화를 미리 저장된 데이터베이스와 비교함으로써 상기 피측정 객체에 의해 유도된 상기 방사선 흡수 물질의 유전율의 정량적 변화에 대한 시각적인 데이터를 생성하고, 상기 생성된 시각적인 데이터를 표시하는 디스플레이부를 더 포함한다.

[0012] 또한, 상기된 방사능 측정 장치에서 상기 방사성 흡수 물질의 반사 계수 및 주파수는 상기 피측정 객체로부터 방사되는 방사선에 의해 변화하고, 상기 센서부는 상기 반사 계수 및 주파수 변화에 따른 유전상수(dielectric

permittivity)를 이용하여 상기 피측정 객체로부터 반사되는 전파를 검출한다.

- [0013] 상기 기술적 과제를 해결하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 센서를 구비하여 방사능을 측정하는 장치에서, 상기 센서는, 방사선 흡수 물질을 이용하여 피측정 객체와 상호작용함으로써 상기 피측정 객체로부터 방사선을 흡수하여 구조가 변화하고, 상기 변화된 구조에 의해 유전률이 변화하는 유전체 공진기를 구비하고, 전자계 에너지를 입력받아 상기 피측정 객체에 조사하고, 상기 피측정 객체와의 상호작용 결과, 상기 피측정 객체로부터 반사되는 전파의 공진 주파수 및 반사율의 변화를 검출한다.
- [0014] 상기된 방사능을 측정하는 장치의 센서에서, 상기 방사선 흡수 물질은, 상기 피측정 객체로부터 γ 선이 입사하면 양자의 상호작용에 의해 에너지를 흡수하고, 상기 흡수된 에너지를 이용하여 2차 전자가 바닥 상태에 있는 상기 방사선 흡수 물질의 전자 또는 이온을 여기하며, 상기 여기된 에너지의 차이에 의해 상기 방사선 흡수 물질의 구조를 변화시킴으로써 상기 유전률이 변화한다.
- [0015] 상기 기술적 과제를 해결하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 방사능 측정 방법은, 소정 주파수의 전자계 에너지를 생성하여 입력받는 단계; 센서가 상기 입력된 전자계 에너지를 피측정 객체에 조사하는 단계; 상기 센서가 상기 피측정 객체로부터 반사되는 전파를 검출하는 단계; 및 상기 검출된 전파의 공진 주파수 및 반사율의 변화로부터 상기 피측정 객체의 방사능을 검출하는 단계를 포함하고, 상기 센서는 방사선 흡수 물질을 이용하여 상기 피측정 객체와 상호작용함으로써 상기 피측정 객체로부터 방사선을 흡수하여 유전률이 변화하는 유전체 공진기를 구비한다.
- [0016] 상기된 방사능 측정 방법에서, 상기 방사선 흡수 물질은, 상기 피측정 객체로부터 방사되는 방사선을 흡수하여 구조가 변화하고, 상기 변화된 구조에 의해 상기 유전률이 변화한다.
- [0017] 또한, 상기된 방사능 측정 방법은, 전파의 공진 주파수 및 반사율의 변화에 따른 방사능 정보를 생성하여 미리 데이터베이스에 저장하는 단계; 및 상기 피측정 객체의 방사능량에 대한 시각적인 데이터를 디스플레이 장치를 통해 표시하는 단계를 더 포함하고, 상기 방사능을 검출하는 단계는, 상기 센서를 통해 검출된 전파의 공진 주파수 및 반사율의 변화를 상기 미리 저장된 데이터베이스와 비교함으로써 상기 피측정 객체에 의해 유도된 상기 방사선 흡수 물질의 유전률의 정량적 변화에 대한 시각적인 데이터를 생성한다.
- [0018] 또한, 상기된 방사능 측정 방법에서, 상기 방사성 흡수 물질의 반사 계수 및 주파수는 상기 피측정 객체로부터 방사되는 방사선에 의해 변화하고, 상기 센서부는 상기 반사 계수 및 주파수 변화에 따른 유전상수를 이용하여 상기 피측정 객체로부터 반사되는 전파를 검출한다.

