

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-26996  
(P2012-26996A)

(43) 公開日 平成24年2月9日(2012.2.9)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>GO 1 T 1/20 (2006.01)</b>	GO 1 T 1/20 C	2 G 0 8 8
<b>GO 1 T 3/06 (2006.01)</b>	GO 1 T 1/20 E	
	GO 1 T 1/20 G	
	GO 1 T 3/06	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2010-168934 (P2010-168934)  
(22) 出願日 平成22年7月28日 (2010.7.28)

(71) 出願人 504151365  
大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構  
茨城県つくば市大穂1番地1  
(74) 代理人 100100549  
弁理士 川口 嘉之  
(74) 代理人 100090516  
弁理士 松倉 秀実  
(74) 代理人 100113608  
弁理士 平川 明  
(74) 代理人 100138357  
弁理士 矢澤 広伸

最終頁に続く

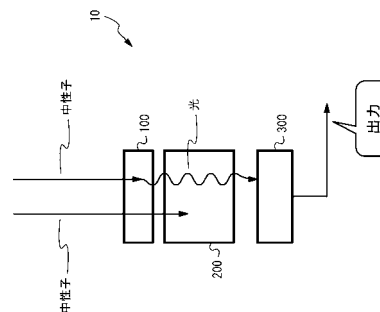
(54) 【発明の名称】 放射線検出装置

(57) 【要約】

【課題】 光検出器への放射線の入射量を低減する放射線検出装置を提供する。

【解決手段】 放射線が入射する放射線入射面を有し、入射した放射線を光に変換するシンチレータと、前記シンチレータの前記放射線入射面と対向する面側に設置され、前記シンチレータで変換された光を透過し、前記シンチレータを透過した放射線を吸収する光透過板と、前記光透過板の前記シンチレータが設置される面と対向する面側に設置され、前記シンチレータで変換され、前記光透過板を透過した光を、検出する光検出器と、を有する放射線検出装置である。

【選択図】 図2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

放射線が入射する放射線入射面を有し、入射した放射線を光に変換するシンチレータと

、  
前記シンチレータの前記放射線入射面と対向する面側に設置され、前記シンチレータで  
変換された光を透過し、前記シンチレータを透過した放射線を吸収する光透過板と、

前記光透過板の前記シンチレータが設置される面と対向する面側に設置され、前記シン  
チレータで変換され、前記光透過板を透過した光を、検出する光検出器と、  
を有する放射線検出装置。

## 【請求項 2】

10

前記シンチレータは、中性子を光に変換する中性子シンチレータであり、

前記光透過板は、ホウケイ酸ガラスである、

請求項 1 に記載の放射線検出装置。

## 【請求項 3】

前記光検出部は、半導体光検出器である、

請求項 1 又は 2 に記載の放射線検出装置。

## 【請求項 4】

前記半導体光検出器は、M P P C (Multi-Pixel Photon Counter) である、

請求項 3 に記載の放射線検出装置。

## 【発明の詳細な説明】

20

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、放射線を検出する放射線検出装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

放射線を検出する放射線検出装置として、シンチレータ及び光検出器が使用されるもの  
がある。シンチレータは、シンチレーション現象により、放射線を光に変換する。シンチ  
レーション現象は、放射線が特定の物質に入射するとき、この放射線のエネルギーが当該  
物質に吸収されて蛍光を発生する現象である。放射線検出装置は、シンチレータで変換さ  
れた光を光検出器で検出することにより、入射される放射線を検出する。放射線には、  
アルファ線、ベータ線、ガンマ線、X線、中性子線、荷電粒子線等が含まれる。

30

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

【特許文献 1】特開 2003 - 241329 号公報

【特許文献 2】特表 2007 - 509345 号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

放射線検出装置に入射される放射線の一部は、シンチレータで光に変換されず、光検出  
器に入射される。そのため、放射線検出装置には、放射線照射による損傷を受けにくい光  
検出器が使用されることが望ましい。従来、光検出器として、例えば、光電子増倍管が使用  
されてきた。

40

## 【0005】

光検出器としては、M P P C (Multi-Pixel Photon Counter) 等の半導体を使用した光  
検出器も存在する。M P P C は、光電子増倍管に比べ形状が小さいため、設置位置を自由  
に選択できるという利点がある。しかし、半導体を使用した光検出器は、放射線照射によ  
る損傷を受けやすい。このため、半導体を使用した光検出器は、放射線が照射される環  
境では使用されにくい。放射線検出装置の光検出器として半導体を使用した光検出器を使用  
するためには、光検出器への放射線の入射量が低減されることが、求められる。また、放

