

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5582402号
(P5582402)

(45) 発行日 平成26年9月3日(2014.9.3)

(24) 登録日 平成26年7月25日(2014.7.25)

(51) Int.Cl.

G 2 1 C 17/06 (2006.01)

F 1

G 2 1 C 17/06

B

請求項の数 8 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2010-265011 (P2010-265011)	(73) 特許権者	507250427
(22) 出願日	平成22年11月29日 (2010.11.29)		日立GEニュークリア・エナジー株式会社
(65) 公開番号	特開2012-117824 (P2012-117824A)		茨城県日立市幸町三丁目1番1号
(43) 公開日	平成24年6月21日 (2012.6.21)	(74) 代理人	100077816
審査請求日	平成25年2月13日 (2013.2.13)		弁理士 春日 譲
		(74) 代理人	100156524
			弁理士 猪野木 雄一
		(72) 発明者	田所 孝広
			茨城県日立市大みか町七丁目2番1号
			株式会社日立製作所
			エネルギー・環境システム研究所内
		(72) 発明者	北口 博司
			茨城県日立市大みか町七丁目2番1号
			株式会社日立製作所
			エネルギー・環境システム研究所内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガンマスキャン装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ガンマ線検出器と、

燃料集合体中の測定範囲を制限し、前記燃料集合体から前記ガンマ線検出器に入射するガンマ線を制限するためのコリメータと、

前記ガンマ線検出器に入射するガンマ線強度を調整するためのアブソーバーと、

前記ガンマ線検出器を遮蔽する遮蔽体と、

前記ガンマ線検出器と、前記コリメータと前記アブソーバーと前記遮蔽体を内蔵するハウジングとを有するガンマスキャン装置であって、

前記ハウジングを一定の位置に移動固定させる移動固定手段と、

前記燃料集合体を回転及び上下方向に移動させる回転移動手段と、

前記ガンマ線検出器の出力を計測するガンマ線計測回路と、

前記ガンマ線計測回路のデータを、前記回転移動手段による前記燃料集合体の回転移動のデータと関連づけて解析するデータ収集・解析及び制御装置とを備え、

前記回転移動手段は、前記ハウジングと前記燃料集合体との間の上下方向位置を固定した後に、前記燃料集合体を高さ一定で一定または可変の角速度で360度回転させ、

その間、前記ガンマ線計測回路は、回転中の前記ガンマ線検出器により検出された計数の時間平均(平均計数率)または一定の時間での計数の積分値を測定し、

前記データ収集・解析及び制御装置は、前記燃料集合体を回転及び上下方向に移動中に、移動時刻における回転及び上下方向位置のデータとその時刻におけるガンマ線検出器の

10

20

計数率のデータを同時に収集し、前記ガンマ線計測回路のデータを、前記回転移動手段による前記燃料集合体の回転移動のデータと関連づけて解析して、前記燃料集合体の燃焼度分布及び出力分布を導出することを特徴とするガンマスキャン装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載のガンマスキャン装置において、

前記ハウジングを固定した状態で、前記回転移動手段は、前記燃料集合体の回転と上下方向移動を同時に行い、360度回転する間に測定したい高さ方向幅だけ上下方向に移動させ、

その間、前記ガンマ線計測回路は、回転及び上下移動中の計数の時間平均（平均計数率）または一定の時間での計数の積分値を測定することで燃料集合体の燃焼度または出力分布を導出することを特徴とするガンマスキャン装置。

10

【請求項 3】

請求項 1 記載のガンマスキャン装置において、

前記ハウジングを固定した状態で、前記回転移動手段は、前記燃料集合体の回転と上下方向移動を同時に行い、180度回転する間に測定したい高さ方向幅だけ上下方向に移動させ、

その間、前記ガンマ線計測回路は、回転及び上下移動中の計数の時間平均（平均計数率）または一定の時間での計数の積分値を測定することで燃料集合体の燃焼度または出力分布を導出することを特徴とするガンマスキャン装置。