발명의 효과

- [0019] 본 발명의 실시예들은 방사선 흡수 물질을 이용하여 피측정 객체와의 상호작용을 통해 방사선을 흡수하여 유전률이 변화하는 유전체 공진기를 채택함으로써, 상대적으로 저렴한 부품만으로도 방사능 측정 장치를 구현할 수 있으며, 전자계 에너지를 통한 조사 및 반사율 측정을 통해 에너지 손실없이 보다 빠르고 감도가 우수한 방사능 측정을 달성할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 도 1은 요오드화 나트륨을 이용한 방사능 검출기를 예시한 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 유전체 공진기를 이용한 방사능 측정 장치를 도시한 블록도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 유전체 공진기를 이용한 방사능 측정 방법을 도시한 흐름도이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예들이 채택하고 있는 방사능 측정 센서에서 방사능 흡수 물질을 이용하여 방사능을 검출하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 실시예들에 따른 유전체 공진기를 이용한 방사능 측정 장치를 사용하여 방사능 반응을 측정할 실험 결과를 예시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 본 발명의 실시예들을 설명하기에 앞서 본 발명이 속하는 기술 분야에서 방사능을 측정하는 방법의 일례와 그에 따른 문제점을 제시하고자 한다.
- [0022] 방사선은 형광체 내의 원자나 분자를 들뜨게 하는데, 이러한 여기 에너지가 빛으로 방출되는 경우 신틸레이션이

된다. 할로젠화알칼리나 황화아연 등의 무기결정에서는 전도대로 여기된 전자가 발광중심인 격자결함이나 불순물 원자에 포착되어 발광하는 것이며, 발광 세기나 스펙트럼 및 감쇠 시간은 발광중심의 종류나 농도 및 발광중심과 모체결정의 조합에 크게 좌우된다.

[0023] 유기결정이나 유기액체 및 비활성기체에서는 대부분의 경우 여기 내지 발광의 과정이 동일 원자 또는 분자 안에서 일어나는 것으로 생각되나 무기물질만큼 분명하지는 않다. 발광 스펙트럼은 일반적으로 가시광선영역 및 자외선영역에 있으며 감쇠 시간은 $10^{-9} \sim 10^{-3}$ s 정도가 된다.

[0024] 도 1은 요오드화 나트륨(NaI)을 이용한 방사능 검출기를 예시한 도면으로서, 미량의 탈륨(Tl)을 함유하는 요오드화 나트륨(NaI)의 결정으로 된 통칭 NaI(Tl) 신틸레이터라고 부르는 신틸레이터 검출기를 소개하고 있다. 이러한 신틸레이터 검출기는 요오드화 나트륨(NaI)의 결정과 입사된 감마(γ)선과의 상호작용에 의해 발생하는 빛(섬광)을 이용하여 감마선을 측정하는 방법을 이용한다.

[0025] 보다 구체적으로, 차광케이스(110) 내에는 알루미늄 케이스(120)와 그 내부에 구비된 반사재(130)와 다이노드를 감싸는 자기쉴(190)이 형성되며, 반사재(130)의 내부는 신틸레이터(요오드화 나트륨 단결정)(140)로 채워진다. NaI(Tl)의 결정(140)에 감마선이 입사하면, 양자의 상호작용(광전자효과, 콤프턴산란 및 전자쌍생성 등을 의미한다.)에 의하여 2차 전자가 NaI(Tl) 결정물질을 여기하고, 이러한 여기 상태가 정상 상태로 되돌아 갈 때 분자가 신틸레이션이라고 불리는 섬광을 발생한다. 투명창(150)을 통과한 형광이 광전면(160)에 부딪치면, 광전자가 튀어나와 집속전극(170)을 통해 집속된다.

[0026] 광의 강도는 결정 내에서 2차 전자가 잃어버린 에너지에 비례하기 때문에 입사된 감마선의 에너지와 강도에 관한 정보(감마선의 에너지 스펙트럼 또는 감마선량률이 될 수 있다.)를 얻을 수 있다. 이렇게 발생한 섬광은 미약하기 때문에, 신틸레이터 검출기는 광전자증배관을 이용하여 광전면에서 빛을 전자로 변환하고, 이러한 전자를 빛의 강도에 비례하는(즉, 방사선의 양에 비례함을 의미한다.) 전류펄스로 변환하여 방사선측정기로 활용할 수 있다. 도 1에서 집속전극(170)을 통과한 광전자는 다수의 다이노드(dynode)에 의해 증배되어서 양극(180)에서 큰 전기신호를 생성하는 구성이 예시되어 있다.

