

(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2014-115094

(P2014-115094A)

(43) 公開日 平成26年6月26日(2014.6.26)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
GO1T 3/06 (2006.01)	GO1T 3/06	2G088
GO1T 1/24 (2006.01)	GO1T 1/24	2G188
GO1T 1/20 (2006.01)	GO1T 1/20	C

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2012-267223 (P2012-267223)
 (22) 出願日 平成24年12月6日(2012.12.6)

特許法第30条第2項適用申請有り

(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 100121083
 弁理士 青木 宏義
 (74) 代理人 100138391
 弁理士 天田 昌行
 (74) 代理人 100132067
 弁理士 岡田 喜雅
 (74) 代理人 100150304
 弁理士 溝口 勉

最終頁に続く

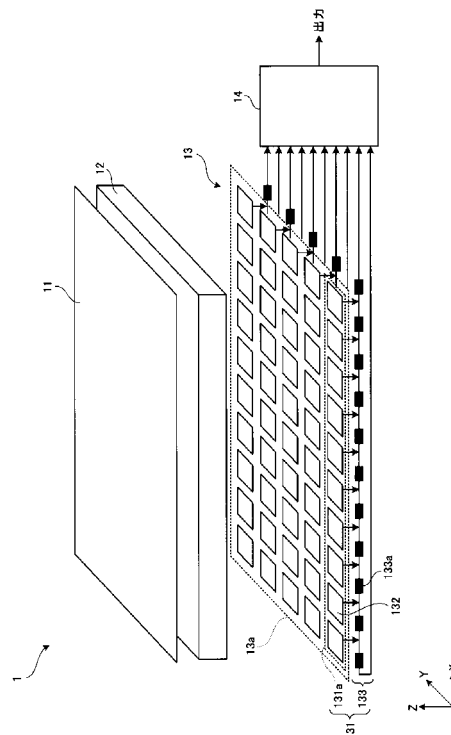
(54) 【発明の名称】 中性子入射位置検出装置

(57) 【要約】

【課題】高電圧を用いることなく中性子の入射位置を高精度に特定可能な中性子入射位置検出装置を提供すること。

【解決手段】中性子を光に変換する中性子シンチレータ(11)と、中性子シンチレータからの光を拡散する光拡散板(12)と、2次的に配列された複数の半導体光検出器(132)を有し、光拡散板から半導体光検出器に入射する光を電荷に変換する2次元光検出器(13)と、を備え、光拡散板は、2次元光検出器を覆うように配置されており、中性子の入射位置において中性子シンチレータで生じる光を拡散して複数の半導体光検出器に入射させ、複数の半導体光検出器のそれぞれで変換された電荷量に基づいて、中性子の入射位置を特定する構成とした。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

中性子を光に変換する中性子シンチレータと、
前記中性子シンチレータからの光を拡散する光拡散板と、
2次元的に配列された複数の半導体光検出器を有し、前記光拡散板から前記半導体光検出器に入射する光を電荷に変換する2次元光検出器と、を備え、
前記光拡散板は、前記2次元光検出器を覆うように配置されており、中性子の入射位置において前記中性子シンチレータで生じる光を拡散して複数の前記半導体光検出器に入射させ、

複数の前記半導体光検出器のそれぞれで変換された電荷量に基づいて、中性子の前記入射位置を特定することを特徴とする中性子入射位置検出装置。

10

【請求項 2】

前記2次元光検出器は、複数の前記半導体光検出器がそれぞれ1次元的に配列された複数の1次元光検出器を備え、

前記複数の1次元光検出器は、各1次元光検出器を構成する複数の半導体光検出器の配列方向が互いに平行になるようにそれぞれ配列されたことを特徴とする請求項1記載の中性子入射位置検出装置。

【請求項 3】

前記1次元光検出器は、前記1次元光検出器を構成する複数の半導体光検出器とそれぞれ異なる位置において接続される出力配線を備え、前記出力配線の両端に出力される電荷量に基づいて、前記配列方向における前記光の入射位置を算出可能に構成されたことを特徴とする請求項2記載の中性子入射位置検出装置。

20

【請求項 4】

前記出力配線の両端に出力される電荷量に基づいて、前記配列方向に対して垂直な方向における前記光の入射位置を算出可能に構成されたことを特徴とする請求項3に記載の中性子入射位置検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、中性子の入射した位置を検出する中性子入射位置検出装置に関する。

30

【背景技術】

【0002】

^3He の核反応を利用した中性子の検出器が実用化されている。この検出器は、 ^3He を含む雰囲気に対して所定の電圧を印加するための一对の電極を備えている。中性子が検出器に入射すると、雰囲気中の ^3He と中性子との相互作用で核反応($^3\text{He} + n \rightarrow p + ^3\text{H} + 765\text{keV}$)が起こる。電極間に高電圧を印加しておくこと、この核反応で生成される荷電粒子(p , ^3H)により雰囲気中のガスは電離し、電極間には電流が流れる。そのため、電極間の電流を測定することで、検出器への中性子の入射を検出できる。

