

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6351997号  
(P6351997)

(45) 発行日 平成30年7月4日(2018.7.4)

(24) 登録日 平成30年6月15日(2018.6.15)

(51) Int.Cl. F I  
**G 2 1 K** 4/00 (2006.01) G 2 1 K 4/00 A  
 G O 1 T 1/20 (2006.01) G O 1 T 1/20 B

請求項の数 6 (全 6 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2014-36368 (P2014-36368)</p> <p>(22) 出願日 平成26年2月27日 (2014.2.27)</p> <p>(65) 公開番号 特開2015-161563 (P2015-161563A)</p> <p>(43) 公開日 平成27年9月7日 (2015.9.7)</p> <p>審査請求日 平成29年2月24日 (2017.2.24)</p> <p>特許法第30条第2項適用 平成25年8月31日 第74回日本応用物理学会秋季学術講演会で発表</p>	<p>(73) 特許権者 301032942              国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構              千葉県千葉市稲毛区穴川四丁目9番1号</p> <p>(74) 代理人 110001922              特許業務法人 日峯国際特許事務所</p> <p>(72) 発明者 酒井 卓郎              茨城県那珂郡東海村白方白根2番地4              独立行政法人日本原子力研究開発機構              東海研究開発センター 原子力科学研究所内</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】放射線検出用蛍光板の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

フォトレジストや紫外線または電子線照射で硬化する樹脂に蛍光体粉末を混入し、基板上に塗布した後、前記樹脂の整形に必要とする厚さまで浸透するイオンビーム又はX線をパターン照射し、その後、溶剤により不必要な樹脂を取り除くことで、基板上に蛍光体粉末を含有した柱状構造体を作製する放射線検出用蛍光板の製造方法。

【請求項2】

請求項1に記載の製造方法において、前記イオンビーム又はX線の前記樹脂への浸透深さが、100 μm以上であることを特徴とする放射線検出用蛍光板の製造方法。

【請求項3】

請求項1又は2に記載の製造方法において、前記樹脂が紫外線で硬化するE0変性ビスフェノール A ジアクリレートであって、前記蛍光体粉末がZnS(Ag)であって、前記溶剤がエタノールであることを特徴とする放射線検出用蛍光板の製造方法。

【請求項4】

請求項1乃至3のいずれかに記載の製造方法において、前記イオンビームが、3 MeVプロトンマイクロビームであることを特徴とする放射線検出用蛍光板の製造方法。

【請求項5】

請求項1乃至4のいずれかに記載の製造方法において、前記溶剤により不必要な樹脂を取り除いた後に、それぞれの前記柱状構造体の側部表面に湿式めっき法で金属膜を付加することを特徴とする放射線検出用蛍光板の製造方法。

## 【請求項 6】

フォトレジストや紫外線または電子線照射で硬化する樹脂に蛍光体粉末を混入し、基板上に塗布した後、前記樹脂の整形に必要とする厚さまで浸透するイオンビーム又はX線をパターン照射し、前記蛍光体粉末が混入された樹脂の現像液への溶解性を変化させ、その後、溶剤により不必要な樹脂を取り除くことで、基板上に蛍光体粉末を含有した柱状構造体を作製し、最後に、作製された柱状構造体全体を酸やアルカリ溶液によってエッチング処理することを特徴とする放射線検出用蛍光板の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、X線、電子線、または中性子線などの透過力の強い放射線を可視光に変換して、検出するための放射線検出用蛍光板の製造方法に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

放射線の分布を測定する方法の一つとして、放射線の入射で発光する蛍光板を使用する方法が広く知られている。代表的な例として、特許文献1には、X線やγ線などの放射線を可視光に変換する、多数の円柱状シンチレータ材を画素に対応させて配置した構造を有する放射線シンチレータを備えた放射線イメージングデバイスが開示されている。

