



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0103400
(43) 공개일자 2020년09월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01T 1/167 (2006.01) G01T 1/02 (2006.01)
G01T 7/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01T 1/167 (2013.01)
G01T 1/023 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0021826
(22) 출원일자 2019년02월25일
심사청구일자 2019년02월25일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
김희령
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
배준우
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
이옥제
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
제일특허법인(유)

전체 청구항 수 : 총 9 항

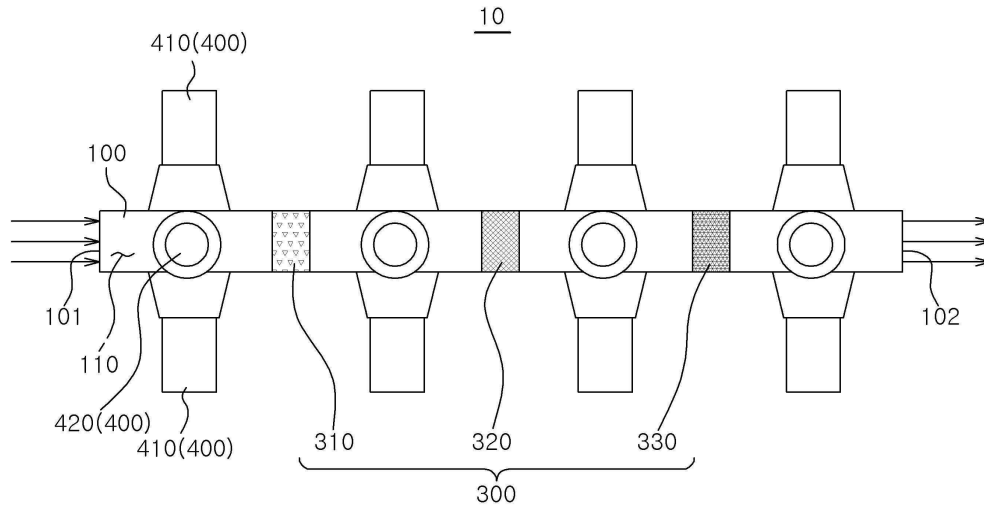
(54) 발명의 명칭 방사능 검출 시스템 및 검출 방법

(57) 요약

시료에서 방사성 물질을 연속적으로 검출할 수 있는 방사능 검출 시스템 및 검출 방법이 소개된다.

이 중에서 방사능 검출 시스템은 시료가 이동 가능한 유로를 제공하는 검출 챔버와, 유로에 마련되는 섬광체와, 유로 상에 복수로 이격 배치되는 필터 유닛과, 섬광체에서 발생된 빛을 검출하기 위해 검출 챔버의 측부에 마련되는 검출 장치를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
G01T 7/02 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711076973
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	원자력연구기반확충사업(R&D)
연구과제명	해체 부지 지하수 수중 현장 방사능 모니터링 기술 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2018.09.01 ~ 2019.06.30

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415159082
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국에너지기술평가원
연구사업명	원자력핵심기술개발(R&D)
연구과제명	전기분해 기술을 활용한 수중 삼중수소 실시간 감시기술
기 여 율	1/2
과제수행기관명	(주)에스에프테크놀로지
연구기간	2018.08.01 ~ 2019.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

시료가 이동 가능한 유로를 제공하는 검출 챔버;
상기 유로에 마련되는 섬광체;
상기 유로 상에 복수로 이격 배치되는 필터 유닛; 및
상기 섬광체에서 발생된 빛을 검출하기 위해 상기 검출 챔버의 측부에 마련되는 검출 장치를 포함하는,
방사능 검출 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 검출 장치는
상기 섬광체에서 베타선을 검출하도록 상기 검출 챔버의 일측에 마련되는 제 1 검출기 세트; 및
상기 섬광체에서 감마선을 검출하도록 상기 검출 챔버의 타측에 마련되는 제 2 검출기 세트를 포함하고,
상기 제 1 검출기 세트와 상기 제 2 검출기 세트는 상기 검출 챔버에 대하여 서로 엇갈리는 방향으로 연장하도록 배치되는,
방사능 검출 시스템.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
상기 검출 장치는
시료가 이동하는 진행방향에 대해서 직각을 이루는 방향으로 위치되도록 상기 검출 챔버의 표면에 대한 법선 방향으로 연장되게 배치되는,
방사능 검출 시스템.