【0003】

ところで、上述の検出器に使用される ^3He は、容易に入手できず価格も高い。よって、 ^3He を利用する検出器は、製造コストなどの面で量産に適さないという問題がある。このような経緯から、 ^3He を用いずに中性子を検出可能な検出器が検討されている(例えば、特許文献1参照)。特許文献1に記載される検出器は、中性子との反応で発光する中性子シンチレータと、中性子シンチレータで生じる光を増幅する光電子増倍管とを備えている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2008-8675号公報

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】**【0005】**

上述の検出器では、中性子シンチレータ及び光電子増倍管によって中性子を検出するので、 ^3He を利用する検出器と比較して製造コストは抑制される。しかしながら、光電子増倍管は、1000V程度の高電圧により電子を加速衝突させることでゲインを高めているので、使用に際しては、感電などを防ぐための安全対策が不可欠となる。また、複数の検出器を配列した入射位置検出装置においては、光電子増倍管の増幅率のばらつきなどに起因して、中性子の入射位置を精度良く検出できないことが考えられる。

【0006】

本発明はかかる点に鑑みてなされたものであり、高電圧を用いることなく中性子の入射位置を高精度に特定可能な中性子入射位置検出装置を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】**【0007】**

本発明の中性子入射位置検出装置は、中性子を光に変換する中性子シンチレータと、前記中性子シンチレータからの光を拡散する光拡散板と、2次元的に配列された複数の半導体光検出器を有し、前記光拡散板から前記半導体光検出器に入射する光を電荷に変換する2次元光検出器と、を備え、前記光拡散板は、前記2次元光検出器を覆うように配置されており、中性子の入射位置において前記中性子シンチレータで生じる光を拡散して複数の前記半導体光検出器に入射させ、複数の前記半導体光検出器のそれぞれで変換された電荷量に基づいて、中性子の前記入射位置を特定することを特徴とする。

20

【0008】

この構成によれば、2次元光検出器に複数の半導体光検出器を用いるので、光電子増倍管を用いる構成と比較してゲイン調整が容易になり、入射位置の特定精度を高めることができる。また、半導体光検出器では、光電子増倍管のような高電圧は不要である。さらに、中性子の入射位置において中性子シンチレータで生じる光を拡散して複数の半導体光検出器に入射させ、複数の半導体光検出器のそれぞれで変換された電荷量に基づいて、中性子の入射位置を特定するので、2次元光検出器の本来の分解能より高い分解能で中性子の入射位置を特定できる。よって、高電圧を用いることなく中性子の入射位置を高精度に特定可能な中性子入射位置検出装置を提供できる。

【0009】

本発明の中性子入射位置検出装置において、前記2次元光検出器は、複数の前記半導体光検出器がそれぞれ1次元的に配列された複数の1次元光検出器を備え、前記複数の1次元光検出器は、各1次元光検出器を構成する複数の半導体光検出器の配列方向が互いに平行になるようにそれぞれ配列されたことが好ましい。この構成によれば、複数の1次元光検出器で2次元光検出器を構成するので、構成を複雑化することなく中性子の入射位置検出に適した2次元光検出器を実現できる。

30

【0010】

本発明の中性子入射位置検出装置において、前記1次元光検出器は、前記1次元光検出器を構成する複数の半導体光検出器とそれぞれ異なる位置において接続される出力配線を備え、前記出力配線の両端に出力される電荷量に基づいて、前記配列方向における前記光の入射位置を算出可能に構成されたことが好ましい。この構成によれば、出力配線の両端に出力される電荷量に基づいて、配列方向における光の入射位置を精度良く算出できる。つまり、配列方向における中性子の入射位置を高精度に特定できる。

40

【0011】

本発明の中性子入射位置検出装置において、前記出力配線の両端に出力される電荷量に基づいて、前記配列方向に対して垂直な方向における前記光の入射位置を算出可能に構成されたことが好ましい。この構成によれば、複数の1次元光検出器がそれぞれ備える出力配線の両端に出力される電荷量に基づいて、配列方向に対して垂直な方向における光の入射位置を精度良く算出できる。つまり、配列方向に対して垂直な方向における中性子の入射位置を高精度に特定できる。

50

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、高電圧を用いることなく中性子の入射位置を高精度に特定可能な中性子入射位置検出装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本実施の形態に係る中性子入射位置検出装置の構成例を示す模式図である。