20

【請求項 4】

請求項 1 記載のガンマスキャン装置において、

前記ガンマ線検出器は、上下方向に複数配置され、各検出器の高さを測定したい高さ方向幅または高さ方向幅の整数倍の位置に設置することを特徴とするガンマスキャン装置。

【請求項 5】

請求項 1 記載のガンマスキャン装置において、

燃焼度の指標核種及び出力の指標核種に対する平均計数率または一定の時間での計数の積分値を用いて燃料集合体の燃焼度または出力分布を導出することを特徴とするガンマスキャン装置。

【請求項 6】

請求項 1 記載のガンマスキャン装置において、

前記ガンマ線検出器として、ゲルマニウム半導体検出器、または、 $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ シンチレーション検出器を用いることを特徴とするガンマスキャン装置。

30

【請求項 7】

請求項 1 記載のガンマスキャン装置において、

前記ガンマスキャン装置に内蔵するコリメータを上下方向の幅を可変及び燃料集合体と検出器の距離間を移動可能とするコリメータ駆動手段を備え、

該コリメータ駆動手段により、前記検出器から前記燃料集合体を見込む立体角を可変にすることを特徴とするガンマスキャン装置。

【請求項 8】

請求項 1 記載のガンマスキャン装置において、

前記遮蔽体は、ガンマ線が重金属に照射された時に発生する特性エックス線を遮蔽するために、ガンマ線検出器の周囲に設置された鉄またはステンレスを含むことを特徴とするガンマスキャン装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、原子力発電所において燃料集合体からの放射線を測定することで燃焼度及び出力分布を測定するガンマスキャン装置に係り、特に、燃料集合体の設置位置及び設置角度によらずに精度良く燃焼度及び出力分布を測定し、多数の燃料集合体を短時間で測定するに好適なガンマスキャン装置に関する。

50

【背景技術】

【0002】

従来、使用済みの燃料集合体の燃焼度をガンマ線を用いて測定することが知られている（例えば、特許文献1参照）。

【0003】

そして、近年、原子力発電所で使用中の燃料集合体からの放射線の測定により、燃焼度及び出力分布を測定することも行われつつある。この測定は、正方形の断面を持つ燃料集合体の外面とハウジングとの相対角度が一定となるようにハウジングを設置固定し、相対角度一定に保った状態で燃料集合体を上下方向に移動させ測定していた。ここで上下方向位置は、ハウジング内部の検出器にコリメータを設け、コリメータで規定される立体角に含まれる燃料集合体の高さ部分の中心を上下方向中心位置として特定している。燃料集合体の上下方向の燃焼度及び出力分布の測定には、燃料集合体を上下方向に移動し、一度固定後測定し、また上下方向に移動し、再び固定後測定するということを繰り返すことで実施している。ここで、2点以上の相対角度で測定する場合は、角度一定で上下方向を一度測定した後に角度を変えて固定し、再び角度を一定に保った状態で上下方向に移動させ測定していた。また、測定する角度は、例えば、正方形の断面を有する燃料集合体の正方形の一辺が、検出器に正対するときを、角度0度とすると、45度の状態と、その状態から180度燃料集合体を回転させた225度の状態で、測定していた。

10

【0004】

燃料集合体中のガンマ線強度分布が一定であるとした場合、燃料集合体の自己遮蔽効果等により、燃料集合体とハウジングの相対角度が変わるとハウジング内部に設置した放射線検出器の計数率が変化する。したがって、ハウジングに対する燃料集合体の軸心回りの回転位置を正確に決定した後、測定を開始する必要がある。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平10-332873号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、燃料集合体内部の燃料棒には若干の曲がりや水平位置のずれがあるため、測定前に回転位置を正確に決定したとしても、燃料集合体を上下方向に移動しての分布測定時に測定誤差が生じていた。

