

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3463018号
(P3463018)

(45) 発行日 平成15年11月5日(2003.11.5)

(24) 登録日 平成15年8月15日(2003.8.15)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

G 0 1 T 1/169
1/00
1/20

G 0 1 T 1/169
1/00
1/20

A
A
B

請求項の数 3 (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2000-132100(P2000-132100)
(22) 出願日 平成12年5月1日(2000.5.1)
(65) 公開番号 特開2001-311777(P2001-311777A)
(43) 公開日 平成13年11月9日(2001.11.9)
審査請求日 平成12年5月1日(2000.5.1)

(73) 特許権者 000224754
核燃料サイクル開発機構
茨城県那珂郡東海村松4番地49
(72) 発明者 山下 雅広
福井県敦賀市白木2丁目1 核燃料サイ
クル開発機構高速増殖炉もんじゅ建設所
内
(72) 発明者 二之宮 和重
福井県敦賀市白木2丁目1 核燃料サイ
クル開発機構高速増殖炉もんじゅ建設所
内
(74) 代理人 100078961
弁理士 茂見 穰
審査官 山口 敦司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄型放射線表面汚染検出器

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 多数のシンチレーションファイバを平行に配列し、U型に折り返しファイバ両端を束ねて受光デバイスに接続することで、該受光デバイスを片側に配置した放射線検出器において、

多数のシンチレーションファイバを一列に近接配列した層の上下両面に、多数の波長変換ファイバを一列に近接配列した層を、シンチレーションファイバと波長変換ファイバが平行にとなるように配置して全体を三層のシート状構造とし、各シンチレーションファイバと各波長変換ファイバを、全てほぼ一定の曲率でほぼ同一平面内でU型に折り返すことで、隣り合う往復のシンチレーションファイバ同士及び波長変換ファイバ同士が密着して不感ゾーンが生じないようにし、それら全てのファイバの両端をそれぞれ束ねて受光デバイスに接続したことを特

2

徴とする薄型放射線表面汚染検出器。

【請求項2】 多数のシンチレーションファイバと多数の波長変換ファイバが、半ピッチずれるように配置され、光学接着剤により密着接合されてシート状のファイバ接合体に成形されている請求項1記載の薄型放射線表面汚染検出器。

【請求項3】 底板上に枠体を載置し、該枠体の内底部に鉛板を敷設し、その上に、U型に折り返したシート状のファイバ接合体を収容し、上面を検出面ケースで覆った請求項2記載の薄型放射線表面汚染検出器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、シンチレーションファイバと波長変換ファイバとを近接配置した薄型の放射線表面汚染検出器に関するものである。この放射線表

10

面汚染検出器は、原子力施設、放射性物質取扱施設、加速器使用施設などにおける大面積の放射線（特に線）表面汚染モニタとして有用である。

【0002】

【従来の技術】表面汚染を測定するための大面積の放射線検出器としては、従来、複数本の筒状のGM計数管を並設した構造、あるいはプラスチックシンチレータと筒状の光電子増倍管を組み合わせた構造などがあった。このような構造は、面積の大きなものは製作可能であったが、厚みのある大きな筐体の装置となってしまう、身体汚染モニタ（体表面モニタ）や物品搬出モニタに適用した場合、大型となり、設置場所の制約、装置移動等に問題があった。また、フットモニタとして使用した場合には、段差が生じ、歩行に支障を与える欠点もあった。

【0003】そこで近年、多数本のシンチレーションファイバを平行に並べ、それらの端部を束ねて光電子増倍管に接続する構造の放射線検出器が提案されている。また、多数本のシンチレーションファイバをU型に折り返して、光電子増倍管を片側に設置する構成も提案されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】このような多数本のシンチレーションファイバを平行に配列した構造は、薄型の放射線表面汚染検出器に適している。しかし、原子力施設を管理するために十分な検出感度が得られない可能性があった。

【0005】シンチレーションファイバは、図6に示すように、通常の光ファイバと同様、中心に位置するコア10とそれを取り囲むクラッド12とからなるが、コア10に放射線に反応するプラスチックシンチレータを用いたものである。発光原理は他の有機シンチレータと同様であり、放射線による励起作用によりシンチレーション光が発生する。放射線によりコア10で発生した光は、通常の光ファイバと同様に、コア10とクラッド12の境界での全反射によって、シンチレーションファイバ自身を光パイプ（ライトガイド）として伝播し、端部に位置する光電子増倍管に到達して検出される。