【図2】1次元光検出器を構成する半導体光検出器の配列方向（X方向）において発光位置を特定するための原理を説明するための模式図である。

【図3】1次元光検出器を構成する半導体光検出器の配列方向に直交する方向（Y方向）において発光位置を特定するための原理を説明するための模式図である。

【図4】本実施の形態に係る中性子入射位置検出装置の有効性を確認するために行った実験結果を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、図面を参照して、本発明の一実施の形態に係る中性子入射位置検出装置について説明する。なお、以下においては、本発明を説明するために簡略化された中性子入射位置検出装置について説明するが、中性子入射位置検出装置に必要な構成は不足なく備えるものとする。

【0015】

図1は、本実施の形態に係る中性子入射位置検出装置1の構成例を示す模式図である。中性子入射位置検出装置1は、表面に中性子が入射することで発光する板状の中性子シンチレータ11を備えている。中性子シンチレータ11の裏面側には、中性子シンチレータ11側の面（表面）に入射した光を拡散して反対側の面（裏面）から射出する光拡散板12が配置されている。また、光拡散板12の裏面側には、光の入射した位置を2次元的に検出可能な2次元光検出器13が設けられている。

【0016】

中性子シンチレータ11は、中性子を吸収する ${}^6\text{Li}$ 、 ${}^{10}\text{B}$ などの元素と、2次元光検出器13で検出可能な波長範囲（例えば、 $400\text{nm} \sim 650\text{nm}$ ）の蛍光を生じる蛍光体とを含んで構成されている。例えば、中性子シンチレータ11として、 ${}^6\text{Li}$ ガラスシンチレータ、 ${}^6\text{LiF}/\text{ZnS}$ シンチレータ、 ${}^{10}\text{B}$ を含む結晶シンチレータなどが用いられる。

【0017】

中性子シンチレータ11の表面に中性子が入射すると、 ${}^6\text{Li}$ 、 ${}^{10}\text{B}$ などの元素と中性子との核反応でエネルギーが生じ、中性子シンチレータ11中の蛍光体は励起されて発光する。このように生じる光は、中性子シンチレータ11の裏面から射出される。中性子シンチレータ11は、後述する光拡散板12及び2次元光検出器13の受光面13a全体をカバーできる程度の大きさ（面積）を有している。

【0018】

光拡散板12は、中性子シンチレータ11から射出される光を所定の範囲に拡散させて、2次元光検出器13に入射させる。光拡散板12は、その表面が中性子シンチレータ11の裏面と接するように配置されている。光拡散板12としては、例えば、摺りガラスや、光拡散材料を添加した樹脂フィルムなどが用いられる。光拡散板12の厚みは、中性子シンチレータ11からの光が後述する2次元光検出器13の所定範囲に入射されるように設定され、例えば、 $5\text{mm} \sim 13\text{mm}$ とすることができる。なお、光拡散板12の厚みは、2次元光検出器13の構成などに応じて変更できる。光拡散板12は、2次元光検出器13の受光面13a全体をカバーできる程度の大きさ（面積）を有している。

【0019】

2次元光検出器13は、複数の1次元光検出器131により構成されている。各1次元光検出器131は、直線状に配列された複数の半導体光検出器132を備えている。これ

10

20

30

40

50

ら複数の半導体光検出器 132 により、直線状に延びる 1次元光検出器 131 の受光部 131a が形成されている。2次元光検出器 13 は、各受光部 131a が光拡散板 12 の裏面と接するように配置される。受光部 131a の裏側には、1次元光検出器 131 を構成する半導体光検出器 132 の配列方向（ここでは、X 方向）に沿う出力配線 133 が配置されている。

【0020】

半導体光検出器 132 は、例えば、なだれ増倍を利用して高いゲインを実現するフォトダイオードであり、中性子シンチレータ 11 で生じる光を検出して電荷に変換する。この半導体光検出器 132 は、100V 以下の比較的低い電圧で動作するので、光電子増倍管などの高電圧を要する検出器と比較して安全性に優れている。また、半導体光検出器 132 は、ゲイン調整が容易なので、受光面 13a の均一な感度を実現して入射位置の特定精度を高めることができる。

10

【0021】

なお、1次元光検出器 131 の備える複数の半導体光検出器 132 は、配列方向（X 方向）において所定の周期で配置されている。配置周期は、半導体光検出器 132 のサイズによっても異なるが、例えば、2mm ~ 10mm とすることができる。半導体光検出器 132 のサイズは、例えば、3mm x 3mm であるが、これに限られない。なお、この配置周期は、中性子の入射位置において中性子シンチレータ 11 で生じた光が、配列方向（X 方向）において隣接する複数の半導体光検出器 132 に入射するように設定される。つまり、1個の中性子に基づく発光は、1次元光検出器 131 の複数の半導体光検出器 132 で検出される。