청구항 4

제 1 항에 있어서,
상기 섬광체는
상기 검출 챔버의 유로 내부에 삽입 가능한 조각 형태 또는 섬유 형태를 포함하는,
방사능 검출 시스템.

청구항 5

제 1 항에 있어서,
상기 필터 유닛은
상기 검출 챔버의 입구부에서 출구부로 이동하는 경로를 따라 크기가 점차 작아지는 공극을 갖는 복수의 나노 필터를 포함하는,
방사능 검출 시스템.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 검출 장치에서 검출된 빛을 분광 분석하여 상기 시료에 포함된 핵종을 판별하는 컨트롤러를 더 포함하는, 방사능 검출 시스템.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 섬광체는

공기중 수분과 반응성이 없는 플라스틱 섬광체 및 산화물 무기섬광체 중 적어도 어느 하나를 포함하는, 방사능 검출 시스템.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 검출 챔버는

수소기체 또는 수분과 반응하지 않은 아크릴 및 스테인리스 중 적어도 어느 하나를 포함하는, 방사능 검출 시스템.

청구항 9

섬광체가 마련된 검출 챔버에 시료를 투입하는 단계;

복수의 필터 유닛이 이격 배치된 상기 검출 챔버의 유로를 따라 시료를 이동시키는 단계;

상기 검출 챔버의 측부에 마련되는 검출 장치를 통해 상기 섬광체에서 발광되는 빛을 검출하는 단계; 및 컨트롤러에서 검출된 빛을 분광 분석하여 시료에 포함된 핵종을 판별하는 단계를 포함하는, 방사능 검출 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 방사능 검출 시스템 및 검출 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 시료 중 방사성 물질을 검출하는 방법은 핵종에 따라 다르다. 감마선 방출 핵종의 경우 표면에서 섬광체 혹은 반도체 기반 검출기로 분광분석시 핵종 식별 및 방사능 분석이 가능하지만, 순 베타 핵종의 경우 비정이 짧은 베타선만을 방출하기 때문에 복잡한 물리화학적 처리 혹은 이온교환 수지 등을 이용하여 원하는 원소를 분리할 수 있다.

[0003] 그런데, 물리화학적 처리를 통해 원소를 분리하는 경우, 분리되는 시료의 부피가 작고 화학적으로 오염되기 쉬우므로, 대량 시료에 대한 연속 검출에 적합하지 않다. 이온교환 수지를 이용하여 원소를 분리하는 경우, 소량 시료에는 적합하지만, 대량 시료의 경우 자주 교환해주어야 하고, 방사선 검출을 위한 이온교환 수지의 교환비용이 매우 크므로, 이 또한 대량 시료에 적합하지 않다.

[0004] 특히, 여러 가지 베타선 방출 핵종이 혼합되어 있는 경우, 연속적인 베타선의 에너지가 겹쳐 있으므로, 베타선 에너지 분광분석이 매우 어려울 수 있다.

[0005] 이에, 대량의 시료에서 방사성 물질을 효과적으로 검출할 수 있는 기술이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 특허등록공보 10-1923980(2018.11.26)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 실시예는 시료에서 방사성 물질을 연속적으로 검출할 수 있는 방사능 검출 시스템 및 검출 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일 측면에 따른 방사능 검출 시스템은, 시료가 이동 가능한 유로를 제공하는 검출 챔버; 상기 유로에 마련되는 섬광체; 상기 유로 상에 복수로 이격 배치되는 필터 유닛; 및 상기 섬광체에서 발생된 빛을 검출하기 위해 상기 검출 챔버의 측부에 마련되는 검출 장치를 포함할 수 있다.

[0009] 이때, 상기 검출 장치는 상기 섬광체에서 베타선을 검출하도록 상기 검출 챔버의 일측에 마련되는 제 1 검출기 세트; 및 상기 섬광체에서 감마선을 검출하도록 상기 검출 챔버의 타측에 마련되는 제 2 검출기 세트를 포함하고, 상기 제 1 검출기 세트와 상기 제 2 검출기 세트는 상기 검출 챔버에 대하여 서로 엇갈리는 방향으로 연장하도록 배치될 수 있다.