【0006】図6のAに示すように、コア10の屈折率 n_1 は、クラッドの屈折率 n_2 よりも大きく設定されており（ $n_1 > n_2$ ）、臨界角 c

$$c = \sin^{-1} (n_2 / n_1)$$

に対して、コアからクラッドへの入射角 A が、 $A > c$ であれば光は境界面で反射し、コアからクラッドへの入射角 B が、 $B < c$ であれば光は外部に漏れる。従って、例えば中心軸上の発光は、コア10とクラッド12による臨界角の円錐（図6のBで、符号14で示す）内に放出された光のみが全反射を繰り返して伝播し、ファイバ端部の光電子増倍管に到達する。しかし、臨界角の円錐14から外れた光は、ファイバ外に放出されることになる。因みに、メーカーカタログによれば、発

生したシンチレーション光のうち90%以上がファイバ外に漏れ出すとされている。つまり、光電子増倍管に到達する光は、発生したシンチレーション光の10%以下ということになる。

【0007】従って、前述したように、このようなシンチレーションファイバを配列しただけの放射線検出器は、検出効率が悪く、必ずしも原子力施設を管理するのに十分な感度が得られないという大きな問題があったのである。

10 【0008】また、シンチレーションファイバを平行に並べ、光電子増倍管を片側に配置するようにU型に折り返す場合、曲率を変えて並べるように折り曲げると、最も内側のファイバではかなり広い隙間が生じる。折り返しの際のアーチがあまりきつすぎると、ファイバが破損したり、光の伝播損失が大きくなり、曲率を小さくできないためである。このような隙間は不感ゾーンとなり、そのため感度分布が一様にならない欠点が生じる。

20 【0009】本発明の目的は、検出感度及びエネルギーレスポンスが良好で、大面積化に適し、薄型化できるような放射線表面汚染検出器を提供することである。本発明の他の目的は、ファイバをU型に折り返す際に隙間が生じず、全てのファイバを均等間隔で配列でき、そのため検出感度分布を一様にできる薄型放射線表面汚染検出器を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、多数のシンチレーションファイバを平行に配列し、U型に折り返しファイバ両端を束ねて受光デバイスに接続することで、該受光デバイスを片側に配置した構造の放射線表面汚染検出器である。ここで本発明では、多数のシンチレーションファイバに近接して多数の波長変換ファイバを平行に配列し、それら波長変換ファイバもU型に折り返しファイバ両端を束ねて受光デバイスに接続した構造とする。受光デバイスとしては、光電子増倍管が好適である。

30 【0011】従来同様、シンチレーションファイバのコアにおいては、入射する放射線の励起作用によりシンチレーション光が発生し、臨界角内に放出された光はシンチレーションファイバを伝播して端部の受光デバイスに到達する。発生したシンチレーション光のうち、臨界角から外れた光は、シンチレーションファイバ外に漏れ出る。しかし、この漏れ光は周囲に近接配置されている波長変換ファイバに入射する。波長変換ファイバでは、入射した光が内部分子を励起し、励起状態から基底状態に戻るときに、その分子固有の光を放出する。このようにして放出された光が、波長変換ファイバ内を伝播して端部の受光デバイスに到達する。従って、シンチレーションファイバから漏れた光を波長変換ファイバにより再度信号に寄与させることができ、検出効率が向上するのである。なお、本発明における波長変換ファイバは、その波長変換のメカニズム（入射した光が内部分子を励起

し、励起状態から基底状態に戻る時に、その分子固有の光を放出する現象)を利用してシンチレーションファイバから漏れた光を再度信号に寄与させるためのものであって、波長変換そのものを目的とするものではない。

【0012】多数のシンチレーションファイバを近接配列した層の上下両面に、多数の波長変換ファイバを近接配列した層をそれぞれ配置して、全体を三層構造とするのが好ましい。これによって検出感度は一層向上する。また、各シンチレーションファイバと各波長変換ファイバは、全てのファイバをほぼ一定の曲率でほぼ同一面内でU型に折り返さず。このようにすると、折り返し面内でファイバ間隔が一定となり、大きな隙間が生じず、感度分布を全面にわたって一様に行うことができる。更に、多数のシンチレーションファイバと多数の波長変換ファイバは、光学接着剤により密着接合して一体化するのが好ましい。