30

【0007】

この解決策として、ガンマ線検出器2台を1組として使用し、燃料集合体の中心軸を含み、かつ、その中心軸に対して左右対称となるように2台の検出器を設置し、その信号を合成した信号を用いて検査する方法が考えられている。しかし、2台の検出器の上記位置への設置に関する誤差に伴う測定誤差が生じる。また、高さ方向位置1点を測定するために2台の検出器使用することから、コリメータを含めた装置が大型になり、また、装置コストが高くなるという問題があった。

40

【0008】

本発明の目的は、燃料集合体の設置角度によらずに精度良く燃焼度及び出力分布を測定でき、多数の燃料集合体を短時間で測定できるガンマスキャン装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

(1)上記目的を達成するために、本発明は、ガンマ線検出器と、燃料集合体中の測定範囲を制限し、前記燃料集合体から前記ガンマ線検出器に入射するガンマ線を制限するためのコリメータと、前記ガンマ線検出器に入射するガンマ線強度を調整するためのアブソーバーと、前記ガンマ線検出器を遮蔽する遮蔽体と、前記ガンマ線検出器と、前記コリメ

50

ータと前記アブソーバーと前記遮蔽体を内蔵するハウジングと、前記ハウジングを一定の位置に移動固定させる移動固定手段とを有するガンマスキャン装置であって、前記燃料集合体を回転及び上下方向に移動させる回転移動手段と、前記ガンマ線検出器の出力を計測するガンマ線計測回路と、前記ガンマ線計測回路のデータを、前記回転移動手段による前記燃料集合体の回転移動のデータと関連づけて解析するデータ収集・解析及び制御装置とを備え、前記回転移動手段は、前記ハウジングと前記燃料集合体との間の上下方向位置を固定した後に、前記燃料集合体を高さ一定で一定または可変の角速度で360度回転させ、その間、前記ガンマ線計測回路は、回転中の前記ガンマ線検出器により検出された計数の時間平均（平均計数率）または一定の時間での計数の積分値を測定し、前記データ収集・解析及び制御装置は、前記燃料集合体を回転及び上下方向に移動中に、移動時刻における回転及び上下方向位置のデータとその時刻におけるガンマ線検出器の計数率のデータを同時に収集し、前記ガンマ線計測回路のデータを、前記回転移動手段による前記燃料集合体の回転移動のデータと関連づけて解析して、前記燃料集合体の燃焼度分布及び出力分布を導出するようにしたものである。

10

かかる構成により、燃料集合体の設置角度によらずに精度良く燃焼度及び出力分布を測定でき、多数の燃料集合体を短時間で測定できるものとなる。

【0010】

(2) 上記(1)において、好ましくは、前記ハウジングを固定した状態で、前記回転移動手段は、前記燃料集合体の回転と上下方向移動を同時に行い、360度回転する間に測定したい高さ方向幅だけ上下方向に移動させ、その間、前記ガンマ線計測回路は、回転及び上下移動中の計数の時間平均（平均計数率）または一定の時間での計数の積分値を測定することで燃料集合体の燃焼度または出力分布を導出するようにしたものである。

20

【0011】

(3) 上記(1)において、好ましくは、前記ハウジングを固定した状態で、前記回転移動手段は、前記燃料集合体の回転と上下方向移動を同時に行い、180度回転する間に測定したい高さ方向幅だけ上下方向に移動させ、その間、前記ガンマ線計測回路は、回転及び上下移動中の計数の時間平均（平均計数率）または一定の時間での計数の積分値を測定することで燃料集合体の燃焼度または出力分布を導出するようにしたものである。

【0012】

(4) 上記(1)において、好ましくは、前記ガンマ線検出器は、上下方向に複数配置され、各検出器の高さを測定したい高さ方向幅または高さ方向幅の整数倍の位置に設置するようにしたものである。

