

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4411400号  
(P4411400)

(45) 発行日 平成22年2月10日(2010.2.10)

(24) 登録日 平成21年11月27日(2009.11.27)

(51) Int.Cl.		F 1		
<b>C09K</b>	<b>11/00</b>	<b>(2006.01)</b>	C09K	11/00 E
<b>C09K</b>	<b>11/02</b>	<b>(2006.01)</b>	C09K	11/02 A
<b>C09K</b>	<b>11/08</b>	<b>(2006.01)</b>	C09K	11/08 A
<b>C09K</b>	<b>11/56</b>	<b>(2006.01)</b>	C09K	11/08 E
<b>G01T</b>	<b>1/20</b>	<b>(2006.01)</b>	C09K	11/56 C P C

請求項の数 3 (全 7 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2004-5463 (P2004-5463)	(73) 特許権者	505374783
(22) 出願日	平成16年1月13日 (2004.1.13)		独立行政法人 日本原子力研究開発機構
(65) 公開番号	特開2005-200461 (P2005-200461A)		茨城県那珂郡東海村村松4番地49
(43) 公開日	平成17年7月28日 (2005.7.28)	(74) 代理人	100089705
審査請求日	平成19年1月15日 (2007.1.15)		弁理士 社本 一夫
		(74) 代理人	100140109
			弁理士 小野 新次郎
		(74) 代理人	100075270
			弁理士 小林 泰
		(74) 代理人	100080137
			弁理士 千葉 昭男
		(74) 代理人	100096013
			弁理士 富田 博行
		(74) 代理人	100092015
			弁理士 桜井 周矩

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 濃縮ボロンを用いた中性子用シンチレータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ホウ素10 (<sup>10</sup>B) を90%以上含有したホウ素を原料としたホウ酸 (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) に、蛍光体を重量%で10%以上30%以下混合し、600℃から700℃の温度で電気炉内で溶融し、1時間以上24時間以下の時間溶かして混合した状態を維持し、室温に温度を下げることにより製作した濃縮ボロンを用いた中性子用シンチレータ。

【請求項2】

ホウ素10 (<sup>10</sup>B) を90%以上含有したホウ素を原料としたホウ酸 (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) に、蛍光体を重量%で30%以上50%以下混合し、その後アルコール内で攪拌した後、基板の上に一様に塗布し、アルコールを蒸発させた後、500℃以上600℃以下の温度で、1時間以上2時間以下の時間維持し、室温に温度を下げることにより製作した濃縮ボロンを用いた中性子用シンチレータ。

【請求項3】

ホウ素10 (<sup>10</sup>B) を90%以上含有したホウ素を原料としたホウ酸 (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) に、蛍光体を重量%で30%以上50%以下混合し、その後アルコール内で攪拌した後、基板の上に一様に塗布し、アルコールを蒸発させた後、300℃から400℃の温度で電気炉内で溶融し、1時間以上2時間以下の時間維持し、室温に温度を下げることにより製作した濃縮ボロンを用いた中性子用シンチレータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

## 【0001】

本発明は、中性子の検出に用いる濃縮したホウ素 $^{10}\text{B}$ と蛍光体を用いた中性子用シンチレータに関するものである。蛍光量の大きい蛍光体と中性子コンバータであるホウ素 $^{10}\text{B}$ を組み合わせることにより、蛍光量が大きくかつ中性子捕獲量が多い中性子用シンチレータとする。この結果、検出効率の大きい中性子検出器を実現し、かつ2次元的にもイメージを高速に取得できることを可能とする。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来、蛍光体を用いた中性子検出器には、 $\text{ZnS}:\text{Ag}$  蛍光体と $^6\text{LiF}$ を混合した中性子検出シートが開発され市販されてきた。混合する場合には接着材が用いられてきた。しかし、 $\text{ZnS}:\text{Ag}$ と中性子捕獲断面積が $^6\text{LiF}$ の約4倍あるホウ素 $^{10}\text{B}$ とを組み合わせた検出シートは、蛍光量が $^6\text{LiF}$ の場合の3分の1以下になるためあまり使われてこなかった。