【0013】

【発明の実施の形態】計測装置などを収容した計測部ケースと共通の底板上に、枠体を載置し、該枠体の内底部に鉛板を敷設し、その上に、前記のようにしてU型に折り返した三層構造のファイバ接合体を収容し、上面を検出面ケースで覆うことにより、薄型の放射線表面汚染検出器が構成できる。このように三層構造のファイバ接合体を囲むような構造にすることで光漏れ防止を図っている。底部の鉛板は、バックグラウンドを低減する機能を果たす。

【0014】

【実施例】図1は本発明に係る薄型放射線表面汚染検出器におけるファイバ配列状態の一例を示す説明図である。図1のAは、配列状態を分かり易くするために、ファイバ同士の間隔を上げた状態で模式的に表している。多数のシンチレーションファイバ20を平行に配列し、その上下に、多数の波長変換ファイバ22を平行に配列して、全体を三層のシート状構造とする。つまり、下方の波長変換ファイバの層 - シンチレーションファイバの層 - 上方の波長変換ファイバの層からなる三層構造である。実際の積み重ね状態を図1のBに示す。多数のシンチレーションファイバ20は、互いに近接するように一列に配列され、多数の波長変換ファイバ22も、互いに近接するように一列に配列される。また、シンチレーションファイバ20と波長変換ファイバ22も近接するように互いの配列ピッチを半ピッチずらせて配置する。

【0015】シンチレーションファイバ20は、図6に示したのと同様、中心に位置するコアを周囲のクラッドで覆う構造であり、コアのみが放射線に反応するプラスチックシンチレータからなる。波長変換ファイバ22は、コアとクラッドからなり、入射した光の波長をコアで変換するものであるが、ここではファイバの外側から入射した光をファイバ内を伝播する光に変える機能を果たすものとして使用している。実施例で使用した波長変

換ファイバは、波長420nmの光を波長480nmの光に変換するタイプである。変換する波長を、端部に位置する受光デバイスの最適感度に一致させれば、検出器全体としての検出感度を更に向上させることができる。例えば、光をフォトダイオードで受光する場合には、このように波長を変換(420 480nm)した方が検出効率が向上する。

【0016】三層シート状構造のファイバ接合体24は、光学接着剤を用いて組み立てる。例えば、1層目となる多数の波長変換ファイバをテープケーブルのように並べて接着し、その上に2層目の多数のシンチレーションファイバを並べて接着し、更にその上に3層目の多数の波長変換ファイバを並べて接着するという方法で作製できる。従って、各層間も完全とは言えないが、ある程度の強度で接合され全体が保形されている。

【0017】図2に示すように、U型に折り返したファイバ接合体24(シンチレーションファイバと波長変換ファイバ)を、ファイバ両端を束ねて受光デバイスである光電子増倍管32に光学的に接続する。各ファイバをU型に折り返す際には、全てのファイバをほぼ一定の曲率で折り返さずことにより、折り返し面内でそれぞれのファイバ間隔をほぼ一定にでき、ファイバ間に大きな隙間が生じない(不感ゾーンが生じない)ようにして感度分布をほぼ全体にわたって均一に行っている。

【0018】図3は、本発明に係る検出器を用いた放射線表面汚染モニタ装置全体の回路構成を示す説明図である。光電子増倍管32に高圧を印加する高圧電源34と、それぞれの光電子増倍管32の出力を増幅する増幅器36、増幅信号を弁別するディスクリミネータ38、弁別波形を整形する波形整形回路40、両方の波形整形回路40からの出力を受けてその同時性を検出する同時計数回路42と、計数計44及び/又は指示計46などからなる。ここで、増幅器36から同時計数回路42までは回路基板上で組み立てられる。

【0019】放射線表面汚染モニタ装置の外観の一例を図4に示す。Aは平面図、Bは正面図である。共通の底板上に、検出面ケース50と計測部ケース52を設け、該計測部ケース52内に光電子増倍管と、増幅器から同時計数回路までが組み込まれた回路基板とが収容され、検出面ケース50内に三層シート状構造のファイバ接合体が組み込まれる。