20

【0022】

各出力配線 133 は、複数の抵抗 133a（抵抗値はいずれも R）が直列に接続された構成を有しており、隣接する 2個の抵抗 133a の間には、それぞれ半導体光検出器 132 が接続されている。よって、半導体光検出器 132 で生成される電荷は、各出力配線 132 に供給される。出力配線 132 の両端は、それぞれ 1次元光検出器 131 の出力端子となっており、半導体光検出器 132 から供給される電荷を、伝導経路の抵抗値に応じた値で外部に出力する。なお、配線 132 の複数の抵抗 133a は、出力配線 132 自身の配線抵抗で実現されても良いし、抵抗素子により実現されても良い。

【0023】

各 1次元光検出器 131 は、半導体光検出器 132 の配列方向が互いに平行になるように配置されている。つまり、各 1次元光検出器 131 の直線状の受光部 131a は、互いに平行である。このような複数の受光部 131a により、2次元的な広がりを持つ受光面 13a が形成されており、1次元光検出器 131 を構成する半導体光検出器 132 の配列方向に直交する方向（Y 方向）の位置検出を実現している。

30

【0024】

各 1次元光検出器 131 は、1次元光検出器 131 を構成する半導体光検出器 132 の配列方向に直交する方向（Y 方向）において所定の周期で配置される。配置周期は、半導体光検出器 132 のサイズによっても異なるが、例えば、2mm ~ 10mm とすることができる。なお、この配置周期は、中性子の入射位置において中性子シンチレータ 11 で生じた光が、配列方向に直交する方向（Y 方向）において隣接する複数の半導体光検出器 132 に入射するように設定される。つまり、1個の中性子に基づく発光は、複数の 1次元光検出器 131 の半導体光検出器 132 で検出される。上述した光拡散板 12 の厚みは、中性子の入射位置において中性子シンチレータ 11 で生じた光が、配列方向（X 方向）及び配列方向に直交する方向（Y 方向）において隣接する複数の半導体光検出器 132 に入射するように設定される。

40

【0025】

各 1次元光検出器 131 の出力端子は、アンプ（不図示）を通じて演算装置 14 に接続されている。演算装置 14 は、アンプで検出される各 1次元光検出器 131 の電荷量に基づいて中性子シンチレータ 11 の発光位置を特定する。特定された発光位置は、中性子の

50

入射位置として中性子入射位置検出装置 1 の外部に出力される。

【0026】

次に、中性子入射位置検出装置 1 の動作の詳細を説明する。上述のように、中性子の入射によって中性子シンチレータ 11 で生じる光は、光拡散板 12 で拡散し、2次元光検出器 13 において隣接する複数の半導体光検出器 132 に入射する。半導体光検出器 132 は、入射した光を電荷に変換し、入射光量に対応する量の電荷を出力配線 133 に供給する。各半導体光検出器 132 から供給される電荷は、伝導経路の抵抗値に応じた値で各出力配線 133 の両端から出力される。具体的には、伝導経路の抵抗値に反比例する電荷量が、各出力配線 133 の両端から出力される。

【0027】

演算装置 14 は、各出力配線 133 の出力に基づいて中性子の入射位置を特定する。具体的には、1次元光検出器 131 を構成する半導体光検出器 132 の配列方向 (X 方向)、及び配列方向に直交する方向 (Y 方向) において、発光位置を特定する。図 2 は、1次元光検出器 131 を構成する半導体光検出器 132 の配列方向 (X 方向) において発光位置を特定するための原理を説明するための模式図である。

【0028】

まず、図 2 A に示すように、1個の半導体光検出器 132 から供給される電荷について考察する。対象の半導体光検出器 132 から出力配線 133 に供給される電荷量を Q_1 、対象の半導体光検出器 132 から供給されて出力端子 TA から出力される電荷量を Q_{A1} 、対象の半導体光検出器 132 から供給されて出力端子 TB から出力される電荷量を Q_{B1} とすると、下記式 (1) が成り立つ。

式 (1)

$$Q_1 = Q_{A1} + Q_{B1}$$

【0029】

出力端子 TA から出力される電荷量 Q_{A1} は、半導体光検出器 132 から出力端子 TA までの伝導経路の抵抗値に反比例する。よって、半導体光検出器 132 から出力端子 TA までの伝導経路の抵抗値を $a \times R$ 、半導体光検出器 132 から出力端子 TB までの伝導経路の抵抗値を $b \times R$ とすれば、下記式 (2) が成り立つ。

式 (2)

$$Q_{A1} / Q_1 = b \times R / (a \times R + b \times R) = b / (a + b)$$

【0030】

1次元光検出器 131 において、複数の半導体光検出器 132 が一定の周期で (等間隔に) 配列されていることを考慮すれば、上記式 (2) の右辺は距離の関数となる。出力配線 133 の長さを L 、半導体光検出器 132 から出力端子 TA までの距離を L_A 、半導体光検出器 132 から出力端子 TB までの距離を L_B とすれば、下記式 (3) が成り立つ。このように、下記式 (3) から、電荷量 Q_{A1} 、 Q_{B1} と、対象となる半導体光検出器 132 の位置 (X 方向の位置) との関係は特定される。

