



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0083240
(43) 공개일자 2016년07월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 47/02 (2006.01) G01T 1/185 (2006.01)
G01T 1/20 (2006.01) G01T 1/29 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0193511
(22) 출원일자 2014년12월30일
심사청구일자 2014년12월30일

(71) 출원인
이화여자대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)
(72) 발명자
이순혁
서울특별시 강서구 허준로 139 307동 1303호 (가양동, 가양3단지아파트)
정재훈
서울특별시 강서구 강서로5나길 124-4 308호 (화곡동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김인철

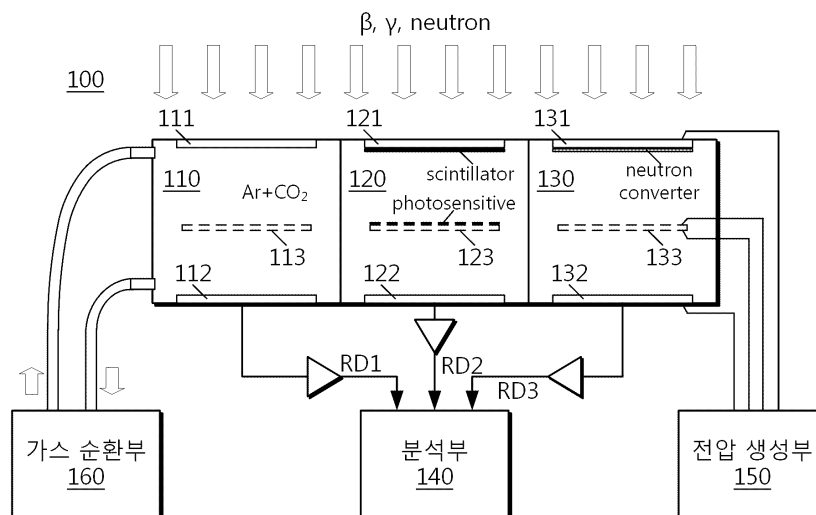
전체 청구항 수 : 총 23 항

(54) 발명의 명칭 다채널 가스 전자 증폭 검출기 및 이를 이용한 방사선 검출 방법

(57) 요약

본 발명의 실시예들에 따른 다채널 가스 전자 증폭 검출기는 제1 캐소드 전극(Cathode electrode)과 제1 애노드 전극(Anode electrode) 사이에 적어도 하나의 제1 GEM(Gas Electron Multiplier) 포일(foil)을 구비하는 제1 GEM 챔버, 제2 캐소드 전극과 제2 애노드 전극 사이에 적어도 하나의 제2 GEM 포일을 구비하는 제2 GEM 챔버 및 제1 GEM 챔버로부터 독출된 제1 독출 신호를 기초로 제1 방사선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하고, 제1 독출 신호와 제2 GEM 챔버로부터 독출된 제2 독출 신호를 기초로 제2 방사선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하는 분석부를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

신석영

서울시 용산구 이촌로 54길 5 코스모스맨션 301호

이레나

서울특별시 용산구 이촌로54길 5 202호 (이촌동, 코스모스아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415132072

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국에너지기술평가원

연구사업명 지식경제 기술혁신사업

연구과제명 위자력 발전소 사고 후 방사성물질 확산을 방지하기 위한 원천기술개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국과학기술원

연구기간 2014.06.01 ~ 2016.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

제1 캐소드 전극(Cathode electrode)과 제1 애노드 전극(Anode electrode) 사이에 적어도 하나의 제1 GEM(Gas Electron Multiplier) 포일(foil)을 구비하는 제1 GEM 챔버;

제2 캐소드 전극과 제2 애노드 전극 사이에 적어도 하나의 제2 GEM 포일을 구비하는 제2 GEM 챔버; 및

제1 GEM 챔버로부터 독출된 제1 독출 신호를 기초로 제1 방사선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하고, 제1 독출 신호와 제2 GEM 챔버로부터 독출된 제2 독출 신호를 기초로 제2 방사선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하는 분석부를 포함하는 다채널 가스 전자 증폭 검출기.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 제1 방사선은 베타선이고 제2 방사선은 감마선인 것을 특징으로 하는 다채널 가스 전자 증폭 검출기.

청구항 3

청구항 2에 있어서, 상기 제2 GEM 챔버의 제2 캐소드 전극은

챔버 내부를 향하는 표면에 감마선에 반응하여 빛을 방출하는 신틸레이터(scintillator) 물질이 도포되고, 또한 감마선에 반응한 신틸레이터 물질에 의해 방출된 빛에 의해 챔버 내에 전자가 생성되도록, 빛에 반응하여 광전자를 방출하는 광민감성 물질이 더 도포되는 것을 특징으로 하는 다채널 가스 전자 증폭 검출기.

청구항 4

청구항 2에 있어서, 상기 제2 GEM 챔버의 제2 캐소드 전극은

챔버 내부를 향하는 표면에 감마선에 반응하여 빛을 방출하는 신틸레이터 물질이 도포되고,

상기 제2 GEM 챔버의 제2 GEM 포일은

감마선에 반응한 신틸레이터 물질에 의해 방출된 빛에 의해 챔버 내에 전자가 생성되도록, 제2 GEM 포일의 금속면들 중에 제2 캐소드의 신틸레이터 물질이 도포된 표면을 향하는 금속면 상에, 빛에 반응하여 광전자를 방출하는 광민감성 물질이 도포되는 것을 특징으로 하는 다채널 가스 전자 증폭 검출기.

청구항 5

청구항 2에 있어서, 상기 제2 GEM 챔버는

제2 캐소드 전극 아래에 배치되어, 제2 캐소드 전극을 통과한 감마선에 반응하여 빛을 방출하는 신틸레이터 물질과, 신틸레이터 물질에 의해 방출된 빛에 반응하여 제2 GEM 포일을 향해 광전자를 방출하는 광민감성 물질이 각각 도포된 신틸레이터 기판을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 다채널 가스 전자 증폭 검출기.

청구항 6

청구항 1에 있어서, 상기 제1 방사선은 베타선이고 제2 방사선은 중성자선인 것을 특징으로 하는 다채널 가스 전자 증폭 검출기.