【0020】この放射線表面汚染モニタ装置は、身体汚染モニタ(体表面モニタ)、物品搬送モニタ、あるいはフットモニタなどとして有用である。身体あるいは物品に付着した放射性物質から放出される線がシンチレーションファイバ20に入射すると、線による励起作用によりシンチレーション光が発生する。その一部はシンチレーションファイバ自身を光パイプ(ライトガイド)として伝播する。シンチレーションファイバ20内で発生した光の大部分は外に漏れ出る。しかし、この漏れ光

は、近接する波長変換ファイバ 2 2 に入射して内部分子を励起する。内部分子が励起状態から基底状態に戻るときに、その分子固有の光を放出し、その光が波長変換ファイバ 2 2 自身を光パイプ（ライトガイド）として伝播する。つまり、シンチレーションファイバ 2 0 のみでは漏れ光となり損失となる光が、波長変換ファイバ 2 2 で捉えられて、信号光として利用されることになる。

【0021】このようにしてシンチレーションファイバ 2 0 及び波長変換ファイバ 2 2 の内部を伝播する光は、両端に接続されている光電子増倍管 3 2 に到達し、電気信号に変換される。その電気信号は、増幅され、弁別され、整形されて同時計数回路 4 2 に入力する。この同時計数回路 4 2 は、論理的な AND 回路を含んでおり、信号が同時に入力するという条件が成立したときのみ検知信号を出力し、この検知信号が計数される。放射線によって生じた発光（シンチレーション光のみならず、波長変換された光）では、必ず光がファイバの両端に向かって同時に伝播するため、両側の光電子増倍管 3 2 の出力に同時性が成り立つからである。これを利用することによって、回路における雑音の発生・侵入を排除し、検出精度を高めている。

【0022】薄型放射線表面汚染検出器の構造の詳細例を図 5 に示す。計測装置などを収容した計測部ケースと共通の底板 6 0 上に、鉄製枠体 6 2 を載置し、該鉄製枠体 6 2 の内底部に鉛板 6 4 を敷設する。鉄製枠体 6 2 には、適当な間隔で荷重支えサポート 6 6 を上向きに突設する。鉛板 6 4 は、例えば厚さ 1 mm 程度であり、逆方向（図 5 では下方向）からの放射線の入射を阻止し、バックグラウンドを低減する機能を果たす。この鉛板 6 4 の上に、U 型に折り返した三層シート状構造のファイバ接合体 2 4（波長変換ファイバ 2 2 - シンチレーションファイバ 2 0 - 波長変換ファイバ 2 2）を収容し、その上面を検出面ケース（図示せず）で覆う。このように三層シート状構造のファイバ接合体 2 4 を囲むような構造として光漏れ防止を図っている。

【0023】試作品では、使用している各ファイバは直径 1 mm 程度であり、三層としたことで約 3 mm 厚となる。それに底板、鉄製枠体、鉛板などが加わるが、全体で 10 mm 厚を実現できた。検出器の面積は、使用する光電子増倍管、ファイバの直径などによって異なるが、試作品では、直径 38 mm の光電子増倍管を 2 本用いて、300 mm × 800 mm とした。同一条件でも、300 mm × 200 mm 程度までは大型化可能であると考えられる。

【0024】なお、本発明に係る放射線表面汚染検出器の検出対象は、前記のように、主として線である。ファイバが三層構造であると、上層の波長変換ファイバが線を遮蔽するためである。しかし、特に測定対象としているわけではないが、高速中性子線には有感である。

【0025】以上、本発明の好ましい実施例について詳述したが、かかる構成のみに限定されるものではない。シンチレーションファイバと波長変換ファイバの配列の仕方は自由である。効率的には上記のような三層構造が最適であるが、互いに近接して配置されていればよい。例えば二層構造としても、従来技術よりも感度はかなり向上する。

【0026】

【発明の効果】本発明は上記のように、多数のシンチレーションファイバと波長変換ファイバを近接配置した構造の放射線表面汚染検出器であるので、検出感度及びエネルギーレスポンスが良好となり、大面積化に適し、薄型化できる効果が生じる。

【0027】また本発明で、各シンチレーションファイバと各波長変換ファイバを、ほぼ一定の曲率でほぼ同一平面内で折り返す構造とすると、シンチレーションファイバを U 型に折り返す際にファイバ同士の間隔を一定にでき、大きな隙間が生じず（従って不感ゾーンが生じず）、検出感度分布を検出器全面にわたってほぼ一樣にできる効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る薄型放射線表面汚染検出器におけるファイバ配列状態の一例を示す説明図。