式 (3)

$$Q_{A1} / Q_1 = b / (a + b) = L_B / (L_A + L_B) = L_B / L$$

【0031】

複数の半導体光検出器 132 から供給される電荷の関係も同様である。図 2 B に示すように、出力端子 TA から出力される電荷量の合計値を Q_A 、出力端子 TB から出力される電荷量の合計値を Q_B 、各半導体光検出器 132 から出力配線 133 に供給される電荷量の合計値を $Q (= Q_1 + Q_2 + Q_3)$ とすれば、下記式 (4) が成り立つ。

式 (4)

$$Q = Q_A + Q_B$$

【0032】

また、上記式 (3) と同様に下記式 (5) が成り立つ。

式 (5)

$$Q_A / Q = x / L$$

10

20

30

40

50

【 0 0 3 3 】

上記式 (5) において、 x は、各半導体光検出器 1 3 2 から供給される電荷の重心位置に相当し、出力端子 T B から発光位置までの距離を表している。式 (5) から、電荷量 Q_A 、 Q_B と、発光位置との関係は特定される。よって、演算装置 1 4 は、各 1 次元光検出器 1 3 1 (各出力配線 1 3 3) の出力及び上記式 (5) に基づき、配列方向 (X 方向) における中性子の入射位置を特定する。

【 0 0 3 4 】

x は、発光位置から出力端子 T B までの距離を、各半導体光検出器 1 3 2 の電荷量で重み付けして表した値なので、半導体光検出器 1 3 2 の配置周期より短い周期で位置を示すことができる。つまり、2 次元光検出器 1 3 が本来有する分解能 (半導体光検出器 1 3 2 の配置周期で決まる分解能) より高い分解能で中性子の入射位置に相当する発光位置を特定できる。このように、中性子シンチレータ 1 1 で生じる光を光拡散板 1 2 で拡散して複数の半導体光検出器 1 3 2 に入射させることで、中性子の入射位置を高精度に特定可能である。なお、図 2 B では、3 個の半導体光検出器 1 3 2 から電荷が出力される場合を例示しているが、2 個の半導体光検出器 1 3 2 から電荷が出力される場合や、4 個以上の半導体光検出器 1 3 2 から電荷が出力される場合も同様である。

【 0 0 3 5 】

図 3 は、1 次元光検出器 1 3 1 を構成する半導体光検出器 1 3 2 の配列方向に直交する方向 (Y 方向) において発光位置を特定するための原理を説明するための模式図である。図 3 では、隣接する 2 個の 1 次元光検出器 1 3 1 と、発光位置との関係を模式的に示している。図 3 において、Y 方向における 1 次元光検出器 1 3 1 (半導体光検出器 1 3 2) の配置周期を p 、Y 方向における 1 次元光検出器 1 3 1 (半導体光検出器 1 3 2) の有感領域の幅 (すなわち、半導体光検出器 1 3 2 のサイズ) を a 、光拡散板 1 2 の厚みを d 、隣接する 1 次元光検出器 1 3 1 (半導体光検出器 1 3 2) の中間地点から発光位置までの Y 方向の距離を y で表す。

【 0 0 3 6 】

発光位置に対し、1 次元光検出器 1 3 1 の張る立体角をそれぞれ、 α 、 β とすると、下記式 (6)、(7) が成り立つ。

【 数 1 】

式 (6)

$$\tan\alpha = \frac{ad}{d^2 + y^2 - py + \frac{(p^2 - a^2)}{4}}$$

【 数 2 】

式 (7)

$$\tan\beta = \frac{ad}{d^2 + y^2 + py + \frac{(p^2 - a^2)}{4}}$$

【 0 0 3 7 】

つまり、 α 、 β は、下記式 (8)、(9) のように表される。

10

20

30

40

【数 3】

式 (8)

$$\alpha = \arctan \left(\frac{ad}{d^2 + y^2 - py + \frac{(p^2 - a^2)}{4}} \right)$$

【数 4】

式 (9)

$$\beta = \arctan \left(\frac{ad}{d^2 + y^2 + py + \frac{(p^2 - a^2)}{4}} \right)$$

10

【0038】

隣接する 1 次元光検出器 131 から出力される電荷量は、それぞれ、立体角 α 、 β に比例するので、立体角 α 、 β の比を、隣接する 1 次元光検出器 131 から出力される電荷量の比で表すことができる。つまり、式 (8)、(9) を用いて、立体角 α 、 β の比で y を表せば、隣接する 1 次元光検出器 131 から出力される電荷量の比に基づき配列方向に直交する方向 (Y 方向) における発光位置は特定される。よって、演算装置 14 は、各 1 次元光検出器 131 の出力及び上記式 (8)、(9) に基づき、配列方向に直交する方向 (Y 方向) における中性子の入射位置を特定する。