청구항 7

청구항 6에 있어서, 상기 제2 GEM 챔버는

챔버 내부를 향하는 표면에 중성자선에 반응하여 양성자를 방출하는 폴리에틸렌(polyethylene) 또는 알파선을 방출하는 보론(Boron) 또는 베릴륨(Beryllium)이 도포된 제2 캐소드 전극을 포함하는 것을 특징으로 하는 다채널 가스 전자 증폭 검출기.

청구항 8

청구항 6에 있어서, 상기 제2 GEM 챔버는

어느 한 금속면 상에 중성자선에 반응하여 양성자를 방출하는 폴리에틸렌 또는 알파선을 방출하는 보론 또는 베릴륨이 도포된 적어도 하나의 제2 GEM 포일을 포함하는 것을 특징으로 하는 다채널 가스 전자 증폭 검출기.

청구항 9

청구항 1에 있어서, 상기 분석부는

제1 독출 신호를 기초로 제1 방사선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하고, 제2 독출 신호에서 제1 독출 신호를 뺀 값을 기초로 제2 방사선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하도록 동작하는 것을 특징으로 하는 다채널 가스 전자 증폭 검출기.

청구항 10

제1 캐소드 전극과 제1 애노드 전극 사이에 적어도 하나의 제1 GEM 포일을 구비하는 제1 GEM 챔버;

제2 캐소드 전극과 제2 애노드 전극 사이에 적어도 하나의 제2 GEM 포일을 구비하는 제2 GEM 챔버;

제3 캐소드 전극과 제3 애노드 전극 사이에 적어도 하나의 제3 GEM 포일을 구비하는 제2 GEM 챔버; 및

제1 GEM 챔버로부터 독출된 제1 독출 신호를 기초로 베타선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하고, 제1 독출 신호와 제2 GEM 챔버로부터 독출된 제2 독출 신호를 기초로 감마선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하며, 제1 독출 신호와 제3 GEM 챔버로부터 독출된 제3 독출 신호를 기초로 중성자선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하는 분석부를 포함하는 다채널 가스 전자 증폭 검출기.

청구항 11

청구항 10에 있어서, 상기 분석부는

제1 독출 신호를 기초로 베타선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하고, 제2 독출 신호에서 제1 독출 신호를 뺀 값을 기초로 감마선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하며, 제3 독출 신호에서 제1 독출 신호를 뺀 값을 기초로 중성자선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하도록 동작하는 것을 특징으로 하는 다채널 가스 전자 증폭 검출기.

청구항 12

다채널 가스 전자 증폭 검출기를 이용한 방사선 검출 방법으로서,

상기 다채널 가스 전자 증폭 검출기가,

제1 캐소드 전극과 제1 애노드 전극 사이에 적어도 하나의 제1 GEM 포일을 구비하는 제1 GEM 챔버로부터 제1 독출 신호를 수신하는 단계;

제2 캐소드 전극과 제2 애노드 전극 사이에 적어도 하나의 제2 GEM 포일을 구비하는 제2 GEM 챔버로부터 제2 독출 신호를 수신하는 단계;

제1 독출 신호를 기초로 제1 방사선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하는 단계; 및

제1 독출 신호와 제2 독출 신호를 기초로 제2 방사선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하는 단계를 포함하는 다채널 가스 전자 증폭 검출기를 이용한 방사선 검출 방법.

청구항 13

청구항 12에 있어서, 상기 제1 방사선은 베타선이고 제2 방사선은 감마선인 것을 특징으로 하는 다채널 가스 전자 증폭 검출기를 이용한 방사선 검출 방법.

청구항 14

청구항 13에 있어서, 상기 제2 GEM 챔버의 제2 캐소드 전극은

챔버 내부를 향하는 표면에 감마선에 반응하여 빛을 방출하는 신틸레이터 물질이 도포되고, 또한 감마선에 반응한 신틸레이터 물질에 의해 방출된 빛에 의해 챔버 내에 전자가 생성되도록, 빛에 반응하여 광전자를 방출하는 광민감성 물질이 더 도포되는 것을 특징으로 하는 다채널 가스 전자 증폭 검출기를 이용한 방사선 검출 방법.

청구항 15

청구항 13에 있어서, 상기 제2 GEM 챔버의 제2 캐소드 전극은

챔버 내부를 향하는 표면에 감마선에 반응하여 빛을 방출하는 신틸레이터 물질이 도포되고,

상기 제2 GEM 챔버의 제2 GEM 포일은

감마선에 반응한 신틸레이터 물질에 의해 방출된 빛에 의해 챔버 내에 전자가 생성되도록, 제2 GEM 포일의 금속면들 중에 제2 캐소드의 신틸레이터 물질이 도포된 표면을 향하는 금속면 상에, 빛에 반응하여 광전자를 방출하는 광민감성 물질이 도포되는 것을 특징으로 하는 다채널 가스 전자 증폭 검출기를 이용한 방사선 검출 방법.

청구항 16

청구항 13에 있어서, 상기 제2 GEM 챔버는

제2 캐소드 전극 아래에 배치되어, 제2 캐소드 전극을 통과한 감마선에 반응하여 빛을 방출하는 신틸레이터 물질과, 신틸레이터 물질에 의해 방출된 빛에 반응하여 제2 GEM 포일을 향해 광전자를 방출하는 광민감성 물질이 각각 도포된 신틸레이터 기관을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 다채널 가스 전자 증폭 검출기를 이용한 방사선 검출 방법.

청구항 17

청구항 12에 있어서, 상기 제1 방사선은 베타선이고 제2 방사선은 중성자선인 것을 특징으로 하는 다채널 가스 전자 증폭 검출기를 이용한 방사선 검출 방법.

청구항 18

청구항 17에 있어서, 상기 제2 GEM 챔버는

챔버 내부를 향하는 표면에 중성자선에 반응하여 양성자를 방출하는 폴리에틸렌 또는 알파선을 방출하는 보론 또는 베릴륨이 도포된 제2 캐소드 전극을 포함하는 것을 특징으로 하는 다채널 가스 전자 증폭 검출기를 이용한 방사선 검출 방법.