10

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0003】

ホウ素 $^{10}\text{B}$ を中性子コンバータとして用いた場合、中性子との核反応で出てくる $\alpha$ 粒子、 $^7\text{Li}$ 粒子の全エネルギーが $^6\text{LiF}$ のそれに比較して約3分の1となり、また飛程も短くなることから蛍光量が少なくなる。この蛍光量を増大させる必要がある。

## 【課題を解決するための手段】

20

## 【0004】

従来は、蛍光体と中性子コンバータの接着に接着剤が使われてきた。このため、この接着剤により飛程の短い $\alpha$ 粒子、 $^7\text{Li}$ 粒子が吸収され蛍光量が減少してしまい、蛍光量が少ない大きな原因であった。

## 【0005】

のため、接着剤を用いず、ホウ酸( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )が適当な温度条件で熔融することを利用して接着し、粒子のエネルギーの損失無く蛍光体を蛍光させる製作方式を考案した。

## 【発明の効果】

## 【0006】

本発明においては、蛍光量の大きい蛍光体と中性子コンバータであるホウ素 $^{10}\text{B}$ を組み合わせることにより、蛍光量が大きくかつ中性子捕獲量が多い中性子用シンチレータとすることができるので、検出効率の大きい中性子検出器が実現され、かつ2次元的にもイメージを高速に取得できる。

30

## 【実施例】

## 【0007】

## (実施例1)

実施例1として、図1の製作手順を示す図を基に説明する。本実施例では、96%まで $^{10}\text{B}$ を濃縮したホウ酸を用いることとする。また、蛍光体としては、従来から $^6\text{LiF}$ と組み合わせて用いられてきた $\text{ZnS}:\text{Ag}$ を用いる。10gの $^{10}\text{B}$ を濃縮したホウ酸に重量%で30%の $\text{ZnS}:\text{Ag}$ を混合する。混合する際には $\text{ZnS}:\text{Ag}$ をできるだけ傷つけないように丁寧に混合する。混合した後、高温に耐えるるつぼを使用する。実施例で白金るつぼを使用する。電気炉に試料を入れた白金るつぼを設置し、650℃の温度で24時間維持した。長時間行うことにより、でき上がり試料面は平らになった。その後、室温に下げる工程を行った。300℃で5時間維持した後室温まで下げた。

40

## 【0008】

製作した試料の表面に浜松ホトニクス製R760型光電子増倍管を装着し中性子検出器とした。測定する場所で100/cm<sup>2</sup>・sの中性子束の強度を持つAm-Li中性子線源を用いて、中性子に対する検出特性を測定した。測定された波高分布を従来の $\text{ZnS}:\text{Ag}/^6\text{LiF}$ 中性子検出シートと比較して図2に示す。この結果、中性子計数率として42.6cpsが得られた。検出効率を計算すると熱中性子に対して42.6%となり非

50

常に高い検出効率が得られることが確認できた。また、ZnS : Agの重量%を変えた場合の検出効率の変化を図3に示す。この結果、重量比を上げれば検出効率が良くなることが確認できたが、重量比を上げるに従い試料の表面の状態が悪くなり、30%が限界であった。

#### 【0009】

(実施例2)

実施例2として、図4の製作手順を示す図を基に説明する。実施例1で述べたが本実施例は、さらに蛍光体の重量%を増加させることを目指して考案したものである。

#### 【0010】

本実施例では、96%まで $^{10}\text{B}$ を濃縮したホウ酸を用いることとする。また、蛍光体としては、従来から $^6\text{LiF}$ と組み合わせて用いられてきたZnS : Agを用いる。100mgの $^{10}\text{B}$ を濃縮したホウ酸に重量%で40%つまり40mgのZnS : Agを加える。その後、300mgのエタノールを加え、ZnS : Agをできるだけ傷つけないように丁寧に攪拌し混合する。混合した後、2cm x 2cmの大きさの基板の上に様に塗布する。エタノールをゆっくりとばし完全に抜けた後、ホットプレートに置く。ホットプレートの温度を上げ、600℃で1時間維持しホウ酸を溶かして蛍光体と接着させた。

