

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4189505号
(P4189505)

(45) 発行日 平成20年12月3日(2008.12.3)

(24) 登録日 平成20年9月26日(2008.9.26)

(51) Int.Cl.		F 1
GO 1 T	1/16	(2006.01)
GO 1 T	1/20	(2006.01)
GO 1 T	3/06	(2006.01)
G 2 1 C	17/06	(2006.01)

GO 1 T	1/16	A
GO 1 T	1/20	B
GO 1 T	3/06	
G 2 1 C	17/06	F

請求項の数 2 (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2005-233100 (P2005-233100)
 (22) 出願日 平成17年8月11日(2005.8.11)
 (65) 公開番号 特開2007-47066 (P2007-47066A)
 (43) 公開日 平成19年2月22日(2007.2.22)
 審査請求日 平成17年8月11日(2005.8.11)

(73) 特許権者 505374783
 独立行政法人 日本原子力研究開発機構
 茨城県那珂郡東海村村松4番地49
 (73) 特許権者 000003078
 株式会社東芝
 東京都港区芝浦一丁目1番1号
 (74) 代理人 100078961
 弁理士 茂見 穰
 (72) 発明者 辻村 憲雄
 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地33
 核燃料サイクル開発機構東海事業所内
 (72) 発明者 石井 雅人
 東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝
 府中事業所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 中性子・γ線非弁別式臨界検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

入射するγ線を検出するγ線検出器と、該γ線検出器を覆うように配置されて外部から入射する中性子を減速して熱中性子に変換する中性子減速材と、該中性子減速材と前記γ線検出器との境界に該γ線検出器全体を取り囲むように介装した第1の熱中性子-捕獲γ線変換材を具備し、前記γ線検出器からの検出出力を電流変換部で電流に変換し、変換された電流を電流計測部で計測するようにして電流モードで動作させる臨界検出装置であって、前記中性子減速材内の中間位置にγ線検出器を取り囲むように第2の熱中性子-捕獲γ線変換材を配置し、それによって熱中性子-捕獲γ線変換材が、中性子減速材と前記γ線検出器との境界に該γ線検出器全体を取り囲むように介装した第1の熱中性子-捕獲γ線変換材と、前記第2の熱中性子-捕獲γ線変換材との複層になると共に、中性子減速材が、前記第2の熱中性子-捕獲γ線変換材を境界として内側と外側に分かれた複層構造となり、中性子に対する感度がγ線に対する感度と同程度に揃えられていることを特徴とする中性子・γ線非弁別式臨界検出装置。

【請求項2】

γ線検出器が円柱形プラスチックシンチレータ、電流変換部が光電子増倍管であり、中性子減速材がポリエチレン、第1の熱中性子-捕獲γ線変換材及び第2の熱中性子-捕獲γ線変換材の両方がカドミウムからなる請求項1記載の中性子・γ線非弁別式臨界検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、 γ 線検出器に中性子減速材と熱中性子一捕獲 γ 線変換材を組み合わせ、電流モードで動作させることにより、 γ 線と中性子を弁別することなく両放射線による吸収線量(率)を同時に測定する中性子・ γ 線非弁別式臨界検出装置に関するものである。この技術は、原子炉施設や再処理施設など各種の核燃料物質使用施設の周辺に設置する臨界警報装置として有用である。

10

【背景技術】

【0002】

原子炉施設や再処理施設など核燃料物質を取扱う各種施設では、万一の臨界事故に備えて、施設内各所に、臨界事故を速やかに検知して作業者に退避を促すための警報を発する臨界警報装置が設置されている。これらの臨界警報装置には、臨界事故の検知のために、シンチレーション検出器、電離箱、GM計数管、あるいは半導体検出器など様々な形式の放射線検出器が用いられているが、いずれにしても臨界に伴って放出される γ 線または中性子を検出する放射線検出器である。但し、これらの放射線検出器の測定対象量は、線量当量(単位Sv)ではなく吸収線量(単位Gy)であることが、放射線防護または放射線管理の目的で使用する放射線検出器とは大きく相違している。