## 【0003】

このような蛍光板を用いて、物質の透過力が強い高エネルギーのX線、電子線、または中性子線を効率よく検出するためには、その厚さを十分に厚くする必要がある。しかしながら、蛍光板を厚くすると光が拡がることにより、放射線の入射した位置がぼけてしまう問題がある。このため、例えば、非特許文献1に開示されているように、放射線の入射で発光する蛍光体の形状を細い柱状とすることで、位置の分解能と高い感度を両立出来るようにした蛍光板がすでに知られている。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0004】

【特許文献1】特開2004 037334 号公報

## 【非特許文献】

## 【0005】

【非特許文献1】放射線利用技術データベース、データ番号010310「集束プロトンビーム描画技術」2007/11/11 独立行政法人日本原子力研究開発機構 西川宏之

【非特許文献2】A. Fedorov, A. Lebedinsky, O. Zelenskaya, Nucl. Instrum. and Meth. A 564 (2006) 328

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

しかし、非特許文献1に開示された技術は、高い感度と高い位置分解能を併せ持つ蛍光板を作成するにはビーム走査に多くの時間がかかり、製造コストが高つくため、大量生産に適さないという問題がある。

## 【0007】

従って、本発明の目的は、透過力の強い放射線を可視光に変換する蛍光板であって、高い感度と高い位置分解能を併せ持つ蛍光板を、極めて簡単な方法で、低コストに製造する方法を提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0008】

すなわち、本発明は、X線、電子線、または中性子線などの透過力の強い放射線を高い感度と高い位置分解能で可視光に変換する蛍光板を、極めて安価かつ簡便に製造する方法に関するものである。本発明によって製造される蛍光板は、放射線の入射で発光する蛍光

10

20

30

40

50

体の形状を細い柱状とすることで、その直径により放射線の入射方向に対して垂直方向の位置分解能を担保することができる。また複数の柱状蛍光体を束ねることで測定できる面積を大きくすることができる。さらに柱状蛍光体を長くすることで、透過力の強い放射線に対しても高い感度で測定することが出来る。

【0009】

本発明の一つの観点によれば、このような構造の蛍光板を安価かつ簡便に製造する方法は、フォトレジストや紫外線または電子線硬化樹脂（以下、UV/EB硬化樹脂）に蛍光体粉末を混入し、基板上に塗布した後、高エネルギーのイオンビームやX線等の透過力に優れた電離放射線をパターン照射し、現像液への溶解性を変化させ、その後、現像液である溶剤等により不必要な樹脂を取り除くことで、基板上に蛍光体粉末を含有した柱状構造を生成するものである。

10

【0010】

なお、上記方法において、柱状構造体の側部表面を湿式めっきによって鏡面にすることで、さらに感度を向上させることが可能である。

【発明の効果】

【0011】

上述したように、本発明に係る製造方法では、UV/EB硬化樹脂に蛍光体粉末を混入し、基板上に塗布した後、透過力に優れた電離放射線をパターン照射し、UV/EB硬化樹脂を重合・硬化させ、その後、溶剤等により不必要な樹脂を取り除くだけで、基板上に蛍光体粉末を含有した柱状構造を生成することが出来る。したがって、本発明によれば、透過力の強い放射線を高い感度かつ高い位置分解能で可視光に変換できる蛍光板を、安価かつ簡便に大量に提供することができる。したがって、医療分野や工業分野において放射線を利用した計測機器の高感度化・高分解能化が低コストで可能になるなど、本発明のもたらす影響は非常に大きい。

20

【0012】

また、本発明の製造方法によれば、柱状構造体に磁性粒子、触媒粉末、中性子吸収体などの機能性材料を混入することが可能であるため、本発明は様々な用途に展開可能である。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の蛍光板の製造方法を示す模式図。