청구항 19

청구항 17에 있어서, 상기 제2 GEM 챔버는

어느 한 금속면 상에 중성자선에 반응하여 양성자를 방출하는 폴리에틸렌 또는 알파선을 방출하는 보론 또는 베릴륨이 도포된 적어도 하나의 제2 GEM 포일을 포함하는 것을 특징으로 하는 다채널 가스 전자 증폭 검출기를 이용한 방사선 검출 방법.

청구항 20

청구항 12에 있어서, 제2 방사선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하는 단계는,

제2 독출 신호에서 제1 독출 신호를 뺀 값을 기초로 제2 방사선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 다채널 가스 전자 증폭 검출기를 이용한 방사선 검출 방법.

청구항 21

다채널 가스 전자 증폭 검출기를 이용한 방사선 검출 방법으로서,

상기 다채널 가스 전자 증폭 검출기가,

제1 캐소드 전극과 제1 애노드 전극 사이에 적어도 하나의 제1 GEM 포일을 구비하는 제1 GEM 챔버로부터 제1 독출 신호를 수신하는 단계;

제2 캐소드 전극과 제2 애노드 전극 사이에 적어도 하나의 제2 GEM 포일을 구비하는 제2 GEM 챔버로부터 제2 독출 신호를 수신하는 단계;

출 신호를 수신하는 단계;

제3 캐소드 전극과 제3 애노드 전극 사이에 적어도 하나의 제3 GEM 포일을 구비하는 제3 GEM 챔버로부터 제3 독출 신호를 수신하는 단계;

제1 독출 신호를 기초로 베타선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하는 단계;

제1 독출 신호와 제2 독출 신호를 기초로 감마선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하는 단계; 및

제1 독출 신호와 제3 독출 신호를 기초로 중성자선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하는 단계를 포함하는 다채널 가스 전자 증폭 검출기를 이용한 방사선 검출 방법.

청구항 22

청구항 21에 있어서, 감마선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하는 단계는,

제2 독출 신호에서 제1 독출 신호를 뺀 값을 기초로 감마선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 다채널 가스 전자 증폭 검출기를 이용한 방사선 검출 방법.

청구항 23

청구항 21에 있어서, 중성자선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하는 단계는,

제3 독출 신호에서 제1 독출 신호를 뺀 값을 기초로 중성자선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 다채널 가스 전자 증폭 검출기를 이용한 방사선 검출 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 방사선 검출 기술에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 가스 전자 증폭 검출 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 방사선의 검출 기법은 고에너지 입자 또는 방사선이 특정 물질을 통과하면서 만들어내는 전하들에 직접적으로 의존하는 방식, 그러한 전하들의 재결합 시에 일어나는 현상에 의존하는 방식, 고에너지 입자 또는 방사선에 의해 일어난 발광을 검출하는 방식, 또는 다른 핵종으로 변환하여 검출하는 방식 등이 있다.

[0003] 그 중 가스 전자 증폭기(Gas Electron Multiplier, GEM)는 입자 또는 방사선이 가스 입자를 전리시킬 때에 발생하는 전하에 기초하여 방사선을 검출하는 가스 이온화 검출기의 일종이다. 기존의 가스 이온화 검출기는 전리된 전하가 음극까지 도달하는 비율이 낮아 검출 성능이 좋지 않았지만, GEM 검출기는 가스 챔버 내에 하나 이상의 GEM 포일(foil)을 구비하여 전하의 개수를 증폭시킬 수 있기 때문에 검출 성능이 향상되었다.

[0004] GEM 포일은 수십 μm 의 직경 및 수십~수백 μm 의 간격을 가지는 수많은 구멍들이 뚫린 수십~수백 μm 의 얇은 절연체 기관의 양면에 예를 들어 구리와 같은 금속층을 얇게 형성한 평판이다. 절연체 기관은 예를 들어 캡톤(Kapton) 소재로 구현될 수 있다. 캡톤 소재는 -269°C 의 극저온부터 400°C 의 고온까지 안정적이고 절연 성능이 뛰어나기 때문에 절연체로서 널리 사용된다.

[0005] GEM 포일의 두 금속층에 서로 다른 크기의 전압이 각각 인가되면 캐소드 전극과 애노드 전극 사이의 전기장이 구멍 사이로 밀집하면서 구멍 내에 강한 전기장이 형성되는데, 방사선에 의해 가스 입자로부터 유리된 표류 전자(drift electron)가 음극과 GEM 포일 사이의 전기장에 의해 가속되어 구멍으로 접근하였다가 갑자기 고밀도의 전기장을 만나면서 가스 입자들로부터 대량의 전자들이 유리되는 전자 사태(Electron Avalanche)를 일으킨다. 이러한 전자 증폭 현상에 의해 전자들의 개수가 급증하므로 독출 회로(Readout circuit)에서 전기적으로 검출하기가 용이해진다. 복수의 GEM 포일들을 나란히 배치하면 전자들이 독출 회로까지 도달하기 전에 전자 증폭 현상을 여러 차례 일으킬 수 있다.