50

射線は、光検出器におけるノイズの原因となり検出結果に影響を与えることがある。このため、光電子増倍管のような光検出器であっても、光検出器に対する放射線の入射量が少ない環境で使用されることが望ましい。

【0006】

図1は、放射線検出装置に入射される放射線の例を示す図である。図1の放射線検出装置3は、放射線シンチレータ1及び光検出器2を含む。放射線シンチレータ1は、放射線を光に変換する。光検出器2は、放射線シンチレータ1で変換された光を検出する。放射線検出装置3に入射された放射線は、放射線シンチレータ1で光に変換され、変換された光が光検出器2で検出される。また、放射線検出装置3に入射された放射線の一部は、放射線シンチレータ1で光に変換されずに、光検出器2に入射される。光検出器2は、入射される放射線によりダメージを受ける。

10

【0007】

本発明は、光検出器への放射線の入射量を低減する放射線検出装置を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、上記課題を解決するために、以下の手段を採用する。

【0009】

即ち、本発明の第1の態様は、

放射線が入射する放射線入射面を有し、入射した放射線を光に変換するシンチレータと

20

前記シンチレータの前記放射線入射面と対向する面側に設置され、前記シンチレータで変換された光を透過し、前記シンチレータを透過した放射線を吸収する光透過板と、

前記光透過板の前記シンチレータが設置される面と対向する面側に設置され、前記シンチレータで変換され、前記光透過板を透過した光を、検出する光検出器と、を有する放射線検出装置である。

【0010】

本発明の第1の態様によると、シンチレータは入射した放射線を光に変換する。光透過板は、シンチレータで変換された光を透過し、シンチレータを透過した放射線を吸収する。光検出器は、シンチレータで変換された光を検出する。

30

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、光検出器への放射線の入射を低減する放射線検出装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】図1は、放射線検出装置に入射される放射線の例を示す図である。

【図2】図2は、中性子検出装置の構成例を示す図である。

【図3】図3は、ホウケイ酸ガラスの中性子吸収特性の例を示す図である。

【図4】図4は、光検出器としてMPCを使用した場合の、光検出器の回路の例を示す図である。

40

【図5】図5は、複数の光検出器が設けられた中性子検出装置の例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、図面を参照して実施形態について説明する。実施形態の構成は例示であり、開示の実施形態の構成に限定されない。

【0014】

〔実施形態〕

(構成例)

図2は、放射線検出装置としての中性子検出装置の構成例を示す図である。中性子検出

50

装置 10 は、中性子シンチレータ 100、光透過板 200、光検出器 300 を含む。

【0015】

中性子検出装置 10 は、平板状の中性子シンチレータ 100 と、中性子シンチレータ 100 の一方の面側に配置された平板状の光透過板 200 と、光透過板 200 の中性子シンチレータ 100 が配置された面と反対側の面側に配置された光検出器 300 とを有する。中性子シンチレータ 100 の光透過板 200 が配置された面と反対側の面に検出対象の中性子が入射される。中性子シンチレータ 100 と光透過板 200 とは、接触してもよい。また、光透過板 200 と光検出器 300 とは、接触してもよい。

【0016】

中性子検出装置 10 に中性子が入射されると、中性子シンチレータ 100 で中性子が光に変換される。中性子シンチレータ 100 で変換された光は、光透過板 200 に入射される。光透過板 200 は、光を通過させるので、入射された光は、光検出器 300 に入射される。光検出器 300 は、入射された光を検出し、電気信号等に変換して出力する。中性子シンチレータ 100 で光に変換されなかった中性子は、光透過板 200 で吸収される。光透過板 200 で吸収されなかった中性子は、光検出器 300 に入射される。光透過板 200 を調整することにより、光検出器 300 に入射する中性子の量を制御できる。

【0017】

中性子シンチレータ 100 は、中性子を光に変換する媒体である。中性子シンチレータ 100 に入射された中性子は、光に変換される。中性子シンチレータ 100 に入射された中性子の一部は、光に変換されずに通過する。中性子シンチレータ 100 で光に変換されなかった中性子は、光透過板 200 に入射される。中性子シンチレータ 100 として、例えば、ZnS、Li ガラス、LBO 単結晶が使用されうる。中性子シンチレータ 100 は、これらに限定されるものではない。