30

【0014】

(5) 上記(1)において、好ましくは、燃焼度の指標核種及び出力の指標核種に対する平均計数率または一定の時間での計数の積分値を用いて燃料集合体の燃焼度または出力分布を導出するようにしたものである。

【0015】

(6) 上記(1)において、好ましくは、前記ガンマ線検出器として、ゲルマニウム半導体検出器、または、LaBr₃(Ce)シンチレーション検出器を用いるようにしたものである。

40

【0016】

(7) 上記(1)において、好ましくは、前記ガンマスキャン装置に内蔵するコリメータを上下方向の幅を可変及び燃料集合体と検出器の距離間を移動可能とするコリメータ駆動手段を備え、該コリメータ駆動手段により、前記検出器から前記燃料集合体を見込む立体角を可変にするようにしたものである。

【0017】

(8) 上記(1)において、好ましくは、前記遮蔽体は、ガンマ線が重金属に照射された時に発生する特性エックス線を遮蔽するために、ガンマ線検出器の周囲に設置された鉄またはステンレスを含むものである。

【発明の効果】

50

【 0 0 1 8 】

本発明によれば、燃料集合体の設置角度によらずに精度良く燃焼度及び出力分布を測定でき、多数の燃料集合体を短時間で測定できるものとなる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 9 】

【図 1】本発明の一実施形態によるガンマスキャン装置の全体構成を示すブロック図である。

【図 2】本発明の一実施形態によるガンマスキャン装置における燃料集合体移動及び回転装置による燃料集合体の移動例の説明図である。

【図 3】本発明の一実施形態によるガンマスキャン装置におけるガンマ線検出器の計数率の測定の一例の説明図である。

10

【図 4】本発明の一実施形態によるガンマスキャン装置におけるガンマ線検出器の波高値スペクトルの一例の説明図である。

【図 5】本発明の一実施形態によるガンマスキャン装置におけるハウジング内のコリメータの移動の一例の説明図である。

【図 6】本発明の他の実施形態によるガンマスキャン装置の動作説明図である。

【図 7】本発明のその他の実施形態によるガンマスキャン装置の構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 0 】

20

以下、図 1 ～ 図 5 を用いて、本発明の一実施形態によるガンマスキャン装置の構成及び動作について説明する。

最初に、図 1 を用いて、本実施形態によるガンマスキャン装置の全体構成について説明する。

図 1 は、本発明の一実施形態によるガンマスキャン装置の全体構成を示すブロック図である。

【 0 0 2 1 】

本実施形態のガンマスキャン装置は、ハウジング 2 と、ガンマ線検出器 3 と、遮蔽体 4 と、コリメータ 5 と、コリメータ駆動装置 6 と、アブソーバー 7 と、燃料集合体移動及び回転装置 8 と、ガンマ線計測回路 9 と、データ収集・解析及び制御装置 10 と、移動固定機構 11 とを備えている。ハウジング 2 の内部には、ガンマ線検出器 3 と、遮蔽体 4 と、コリメータ 5 と、コリメータ駆動装置 6 と、アブソーバー 7 とが保持されている。

30

【 0 0 2 2 】

コリメータ 5 は、燃料集合体 1 の測定範囲の制限及び燃料集合体 1 からガンマ線検出器 3 に入射するガンマ線を制限するものである。コリメータ 5 の前後方向の位置及び上下方向の位置は、コリメータ駆動装置 6 によって変えることができる。アブソーバー 7 は、ガンマ線検出器 3 に入射するガンマ線強度を調整するものである。ガンマ線検出器 3 としては、ゲルマニウム半導体検出器や、L a B r 3 (C e) シンチレーション検出器を用いることができる。

【 0 0 2 3 】

40

遮蔽体 4 は、ガンマ線検出器 3 を遮蔽する。遮蔽体 4 は、ガンマ線検出器 3 のすぐ外周の鉄やステンレス等の金属からなる遮蔽体 4 A と、遮蔽体 4 A の外周の鉛からなる遮蔽体 4 B とからなる二重構成としている。遮蔽体 4 A は、ガンマ線が重金属に照射された時に発生する特性エックス線を遮蔽するために備えられている。