20

【0003】

一般に、臨界事故時に放出される γ 線と中性子の相対的な混在割合は、臨界の体系に大きく依存して変化する。例えば、金属系臨界事故では中性子が支配的であり、他方、溶液系臨界事故では γ 線が支配的である。また、これらの混在割合は、遮へいの有無、さらに遮へいの組成や厚さなどによっても変化する。このため、臨界の体系あるいは臨界事故の発生を監視する場所の条件に応じて、 γ 線検出器を利用した臨界警報装置と、中性子検出器を利用した臨界警報装置を使い分けているのが現状である。

【0004】

ところで、中性子と γ 線を同時に測定できる技術として、 γ 線検出に用いられているGe検出器を使用し、ホウ素やカドミウムを混入したポリエチレンの覆いと組み合わせた構造の中性子検出器が提案されている(特許文献1参照)。ここでは、 $B(n, \gamma)$ 反応による477keVの γ 線、 $Cd(n, \gamma)$ 反応による558keVの γ 線を検出することで中性子を検出している。なお、中性子と γ 線を同時に測定する場合には、穴の開いた覆いを用いることで、 γ 線に対する覆いの影響を低減できるとしている。このような中性子検出器も含めて、従来からある様々な放射線検出器は、基本的にはパルス波高弁別などの手法により、中性子と γ 線を分離して測定するように構成されている。

30

【0005】

しかし、このような中性子と γ 線を分離して個別に測定する従来の技術では、臨界事故の検知を行うためには、2種類の検出器系を同時に運用する必要があるため、保守性などに課題があった。

40

【0006】

それに対して、 γ 線と中性子の両放射線を区別無く、しかも同程度の吸収線量当たりの感度で検出する放射線検出器が実現できれば、臨界の体系、遮へい及び設置場所といった条件に関係なく、単一種類の放射線検出器によって臨界事故の検知を行うことができる。しかし、単一種類の放射線検出器を用いた、 γ 線と中性子による吸収線量の両方を区別無く測定できる臨界検出装置は、未だ実現されていない。

【特許文献1】特開2001-349951号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

50

本発明が解決しようとする課題は、 γ 線に対する感度に加えて中性子に対する感度を持たせ、 γ 線と中性子の両放射線を区別無く検出できるようにすることで、単一種類の検出器によって臨界事故の検知を可能とすることである。また、 γ 線と中性子による吸収線量を同程度の感度で測定できるようにすることで、臨界の体系、遮へい及び設置場所といった条件に関係なく、臨界事故の検知を可能とすることである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、入射する γ 線を検出する γ 線検出器と、該 γ 線検出器を覆うように配置されて外部から入射する中性子を減速して熱中性子に変換する中性子減速材と、該中性子減速材と前記 γ 線検出器との境界に該 γ 線検出器全体を取り囲むように介装した熱中性子—捕獲 γ 線変換材を具備し、前記 γ 線検出器からの検出出力を電流変換部で電流に変換し、変換された電流を電流計測部で計測するようにして電流モードで動作させることを特徴とする中性子・ γ 線非弁別式臨界検出装置である。

10

【0009】

ここで本発明では、中性子減速材内の中間位置に γ 線検出器を取り囲むように第2の熱中性子—捕獲 γ 線変換材を配置した複層構造とし、中性子に対する感度が γ 線に対する感度と同程度となるように設定する。実際には、 γ 線検出器が円柱形プラスチックシンチレータ、電流変換部が光電子増倍管であり、中性子減速材がポリエチレン、熱中性子—捕獲 γ 線変換材がカドミウム(Cd)からなる構成が好ましい。

20

【0010】

入射した中性子は、中性子減速材により減速されて熱中性子となり、その熱中性子は熱中性子—捕獲 γ 線変換材によって γ 線に変換され、中心部に位置する γ 線検出器によって検出される。一方、外部から入射した γ 線は、中性子減速材及び熱中性子—捕獲 γ 線変換材によって一部は減衰するが、残る大部分は、そのまま中心部に位置する γ 線検出器まで到達して検出される。これらの検出は、個々の電気パルスを計測するパルスモードではなく、電気パルスを電流として計測する電流モードで動作させることで行う。従って、本装置では、中性子起源の信号と γ 線起源の信号とを分離せず(非弁別で)検出することになる。ここで、 γ 線による信号と中性子による信号(ここでは変換された捕獲 γ 線による信号)を、同じ吸収線量あたりで同等の信号になるように、熱中性子—捕獲 γ 線変換材の配置と中性子減速材の厚さなどを調整することによって、臨界事故発生時における γ 線と中性子の混在割合に関係なく、両放射線による吸収線量に比例した信号出力が得られる。