【0018】

光透過板 200 は、入射される光を通過させる。また、光透過板 200 は、入射される中性子を吸収する。即ち、光透過板 200 は、中性子に対して遮蔽板として機能する。光透過板 200 として、例えば、ホウケイ酸ガラスが使用される。ホウケイ酸ガラスは、ボロン入りのガラスである。ボロン入りのガラスは、中性子を吸収し得る。ガラスによる中性子の吸収割合は、ガラス板の厚さに依存する。光透過板 200 の厚さは、入射される中性子の量と、光検出器 300 に影響を及ぼす中性子の量とによって決定されうる。光透過板 200 は、ホウケイ酸ガラスに限定されない。光透過板 200 は、光検出器 300 を、中性子から保護する。

【0019】

図 3 は、ホウケイ酸ガラスの中性子吸収特性の例を示す図である。図 3 は、重量比 11% の酸化ホウ素 ( $B_2O_3$ ) が含まれるホウケイ酸ガラスの中性子吸収特性である。図 3 の中性子吸収特性は、板状のガラス (ガラス板) の一方の面から所定のレートで中性子を入射し、ガラス板の他方の面から出力される単位時間あたりの中性子の数を測定したものである。測定は、複数のガラス厚 (2 mm、3 mm、5 mm、7 mm、10 mm) で行われている。図 3 のグラフの横軸は、ガラス板の厚さであり、縦軸は、ガラス板を通過してカウントされる単位時間あたりの中性子の数である。ガラス板の厚さが 0 mm での値は、ガラス板を通さない場合にカウントされる単位時間あたりの中性子の数である。即ち、ガラス板の厚さが 0 mm での値は、ガラス板の厚さが 0 mm より大きい場合に、ガラス板に入射する単位時間あたりの中性子の数に相当する。このホウケイ酸ガラスは、ガラス厚が 5 mm で、入射される中性子をほぼ 1/10 に減衰する。例えば、中性子シンチレータ 100 を通過する中性子の量が 1000 個/秒であって、光検出器 300 が耐えられる中性子の量が 10 個/秒である場合、このホウケイ酸ガラスでは、ガラス厚が 10 mm であるものを使用すればよい。

【0020】

光検出器 300 は、中性子シンチレータ 100 で変換された光を検出する。光検出器 300 は、入射された光を電気信号等に変換して出力する。光検出器 300 は、入射された

10

20

30

40

50

光の量に依存した電気信号等を出力する。光検出器 300 は、例えば、入射された光の量に比例した電荷を出力する。光検出器 300 として、例えば、MPPC (Multi-Pixel Photon Counter) といった半導体光検出器、光電子増倍管が使用されうる。

#### 【0021】

図 4 は、光検出器として MPPC を使用した場合の、光検出器の回路の例を示す図である。図 4 の回路は、抵抗 R1 及び抵抗 R2、コンデンサ C1 及びコンデンサ C2、MPPC (ダイオード D1) を含む。図 4 の回路には、MPPC (ダイオード) に対する逆方向バイアスとしての逆電圧  $V_1$  が印加されている。MPPC に光が入射すると、MPPC 内の電子が励起され、回路に電流が流れ、出力を得る。この出力によって、光検出器 300 は、光を検出する。また、MPPC に光が入射しないと、原則として、回路に電流は流れない。

10

#### 【0022】

また、光検出器 300 として、フォトダイオード、フォトトランジスタ、CCD (Charge Coupled Device)、CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) が使用されうる。中性子検出装置 10 には、複数の光検出器 300 が設けられてもよい。複数の光検出器 300 を用いることにより、電荷分割法等により、中性子が入射された位置を算出することが可能となる。

#### 【0023】

図 5 は、複数の光検出器が設けられた中性子検出装置の例を示す図である。図 5 の例では、中性子検出装置 10 は、中性子シンチレータ 100、光透過板 200、複数の光検出器 300、複数の抵抗 400 を含む。中性子シンチレータ 100 と光透過板 200 とは、接触してもよい。また、光透過板 200 と光検出器 300 とは、接触してもよい。ここで、光透過板 200 は、入射された光を拡散する形態 (例えば、光拡散ガラス) としてもよい。光透過板 200 が光拡散ガラスであるとき、光透過板 200 に入射された光は、光透過板 200 によって拡散される。光が拡散されると、光が、複数の光検出器 300 によって、検出され易くなる。また、中性子を吸収するホウケイ酸ガラスを光拡散ガラスにすることで、光透過板 200 は、光を拡散しつつ、中性子を吸収することができる。