【 0 0 2 4 】

燃料集合体 1 は、四角柱で、その全長は例えば 4 m 程度である。燃料集合体 1 は、水中でしかも、水深 3 m 以上の深さに配置される。移動固定機構 11 は、ハウジング 2 を移動させた後、一定の位置に固定させる。移動固定機構 11 は、ハウジング 2 を水中の例えば深さ 7 m の位置に固定する。燃料集合体移動及び回転装置 8 は、燃料集合体 1 を回転させ、また、上下移動させる。燃料集合体移動及び回転装置 8 は、燃料集合体 1 の上端の位置

50

を、水中の水深 3 m ~ 水深 7 m の位置に上下動させる。ガンマ線計測回路 9 は、ガンマ線検出器 3 からの検出信号に基づいて、ガンマ線を計測する。

【 0 0 2 5 】

次に、図 2 を用いて、本実施形態によるガンマスキャン装置における燃料集合体移動及び回転装置 8 による燃料集合体の移動の仕方について説明する。

図 2 は、本発明の一実施形態によるガンマスキャン装置における燃料集合体移動及び回転装置による燃料集合体の移動例の説明図である。

【 0 0 2 6 】

燃料集合体移動及び回転装置 8 は、燃料集合体 1 を高さ方向の位置を固定した後、燃料集合体 1 を高さ一定で一定または可変の角速度で 3 6 0 度回転させる。このとき、燃料集合体移動及び回転装置 8 は、高さの情報をデータ収集・解析及び制御装置 1 0 に出力し、また、燃料集合体 1 を回転させているとき、その回転角の情報をデータ収集・解析及び制御装置 1 0 に出力する。その間、ガンマ線計測回路 9 は、ガンマ線検出器 3 からの検出信号に基づいて、回転中の計数の時間平均（平均計数率）または一定の時間での計数の積分値を測定する。

10

【 0 0 2 7 】

3 6 0 度の測定が終わった後、燃料集合体移動及び回転装置 8 は、燃料集合体 1 の上下方向位置を、測定したい上下方向範囲に合わせて、燃料集合体 1 を移動させる。

【 0 0 2 8 】

移動後、燃料集合体 1 の高さ方向位置を固定した状態で、燃料集合体を高さ一定で一定または可変の角速度で 3 6 0 度回転させる。その間、ガンマ線計測回路 9 は、ガンマ線検出器 3 からの検出信号に基づいて、回転中の計数の時間平均（平均計数率）または一定の時間での計数の積分値を測定する。

20

【 0 0 2 9 】

これにより、燃料集合体 1 を回転及び上下方向に移動中に、移動時刻における回転及び上下方向位置のデータが燃料集合体移動及び回転装置 8 からデータ収集・解析及び制御装置 1 0 に出力され、また、その時刻におけるガンマ線検出器 3 の計数率のデータを同時に収集することで、回転及び上下方向位置に対する計数率データを収集し、このデータをもとにデータ収集・解析及び制御装置 1 0 は、燃料集合体 1 の燃焼度または出力分布を導出する。

30

【 0 0 3 0 】

なお、回転角度 1 8 0 度で測定後、上下方向に移動させて測定してもよいものである。

【 0 0 3 1 】

上記測定を繰り返すことで、燃料集合体の上下方向の燃焼度または出力分布を測定する。

【 0 0 3 2 】

ここで、図 3 を用いて、本実施形態によるガンマスキャン装置におけるガンマ線検出器の計数率の測定の一例について説明する。

図 3 は、本発明の一実施形態によるガンマスキャン装置におけるガンマ線検出器の計数率の測定の一例の説明図である。

40

【 0 0 3 3 】

図 3 は、燃料集合体 1 の回転角度に対するガンマ線検出器 3 の計数率の測定の一例を示している。燃料集合体 1 の内部の燃料棒がガンマ線の遮蔽体にもなることから、図 3 に示すように、回転角度によってガンマ線計数率が周期的に変化する。ここで、燃料集合体は、正方形の断面を有するので、その正方形の一辺が、検出器に正対するときを、角度 0 度とする。