10

#### 【0011】

製作した試料の表面に浜松ホトニクス製R760型光電子増倍管を装着し中性子検出器とした。測定する場所で $100/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ の中性子束の強度を持つAm-Li中性子線源を用いて、中性子に対する検出特性を測定した。測定された波高分布を従来のZnS : Ag/ $^6\text{LiF}$ 中性子検出シートと比較して図5に示す。この結果、中性子計数率として59.1cpsが得られた。検出効率を計算すると59.1%となり非常に高い検出効率が得られることが確認できた。

20

#### 【0012】

(実施例3)

実施例3として、実施例2で用いた図4の製作手順を示す図を基に説明する。実施例2では、温度が500℃以上であったが、本実施例は、ホウ酸 ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )を用いた場合には300℃で溶けることを利用したものである。

#### 【0013】

本実施例では、96%まで $^{10}\text{B}$ を濃縮したホウ酸を用いることとする。また、蛍光体としては、従来から $^6\text{LiF}$ と組み合わせて用いられてきたZnS : Agを用いる。100mgの $^{10}\text{B}$ を濃縮したホウ酸に重量%で40%つまり40mgのZnS : Agを加える。その後、300mgのエタノールを加え、ZnS : Agをできるだけ傷つけないように丁寧に攪拌し混合する。混合した後、2cm x 2cmの大きさの基板の上に様に塗布する。エタノールをゆっくりとばし完全に抜けた後、ホットプレートに置く。ホットプレートの温度を上げ、400℃で1時間維持しホウ酸を溶かして蛍光体と接着させた。

30

#### 【0014】

製作した試料の表面に浜松ホトニクス製R760型光電子増倍管を装着し中性子検出器とした。測定する場所で $100/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ の中性子束の強度を持つAm-Li中性子線源を用いて、中性子に対する検出特性を測定した。測定された波高分布を従来のZnS : Ag/ $^6\text{LiF}$ 中性子検出シートと比較して図6に示す。この結果、中性子計数率として38.9cpsが得られた。検出効率を計算すると38.9%となり非常に高い検出効率が得られることが確認できた。

40

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0015】

【図1】ホウ素10 ( $^{10}\text{B}$ )を90%以上含有したホウ素を原料としたホウ酸 ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )とZnS : Agを使った濃縮ボロンを用いた中性子用シンチレータの製作工程を示す図である。

【図2】ホウ素10 ( $^{10}\text{B}$ )を90%以上含有したホウ素を原料としたホウ酸 ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )とZnS : Agを使った濃縮ボロンを用いた中性子用シンチレータの測定された波高分

50

布を従来の  $ZnS:Ag/{}^6LiF$  中性子検出シートと比較して示した図である。

【図3】  $ZnS:Ag$  の重量%を変えた場合の検出効率の変化を示す図である

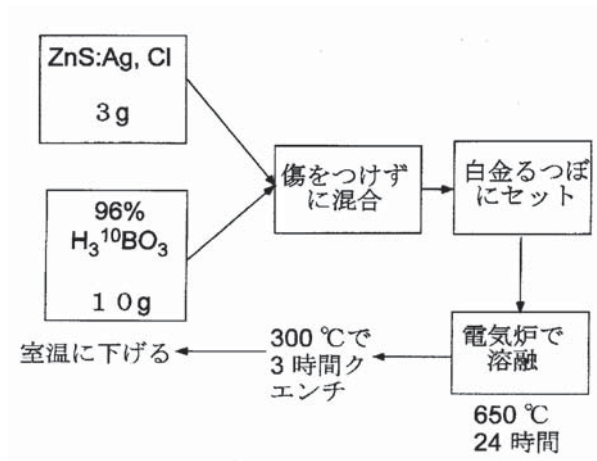
【図4】ホウ素10 ( ${}^{10}B$ ) を90%以上含有したホウ素を原料としたホウ酸 ( $H_3BO_3$ ) と40%の重量%の  $ZnS:Ag$  を使った濃縮ボロンを用いた中性子用シンチレータの製作工程を示す図である。