[0027] 도 1에 예시된 신틸레이터 검출기는 신틸레이션의 감쇠 시간이 짧으므로 분해시간이 작은 빠른 측정이 가능하고, 형광량과 흡수 에너지의 비례 관계로부터 에너지 측정이 가능하다는 잇점이 있다. 그러나, 이 기기는 워낙 고가의 장비라 특수한 목적을 위한 것이 아니라면 일반적인 방사능 측정 환경에서 구입하여 사용하기에 매우 부담스럽다. 따라서, 이하에서는 이러한 복잡하고 고가의 부품으로 구성되지 않고도 빠르고 간편하게 정확한 방사능 농도를 측정할 수 있는 방사능 측정기와 그 방법에 관해 도면을 참조하여 설명하도록 한다.

[0028] 이하에서 제시될 본 발명의 실시예들은 근접장 원리에 따른 마이크로파 현미경의 전자기와 유전체 공진기를 사용하여 유전 특성(dielectric property)이 변화하는 성질을 검출함으로써 방사능을 측정하는 방법을 제안한다. 이를 위해 본 발명의 실시예들은 공통적으로 전자계 에너지가 집중되는 유전체 공진기의 중앙에 방사선 흡수 물질(radio achieve materials 또는 그 용액)을 사용하여 미세 농도의 방사능을 측정하는 방법을 채택하고 있다. 또한, 이하의 실시예들은 피측정 객체의 방사선을 전자기(electromagnetic, EM)를 이용하여 측정하고자 한다. 이러한 전자기 매체로는 전파, 특히 마이크로파가 이용될 수 있으며, 본 발명의 실시예들은 피측정 객체 내의 방사선량과 그 변화를 실시간으로 모니터링하는데 적용될 수 있는 마이크로파 센서를 제안한다.

[0029] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 유전체 공진기를 이용한 방사능 측정 장치(1)를 도시한 블록도로서, 피측정 객체(0)로부터 방사능을 측정하는 세부 블록들을 포함한다. 방사능 측정 장치(10)는 크게 소스(source)부(10), 센서(sensor)부(20), 처리부(30) 및 이에 수반된 데이터베이스(35)를 포함한다. 또한, 추가적으로 처리부(30)를 통해 생성된 정보를 표시하는 디스플레이부(40)가 활용될 수 있다.

[0030] 소스(source)부(10)는 일정 범위의 주파수에 해당하는 전자계 에너지를 생성한다. 이러한 전자계 에너지는 피측정 객체(0)의 방사선과 상호작용할 수 있는 다양한 에너지원이 사용될 수 있으나, 본 실시예에서는 전파를 이용하는 방법을 예시하고 있으며, 그 중에서도 특히 피측정 객체와의 상호작용을 고려하여 설정된 마이크로파(microwave)가 활용될 수 있다. 이러한 전자계 에너지는 이후에 설명할 처리부(30)에 의해 제어되어 피측정 객체에 적합한 수준의 주파수를 생성하게 된다. 예를 들어, 본 발명의 실시예들이 구현되는 환경을 고려할 때, 전자계 에너지는 MHz 영역에서부터 GHz 영역의 주파수에 걸쳐 선택될 수 있는데, 이러한 주파수는 이하에서 기술될 센서부(20)의 유전체 공진기에 전자기 에너지를 집중시킬 수 있는 수준으로 결정되어야 할 것이다.

[0031] 센서(sensor)부(20)는 소스부(10)로부터 생성된 전자계 에너지를 입력받아 피측정 객체에 조사하고, 피측정 객체로부터 반사되는 전파를 검출한다. 특히, 본 발명의 실시예들을 통해 이러한 센서부(20)는 방사선 흡수 물질

을 이용하여 피측정 객체(0)와 상호작용함으로써 피측정 객체(0)로부터 방사선을 흡수하여 유전률이 변화하는 유전체 공진기를 구비한다. 이 때, 방사선 흡수 물질은 앞서 도 1을 통해 설명한 신틸레이터와 유사한 역할을 수행하여 방사능의 농도를 검출하는데 사용된다. 따라서, 방사성 흡수 물질의 반사 계수 및 주파수는 피측정 객체(0)로부터 방사되는 방사선에 의해 변화하고, 센서부(20)는 반사 계수 및 주파수 변화에 따른 유전상수(dielectric permittivity)를 이용하여 피측정 객체(0)로부터 반사되는 전파를 검출한다.