[0006] 통상적으로, 기본적인 구조의 GEM 검출기는 베타선을 민감하게 검출할 수 있지만 감마선이나 중성자선의 검출 성능은 낮은 편이다. 이에 따라, 감마선이나 중성자선의 검출을 위한 GEM 검출기는 많은 수, 예를 들어 10 개 이상의 GEM 포일들을 구비하는 등 특별한 구조를 가지고 있다. 이렇듯, 기존에는 방사선의 종류에 따라 별도의 GEM 검출기들을 준비하여야 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 다채널 가스 전자 증폭 검출기 및 이를 이용한 방사선 검출 방법을 제공하는 데에 있다.
- [0008] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 서로 다른 종류의 방사선 또는 고에너지 입자를 검출하기 위해, 개별적인 GEM 검출기를 이용하는 대신에, 복수 채널의 GEM 챔버들을 이용하는 다채널 가스 전자 증폭 검출기 및 이를 이용한 방사선 검출 방법을 제공하는 데에 있다.
- [0009] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 서로 다른 종류의 방사선 또는 고에너지 입자를 검출하기 위해, 복수 채널의 GEM 검출 챔버들로부터 얻은 검출 결과들을 통합적으로 이용함으로써 검출 성능을 향상시킬 수 있는 다채널 가스 전자 증폭 검출기 및 이를 이용한 방사선 검출 방법을 제공하는 데에 있다.
- [0010] 본 발명의 해결과제는 이상에서 언급된 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 해결과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확히 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0011] 본 발명의 일 측면에 따른 다채널 가스 전자 증폭 검출기는,
- [0012] 제1 캐소드 전극(Cathode electrode)과 제1 애노드 전극(Anode electrode) 사이에 적어도 하나의 제1 GEM(Gas Electron Multiplier) 포일(foil)을 구비하는 제1 GEM 챔버;
- [0013] 제2 캐소드 전극과 제2 애노드 전극 사이에 적어도 하나의 제2 GEM 포일을 구비하는 제2 GEM 챔버; 및
- [0014] 제1 GEM 챔버로부터 독출된 제1 독출 신호를 기초로 제1 방사선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하고, 제1 독출 신호와 제2 GEM 챔버로부터 독출된 제2 독출 신호를 기초로 제2 방사선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하는 분석부를 포함할 수 있다.
- [0015] 일 실시예에 따라, 상기 제1 방사선은 베타선이고 제2 방사선은 감마선일 수 있다.
- [0016] 일 실시예에 따라, 상기 제2 GEM 챔버의 제2 캐소드 전극은
- [0017] 챔버 내부를 향하는 표면에 감마선에 반응하여 빛을 방출하는 신틸레이터(scintillator) 물질이 도포되고, 또한 감마선에 반응한 신틸레이터 물질에 의해 방출된 빛에 의해 챔버 내에 전자가 생성되도록, 빛에 반응하여 광전자를 방출하는 광민감성 물질이 더 도포될 수 있다
- [0018] 일 실시예에 따라, 상기 제2 GEM 챔버의 제2 캐소드 전극은
- [0019] 챔버 내부를 향하는 표면에 감마선에 반응하여 빛을 방출하는 신틸레이터 물질이 도포되고,
- [0020] 상기 제2 GEM 챔버의 제2 GEM 포일은
- [0021] 감마선에 반응한 신틸레이터 물질에 의해 방출된 빛에 의해 챔버 내에 전자가 생성되도록, 제2 GEM 포일의 금속면들 중에 제2 캐소드의 신틸레이터 물질이 도포된 표면을 향하는 금속면 상에, 빛에 반응하여 광전자를 방출하는 광민감성 물질이 도포될 수 있다.
- [0022] 일 실시예에 따라, 상기 제2 GEM 챔버는
- [0023] 어느 한 금속면 상에 빛에 반응하여 광전자를 방출하는 광민감성 물질이 도포된 적어도 하나의 제2 GEM 포일을 포함할 수 있다.
- [0024] 일 실시예에 따라, 상기 제2 GEM 챔버는
- [0025] 제2 캐소드 전극 아래에 배치되어, 제2 캐소드 전극을 통과한 감마선에 반응하여 빛을 방출하는 신틸레이터 물질과, 신틸레이터 물질에 의해 방출된 빛에 반응하여 제2 GEM 포일을 향해 광전자를 방출하는 광민감성 물질이 각각 도포된 신틸레이터 기판을 더 포함할 수 있다.
- [0026] 일 실시예에 따라, 상기 제1 방사선은 베타선이고 제2 방사선은 중성자선일 수 있다.
- [0027] 일 실시예에 따라, 상기 제2 GEM 챔버는

- [0028] 챔버 내부를 향하는 표면에 중성자선에 반응하여 양성자를 방출하는 폴리에틸렌(polyethylene) 또는 알파선을 방출하는 보론(Boron) 또는 베릴륨(Beryllium)이 도포된 제2 캐소드 전극을 포함할 수 있다.
- [0029] 일 실시예에 따라, 상기 제2 GEM 챔버는
- [0030] 어느 한 금속면 상에 중성자선에 반응하여 양성자를 방출하는 폴리에틸렌 또는 알파선을 방출하는 보론 또는 베릴륨이 도포된 적어도 하나의 제2 GEM 포일을 포함할 수 있다.
- [0031] 일 실시예에 따라, 상기 분석부는
- [0032] 제1 독출 신호를 기초로 제1 방사선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하고, 제2 독출 신호에서 제1 독출 신호를 뺀 값을 기초로 제2 방사선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하도록 동작할 수 있다.
- [0033] 본 발명의 다른 측면에 따른 다채널 가스 전자 증폭 검출기는
- [0034] 제1 캐소드 전극과 제1 애노드 전극 사이에 적어도 하나의 제1 GEM 포일을 구비하는 제1 GEM 챔버;
- [0035] 제2 캐소드 전극과 제2 애노드 전극 사이에 적어도 하나의 제2 GEM 포일을 구비하는 제2 GEM 챔버;
- [0036] 제3 캐소드 전극과 제3 애노드 전극 사이에 적어도 하나의 제3 GEM 포일을 구비하는 제2 GEM 챔버; 및
- [0037] 제1 GEM 챔버로부터 독출된 제1 독출 신호를 기초로 베타선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하고, 제1 독출 신호와 제2 GEM 챔버로부터 독출된 제2 독출 신호를 기초로 감마선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하며, 제1 독출 신호와 제3 GEM 챔버로부터 독출된 제3 독출 신호를 기초로 중성자선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하는 분석부를 포함할 수 있다.
- [0038] 일 실시예에 따라, 상기 분석부는
- [0039] 제1 독출 신호를 기초로 베타선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하고, 제2 독출 신호에서 제1 독출 신호를 뺀 값을 기초로 감마선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하며, 제3 독출 신호에서 제1 독출 신호를 뺀 값을 기초로 중성자선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하도록 동작할 수 있다.
- [0040] 본 발명의 다른 측면에 따른 다채널 가스 전자 증폭 검출기를 이용한 방사선 검출 방법은 상기 다채널 가스 전자 증폭 검출기가,
- [0041] 제1 캐소드 전극과 제1 애노드 전극 사이에 적어도 하나의 제1 GEM 포일을 구비하는 제1 GEM 챔버로부터 제1 독출 신호를 수신하는 단계;
- [0042] 제2 캐소드 전극과 제2 애노드 전극 사이에 적어도 하나의 제2 GEM 포일을 구비하는 제2 GEM 챔버로부터 제2 독출 신호를 수신하는 단계;
- [0043] 제1 독출 신호를 기초로 제1 방사선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하는 단계; 및
- [0044] 제1 독출 신호와 제2 독출 신호를 기초로 제2 방사선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0045] 일 실시예에 따라, 제2 방사선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하는 단계는,
- [0046] 제2 독출 신호에서 제1 독출 신호를 뺀 값을 기초로 제2 방사선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0047] 본 발명의 또 다른 측면에 따른 다채널 가스 전자 증폭 검출기를 이용한 방사선 검출 방법은 상기 다채널 가스 전자 증폭 검출기가,
- [0048] 제1 캐소드 전극과 제1 애노드 전극 사이에 적어도 하나의 제1 GEM 포일을 구비하는 제1 GEM 챔버로부터 제1 독출 신호를 수신하는 단계;
- [0049] 제2 캐소드 전극과 제2 애노드 전극 사이에 적어도 하나의 제2 GEM 포일을 구비하는 제2 GEM 챔버로부터 제2 독출 신호를 수신하는 단계;
- [0050] 제3 캐소드 전극과 제3 애노드 전극 사이에 적어도 하나의 제3 GEM 포일을 구비하는 제3 GEM 챔버로부터 제3 독출 신호를 수신하는 단계;
- [0051] 제1 독출 신호를 기초로 베타선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하는 단계;