20

【0039】

y は、隣接する 1 次元光検出器 131 からの電荷量で重み付けして表した値なので、隣接する 1 次元光検出器 131 の配置周期より短い周期で位置を示すことができる。つまり、2 次元光検出器 13 が本来有する分解能 (1 次元光検出器 131 の配置周期で決まる分解能) より高い分解能で中性子の入射位置に相当する発光位置を特定できる。このように、中性子シンチレータ 11 で生じる光を光拡散板 12 で拡散して複数の 1 次元光検出器 131 に入射させることで、中性子の入射位置を高精度に特定可能である。なお、図 3 では、隣接する 2 個の 1 次元光検出器 131 の出力に基づいて発光位置を特定する場合を例示しているが、3 個以上の 1 次元光検出器 131 の出力に基づいて発光位置を特定しても良い。

30

【0040】

以下、本実施の形態に係る中性子入射位置検出装置 1 の有効性を確認するために行った実験について説明する。本実験では、中性子入射位置検出装置 1 の半導体光検出器 132 として、3 mm × 3 mm の受光部を有するアパランシェ・フォトダイオード (浜松ホトニクス社製) を使用した。各 1 次元光検出器 131 を構成する複数の半導体光検出器 132 の配置周期、及び複数の 1 次元光検出器 131 の配置周期は、共に 5 mm とした。また、光拡散板 12 の厚みは 8 mm であった。

40

【0041】

図 4 は、実験結果について示す図である。図 4 A は、本実施の形態に係る中性子入射位置検出装置 1 を用いた実験結果を示し、図 4 B は、比較例の中性子入射位置検出装置を用いた実験結果を示す。なお、比較例の中性子入射位置検出装置では、1 個の半導体光検出器 132 から出力される電荷量に基づいて、中性子の入射位置を特定した。つまり、比較例の中性子入射位置検出装置では、本実施の形態に係る中性子入射位置検出装置 1 のように、複数の半導体光検出器 132 から出力される電荷量を演算処理せずに中性子の入射位置を特定した。

【0042】

図 4 A に示すように、本実施の形態に係る中性子入射位置検出装置 1 では、2 次元光検

50

出器 1 3 が本来有する分解能 (5 mm) の 4 倍の分解能 (1 . 2 5 mm) を実現できている。一方、図 4 B に示すように、比較例の中性子入射位置検出装置では、2 次元光検出器 1 3 が本来有する分解能 (5 mm) での位置検出が行われており、入射位置の測定精度は、本実施の形態に係る中性子入射位置検出装置 1 と比較して低くなっている。

【 0 0 4 3 】

以上のように、本実施の形態に係る中性子入射位置検出装置 1 では、2 次元光検出器 1 3 に複数の半導体光検出器 1 3 2 を用いるので、光電子増倍管を用いる構成と比較してゲイン調整が容易になり、入射位置の特定精度を高めることができる。また、半導体光検出器 1 3 2 では、光電子増倍管のような高電圧は不要である。さらに、中性子の入射位置において中性子シンチレータ 1 1 で生じる光を拡散して複数の半導体光検出器 1 3 2 に入射させ、複数の半導体光検出器 1 3 2 のそれぞれで変換された電荷量に基づいて、中性子の入射位置を特定するので、2 次元光検出器 1 3 の本来の分解能より高い分解能で中性子の入射位置を特定できる。よって、高電圧を用いることなく中性子の入射位置を高精度に特定可能な中性子入射位置検出装置 1 を提供できる。

10

【 0 0 4 4 】

また、本実施の形態に係る中性子入射位置検出装置 1 では、複数の 1 次元光検出器 1 3 1 で 2 次元光検出器 1 3 2 を構成するので、構成を複雑化することなく中性子の入射位置検出に適した 2 次元光検出器 1 3 を実現できる。また、本実施の形態に係る中性子入射位置検出装置 1 では、出力配線 1 3 3 の両端に出力される電荷量に基づいて、1 次元光検出器 1 3 1 を構成する複数の半導体光検出器 1 3 2 の配列方向における光の入射位置を精度良く算出でき、配列方向に対して垂直な方向における光の入射位置を精度良く算出できる。また、中性子の入射位置から所定の範囲内に位置する半導体光検出器 1 3 2 を用いて位置を特定するので、演算処理を複雑化することなく中性子の入射位置を高精度に特定できる。

20

【 0 0 4 5 】

なお、本発明は上記実施の形態に限定されず、種々変更して実施することができる。例えば、中性子の入射位置を特定するための演算処理に用いられる半導体光検出器の数は任意である。ただし、演算負荷を低く抑える観点から、入射位置の特定には、入射位置に近接する 3 ~ 9 個の半導体光検出器を用いることが望ましい。この場合、1 次元光検出器の配置周期 p 、半導体光検出器の有感領域の幅 a 、光拡散板の厚み d は、1 個の中性子に基づく中性子シンチレータの発光を 3 ~ 9 個の半導体光検出器で検出できる範囲に設定される。