【図2】微細加工を施した蛍光板の光学顕微鏡写真。

【発明を実施するための形態】

【0014】

本発明においては、放射線の入射で発光する蛍光体の形状を細い柱状とし、多数の柱状蛍光体を平面上に束ねた構成を作製するために、PMMA（polymethyl methacrylate：アクリル樹脂）等のフォトレジストやUV/EB硬化樹脂を利用する。UV/EB硬化樹脂は室温で液体であるため、本蛍光板を作製するのに最適な材料の一つである。これらの樹脂に蛍光体粉末（ZnSや $Y_2O_3$ 、量子ドットなど）を混ぜ込み、基板上に塗布する。その後、必要とする厚さまで浸透することの出来る高エネルギーイオンビームやX線のパターン照射を行う。この際に、必要とされる形状（ハニカム形状など）のマスクを利用することで、そのパターン状に樹脂を整形することが出来る。UV/EB硬化樹脂の場合は、ネガ型であり、照射部位は重合により直ちに硬化される。また、PMMA等のポジ型レジスト材料の場合は、照射部位は主鎖切断により現像液に溶出されるようになる。したがって、パターンマスクのパターン形状を図1のものと反転させる必要がある。前に戻って、照射後、適当な現像液により、不必要な樹脂を取り除くことで、基板上に蛍光体粉末を混入した柱状構造体を生成する。

40

【0015】

この柱状構造体は一本一本が光ガイドの役目を担い、放射線の入射で発生した光は、1本の柱状構造体内部に閉じこめられ、効率良く検出することが可能になる。さらに、それ

50

ぞれの柱状構造体の側部表面に湿式めっき法で金属膜を付加することで、効率を更に向上させることが可能になる。さらに、平行に多数束ね板状にし、片側の端面を金属等の塗布により鏡面化する。このような形状にすることで、放射線の入射で発生した光は、1本の柱状構造体内部だけに閉じこめられ、逆側の端面から効率よく取り出すことが出来る。

【0016】

柱状蛍光体の直径は必要とされる位置分解能以下にすることで、それを担保することが出来る。蛍光体の材質や長さ（構造体の厚さ）は、測定対象とする放射線によって、適宜最適なものに変更することができ、必要とされる感度を担保することが出来る。

【0017】

本発明は、入射放射線を高い位置分解能を保ったまま効率よく可視光に変換するため、蛍光体で発生した光を細い柱状に閉じこめる構造を簡便な方法で実現できる点に顕著な特徴を有する発明である。かかる特徴により、透過力の強い放射線を高い感度かつ位置分解能で可視光に変換できる蛍光板を安価で製造することが可能になる。

【0018】

本発明において、形成される柱状構造体は放射線の可視光への変換としての機能のみならず、発生した可視光をガイドする光学系としての機能も有している。柱状蛍光体の直径は細くても約0.1 μm程度である。柱状蛍光体の長さ（柱状構造体の厚さ）は、好ましくは約100 μm～数mmの範囲である。また、柱状構造体は基板に直立するのではなく、柱間の隙間も有効活用することで蛍光板として有効な面積を確保するため、5度～20度程度で傾けて形成することも有効である。

【0019】

以下、本発明を実施例により説明するが、この実施例は本発明の一態様であり、本発明をいかなるようにも限定するものではない。

【実施例】

【0020】

図1に本発明の一態様である蛍光板の作製方法を示す。ここでの作製の手順としては、ネガ型の硬化樹脂である紫外線硬化樹脂（EO変性ビスフェノールAジアクリレート）に蛍光体粉末（ZnS(Ag)）を質量比1:1で混入し、図示のようなハニカム型のパターンを用いて、独立行政法人日本原子力研究開発機構のTIARA（TAKASAKI ION ACCELERATORS for ADVANCED RADIATION APPLICATION：イオン照射研究施設）において3 MeVプロトンマイクロビームの照射を行った。照射によって照射部位は即座（1秒以下）に重合により硬化した。照射後の試料はエタノールで洗浄し、未照射部位の紫外線硬化樹脂を取り除き、さらに円柱間に残存する蛍光体粉末を取り除くために塩酸によるエッチング処理を施し、蛍光体粉末を含有した円柱の周期構造を有する構造体を基板上に作製した。