20

#### 【0024】

中性子シンチレータ 100 で変換された光が拡散されず 1 つの光検出器 300 のみで光が検出される場合、光が入射された位置 (中性子が照射された位置) を算出する際の位置分解能は、光検出器 300 の設置間隔程度に留まる。一方、光が拡散され複数の光検出器 300 で光が検出される場合、光が入射された位置の位置分解能は、光検出器 300 の設置間隔よりも小さくなる。

30

#### 【0025】

各光検出器 300 の出力は、抵抗 400 と交互に直列に接続される。図 5 のように、光検出器 300 と抵抗 400 とが交互に接続されたものの両端から出力が得られる。これらの出力に基づいて、電荷分割法等により、中性子が入射された位置を算出することができる。

#### 【0026】

(実施形態の作用効果)

40

中性子検出装置 10 は、入射される中性子を光に変換して検出する。また、複数の光検出器 300 を有する中性子検出装置 10 は、入射される中性子の入射された位置を検出する。中性子検出装置 10 は、中性子シンチレータ 100 で変換されなかった中性子 (中性子シンチレータ 100 を透過した中性子) を、中性子を吸収する光透過板 200 に吸収させる。中性子が光透過板 200 に吸収されるため、光検出器 300 に入射される中性子が低減する。

#### 【0027】

実施形態の構成によれば、光検出器 300 に入射される中性子が減少するため、中性子によってダメージを受けやすい MPPC 等の半導体を使用した光検出器を、中性子検出装置 10 の光検出器 300 として用いることができる。また、光検出器 300 に入射される

50

中性子が減少するため、光検出器 300 が劣化しにくくなり、また、光検出器 300 における放射線によるノイズが低減する。

【0028】

〔変形例〕

上記の実施形態では、中性子を検出する中性子検出装置 10 について説明した。中性子検出装置 10 の構成は、中性子線以外の他の放射線を検出する放射線検出装置に適用される。他の放射線には、例えば、アルファ線、ベータ線、ガンマ線、X線、荷電粒子線等が含まれる。

【0029】

放射線検出装置では、中性子シンチレータ 100 の代わりに、検出対象の他の放射線に対応する放射線シンチレータが使用される。放射線シンチレータは、入射された放射線を光に変換する。放射線シンチレータとして、検出対象の放射線に対応するものが選択される。

10

【0030】

放射線検出装置では、光透過板 200 として、例えば、鉛ガラス、アクリルガラスが使用される。光透過板 200 は、検出対象の放射線を吸収するものが選択される。鉛ガラスは、光を通過させ、アルファ線、ベータ線、ガンマ線、X線、荷電粒子線等の放射線を吸収する。アクリルガラスは、光を通過させ、アルファ線等の放射線を吸収する。また、光透過板 200 として、可視光を通過し、可視光より高い周波数を有するX線、ガンマ線を遮蔽する、ローパスフィルタ、バンドパスフィルタが使用される。光透過板 200 として、光を拡散するものが使用されてもよい。

20

【0031】

放射線検出装置は、放射線シンチレータで変換されなかった放射線を、放射線を吸収する光透過板に吸収させる。光透過板に放射線が吸収されるため、光検出器に入射される放射線が低減する。これにより、放射線による光検出器の損傷を低減させることができ、光検出器として放射線による影響を受けやすいものを使用できる。

【符号の説明】

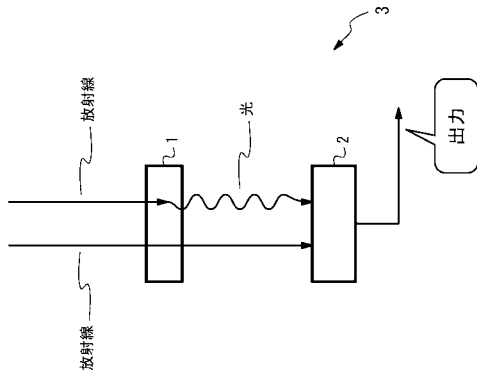
【0032】

1	放射線シンチレータ
2	光検出器
3	放射線検出装置
10	中性子検出装置
100	中性子シンチレータ
200	光透過板
300	光検出器
400	抵抗
C1	コンデンサ
C2	コンデンサ
D1	ダイオード(MPPC)
R1	抵抗
R2	抵抗