- [0052] 제1 독출 신호와 제2 독출 신호를 기초로 감마선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하는 단계; 및
- [0053] 제1 독출 신호와 제3 독출 신호를 기초로 중성자선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0054] 일 실시예에 따라, 감마선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하는 단계는,
- [0055] 제2 독출 신호에서 제1 독출 신호를 뺀 값을 기초로 감마선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0056] 일 실시예에 따라, 중성자선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하는 단계는,
- [0057] 제3 독출 신호에서 제1 독출 신호를 뺀 값을 기초로 중성자선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 다채널 가스 전자 증폭 검출기를 이용한 방사선 검출 방법.

발명의 효과

- [0058] 본 발명의 다채널 가스 전자 증폭 검출기 및 이를 이용한 방사선 검출 방법에 따르면, 서로 다른 종류의 방사선 또는 고에너지 입자를 검출하기 위해, 개별적인 GEM 검출기를 이용하는 대신에, 복수 채널의 GEM 검출 챔버들을 이용할 수 있다.
- [0059] 본 발명의 다채널 가스 전자 증폭 검출기 및 이를 이용한 방사선 검출 방법에 따르면, 서로 다른 종류의 방사선 또는 고에너지 입자를 검출하기 위해, 복수 채널의 GEM 검출 챔버들로부터 얻은 검출 결과들을 통합적으로 이용함으로써 검출 성능을 향상시킬 수 있다.
- [0060] 본 발명의 다채널 가스 전자 증폭 검출기 및 이를 이용한 방사선 검출 방법에 따르면, 서로 다른 종류의 방사선 또는 고에너지 입자를 한 번의 측정으로 모두 검출할 수 있다.
- [0061] 본 발명의 효과는 이상에서 언급된 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 효과들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0062] 도 1은 본 발명의 실시예들에 따른 다채널 가스 전자 증폭 검출기를 예시한 개념도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예들에 따른 다채널 가스 전자 증폭 검출기를 예시한 개념도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예들에 따른 다채널 가스 전자 증폭 검출기를 이용한 방사선 검출 방법을 예시한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0063] 본문에 개시되어 있는 본 발명의 실시예들에 대해서, 특정한 구조적 내지 기능적 설명들은 단지 본 발명의 실시예를 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로, 본 발명의 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있으며 본문에 설명된 실시예들에 한정되는 것으로 해석되어서는 아니 된다.
- [0064] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세하게 설명하고자 한다. 도면상의 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 참조부호를 사용하고 동일한 구성요소에 대해서 중복된 설명은 생략한다.
- [0065] 도 1은 본 발명의 실시예들에 따른 다채널 가스 전자 증폭 검출기를 예시한 개념도이다.
- [0066] 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 다채널 가스 전자 증폭 검출기(100)는 제1 GEM 챔버(110), 제2 GEM 챔버(120), 제3 GEM 챔버(130), 분석부(140), 전압 생성부(150) 및 가스 순환부(160)를 포함할 수 있다.
- [0067] 구체적으로 제1 GEM 챔버(110)는 제1 캐소드 전극(111)과 제1 애노드 전극(112) 사이에 적어도 하나의 제1 GEM 포일(113)을 구비한다.
- [0068] 제1 GEM 챔버(110)는 베타선을 검출하기 위한 채널로서, 기본적인 GEM 챔버가 베타선에 대해서 감도가 좋기 때문에 종래의 GEM 챔버의 구조를 가질 수 있다.
- [0069] 제2 GEM 챔버(120)는 제2 캐소드 전극(121)과 제2 애노드 전극(122) 사이에 적어도 하나의 제2 GEM 포일(123)을 구비한다.