[0010] 또한, 상기 검출 장치는 시료가 이동하는 진행방향에 대해서 직각을 이루는 방향으로 위치되도록 상기 검출 챔버의 표면에 대한 법선 방향으로 연장되게 배치될 수 있다.

[0011] 또한, 상기 섬광체는 상기 검출 챔버의 유로 내부에 삽입 가능한 조각 형태 또는 섬유 형태를 포함할 수 있다.

[0012] 또한, 상기 필터 유닛은 상기 검출 챔버의 입구부에서 출구부로 이동하는 경로를 따라 크기가 점차 작아지는 공극을 갖는 복수의 나노 필터를 포함할 수 있다.

[0013] 또한, 본 발명은 상기 검출 장치에서 검출된 빛을 분광 분석하여 상기 시료에 포함된 핵종을 판별하는 컨트롤러를 더 포함할 수 있다.

[0014] 또한, 상기 섬광체는 공기중 수분과 반응성이 없는 플라스틱 섬광체 및 산화물 무기섬광체 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0015] 또한, 상기 검출 챔버는 수소기체 또는 수분과 반응하지 않은 아크릴 및 스테인리스 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 측면에 따른 방사능 검출 방법은, 섬광체가 마련된 검출 챔버에 시료를 투입하는 단계; 복수의 필터 유닛이 이격 배치된 상기 검출 챔버의 유로를 따라 시료를 이동시키는 단계; 상기 검출 챔버의 측부에 마련되는 검출 장치를 통해 상기 섬광체에서 발광되는 빛을 검출하는 단계; 및 컨트롤러에서 검출된 빛을 분광 분석하여 시료에 포함된 핵종을 판별하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0017] 본 발명의 실시예는 베타선 및 감마선을 측정하는 동시에, 여러 단계의 나노입자 필터를 이용하여 베타 핵종 내에서도 핵종 구별 분리를 동시에 진행함으로써, 대량의 시료에서 방사성 물질을 연속적으로 검출할 수 있다는 효과가 있다.