[0032] 이상에서 기술한 바와 같이, 본 발명의 실시예들에 따른 유전체 공진기는 유전체 공진기 형태의 센서의 중심에 피측정 객체(0)의 방사선을 흡수할 수 있도록 특별히 선택된 방사선 흡수 물질을 채택하고 있으며, 이러한 방사선 흡수 물질은 피측정 객체로부터 방사되는 방사선을 흡수하여 그 구조가 변화하고 변화된 구조에 의해 유전률이 변화하는 속성을 갖는다. 즉, 방사선 흡수 물질은, 피측정 객체(0)로부터 방사선이 입사하면 양자의 상호작용에 의해 에너지를 흡수하고, 흡수된 에너지를 이용하여 2차 전자가 바닥 상태에 있는 방사선 흡수 물질의 전자 또는 이온을 여기하며, 여기된 에너지가 안정 상태로 변화할 때 그 에너지 차이에 의해 방사선 흡수 물질의 구조를 변화시킴으로써 유전률이 변화하는 속성을 나타낸다.

[0033] 이러한 속성으로 인해 본 발명의 실시예들은 센서부(20)에 구비된 유전체 공진기를 통해 측정된 유전률의 변화로부터 피측정 객체(0)의 방사능을 검출할 수 있게 된다. 이러한 방사능 흡수 물질은 이상에서 언급된 속성을 만족시키는 물질로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 이러한 속성을 만족시키는 물질을 자연계에서 발견하거나 또는 인공적으로 합성하여 생성할 수 있다. 방사능 흡수 물질에 대한 기술적인 설명은 이후에 기술될 본 발명의 실시예들에 대한 이론과 구현 방법을 통해 보다 구체적으로 설명하도록 한다.

[0034] 이상과 같이 본 발명의 실시예들이 공통적으로 채택하고 있는 센서부(20)는 방사선 흡수 물질을 이용한 유전체 공진기를 사용하여 전자계 에너지가 집중되는 유전체 공진기의 내부에서 피측정 객체(0)의 방사선량에 따라 유전률이 변화하는 성질을 이용하여 빠르고 간편하게 방사능을 측정할 수 있다. 즉, 센서부(20)는 피측정 객체와 접촉하는 수단으로서, 본 발명의 실시예에 따른 방사능 측정 장치(1)는 소스부(10)로부터 생성된 전자계 에너지를 센서부(20)의 유전체 공진기에 전달함으로써 피측정 객체의 방사능과 반응하면서 방사선량을 측정하게 된다. 센서부(20)는 피측정 객체(0)의 방사선량에 따른 반사 계수 및 주파수 변화에 따른 유전상수를 이용하여 피측정 객체(0)로부터 반사되는 전파를 검출한다. 이 때, 이러한 유전상수는 피측정 객체(0) 내의 전기 에너지와 전기 에너지의 손실의 결합에 의해 결정된다.

[0035] 처리부(30)는 소스부(10)를 제어하여 센서부(20)의 공진 주파수를 결정하고, 센서부(20)를 통해 검출된 전파의 공진 주파수 및 반사율의 변화로부터 피측정 객체(0)의 방사능을 검출한다. 처리부(30)는 유전체 공진기의 마이크로파 신호 분석을 이용하여 유전 상수의 비-직접적인 측정 또는 마이크로파의 반사 계수의 직접적인 측정으로부터 방사선량을 검출할 수 있다. 이러한 처리부(30)에서 활용하는 파라미터(parameter)는 매체의 주요 물질 특성 중 하나인 복합 유전상수(dielectric permittivity)이다.

[0036] 요약하건대, 센서부(20)는 방사선량을 결정하기 위해 일정한 범위의 공진 주파수에서 피측정 객체(0)와 상호작용하는 공진기의 반사 계수의 변화를 측정한다. 마이크로파 센서부(20) 및 피측정 객체(0) 간의 전자기적 상호작용으로 인해 반사 계수에 변화가 나타나게 되고, 이러한 변화는 앞서 소개한 방사선 흡수 물질로 인해 직접적으로 방사선량과 관련되어 있음을 확인하였다. 그러면, 처리부(30)는 센서부(20)를 통해 측정된 마이크로파 반사 계수의 변화를 통해 방사선량을 실시간으로 결정할 수 있다.

[0037] 한편, 이러한 처리부(30)는 센서부(20)를 통해 검출된 전파의 공진 주파수 및 반사율의 변화를 미리 저장된 데이터베이스(35)와 비교함으로써 피측정 객체(0)에 의해 유도된 방사선 흡수 물질의 유전률의 정량적 변화에 대한 시각적인 데이터를 생성할 수 있다. 또한, 방사선 측정 장치(1)는 디스플레이부(40)를 통해 이렇게 생성된 시각적인 데이터를 표시할 수 있다. 이러한 디스플레이부(40)는 본 발명의 실시예가 구현되는 구현예에 따라 선택적으로 포함될 수 있을 것이다.