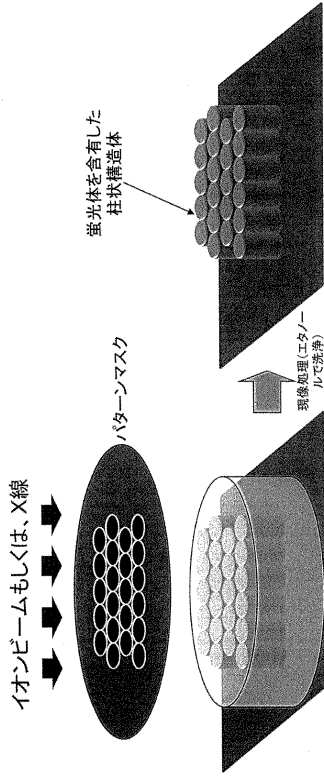
【0021】

より詳細には、照射ビーム径は約1 μmであり、照射は大気中で行った。また、エッチング処理は、60℃で約10分から20分間行った。最後に、可視光照明を用いて作成した蛍光板の構造を光学顕微鏡で確認すると共に、紫外線照明を用いて蛍光発光の確認を行った。その結果、すべて初期の設計通りの成果が得られたことが確認された。本実施例ではエッチングを酸で行ったが、アルカリ溶液で行っても良い。

【0022】

作製した蛍光板の光学顕微鏡写真を図2に示す。照射したパターン通りに蛍光体が加工できているのが判る。また蛍光体の厚さは、プロトンビームの飛程により決まる。このため、より高エネルギーのイオンビームを利用すれば、数百μm～数mm程度の厚さで、微細構造を有する蛍光板も作成することが可能である。また、本発明の製造方法によれば、柱状構造体に磁性粒子、触媒粉末、中性子吸収体などの機能性材料を混入することができる。

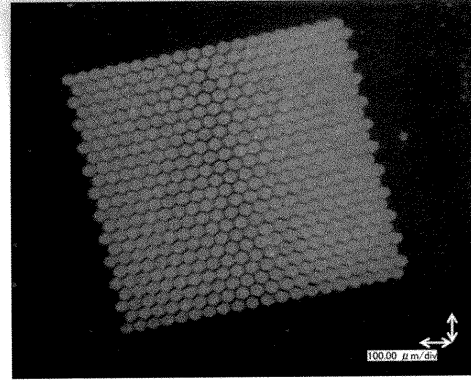
【 図 1 】



基板上にUV/EB硬化樹脂と蛍光体粉末の混合物を塗布後、電離放射線をパターン照射し、パターン転写を行う。

適当な溶液(現像液)で現像処理を行うことで、不必要な樹脂・蛍光体を除去し、柱状構造体を基板上に形成

【 図 2 】



## フロントページの続き

- (72)発明者 飯倉 寛  
茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4 独立行政法人日本原子力研究開発  
機構 東海研究開発センター 原子力科学研究所内
- (72)発明者 野島 健大  
茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4 独立行政法人日本原子力研究開発  
機構 東海研究開発センター 原子力科学研究所内
- (72)発明者 山本 博之  
茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4 独立行政法人日本原子力研究開発  
機構 東海研究開発センター 原子力科学研究所内
- (72)発明者 松林 政仁  
茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4 独立行政法人日本原子力研究開発  
機構 東海研究開発センター 原子力科学研究所内
- (72)発明者 安田 良  
茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4 独立行政法人日本原子力研究開発  
機構 東海研究開発センター 原子力科学研究所内

審査官 鳥居 祐樹

(56)参考文献 特表平 1 0 - 5 0 7 5 1 9 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 2 1 K 4 / 0 0

G 0 1 T 1 / 2 0