【 0 0 3 4 】

ここで、従来は、ガンマ線検出器と燃料集合体の設置角度を固定して（例えば、計数率の大きな 4 5 度と、それに対して 1 8 0 度回転した 2 2 5 度）測定していたが、その場合、設置角度による誤差が生じていた。それに対して、本実施形態では、回転中の計数の時

50

間平均（平均計数率）または一定の時間での計数の積分値を用いることで設置角度によらない測定が可能となることから測定精度が向上する。

【 0 0 3 5 】

ここで、図 4 を用いて、本実施形態によるガンマスキャン装置におけるガンマ線検出器の波高値スペクトルの一例について説明する。

図 4 は、本発明の一実施形態によるガンマスキャン装置におけるガンマ線検出器の波高値スペクトルの一例の説明図である。

【 0 0 3 6 】

図 4 は、ガンマ線検出器 3 の波高値スペクトルの一例を示している。燃焼度または出力分布の導出には、それぞれの指標核種の回転中の計数の時間平均（平均計数率）または一定の時間での計数の積分値を用いる。

10

【 0 0 3 7 】

燃焼度の指標核種の例としては、セシウム 1 3 7 またはセシウム 1 3 4 がある。また、出力の指標核種の例としては、バリウム 1 4 0 とランタン 1 4 0、または、ジルコニウム 9 5 とニオブ 9 5、ルテニウム 1 0 6 とロジウム 1 0 6 などがある。

【 0 0 3 8 】

指標核種に対する平均計数率または一定の時間での計数の積分値の導出には、ガンマ線スペクトル中の指標核種のピークの面積における計数を用いても良いし、各指標核種が放出するガンマ線のエネルギーに対応する値から一定の幅を取った範囲の計数を用いても良い。

20

【 0 0 3 9 】

次に、図 5 を用いて、本実施形態によるガンマスキャン装置におけるハウジング内のコリメータの移動の一例について説明する。

図 5 は、本発明の一実施形態によるガンマスキャン装置におけるハウジング内のコリメータの移動の一例の説明図である。

図 5 (A) は、ハウジング 2 の内部におけるコリメータ 5 の初期位置を示している。それに対して、コリメータ駆動装置 6 は、図 5 (B) に示すように、コリメータ 5 の上下方向の幅を可変できる。また、コリメータ駆動装置 6 は、図 5 (C) に示すように、コリメータ 5 を前後方向に移動できる。これにより、検出器 3 から燃料集合体 1 を見込む立体角を可変にでき、燃料集合体中の測定範囲及び燃料集合体からのガンマ線強度を調整することができる。

30

【 0 0 4 0 】

ここで、立体角について、図 5 (C) 用いて説明する。図中の線が、検出器 3 からコリメータ 5 を経て燃料集合体 1 を見込む立体角を示している。図 5 (C) の状態から、図 5 (B) の状態のように、コリメータ 5 が燃料集合体 1 に近づくと、立体角は小さくなる。また、図 5 (B) の状態から、図 5 (A) の状態のように、コリメータが上下方向に移動して間隔が狭くなると、さらに、立体角が小さくなる。

【 0 0 4 1 】

以上説明したように、本実施形態によれば、原子力発電所において燃料集合体からの放射線を測定して燃焼度及び出力分布を測定するガンマスキャン装置において、燃料集合体の設置角度によらずに精度良く燃焼度及び出力分布を測定することができる。また、多数の燃料集合体を短時間で測定することができる。

40

【 0 0 4 2 】

次に、図 6 を用いて、本発明の他の実施形態によるガンマスキャン装置の構成について説明する。なお、本実施形態によるガンマスキャン装置の全体構成は、図 1 に示したものと同様である。