30

【発明の効果】

【0011】

本発明における中性子・ γ 線非弁別式臨界検出装置は、 γ 線検出器に適切な配置の中性子減速材と熱中性子—捕獲 γ 線変換材を付加した構造であるため、中性子減速材の外部から入射する γ 線のみならず中性子についても、それらによる吸収線量を、単一の検出器だけで測定することが可能になる。本発明では、 γ 線と中性子による吸収線量を分離することなく測定するため、 γ 線検出器と中性子検出器を併用したり、あるいは信号の波高弁別によって γ 線による信号と中性子による信号を分離するなどの処理を必要とせず、極めて単純な構成で済む。

40

【0012】

また本発明では、 γ 線と中性子による吸収線量を同程度の感度で測定することで、臨界の体系、遮へい及び設置場所といった条件に関係なく、単一種類の検出器によって臨界事故を検知できる。臨界事故の特徴の一つとして、事故発生時に瞬間的に(短い場合はミリ秒オーダーで)放射線が放出される(これはバーストまたはスパイクとも呼ばれる)が、個々のパルスの高さに関係なくトータルの電流として計測する電流モードで動作させるため、応答性に優れ、精度の良い検出が可能となる。

50

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

本発明に係る中性子・ γ 線非弁別式臨界検出装置の典型的な構成例を図1に示す。Bは縦断面を表し、Aはx-x位置での断面を表している。本装置は、 γ 線を検出する γ 線検出器10が中心に位置し、該 γ 線検出器10を、中性子を効率的に熱中性子に減速する中性子減速材12で完全に覆い、更に γ 線検出器10と中性子減速材12の境界に、該 γ 線検出器を完全に覆うようにカドミウム(Cd)からなる第1の熱中性子-捕獲 γ 線変換材14を配置した構造を有する。ここで、中性子減速材12の外部から入射する γ 線と中性子に対する吸収線量当りの感度の相材的な大小関係を調節するため、該中性子減速材12の中間位置に前記熱中性子-捕獲 γ 線変換材14とは別の、カドミウムからなる第2の熱中性子-捕獲 γ 線変換材16を配置している。ここで、 γ 線検出器10は円筒型プラスチックシンチレータであり、 γ 線検出に伴うシンチレーション光は、電流変換部である光電子増倍管18に導かれ、該光電子増倍管18は、電流計測部である電流計20（もしくは電位計）に接続される。なお、中性子減速材12はポリエチレンからなる。

10

【0014】

中性子減速材12の外部から γ 線が入射したとき、その一部は中性子減速材12及び熱中性子-捕獲 γ 線変換材14、16によって減衰するが、残る大部分は γ 線検出器10であるプラスチックシンチレータに到達する。プラスチックシンチレータは、それが吸収したエネルギー（すなわち吸収線量に相当する）に比例したシンチレーション光を放出し、そのシンチレーション光は光電子増倍管18によって電流に変換される。一方、中性子減速材12の外部から中性子が入射したとき、エネルギーの低い中性子については第2の熱中性子-捕獲 γ 線変換材16で γ 線に変換され、エネルギーの高い中性子については第1の熱中性子-捕獲 γ 線変換材14で γ 線に変換され、両 γ 線は γ 線検出器10のプラスチックシンチレータに到達する。プラスチックシンチレータは、捕獲 γ 線によるプラスチックシンチレータ中における吸収線量に比例したシンチレーション光を放出し、そのシンチレーション光は光電子増倍管18によって電流に変換される。変換された電流は、電流計20でトータルの電流として計測される。

20

【0015】

本装置において、中性子減速材12の材質と厚さ、熱中性子-捕獲 γ 線変換材14、16の配置は、中性子減速材12の外部から入射する中性子による吸収線量と、その中性子が熱中性子-捕獲 γ 線変換材14、16によって変換された捕獲 γ 線による吸収線量とが同等になるよう調節されているため、電流計20で測定される電流は、中性子減速材12の外部から入射する放射線の種類が γ 線であるか中性子であるかに関係なく、その放射線による吸収線量に比例することになる。なお、減速材の厚さなどは、臨界検出器の設置場所における事故時の中性子スペクトルを考慮しつつ、 γ 線と中性子のそれぞれに対する周辺吸収線量レスポンスが同等となるようにMCNP（モンテカルロ輸送計算コード）による計算から決定することができる。