[0018] 또한, 본 발명의 실시예는 대량의 시료에서 방사성 물질을 검출하여 유기 폐액을 줄일 수 있으므로, 친환경적인 방사능 감시기로써 활용 가능하다는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 방사능 검출 시스템을 도시한 구성도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 방사능 검출 시스템의 제어 흐름을 도시한 블록도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 방사능 검출 방법을 도시한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 구성 및 작용에 대해 상세하게 설명한다. 이하의 설명은 특허 청구 가능한 본 발명의 여러 측면(aspects) 중 하나이며, 하기의 설명은 본 발명에 대한 상세한 기술의 일부를 이룰 수 있다. 다만, 본 발명을 설명함에 있어 공지된 구성 또는 기능에 관한 구체적인 설명은 본 발명을 명료하게 하기 위해 생략할 수 있다.
- [0021] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예들을 포함할 수 있는바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0022] 그리고 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 해당 구성요소들은 이와 같은 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 이 용어들은 하나의 구성요소들을 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 '연결되어' 있다거나 '접속되어' 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.
- [0023] 이하, 첨부된 도면에 의거하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명한다.
- [0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 방사능 검출 시스템을 도시한 구성도이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 방사능 검출 시스템의 제어 흐름을 도시한 블록도이다.
- [0025] 도 1 내지 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 의한 방사능 검출 시스템(10)은, 검출 챔버(100), 섬광체(200), 필터 유닛(300), 검출 장치(400) 및 컨트롤러(500)를 포함할 수 있다.
- [0026] 구체적으로, 검출 챔버(100)는 시료가 이동 가능한 유로(110)를 제공할 수 있다. 유로(110)는 방사성 물질이 포함된 시료의 유동을 위해, 검출 챔버(100)의 내부공간에 마련되는 채널 형태일 수 있다. 검출 챔버(100)는 수소 기체 또는 수분과 반응하지 않은 아크릴 또는 스테인리스 중 선택된 적어도 어느 하나의 재질로 구성될 수 있다.
- [0027] 검출 챔버(100)는 원기둥 또는 다각기둥의 파이프 형태로 제공될 수 있다. 본 실시예에서, 검출 챔버(100)는 유로(110)를 갖는 원기둥 또는 다각기둥의 파이프 형태로 구성되지만, 검출 챔버(100)의 형태는 다양하게 변경될 수 있음은 물론이다.
- [0028] 섬광체(200)는 검출 챔버(100)의 유로(110)에 마련될 수 있고, 시료에 포함된 방사성 물질과의 상호작용을 통해 빛을 발생시킬 수 있다. 일 예로, 섬광체(200)는 감마선 검출의 위한 보호 재질을 포함한 NaI(Tl) 섬광체일 수 있다. 아울러, 섬광체(200)는 공기중 수분과 반응성이 없는 플라스틱 섬광체 또는 산화물 무기섬광체(BGO: Bismuth Germante) 중 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0029] 섬광체(200)는 유로(110) 내부에 삽입 가능한 조각 형태 또는 섬유 형태의 섬광체(200)일 수 있다. 물론, 섬광체(200)는 조각 형태 또는 섬유 형태 이외에도, 다양한 형태로 검출 챔버(100)의 유로(110)에 적용될 수 있을 것이다. 예를 들어, 본 실시예와 같이, 작은 섬광체 조각 또는 섬광섬유가 원기둥형의 유로(110) 내부에 삽입되거나, 유로 자체가 섬광체(200)로 제작되거나, 유로에 형성된 복수의 구멍에 섬광체(200)가 삽입될 수도 있다.
- [0030] 필터 유닛(300)은 챔버의 유로(110) 상에서 복수로 이격 배치되는 복수 개의 필터로 제공될 수 있다. 이러한 필터 유닛(300)은 시료에서 이온을 선택적으로 필터링 할 수 있는 나노 필터일 수 있다.
- [0031] 필터 유닛(300)은 공극의 크기가 큰 필터부터 작은 필터로 연속하여 적어도 3단 이상으로 배치되는 복수의 필터로 구성될 수 있다. 다시 말해, 이 복수의 필터는 검출 챔버(100)의 입구부(101)에서 출구부(102)로 이격 배치되는 3단 이상으로 배치될 수 있고, 각각의 필터는 이동하는 시료의 이동 흐름에 맞추어 유로(110) 상에서 크기가 점차 작아지는 공극을 갖을 수 있다.
- [0032] 예를 들어, 복수의 필터는 기 설정된 공극 크기를 갖는 제 1 필터(310)와, 제 1 필터(310)에서 출구부(102) 측으로 이격 배치되고 제 1 필터(310)보다 작은 공극 크기를 갖는 제 2 필터(320)와, 제 2 필터(320)에서 출구부(102) 측으로 이격 배치되고 제 2 필터(320)보다 작은 공극 크기를 갖는 제 3 필터(330)로 구성될 수 있다.