図 6 は、本発明の他の実施形態によるガンマスキャン装置の動作説明図である。

【 0 0 4 3 】

ハウジング移動固定装置 1 1 は、ハウジングを固定した状態とした後、燃料集合体移動及び回転装置 8 は、燃料集合体 1 を一定または可変の角速度での回転と、一定または可変

50

の速度での上下方向移動を同時に行い、360度回転する間に測定したい高さ方向幅だけ上下方向に移動させる。その間、ガンマ線計測回路9は、ガンマ線検出器3からの検出信号に基づいて、回転中の計数の時間平均（平均計数率）または一定の時間での計数の積分値を測定し、燃料集合体の燃焼度または出力分布を導出する。

【0044】

なお、以上の例では、360度回転する間に測定したい高さ方向幅だけ上下方向に移動させているが、180度回転する間に測定したい高さ方向幅だけ上下方向に移動させるようにすることもできる。

【0045】

本実施形態では、一つの上下方向位置を測定する毎に燃料集合体を固定する必要が無く
なり、測定時間が短縮できる。 10

【0046】

次に、図7を用いて、本発明のその他の実施形態によるガンマスキャン装置の構成について説明する。

図7は、本発明のその他の実施形態によるガンマスキャン装置の構成を示すブロック図である。なお、図1と同一符号は同一部分を示している。

【0047】

本実施形態では、ハウジング2の内部に、複数のガンマ線検出器3A, 3B, 3Cを上下方向に配置し、各検出器の高さを測定したい高さ方向幅または高さ方向幅の整数倍の位置に設置する。 20

【0048】

複数のガンマ線検出器を上下方向に配置することで、固定した後、燃料集合体の高さ方向の移動固定回数を減らすことができ、測定時間が短縮できる。

【0049】

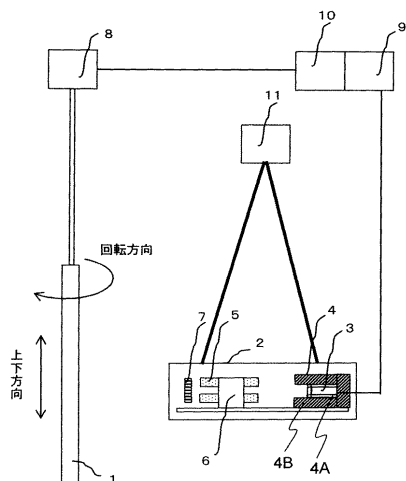
燃料集合体を一定または可変の角速度での回転と、一定または可変の速度での上下方向移動を同時に行う場合は、ガンマ線検出器を複数にすることで測定時間は短縮できないが、一度の測定で同じ高さ位置での測定を複数回できることで測定結果の検証ができる。

【符号の説明】

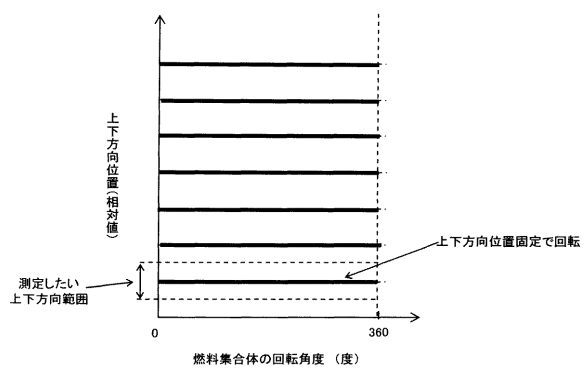
【0050】

- 1 ... 燃料集合体 30
- 2 ... ハウジング
- 3 ... ガンマ線検出器
- 4 ... ガンマ線検出器用遮蔽体
- 5 ... コリメータ
- 6 ... コリメータ駆動装置
- 7 ... アブソーバー
- 8 ... 燃料集合体移動及び回転装置
- 9 ... ガンマ線測定回路
- 10 ... データ収集・解析及び制御装置
- 11 ... ハウジング移動固定装置 40