30

【実施例】

【0016】

図1に示す構造の中性子・ γ 線非弁別式臨界検出装置を試作した。 γ 線検出器10は、直径38mm、長さ51mmの円柱形プラスチックシンチレータである。中性子減速材12は、先端が閉じた円筒状であって、厚さ50mm、比重0.92のポリエチレンからなる。第1の熱中性子-捕獲 γ 線変換材14は、厚さ1mmのカドミウム(Cd)であり、 γ 線検出器10と中性子減速材12の境界に、 γ 線検出器10の表面を完全に覆うように配置されている。第2の熱中性子-捕獲 γ 線変換材16も、厚さ1mmのカドミウム(Cd)であり、該第2の熱中性子-捕獲 γ 線変換材16は、 γ 線検出器10の表面から中性子減速材12側に15mmの位置に配置されている。

40

【0017】

上記の臨界検出装置の感度の中性子エネルギー特性を図2に示す。これは、中性子による吸収線量当たりの感度の中性子エネルギー依存性を示したものであり、中性子減速材1

50

2の外部から入射するγ線による吸収線量当りの感度を1に規格化して示している。中性子減速材12の外部から入射する中性子のエネルギーに関係なく、感度は概ね0.5から5の範囲に収まっており、このことは、中性子がγ線による吸収線量当りの感度と同じオーダの感度を有することを意味している。なお、実際の臨界事故においては、測定の対象とする中性子は、約2MeVのエネルギーを持つ核分裂中性子から熱中性子まで幅広いエネルギーの分布を持つが、図2の特性は、溶液系臨界事故かつ厚さ10cm程度の鉄遮へいのなされた区域における中性子エネルギー分布を想定したものであり、上記中性子エネルギー分布の場合、図2の特性カーブの中性子エネルギー分布にわたるエネルギー積分値は1となり、γ線に対する感度と等しい。

【図面の簡単な説明】

10

【0018】

【図1】本発明に係る中性子・γ線非弁別式臨界検出装置の典型例を示す説明図。

【図2】試作した臨界検出装置の感度の中性子エネルギー特性を示すグラフ。

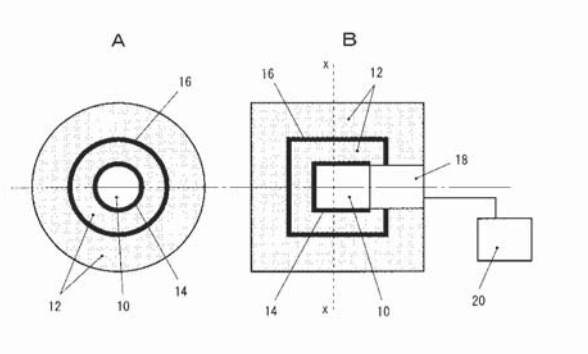
【符号の説明】

【0019】

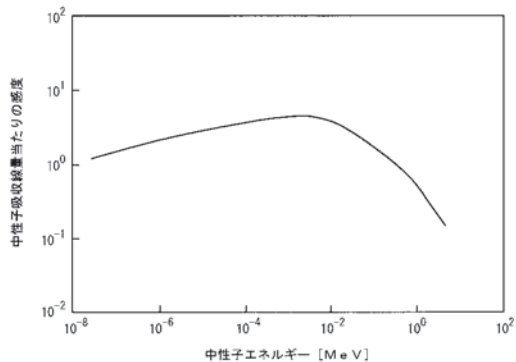
- 10 γ線検出器
- 12 中性子減速材
- 14 第1の熱中性子-捕獲γ線変換材
- 16 第2の熱中性子-捕獲γ線変換材
- 18 光電子増倍管
- 20 電流計

20

【図1】



【図2】



フロントページの続き

審査官 木下 忠

- (56)参考文献 特開2001-349951 (JP, A)
特開昭61-028885 (JP, A)
特開2002-341046 (JP, A)
辻村憲雄、吉田忠義、プラスチックシンチレータを使用した臨界警報装置のエネルギー・方向特性の評価、核燃料サイクル開発機構公開資料、日本、核燃料サイクル開発機構東海事業所、2004年 8月、JNC-TN-8410-2004-007
- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01T1/00-7/12
JSTPlus (JDreamII)