[0038] 이제, 본 실시예의 구현 원리 및 이론을 보다 구체적으로 살펴보자.

[0039] 본 발명의 실시예들이 공통적으로 채택하고 있는 유전체 공진기를 통한 방사능 측정은 방사선량에 따른 반사계수 및 주파수 변화에 따른다. 이러한 센서의 가동상인 원리는 주파수에 따라 변화하는 유전상수(dielectric permittivity) 및 자화율(magnetic permeability)과 같은 피측정 객체의 특성의 변화로부터 반사계수 S_{11} 및 공진 주파수 f_0 파라미터 내의 변화(shift)에 기초한다.

[0040] 우선, 자화율은 물질 내의 자기 에너지의 변화에 따른다. 일반적으로 대부분의 반자성(diamagnetic) 물질이나

상자성(paramagnetic) 물질은 강한 자기장의 속성을 갖지 않기 때문에 외부 자기장에 영향을 받지 않는다. 반면, 비선형 매체인 강자성(ferromagnetic) 물질은 외부 자기장 변화에 강한 영향을 받는다. 그런데, 본 발명의 실시예들이 채택하고 있는 방사선 흡수 물질은 방사능의 영향에 의해 변화하는 속성을 갖는 물질 중에서 선택되게 되므로, 외부 자기장에 거의 영향을 받지 않는다. 따라서, 본 발명의 실시예들의 관점에서 이러한 피측정 객체의 특성 중 한 요소인 자화율은 무시될 수 있다.

[0041] 다음으로 피측정 객체의 다른 중요한 특징적 파라미터 중 하나인 유전상수를 살펴보자. 유전상수는 물질에 따라 다음의 수학식 1과 같은 복소수 형태의 특성을 갖는다.

수학식 1

$$\varepsilon_g = \varepsilon' - j\varepsilon''$$

[0043] 수학식 1에서 ε' 는 실수부로서 물질 내의 전기 에너지에 의해 결정된다. 전자기(EM) 신호가 물질을 통과할 때, 허수부 ε'' 는 에너지 손실 $\tan \delta \approx \varepsilon''/\varepsilon'$; $\varepsilon'' \ll \varepsilon'$ 에 의해 결정된다.

[0044] 이상과 같이 피측정 객체의 중요한 특징 파라미터인 유전상수가 결정될 수 있고, 이러한 유전상수의 변화는 곧 피측정 객체의 특성의 변화로 나타나며, 그로부터 반사계수 S_{11} 및 공진 주파수 f_0 파라미터 내의 변화(shift)가 도출될 수 있다. 방사선 흡수 물질과 피측정 객체와의 상호작용으로 인해 유전체 공진기를 진행하는 마이크로파의 파형 패턴이 변하는 것은 피측정 객체의 방사선량에 따라 유전률이 변하며, 이에 의해 반사계수 S_{11} 가 달라지기 때문이다.

[0045] 방사선량에 따른 반사계수 S_{11} 의 변화를 살펴보면, 방사선량에 따라 반사계수의 중심주파수와 피크값이 모두 변화하는 것으로 나타난다. 본 발명의 실시예에 따른 방사선 측정 장치에서는 일정 대역폭을 갖는 마이크로파가 센서에 의해 피측정 객체에 조사되므로, 상호작용 후 검출되는 마이크로파는 주파수 대역이 쉬프트(shift)된 형태로 나타난다. 즉, 이러한 마이크로파의 파형 변화 패턴은 센서를 통해 측정되고, 처리부는 이러한 측정된 값으로부터 방사선량에 대한 데이터를 산출한다. 이 때, 방사선량은 측정된 파형 변화 패턴과 미리 준비된 파형 변화 패턴과 방사선량의 관계에 대한 데이터베이스로부터 산출될 수 있다. 파형 변화 패턴의 측정은, 예를 들면 주파수 대 마이크로파의 진폭으로 나타낸 그래프에서 그래프가 쉬프트 된 면적을 측정하고 이로부터 마이크로파의 파워 변화를 측정하는 방법에 의할 수 있으며, 파워 변화는 전압으로 환산될 수 있다.

[0046] 이제, 방사선 흡수 물질(radio achieve materials 또는 그 용액)을 이용한 유전체 공진기에 대해 보다 구체적으로 설명하도록 한다.