- [0070] 실시예에 따라, 제2 GEM 챔버(120)는 감마선을 검출하기 위한 채널이다.
- [0071] 실시예에 따라, 제2 GEM 챔버(120)는 기본적인 GEM 챔버가 감마선에 대해서 감도가 나쁘기 때문에 감마선을 검출하기 위해 신틸레이션(scintillation)을 이용할 수 있다.
- [0072] 구체적으로, 제2 GEM 챔버(120)는 제2 캐소드(121)의 표면 중에 챔버 내부를 향하는 표면에 감마선에 반응하여 빛을 방출하는 신틸레이터(scintillator) 물질이 도포된 제2 캐소드(121)를 포함할 수 있다. 신틸레이터 물질은 예를 들어 CsI(Tl), NaI(Tl), ZnS(Ag), LiI(Tl), 안트라신(anthracene), 나프탈렌(naphthalene), 그 밖에 플라스틱 신틸레이터들을 포함할 수 있다.
- [0073] 또한 제2 GEM 챔버(120)의 제2 캐소드(121)는, 감마선에 반응한 신틸레이터 물질에 의해 방출된 빛에 의해 챔버 내에 전자가 생성되도록, 제2 캐소드(121)의 신틸레이터 물질층과 함께, 또는 그 위에, 빛에 반응하여 광전자를 방출하는 광민감성 물질이 더 도포될 수 있다.
- [0074] 실시예에 따라, 제2 GEM 챔버(120)는, 감마선에 반응한 신틸레이터 물질에 의해 방출된 빛에 의해 챔버 내에 전자가 생성되도록, 제2 GEM 포일(123)의 금속면들 중에 제2 캐소드(121)의 신틸레이터 물질이 도포된 표면을 향하는 금속면 상에, 빛에 반응하여 광전자를 방출하는 광민감성 물질이 도포될 수 있다.
- [0075] 한편, 제3 GEM 챔버(130)는 제3 캐소드 전극(131)과 제3 애노드 전극(132) 사이에 적어도 하나의 제3 GEM 포일(133)을 구비한다.
- [0076] 실시예에 따라, 제3 GEM 챔버(130)는 중성자선을 검출하기 위한 채널이다.
- [0077] 실시예에 따라, 제3 GEM 챔버(130)는 기본적인 GEM 챔버가 중성자선에 대해서 감도가 나쁘기 때문에 중성자선을 검출하기 위해 중성자 변환 물질을 이용할 수 있다.
- [0078] 구체적으로, 제3 GEM 챔버(130)는 제3 캐소드(131)의 표면 중에 챔버 내부를 향하는 표면에 중성자선에 반응하여 양성자를 방출하는 폴리에틸렌(polyethylene) 또는 알파선을 방출하는 보론(Boron) 동위원소 10 또는 베릴륨(Beryllium)이 도포된 제3 캐소드(131)를 포함할 수 있다.
- [0079] 분석부(140)는 제1 GEM 챔버(110)로부터 독출된 제1 독출 신호(RD1)를 기초로 제1 방사선, 예를 들어 베타선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하고, 제1 독출 신호(RD1)와 제2 GEM 챔버(120)로부터 독출된 제2 독출 신호(RD2)를 기초로 제2 방사선, 예를 들어 감마선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하며, 제1 독출 신호(RD1)와 제3 GEM 챔버(130)로부터 독출된 제3 독출 신호(RD3)를 기초로 제3 방사선, 예를 들어 중성자선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석할 수 있다.
- [0080] 좀 더 구체적으로, 여러 종류의 방사선이 방출되는 상황을 가정하면, 제1 GEM 챔버(110)는 방사선 중 베타선에 대해서 매우 민감한 반면에 감마선이나 중성자선에 대해서는 거의 반응하지 않으므로, 제1 GEM 챔버(110)로부터 출력되는 제1 독출 신호(RD1)는 거의 전적으로 베타선에 의해 발생한다고 볼 수 있다.
- [0081] 제2 GEM 챔버(120)는 방사선 중 베타선에 대해서 제1 GEM 챔버(110)만큼 민감하고, 감마선에도 민감하지만, 중성자선에 대해서는 역시 거의 반응하지 않으므로, 제2 GEM 챔버(120)로부터 출력되는 제2 독출 신호(RD2)는 베타선과 감마선에 의해 발생한다고 볼 수 있다.
- [0082] 따라서, 제2 독출 신호(RD2)에 베타선이 기여한 정도는 제1 GEM 챔버(110)에서 베타선에 의해 발생하는 제1 독출 신호(RD1)와 사실상 같으므로, 제2 독출 신호(RD2)와 제1 독출 신호(RD1)의 차이로부터 제2 GEM 챔버(120)에서 감마선이 단독으로 기여한 정도를 알 수 있다.
- [0083] 한편, 제3 GEM 챔버(130)는 방사선 중 베타선에 대해서 민감하고, 감마선에는 반응하지 않으며, 중성자선에 대해서는 민감하므로, 제3 GEM 챔버(130)로부터 출력되는 제3 독출 신호(RD3)는 베타선과 중성자선에 의해 발생한다고 볼 수 있다.
- [0084] 따라서, 제3 독출 신호(RD3)와 제1 독출 신호(RD1)의 차이로부터 제3 GEM 챔버(130)에서 중성자선이 단독으로 기여한 정도를 알 수 있다.
- [0085] 이러한 관찰에 따라, 분석부(140)는, 제1 독출 신호(RD1)를 기초로 베타선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하고, 제2 독출 신호(RD2)에서 제1 독출 신호(RD1)를 뺀 값을 기초로 감마선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하며, 제3 독출 신호(RD3)에서 제1 독출 신호(RD1)를 뺀 값을 기초로 중성자선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석할 수 있다.