30

【 0 0 4 6 】

また、本実施の形態では、中性子シンチレータを用いる中性子入射位置検出装置について説明しているが、本発明の原理は、他の放射線や素粒子などの入射位置を検出する入射位置検出装置にも適用可能である。その場合、検出対象に応じてシンチレータなどを変更すればよい。その他、本発明は、適宜変更して実施できる。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 4 7 】

本発明は、例えば、中性子の入射位置を検出する際に有用である。

40

【 符号の説明 】

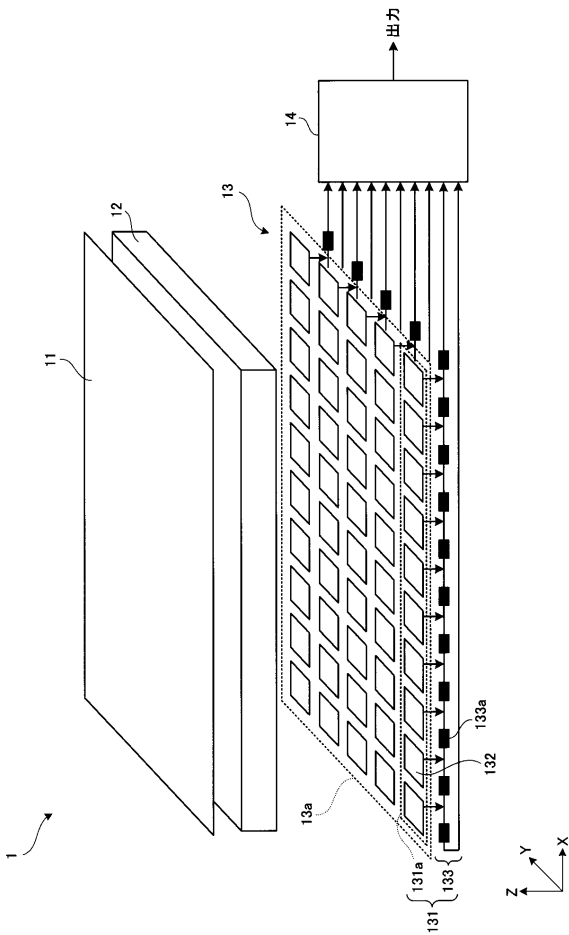
【 0 0 4 8 】

- 1 中性子入射位置検出装置
- 1 1 中性子シンチレータ
- 1 2 光拡散板
- 1 3 2 次元光検出器
- 1 3 a 受光面
- 1 4 演算装置
- 1 3 1 1 次元光検出器
- 1 3 1 a 受光部

50

- 1 3 2 半导体光検出器
- 1 3 3 出力配線
- 1 3 3 a 抵抗

【 図 1 】



【 図 2 】

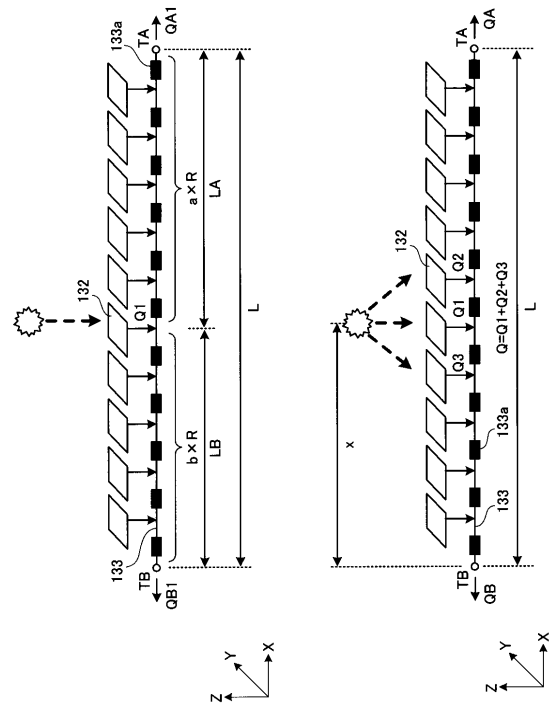
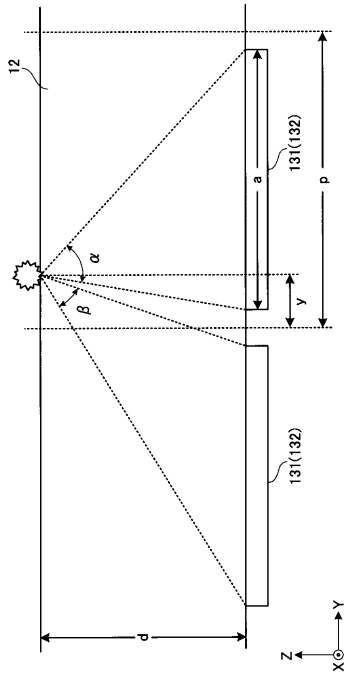