【図5】ホウ素10 ( ${}^{10}B$ ) を90%以上含有したホウ素を原料としたホウ酸 ( $H_3BO_3$ ) と40%の重量%の  $ZnS:Ag$  を使った濃縮ボロンを用いた中性子用シンチレータの波高分布を従来の  $ZnS:Ag/{}^6LiF$  中性子検出シートと比較して示した図である。

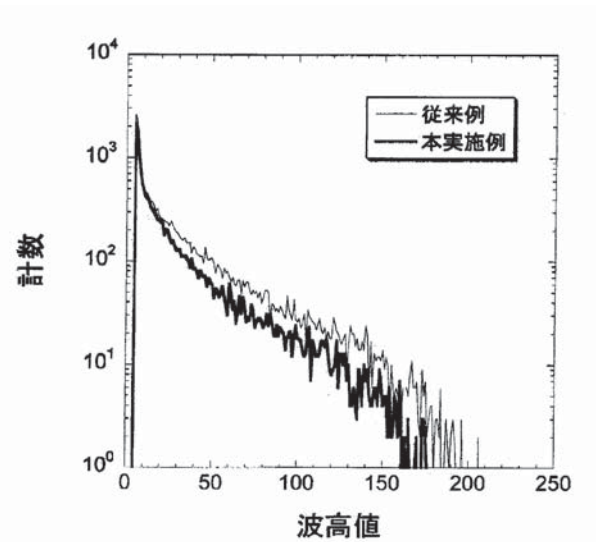
【図6】ホウ素10 ( ${}^{10}B$ ) を90%以上含有したホウ素を原料としたホウ酸 ( $H_3BO_3$ ) と40%の重量%の  $ZnS:Ag$  を使い、400℃で製作した濃縮ボロンを用いた中性子用シンチレータの波高分布を従来の  $ZnS:Ag/{}^6LiF$  中性子検出シートと比較して示した図である。