- [0033] 이때, 제 1 필터(310)에서는 주로 우라늄 혹은 토륨 계열의 상대적으로 무거운 핵종이 필터링될 수 있다. 제 2 필터(320)에서는 세슘 또는 스트론튬 등과 같이 주기가 상대적으로 큰 핵종이 필터링될 수 있다. 제 3 필터(330)에서는 코발트, 소듐 또는 염소 등과 같은 핵종이 필터링될 수 있다. 이들 필터를 통해 필터링된 핵종에 대해서, 분광분석을 수행하면, 각 필터를 통해 필터링된 핵종들이 다르게 나타나게 되는데, 이때, 컨트롤러(500)는 이들 정보를 취합함으로써, 대략적인 베타선 핵종 구별이 가능하다.
- [0034] 검출 장치(400)는 섬광체(200)에서 발생된 빛을 검출하기 위해 검출 챔버(100)의 측부에 마련될 수 있다. 예컨대, 검출 장치(400)는 시료가 이동하는 진행방향에 대해서 직각을 이루는 방향으로 위치되도록 검출 챔버(100)의 표면에 대한 법선 방향으로 연장되게 배치될 수 있다.
- [0035] 이러한 검출 장치(400)는 섬광체(200)에서 발광되는 빛으로부터 베타선을 검출하도록 검출 챔버(100)의 일측에 마련되는 제 1 검출기 세트(410)와, 섬광체(200)에서 발광되는 빛으로부터 감마선을 검출하도록 검출 챔버(100)의 타측에 마련되는 제 2 검출기 세트(420)를 포함할 수 있다. 이때, 제 1 검출기 세트(410)와 제 2 검출기 세트(420)는 검출 챔버(100)에 대하여 서로 엇갈리는 방향으로 연장하도록 배치될 수 있으며, 예를 들어 서로 직각을 이루면서 연장되도록 배치될 수 있다.
- [0036] 제 1 검출기 세트(410)는 광전자증배관, 전치증폭기, 주증폭기, 동시합산 회로 등을 포함할 수 있다. 여기서, 광전자증배관은 섬광체(200)에서 발생된 빛을 전하신호로 전환할 수 있다. 전치증폭기 및 주증폭기는 광전자증배관에서 전환된 전하신호를 펄스 신호로 전환할 수 있다. 동시합산회로는 펄스 신호에서 잡음에 의한 신호를 제거할 수 있다. 동시합산 회로의 출력은 에너지 스펙트럼이 나올 수 있는 구성을 포함하므로, 컨트롤러(500)는 핵종에 대한 분광분석이 가능하다.
- [0037] 그리고 제 2 검출기 세트(420)는 광전자증배관, 전치증폭기 및 주증폭기 등을 포함할 수 있다. 이들 광전자증배관, 전치증폭기 및 주증폭기 구성은, 섬광체(200)에서 감마선을 검출하기 위해 사용되는 통상의 광전자증배관, 전치증폭기 및 주증폭기 구성과 대응되므로, 이에 대한 자세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0038] 컨트롤러(500)는 검출 장치(400)에서 검출된 빛을 분광 분석하여 시료에 포함된 핵종을 판별할 수 있다. 예컨대, 컨트롤러(500)는 각각의 검출 장치(400)에서 수집된 계수 신호를 바탕으로, 기대되는 핵종 그룹에 따라 계수율을 분리할 수 있고, 분리된 계수율을 이용하여 핵종 그룹별 계수율을 산출할 수 있다. 아울러, 컨트롤러(500)는 검출 장치(400)를 통해 독립적으로 수집된 감마선 및 베타선의 계수 신호의 상관 관계를 통하여, 베타선 측정 계수율을 산출할 수 있다.
- [0039] 본 실시예에서는 시료에 포함된 방사성 물질의 감마선 또는 베타선 핵종을 구별하기 위해, 검출 채널에는 섬광체(200) 및 검출 장치(400)를 설치하였지만, 이외에도, 검출 채널에는 섬광체(200) 기반의 방사선 센서가 복수개 부착될 수 있다.
- [0040] 이 경우, 컨트롤러(500)는 방사선 센서로부터 인가된 측정 정보를 통해 분광분석을 수행할 수 있다. 컨트롤러(500)는 분광분석을 통해 각 단계에서 나타나는 다른 핵종들과 관련된 정보들을 취합할 수 있고, 이를 이용하여 대략적인 감마선 또는 베타선 핵종 구별을 진행할 수 있다.
- [0041] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 방사능 검출 방법을 도시한 순서도이다.
- [0042] 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 의한 방사능 검출 방법(20)은, 검출 챔버에 시료가 투입하는 단계(S100)와, 유로를 따라 시료를 이동시키는 단계(S200)와, 섬광체에서 발광되는 빛을 검출하는 단계(S300)와, 시료에 포함된 핵종을 판별하는 단계(S400)를 포함할 수 있다.
- [0043] 상기 검출 챔버에 시료가 투입하는 단계(S100)는, 섬광체가 마련된 검출 챔버를 준비한 후, 검출 챔버에 시료를 투입한다. 이때, 검출 챔버에는 섬광체 이외에도, 시료를 필터링 하는 필터 유닛과, 섬광체에서 발생된 빛을 검출하는 검출 장치가 마련될 수 있다.
- [0044] 상기 유로를 따라 시료를 이동시키는 단계(S200)는, 시료를 유로를 따라 검출 챔버의 입구에서 출구부로 이동시킨다. 이때, 시료는 검출 챔버 내 배치된 복수의 필터를 통과할 수 있고, 섬광체는 유로를 통과하는 시료의 방사성 물질과의 상호작용을 통해 빛을 발생시킬 수 있다.
- [0045] 상기 섬광체에서 발광되는 빛을 검출하는 단계(S300)는, 섬광체에서 발광되는 빛을 검출 장치를 통해 검출한다. 이때, 검출 장치는 섬광체에서 발광되는 빛으로부터 베타선과 감마선을 검출할 수 있다.
- [0046] 상기 시료에 포함된 핵종을 판별하는 단계(S400)는, 검출된 빛을 분광 분석하여 시료에 포함된 핵종을

판별한다.