図 2A

図 2B

【 図 3 】



【 図 4 】

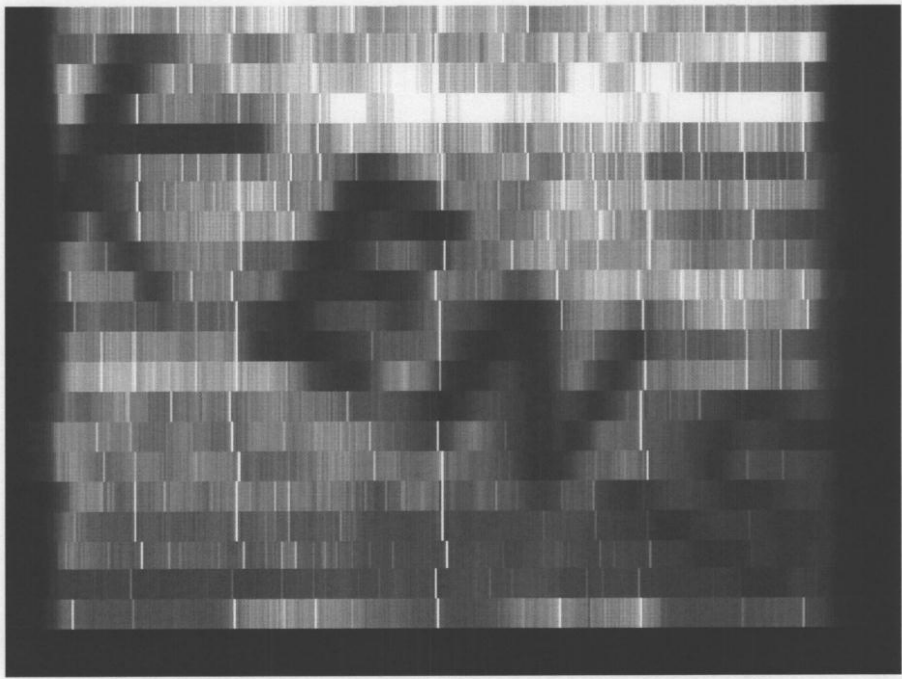


図 4B

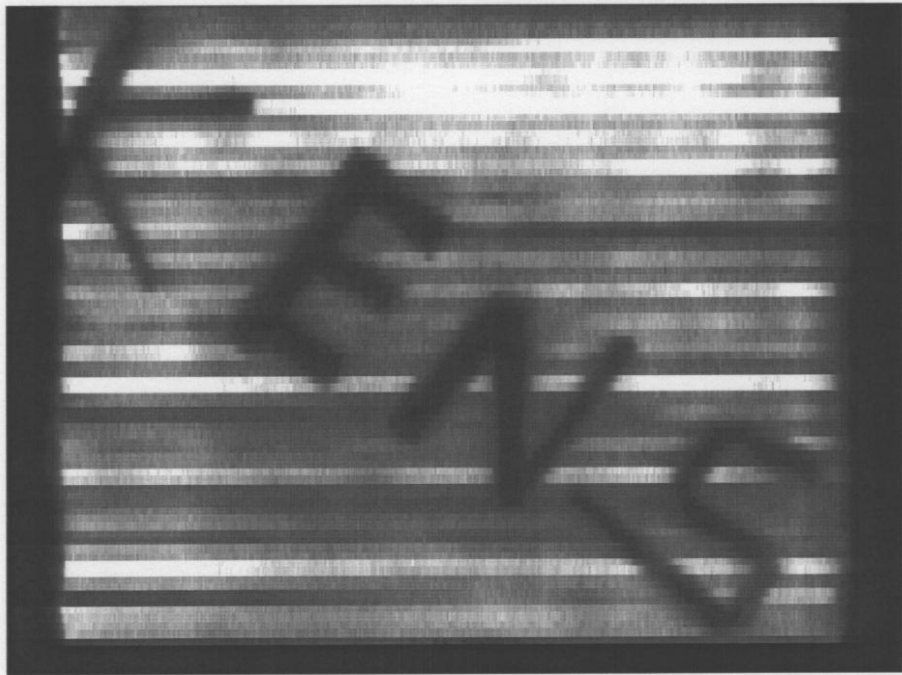


図 4A

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 山田 悟史

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 GG16 GG21 JJ05 KK32

2G188 AA25 AA27 BB09 CC09 CC12 CC15 CC23 CC26 DD04 DD05

DD06 DD35 EE01 EE27 EE31 EE36 EE38 EE39 FF14 FF20