【図 2】ファイバの U 型折り返し構造を示す説明図。

【図 3】放射線表面汚染モニタ装置の回路構成を示すブロック図。

【図 4】放射線表面汚染モニタ装置の一例を示す外観説明図。

【図 5】本発明に係る放射線表面汚染検出器の構造の一例を示す構造説明図。

【図 6】シンチレーションファイバの構造と発光の伝播状態の説明図。

【符号の説明】

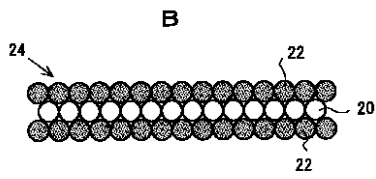
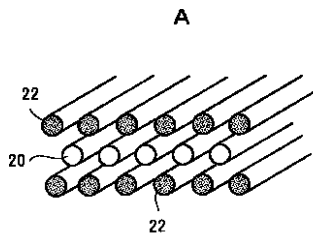
2 0 シンチレーションファイバ

2 2 波長変換ファイバ

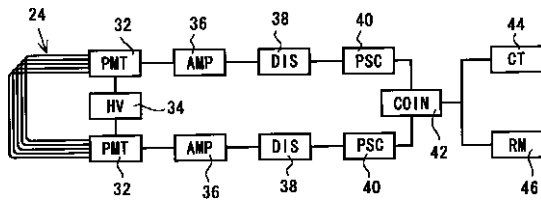
2 4 ファイバ接合体

3 2 光電子増倍管

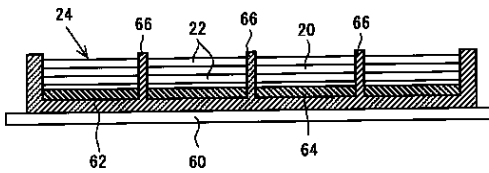
【図1】



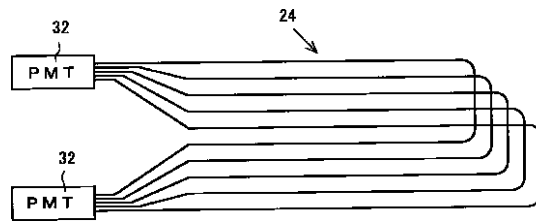
【図3】



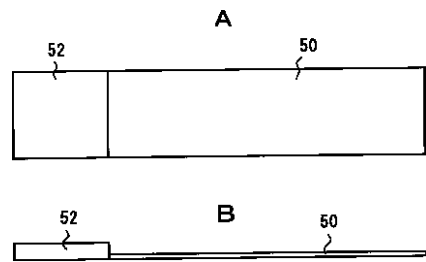
【図5】



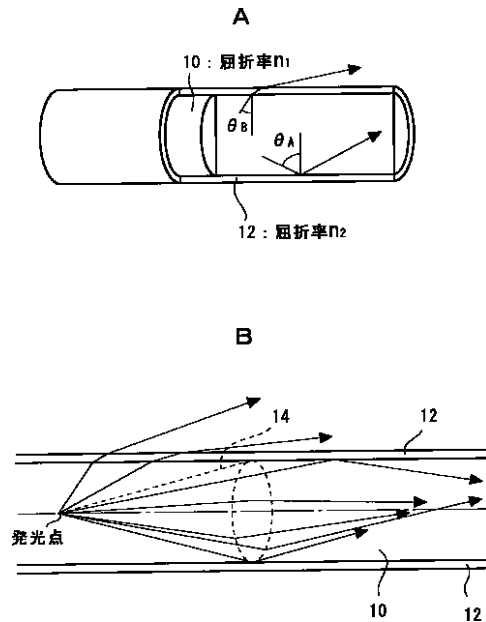
【図2】



【図4】



【図6】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 平 9 - 159769 (J P , A)
特開 平10 - 227863 (J P , A)
特開 平 9 - 15335 (J P , A)
特開 平11 - 218577 (J P , A)
特開 平 4 - 24582 (J P , A)
特開 昭53 - 125087 (J P , A)
特開 平 6 - 102416 (J P , A)
特開 平 4 - 13915 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, D B 名)

G01T 1/169
G01T 1/00
G01T 1/20