[0047] 외부로부터 에너지를 가진 감마(γ)선이 입사하면, 양자의 상호작용(광전자효과, 콤프턴산란, 전자쌍생성 등이 될 수 있다.)에 의하여 에너지를 흡수하고, 2차 전자가 바닥 상태에 있는 방사선 흡수 물질의 전자 또는 이온을 여기한다. 감마(γ)선은 물질이 아니고 원자핵의 상태 변화에서 발생하는 막대한 에너지에 의하여 생겨나는 전자기파이다. 파장이 $10^{-9} \sim 10^{-10}$ cm 정도로서 엑스(X)선보다 짧다. 전자기파의 에너지는 파장에 반비례하므로, 감마선은 현재 만들거나 관측할 수 있는 전자기파 중에서는 가장 큰 에너지를 가지고 있다. 이러한 감마선은 전하나 질량이 없기 때문에 직접적으로 물질에 잘 흡수되지 않고 잘 투과한다. 그러나 감마선은 물질과 광전효과, 콤프턴 효과, 전자쌍 생성 등의 상호 작용을 하여 높은 에너지의 전자를 발생시키거나 물질을 전리시킨다.

[0048] 감마선의 입사에 의해 여기된 방사선 흡수 물질에서, 전자는 여기광의 에너지만큼을 흡수하지만, 에너지의 일부는 진동 에너지 또는 열 에너지 등으로 변환될 수 있다. 따라서, 도 1을 통해 예시된 기존의 신틸레이터 검출기는 여기광의 에너지 차이로 인한 발광의 변화를 검출하여 나머지 진동 에너지 또는 열 에너지 등으로 변환된 에너지는 모두 손실이 된다는 단점을 갖는다.

[0049] 반면, 본 발명의 실시예들이 채택하고 있는 방사선 흡수 물질을 사용한 유전체 공진기의 경우에는 여기광의 에너지뿐만 아니라 진동 에너지(포논(phonon))이 될 수 있다.) 또는 열 에너지 등 모든 에너지가 유전체 공진기의 유전률 변화에 영향을 미친다. 즉, 방사선 흡수 물질을 사용한 유전체 공진기에서는 여기된 에너지의 영향으로 구조의 변화에 따라 유전률이 변화가 에너지의 손실없이 모두 반영되므로 방사능 검출에 있어서 에너지의 손실

없이 보다 높은 감도와 검출 효율을 갖는다.