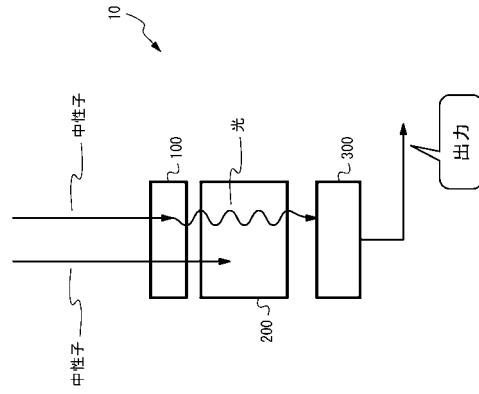
30

40

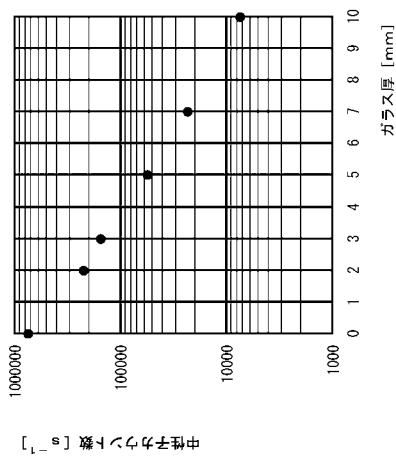
【 図 1 】



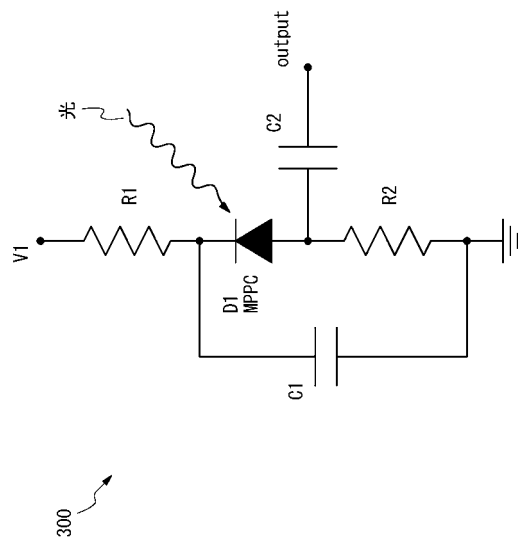
【 図 2 】



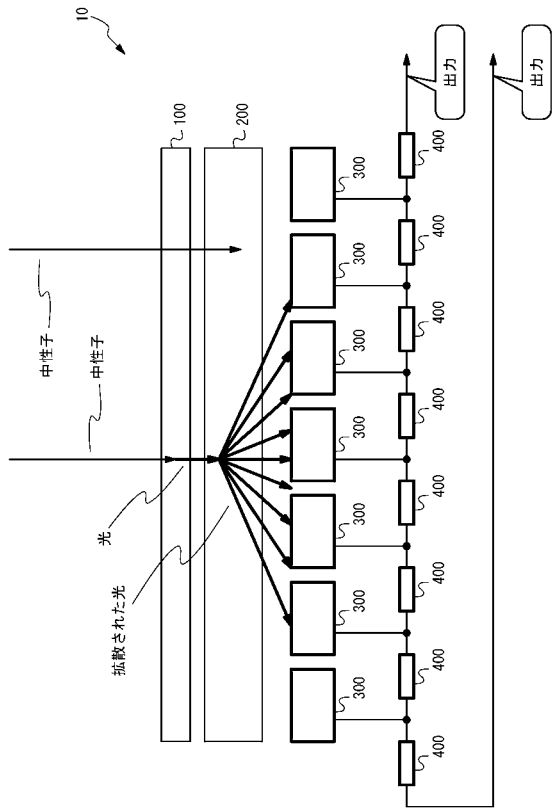
【 図 3 】



【 図 4 】



【図 5】





---

フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 節夫

茨城県つくば市大穂1番地1 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構内

(72)発明者 武藤 豪

茨城県つくば市大穂1番地1 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構内

Fターム(参考) 2G088 FF09 GG14 GG19 JJ05 JJ08 JJ29