- [0047] 예컨대, 상기 시료에 포함된 핵종을 판별하는 단계(S400)에서는, 각각의 검출 장치에서 수집된 계수 신호를 바탕으로, 기대되는 핵종 그룹에 따라 계수율을 분리할 수 있고, 분리된 계수율을 이용하여 핵종 그룹별 계수율을 산출할 수 있다. 그리고 감마선 및 베타선의 계수 신호의 상관 관계를 통하여, 베타선 측정 계수율을 산출할 수 있다.
- [0048] 이하, 본 발명의 일 실시예에 의한 방사능 검출 시스템 및 검출 방법을 이용한 데이터 처리 과정을 설명하면 다음과 같다.
- [0049] 본 발명의 일 실시예에 따라, 시료에 대한 방사능 검출을 진행한 결과, 검출 채널에 투입된 시료에서는 첫번째 제 2 검출기 세트를 통해 $\gamma 1$, $\gamma 2$, $\gamma 3$, $\gamma 4$ 가 검출되었고, 제 1 필터를 통과한 시료에서는 두 번째 제 1 검출기 세트를 통해 $\gamma 1$, $\gamma 2$, $\gamma 3$ 이 검출되었다. 그리고 제 2 필터를 통과한 시료에서는 세 번째 제 1 검출기 세트를 통해 $\gamma 1$, $\gamma 2$ 가 검출되었고, 제 3 필터를 통과한 시료에서는 네 번째 제 1 검출기 세트를 통해 $\gamma 1$ 이 검출되었다.
- [0050] 아울러, 첫번째 제 1 검출기 세트에서는 $\beta 1$, $\beta 2$, $\beta 3$, $\beta 4$, $\gamma 1'$, $\gamma 2'$, $\gamma 3'$, $\gamma 4'$ 가 검출되었고, 두 번째 제 1 검출기 세트에서는 $\beta 1$, $\beta 2$, $\beta 3$, $\gamma 1'$, $\gamma 2'$, $\gamma 3'$ 가 검출되었다. 그리고 세 번째 제 1 검출기 세트에서는 $\beta 1$, $\beta 2$, $\gamma 1'$, $\gamma 2'$ 가 검출되었고, 네 번째 제 1 검출기 세트에서는 $\beta 1$ $\gamma 1'$ 가 검출되었다.
- [0051] 여기서, $\beta 1$, $\beta 2$, $\beta 3$, $\beta 4$ 는 각각 원자번호에 따른 베타선 핵종에 의해 측정된 계수율을 나타낸다. $\beta 1$ 이 가장 원자번호가 작은 핵종그룹, $\beta 4$ 가 가장 원자번호가 큰 핵종그룹이다. 검출 채널에 투입된 시료에서는 필터를 거치지 않았으므로 모든 핵종이 포함되어있을 것이고, 제 3 필터를 통과한 시료에서는 제 1 필터, 제 2 필터 및 제 3 필터를 거친 후이므로, 원자번호가 작은 핵종들로 구성되어 있을 것이다.
- [0052] 아래는 각 구간에서 기대되는 핵종그룹의 예이다.
- [0053] $\beta 1$: H-3, C-14 등
- [0054] $\beta 2$: Fe-55, Co-57, Co-60 등
- [0055] $\beta 3$: Sr-89, Sr-90, Tc-99 Cs-137, Eu-152, Eu-154 등
- [0056] $\beta 4$: U-238, Th-232 및 그 딸핵종 등
- [0057] $\gamma 1$, $\gamma 2$, $\gamma 3$, $\gamma 4$ 는 각각 원자번호에 따른 감마선 핵종에 의해 측정된 계수율을 나타내며, $\gamma 1$ 이 가장 원자번호가 작은 핵종 그룹, $\gamma 4$ 가 가장 원자번호가 큰 핵종그룹이다. 감마선의 경우 이산된 에너지를 발생시키므로 첫번째 제 2 검출기 세트의 신호만으로 분광분석을 통해 핵종별 방사능 농도가 계산 가능하나, 각 구간에서 여과되는 핵종의 분율을 추적하기 위해 전 구간에서 감마선을 계수하였다.
- [0058] $\gamma 1'$, $\gamma 2'$, $\gamma 3'$, $\gamma 4'$ 는 각 $\gamma 1$, $\gamma 2$, $\gamma 3$, $\gamma 4$ 가 검출 장치에서 측정되는 계수율을 나타냈으며, 감마선 검출을 위한 제 1 검출기 세트와 베타선 검출을 위한 제 2 검출기 세트의 검출 효율이 다르므로, 계수율이 다른 것을 반영하여 표기를 다르게 하였다.
- [0059] 상술한 바와 같이, 본 발명은 베타선 및 감마선을 측정하는 동시에, 여러 단계의 나노입자 필터를 이용하여 베타 핵종 내에서도 핵종 구별 분리를 동시에 진행함으로써, 대량의 시료에서 방사성 물질을 연속적으로 검출할 수 있고, 대량의 시료에서 방사성 물질을 검출하여 유기 폐액을 줄일 수 있으므로, 친환경적인 방사능 감시기로써 활용 가능하다는 등의 우수한 장점이 갖는다.
- [0060] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 예를 들어 당업자는 각 구성요소의 재질, 크기 등을 적용 분야에 따라 변경하거나, 실시형태들을 조합 또는 치환하여 본 발명의 실시예에 명확하게 개시되지 않은 형태로 실시할 수 있으나, 이 역시 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예는 모든 면에서 예시적인 것으로 한정적인 것으로 이해해서는 안되며, 이러한 변형된 실시예는 본 발명의 특허청구범위에 기재된 기술 사상에 포함된다고 하여야 할 것이다.