- [0050] 한편, 방사선 흡수 물질은 방사선과 같은 에너지에 의해 원자가 쉽게 여기되는 고체나 액체 재료 중에서 선택될 수 있다. 이러한 재료의 일례로는 요오드화 나트륨, 요오드화 세슘, 요오드화 리튬, 그리고 용매에 녹인 액체 신틸레이터 등이 선택되는 것이 바람직하나, 이러한 예에 한정되지 않는다. 이상에서 예시하고 있는 물질은 대부분 적은 에너지에서도 상대적으로 발광 효과가 큰 물질로서, 앞서 설명한 바와 같이 양자의 상호작용으로 인해 여기된 전자가 다시 안정화 상태로 변화하면서 에너지를 방출(빛을 방출함을 의미한다.)하기에 용이하기 때문에 본 발명의 실시예들이 채택하고 있는 방사선 흡수 물질로서 적합하다.
- [0051] 또한, 에너지의 양이 훨씬 큰 알파선과 베타선 등 전하를 가진 입자는 물질을 통과할 때에 그 지나는 경로에 직접적으로 많은 전리나 여기 상태를 만들어 구조를 변화시키므로 본 발명의 실시예들이 채택하고 있는 방사능 흡수 물질로서 물을 사용한 용액에서도 방사능 측정이 가능하다는 장점을 갖는다.
- [0052] 방사선 흡수 물질을 통해 유전체 공진기의 유전률이 변화하는 이상의 과정을 요약하면, 도 4와 같다. 도 4는 본 발명의 실시예들이 채택하고 있는 방사능 측정 센서에서 방사능 흡수 물질을 이용하여 방사능을 검출하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- [0053] 410 단계에서, 방사선 흡수 물질은 피측정 객체로부터 방사선이 입사하면 양자의 상호작용에 의해 에너지를 흡수한다. 이 때의 방사선은 감마선이 될 수 있다.
- [0054] 420 단계에서, 방사선 흡수 물질은 410 단계를 통해 흡수된 에너지를 이용하여 2차 전자가 바닥 상태에 있는 상기 방사선 흡수 물질의 전자 또는 이온을 여기한다.
- [0055] 430 단계에서, 방사선 흡수 물질은 여기된 에너지가 안정화 상태로 변환될 때의 에너지 차이에 의해 방사선 흡수 물질의 구조를 변화시킴으로써 유전체 공진기의 유전률을 변화시킨다.
- [0056] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 유전체 공진기를 이용한 방사능 측정 방법을 도시한 흐름도로서, 도 2의 방사능 측정 장치의 각 구성들이 수행하는 동작들에 대응한다. 따라서, 중복 설명을 피하기 위하여 여기서는 동작의 시간 순서에 따른 수행 과정에 대해서만 약술하도록 한다.
- [0057] 310 단계에서, 방사능 측정 장치는 소스로부터 특정 주파수의 전자계 에너지를 생성하여 입력받는다.
- [0058] 320 단계에서, 방사능 측정 장치의 센서는 310 단계를 통해 입력된 전자계 에너지를 피측정 객체에 조사하고, 이어지는 330 단계에서, 방사능 측정 장치의 센서는 피측정 객체로부터 반사되는 전파를 검출한다. 이 때, 센서는 방사선 흡수 물질을 이용하여 피측정 객체와 상호작용함으로써 피측정 객체로부터 방사선을 흡수하여 유전률이 변화하는 유전체 공진기를 구비한다. 앞서 도 2를 통해 기술한 바와 같이, 방사선 흡수 물질은 피측정 객체로부터 방사되는 방사선을 흡수하여 구조가 변화하고, 변화된 구조에 의해 상기 유전률이 변화하는 속성을 갖는 물질 중에서 선택된다. 따라서, 방사선 흡수 물질은, 피측정 객체로부터 방사선이 입사하면 양자의 상호작용에 의해 에너지를 흡수하고, 흡수된 에너지를 이용하여 2차 전자가 바닥 상태에 있는 상기 방사선 흡수 물질의 전자 또는 이온을 여기하며, 여기된 에너지가 안정화 상태로 변환될 때의 에너지 차이에 의해 방사선 흡수 물질의 구조를 변화시킴으로써 유전률이 변화하게 된다.
- [0059] 340 단계에서, 방사능 측정 장치는 330 단계를 통해 검출된 전파의 공진 주파수 및 반사율의 변화로부터 피측정 객체의 방사능을 검출한다. 이 때, 방사성 흡수 물질의 반사 계수 및 주파수는 피측정 객체로부터 방사되는 방사선에 의해 변화하고, 센서부는 반사 계수 및 주파수 변화에 따른 유전상수를 이용하여 피측정 객체로부터 반사되는 전파를 검출할 수 있다.
- [0060] 한편, 방사능 측정 장치는 이상의 과정과는 별개로 350 단계를 통해 전파의 공진 주파수 및 반사율의 변화에 따른 방사능 정보를 생성하여 미리 데이터베이스에 저장할 수 있다. 그러면, 방사능을 검출하는 340 단계에서 방사능 측정 장치는, 센서를 통해 검출된 전파의 공진 주파수 및 반사율의 변화를 350 단계를 통해 미리 저장된 데이터베이스와 비교함으로써 피측정 객체에 의해 유도된 방사선 흡수 물질의 유전률의 정량적 변화에 대한 시각적인 데이터를 생성할 수 있다. 그 결과, 360 단계에서는 피측정 객체의 방사능량에 대한 시각적인 데이터를 디스플레이 장치를 통해 표시할 수 있다.
- [0061] 도 5는 본 발명의 실시예들에 따른 유전체 공진기를 이용한 방사능 측정 장치를 사용하여 방사능 반응을 측정할 실험 결과를 예시한 도면으로서, 가로축은 주파수를 나타내고, 세로축은 신호 강도(피크값을 포함한다.)를 나타낸다.

