

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2016年1月21日(21.01.2016)



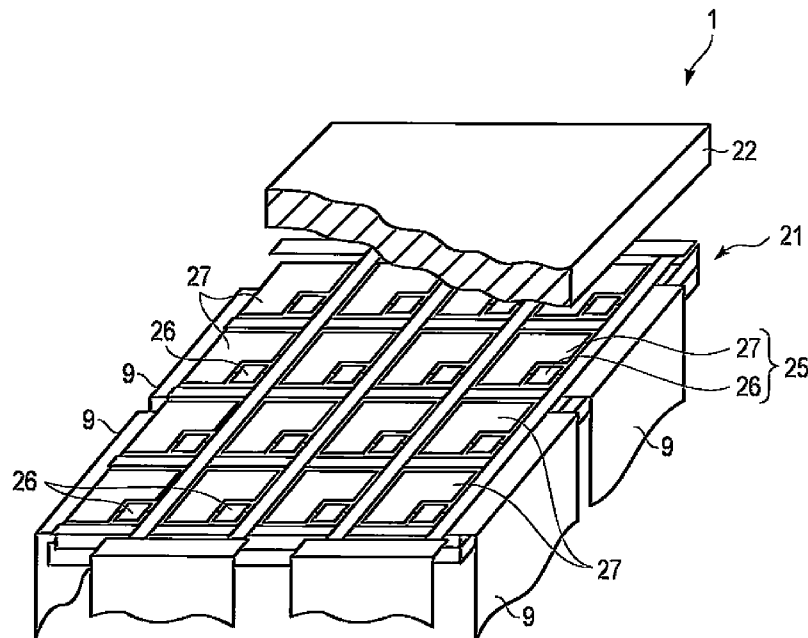
(10) 国際公開番号  
**WO 2016/009815 A1**

- (51) 国際特許分類:  
*G01T 1/20* (2006.01) *G21K 4/00* (2006.01)  
*C09K 11/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/068568
- (22) 国際出願日: 2015年6月26日(26.06.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2014-143969 2014年7月14日(14.07.2014) JP
- (71) 出願人: 株式会社 東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 Tokyo (JP). 東芝電子管デバイス株式会社 (TOSHIBA ELECTRON TUBES & DEVICES CO., LTD.) [JP/JP]; 〒3248550 栃木県大田原市下石上1385番地 Tochigi (JP).
- (72) 発明者: 吉田 篤也 (YOSHIDA, Atsuya); 〒3248550 栃木県大田原市下石上1385番地 東芝電子管デバイス株式会社内 Tochigi (JP). 堀内 弘
- (74) 代理人: 特許業務法人スズエ国際特許事務所 (S & S INTERNATIONAL PPC); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目12番9号 スズエ・アンド・スズエビル Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー

[続葉有]

(54) Title: RADIATION DETECTOR AND SCINTILLATOR PANEL

(54) 発明の名称: 放射線検出器およびシンチレータパネル



(57) Abstract: A radiation detector (1) is provided with: a photoelectric conversion substrate (21) having a plurality of light receiving elements disposed thereon; and a phosphor layer, which is formed on the photoelectric conversion substrate, and which converts radiation into light. Emission spectrum of the phosphor layer has a main peak in a wavelength region having a wavelength of 510-550 nm, and a sub-peak in a wavelength region having a wavelength longer than that of the wavelength region having the main peak.

(57) 要約: 放射線検出器(1)は、複数の受光素子が配列された光電変換基板(21)と、前記光電変換基板上に形成され放射線を光に変換する蛍光体層と、を具備する。前記蛍光体層の発光スペクトルは、510~550nmの波長領域に主ピークを有するとともに、この主ピークよりも長波長領域に副ピークを有する。

WO 2016/009815 A1



ロシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー  
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,  
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,  
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,  
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,  
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
- 補正された請求の範囲 (条約第 19 条(1))

## 明 細 書

発明の名称：放射線検出器およびシンチレータパネル

### 技術分野

[0001] 本発明の実施形態は、放射線検出器およびシンチレータパネルに関する。

### 背景技術

[0002] 従来、医療用、歯科用もしくは非破壊検査用など、昨今のデジタル化したX線検出器は、入射X線を蛍光体層で一旦光（蛍光）に変換する方式が主流である。蛍光体層としていくつかの種類の材料が用いられているが、医療用の平面検出器や、歯科用のCMOSセンサーや、医療用・動物診断用であるCCD-DR装置には、タリウム賦活ヨウ化セシウム（以下、CsI/Tlと称する）が多く使用されている。

[0003] CsI/Tl蛍光体層は、真空蒸着法で簡便に平面状に成膜できる。しかも、成膜条件を適正に調整することにより、直径5 $\mu$ m程度のファイバー結晶が並んだ構造に成膜することができる。ファイバー結晶構造にすることにより、CsI結晶（屈折率=1.8）と結晶間の隙間（屈折率=1）との間に屈折率の差が生じる。ある1つのファイバー結晶中でX線から変換された蛍光は、発光点から面方向にそれほどずれない位置で平面検出器の受光素子に到達する。これにより、X線撮像装置としてそれほど滲まない撮影像が得られる。

[0004] つまり、CsI/Tl蛍光体層は適正な条件で成膜することにより、X線を光に変換するシンチレーション機能と、画像を受光素子まで画像を保持するファイバースプレッド機能とを同時に備えることが可能である。