- [0086] 전압 생성부(150)는 제1 내지 제3 캐소드 전극들(111, 121, 131), 제1 내지 제3 애노드 전극들(112, 122, 132), 제1 내지 제3 GEM 포일들(113, 123, 133)에 각각 인가되는 전압 레벨들을 생성하여 공급할 수 있다.
- [0087] 전압 생성부(150)는, 예를 들어 제1 내지 제3 캐소드 전극들(111, 121, 131)에는 약 -2000 V, 제1 내지 제3 애노드 전극들(112, 122, 132)에는 0 V, 제1 내지 제3 GEM 포일들(113, 123, 133)에는 약 -1600 V와 -1200 V의 전압 레벨들을 가진 전압들을 공급할 수 있다.
- [0088] 가스 순환부(160)는 제1 내지 제3 GEM 챔버들(110, 120, 130) 내에 소정의 혼합비로 Ar-CO₂ 가스를 공급하고, 제1 내지 제3 GEM 챔버들(110, 120, 130)로부터 이온화된 가스를 배출시킨다.
- [0089] 도 2는 본 발명의 실시예들에 따른 다채널 가스 전자 증폭 검출기를 예시한 개념도이다.
- [0090] 도 2를 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 다채널 가스 전자 증폭 검출기(200)는 제1 GEM 챔버(210), 제2 GEM 챔버(220), 제3 GEM 챔버(230), 분석부(240), 전압 생성부(250) 및 가스 순환부(260)를 포함할 수 있다.
- [0091] 도 2의 다채널 가스 전자 증폭 검출기(200)의 제1 GEM 챔버(210), 분석부(240), 전압 생성부(250) 및 가스 순환부(260)는 도 1의 다채널 가스 전자 증폭 검출기(100)의 제1 GEM 챔버(110), 분석부(140), 전압 생성부(150) 및 가스 순환부(160)와 각각 실질적으로 동일하거나 유사하므로 설명을 생략한다.
- [0092] 제2 GEM 챔버(220)도 감마선을 검출하기 위해 신틸레이션을 이용할 수 있다.
- [0093] 구체적으로, 제2 GEM 챔버(220)는 제2 캐소드 전극(221)과 제2 애노드 전극(222) 사이에 적어도 하나의 제2 GEM 포일(223)뿐 아니라 신틸레이터 기관(224)을 더 포함할 수 있다.
- [0094] 신틸레이터 기관(224)은 제2 캐소드 전극(221) 아래에 배치되어, 제2 캐소드 전극(221)을 통과한 감마선에 반응하여 빛을 방출하는 신틸레이터 물질과, 신틸레이터 물질에 의해 방출된 빛에 반응하여 제2 GEM 포일(223)을 향해 광전자를 방출하는 광민감성 물질을 포함하도록 구성될 수 있다.
- [0095] 한편, 제3 GEM 챔버(230)는 제3 캐소드 전극(231)과 제3 애노드 전극(232) 사이에 적어도 하나의 제3 GEM 포일(233)을 구비한다.
- [0096] 제3 GEM 챔버(230)도 중성자선을 검출하기 위해 중성자 변환(neutron converter) 물질을 이용할 수 있다.
- [0097] 구체적으로, 제3 GEM 챔버(230)는 제3 GEM 포일(233)의 금속면 상에 중성자선에 반응하여 양성자를 방출하는 폴리에틸렌 또는 알파선을 방출하는 보론 또는 베릴륨이 도포된 적어도 하나의 제3 GEM 포일(233)을 포함할 수 있다.
- [0098] 도 3은 본 발명의 실시예들에 따른 다채널 가스 전자 증폭 검출기를 이용한 방사선 검출 방법을 예시한 순서도이다.
- [0099] 도 3을 참조하면, 다채널 가스 전자 증폭 검출기를 이용한 방사선 검출 방법으로서, 다채널 가스 전자 증폭 검출기는 제1 캐소드 전극과 제1 애노드 전극 사이에 적어도 하나의 제1 GEM 포일을 구비하는 제1 GEM 챔버 및 제2 캐소드 전극과 제2 애노드 전극 사이에 적어도 하나의 제2 GEM 포일을 구비하는 제2 GEM 챔버를 포함할 수 있다.
- [0100] 단계(S31)에서, 다채널 가스 전자 증폭 검출기가, 제1 GEM 챔버로부터 제1 독출 신호를 수신할 수 있다.
- [0101] 실시예에 따라, 제1 GEM 챔버는 제1 방사선, 예를 들어 베타선을 검출하기 위한 채널이다.
- [0102] 단계(S32)에서, 다채널 가스 전자 증폭 검출기가, 제2 GEM 챔버로부터 제2 독출 신호를 수신할 수 있다.
- [0103] 실시예에 따라, 제2 GEM 챔버는 제2 방사선, 예를 들어 감마선을 검출하기 위한 채널로서, 신틸레이션을 이용할 수 있다.
- [0104] 구체적으로, 실시예에 따라, 제2 GEM 챔버는 제2 캐소드의 표면 중에 챔버 내부를 향하는 표면에 감마선에 반응하여 빛을 방출하는 신틸레이터 물질이 도포된 제2 캐소드를 포함할 수 있다.
- [0105] 또한, 실시예에 따라, 제2 GEM 챔버는 감마선에 반응한 신틸레이터 물질에 의해 방출된 빛에 의해 챔버 내에 전자가 생성되도록, 제2 GEM 포일의 금속면들 중에 제2 캐소드의 신틸레이터 물질이 도포된 표면을 향하는 금속면 상에 빛에 반응하여 광전자를 방출하는 광민감성 물질이 도포된 제2 GEM 포일을 포함할 수 있다.
- [0106] 실시예에 따라, 제2 GEM 챔버는 제2 캐소드 전극과 제2 애노드 전극 사이에 신틸레이터 기관을 더 포함할 수 있다.

다. 이때, 신틸레이터 기관은 제2 캐소드 전극 아래에 배치되어, 제2 캐소드 전극을 통과한 감마선에 반응하여 빛을 방출하는 신틸레이터 물질과, 신틸레이터 물질에 의해 방출된 빛에 반응하여 제2 GEM 포일을 향해 광전자를 방출하는 광민감성 물질을 포함하도록 구성될 수 있다.