[0063]

[0064]

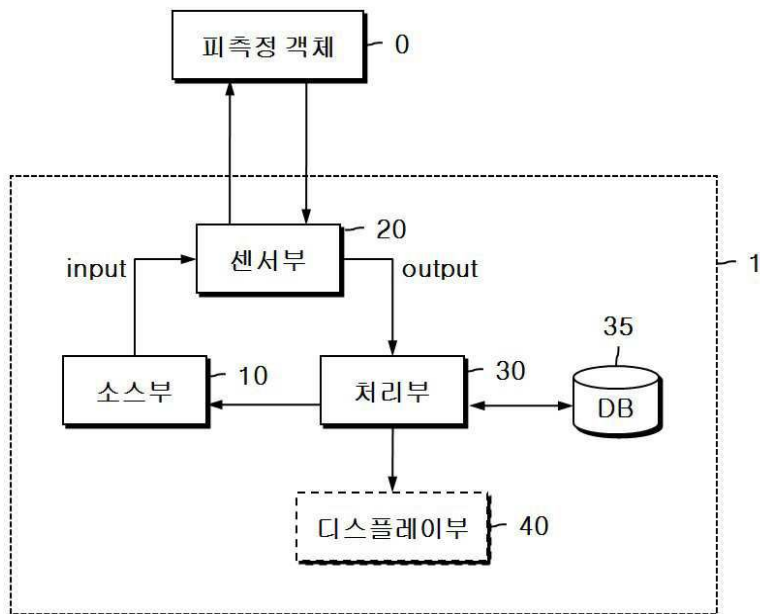
[0065]

[0066]

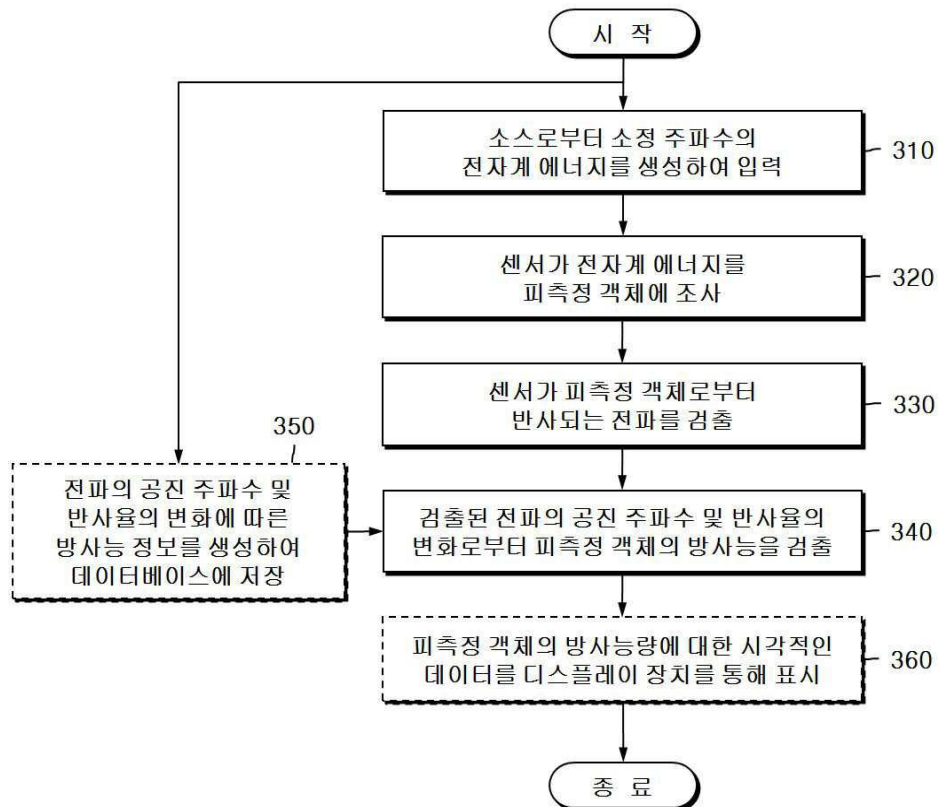
[0067]

- 12 -

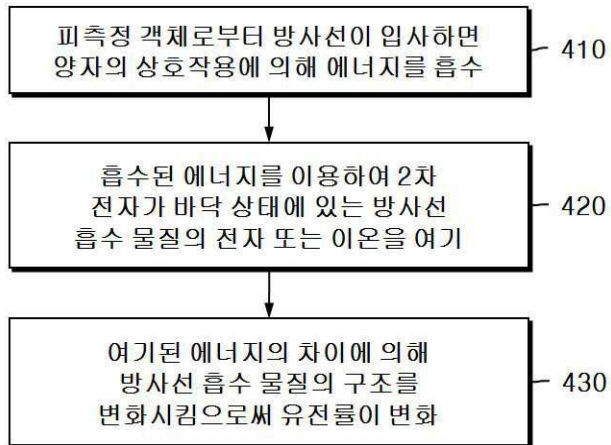
도면2



도면3



도면4



도면5