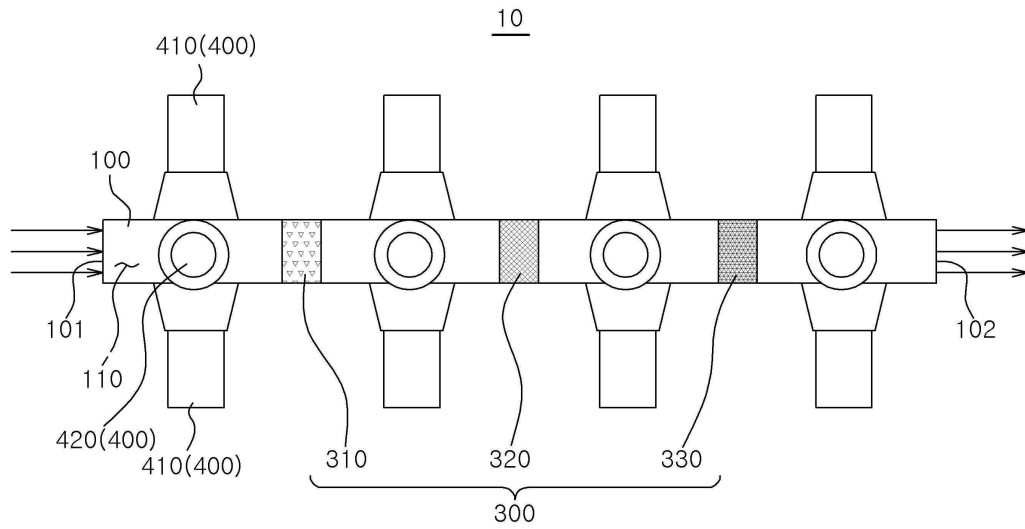
부호의 설명

[0061]

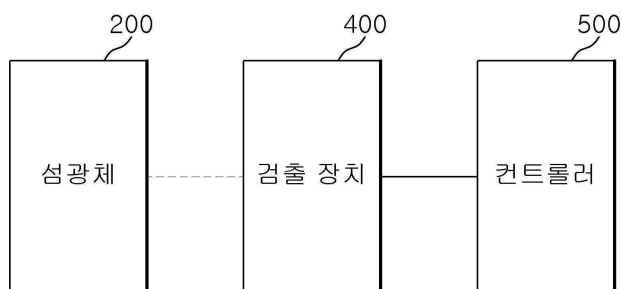
10: 방사능 검출 시스템 100: 검출 챔버
 110 :유로 200: 섬광체
 300 :필터 유닛 400: 검출 장치
 500 :컨트롤러

도면

도면1



도면2



도면3