- [0107] 실시예에 따라, 제2 GEM 챔버는 제2 방사선, 예를 들어 중성자선을 검출하기 위한 채널로서, 제2 GEM 챔버는 중성자 변환 물질을 이용할 수 있다.
- [0108] 구체적으로, 실시예에 따라, 제2 GEM 챔버는 제2 캐소드의 표면 중에 챔버 내부를 향하는 표면에 중성자선에 반응하여 양성자를 방출하는 폴리에틸렌 또는 알파선을 방출하는 보론 동위원소 10 또는 베릴륨이 도포된 제2 캐소드를 포함할 수 있다.
- [0109] 구체적으로, 실시예에 따라, 제2 GEM 챔버는 제2 GEM 포일의 금속면 상에 중성자선에 반응하여 양성자를 방출하는 폴리에틸렌 또는 알파선을 방출하는 보론 또는 베릴륨이 도포된 적어도 하나의 제2 GEM 포일을 포함할 수 있다.
- [0110] 단계(S33)에서, 다채널 가스 전자 증폭 검출기가, 제1 독출 신호를 기초로 제1 방사선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석할 수 있다. 제1 방사선은 베타선일 수 있다.
- [0111] 단계(S34)에서, 다채널 가스 전자 증폭 검출기가, 제1 독출 신호와 제2 독출 신호를 기초로 제2 방사선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석할 수 있다. 제2 방사선은 감마선 또는 중성자선일 수 있다.
- [0112] 구체적으로, 단계(S34)는 제2 독출 신호에서 제1 독출 신호를 뺀 값으로 제2 방사선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0113] 예를 들어, 단계(S34)는 제2 방사선이 감마선일 경우에 제2 독출 신호에서 제1 독출 신호를 뺀 값을 기초로 감마선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하는 단계이거나, 또는 제2 방사선이 중성자선일 경우에 제2 독출 신호에서 제1 독출 신호를 뺀 값을 기초로 중성자선의 세기 또는 에너지 스펙트럼을 분석하는 단계일 수 있다.
- [0114] 본 실시예 및 본 명세서에 첨부된 도면은 본 발명에 포함되는 기술적 사상의 일부를 명확하게 나타내고 있는 것에 불과하며, 본 발명의 명세서 및 도면에 포함된 기술적 사상의 범위 내에서 당업자가 용이하게 유추할 수 있는 변형예와 구체적인 실시예는 모두 본 발명의 권리범위에 포함되는 것이 자명하다고 할 것이다.

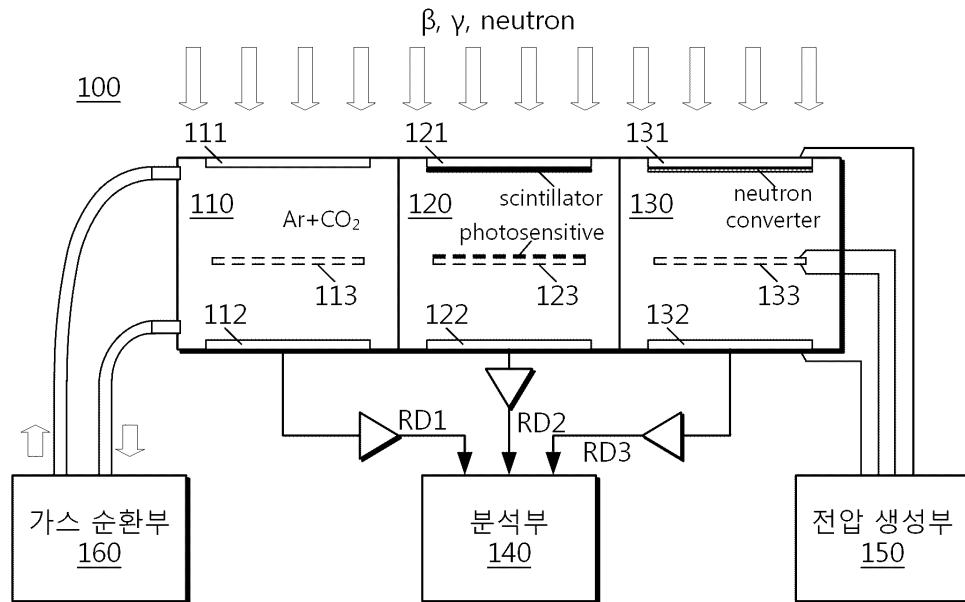
부호의 설명

- [0115] 100, 200 다채널 가스 전자 증폭 검출기
 - 110, 210 제1 GEM 챔버
 - 111, 211 제1 캐소드 전극
 - 112, 212 제1 애노드 전극
 - 113, 213 제1 GEM 포일
 - 120, 220 제2 GEM 챔버
 - 121, 221 제2 캐소드 전극
 - 122, 222 제2 애노드 전극
 - 123, 223 제2 GEM 포일
 - 224 신틸레이터 기관
 - 130, 230 제3 GEM 챔버
 - 131, 231 제3 캐소드 전극
 - 132, 232 제3 애노드 전극
 - 133, 233 제3 GEM 포일
 - 140, 240 분석부
 - 150, 250 전압 생성부

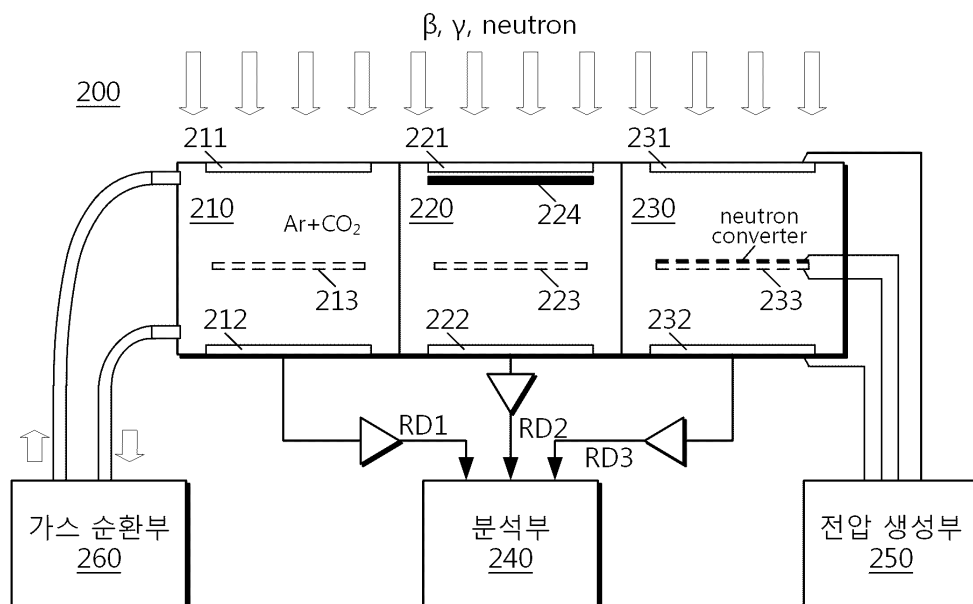
160, 260 가스 순환부

도면

도면1



도면2



도면3