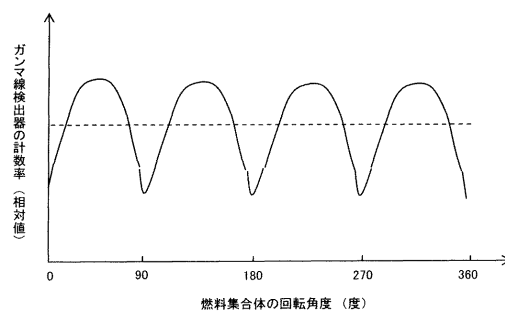
【図 1】



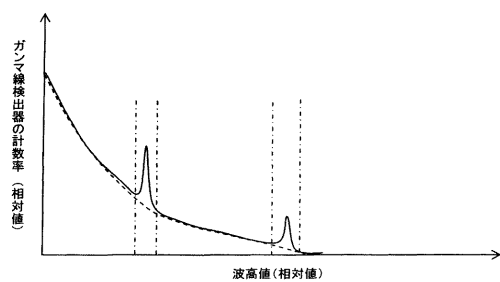
【図 2】



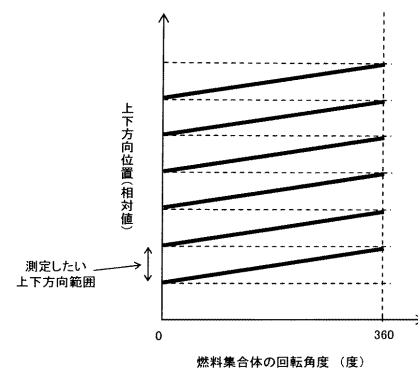
【図 3】



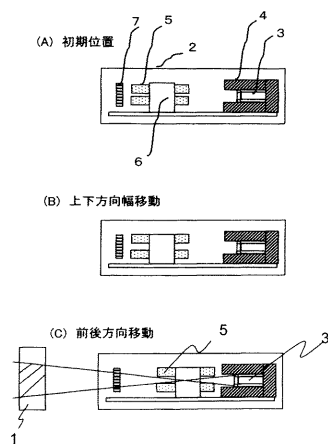
【図 4】



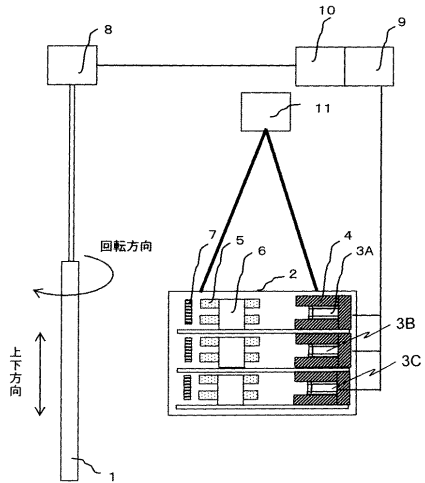
【図 6】



【図 5】



【図 7】



フロントページの続き

- (72)発明者 上野 克宜
茨城県日立市大みか町七丁目2番1号
・環境システム研究所内 株式会社日立製作所 エネルギー
- (72)発明者 岩田 豊
茨城県日立市幸町三丁目1番1号
株式会社内 日立GEニュークリア・エナジー
- (72)発明者 木村 竜介
茨城県日立市幸町三丁目1番1号
株式会社内 日立GEニュークリア・エナジー

審査官 青木 洋平

- (56)参考文献 特開昭61-097594(JP,A)
特開平10-332873(JP,A)
特開平04-115193(JP,A)
特開2001-235546(JP,A)
特開2002-139573(JP,A)
特開2000-009880(JP,A)
特開昭59-192942(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G21C 17/06
G21C 17/10