10

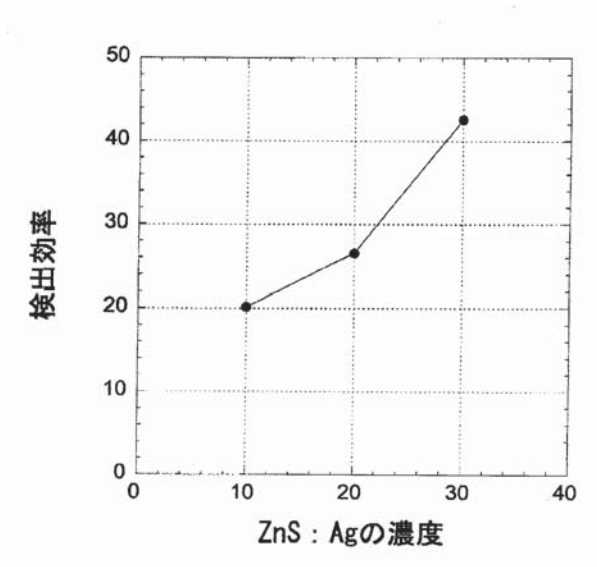
【図1】



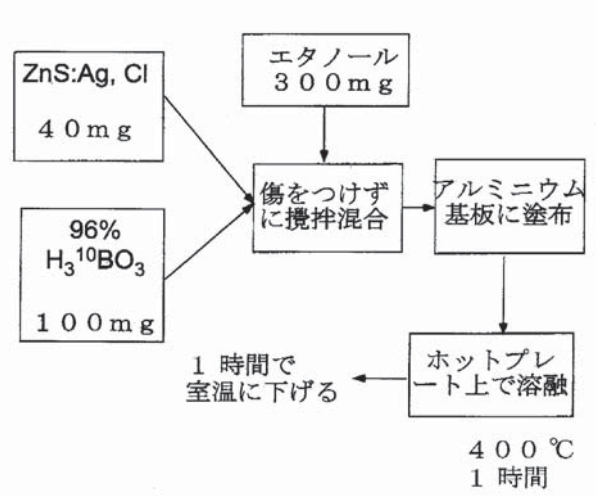
【図2】



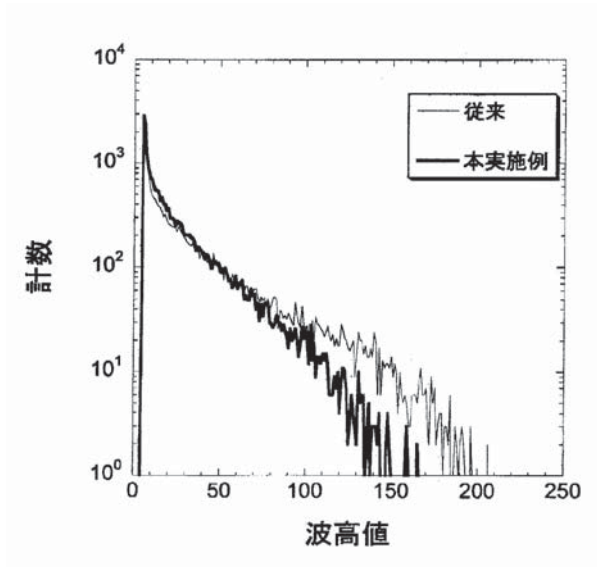
【図3】



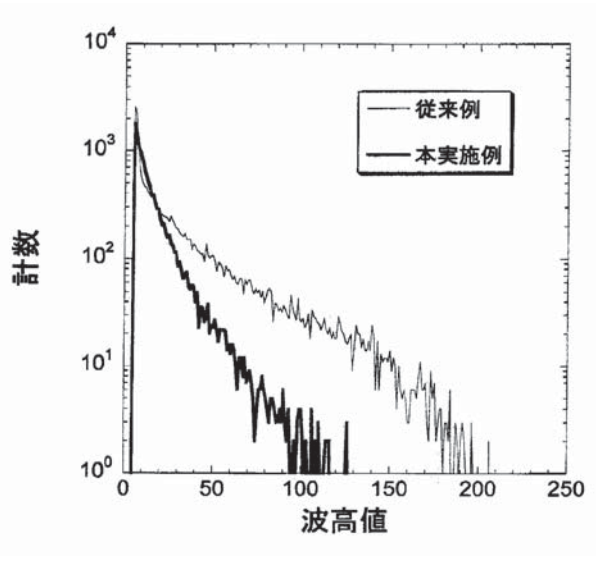
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
**G 0 1 T 3/06 (2006.01)** G 0 1 T 1/20 B  
 G 0 1 T 3/06

(74)代理人 100093713

弁理士 神田 藤博

(74)代理人 100091063

弁理士 田中 英夫

(74)代理人 100102727

弁理士 細川 伸哉

(74)代理人 100117813

弁理士 深澤 憲広

(74)代理人 100123548

弁理士 平山 晃二

(73)特許権者 390021186

株式会社秩父富士

埼玉県秩父郡小鹿野町小鹿野755-1

(74)代理人 100089705

弁理士 社本 一夫

(74)代理人 100076691

弁理士 増井 忠式

(74)代理人 100075270

弁理士 小林 泰

(74)代理人 100080137

弁理士 千葉 昭男

(74)代理人 100096013

弁理士 富田 博行

(74)代理人 100092015

弁理士 桜井 周矩

(72)発明者 片桐 政樹

茨城県那珂郡東海村白方字白根2番地の4 日本原子力研究所 東海研究所内

(72)発明者 小島 孝広

埼玉県秩父郡小鹿野町小鹿野755-1

(72)発明者 筒井 紀彰

埼玉県秩父郡小鹿野町小鹿野755-1

(72)発明者 今井 幸治

埼玉県秩父郡小鹿野町小鹿野755-1

審査官 中西 祐子

(56)参考文献 特開平02-114193 (JP, A)

特開平04-175699 (JP, A)

特開平09-221336 (JP, A)

特開昭56-133349 (JP, A)

特公昭36-016196 (JP, B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C09K11/00-11/89、G01T1/20、3/06、CA/REGISTRY (S)

TN)、JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamI I)