[0005] CsI/Tl蛍光体層からの発光は、例えばX線検出器の1つの形態であるCCD-DR装置において、レンズを介してCCDに入射し、CCDにて電気信号に変換される。上記電気信号をモニターに描出したり、画像処理信号に使用したりすることで、有効な診断画像が得られる。これは、複数の受光素子が二次元に配列された光電変換基板上にCsI/Tl蛍光体層が成膜

された平面検出器の場合も同様である。この場合は、有機膜などを介してCsI/Tl蛍光体層を複数の受光素子が配列した光電変換基板上に成膜するので、より効率的に発光を受光素子に収集することができる。

[0006] 上記の過程を考えると、CsI/Tl蛍光体層に必要な要件として、まず、発光量の多さ、すなわち感度が高いことが求められる。他には、ファイバープレート機能を発揮させた結果としての解像度特性が重要である。

[0007] CsI/Tl蛍光体層の感度に関しては、CsI/Tl蛍光体層の膜厚を厚くすること、Tl濃度を適正化すること、CsI/Tl膜のファイバー構造の要素であるピラー結晶の太さを太くすること、などが挙げられる。

[0008] しかしながら、CsI/Tl蛍光体層の感度を向上させるのに、CsI/Tl蛍光体層単独の性能向上を狙って、CsI/Tl蛍光体層の膜厚を厚くすること、CsI/Tl蛍光体層のファイバー構造の要素であるピラー結晶の太さを太くすること、などの方策は、他の要因とトレードオフの関係にある。

[0009] 例えば、CsI/Tl蛍光体層の膜厚を厚くすることは、CsI/Tl蛍光体の材料の使用量が増大し、コストが上昇する。さらに、CsI/Tl蛍光体層中でX線から光に変換される発光点と、CCD-DR装置や平面検出器の受光素子までの距離が長くなるので、発光点から八方に等方的に発散する性質がある発光が、受光素子に到達するまでに受光素子の面方向に広がる距離も相対的に長くなり、結果として解像度特性が低下する。

[0010] ピラー結晶を太くすることは、ファイバープレートのファイバー径を大きくすることと等価であり、これも解像度特性の低下を引き起こす。

[0011] また、CsI/Tl蛍光体層の感度特性を阻害する要因として、X線による感度劣化がある。ここでいうX線による感度劣化とは、CsI/Tl蛍光体層をCCD-DRや平面検出器に装着した後に、X線を各デバイスに照射すると、X線がCsI/Tl結晶格子に傷を与え、その傷が色中心として光吸収サイトとなり、蛍光体からの発光光子をCsI/Tl蛍光体層中で再吸収してしまい、出力される光の量が減少する現象を指す。

[0012] さらに、この現象は、結晶格子の傷がCsI/Tl蛍光体層の発光機構である、励起子形成、励起子からのTl発光中心へのエネルギーの移送、Tl発光中心からの発光遷移機構形成といった、結晶格子の状態と関連があると考えられる状態を劣化させ、発光効率を低下させている可能性も考えられる。

[0013] このように、CsI/Tl蛍光体層は、X線による感度劣化により、CsI/Tl蛍光体層内での光吸収が増大するが、それは波長に対して一様ではなく、440、520、560nm近辺に吸収ピークがある。一方、CsI/Tl蛍光体層の発光スペクトルは510～560nmにピークを持つことが知られている。そのため、CsI/Tl蛍光体層の発光スペクトルと520および560nmの吸収ピークとが一致してしまい、CsI/Tl蛍光体層の感度特性が低下する。

## 先行技術文献

## 特許文献

[0014] 特許文献1：特許第4653442号公報

## 非特許文献

[0015] 非特許文献1：Journal of Luminescence Vol.128 p1447～1453

## 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

[0016] 本発明が解決しようとする課題は、蛍光体層の感度を向上させるとともに、放射線による蛍光体層の感度低下を低減することができる放射線検出器およびシンチレータパネルを提供することである。

## 課題を解決するための手段

[0017] 一実施形態に係る放射線検出器は、複数の受光素子が配列された光電変換基板と、光電変換基板上に形成され、放射線を光に変換する蛍光体層とを具備する。蛍光体層の発光スペクトルは、510～550nmの波長領域に主ピークを有するとともに、この主ピークよりも長波長領域に副ピークを有す

る。

[0018] また、一実施形態に係るシンチレータパネルは、放射線を透過する基板と、前記基板上に形成され、放射線を光に変換する蛍光体層と、を具備する。前記蛍光体層が放射線を光に変換する発光スペクトルは、510～550 nmの波長領域に主ピークを有するとともに、この主ピークよりも長波長領域に副ピークを有する。

### 図面の簡単な説明

[0019] [図1]図1は、第1の実施形態に係る放射線検出器の一部を示す分解斜視図である。

[図2]図2は、上記放射線検出器の概略断面図である。

[図3]図3は、上記放射線検出器の蛍光体層の発光スペクトルの波長と発光強度との関係をグラフで示す図である。

[図4]図4は、上記蛍光体層の発光スペクトルをガウス関数で分析した波長と発光強度との関係をグラフで示す図である。

[図5]図5は、上記蛍光体層に複数のサンプルのX線照射前後の感度を表で示す図である。

[図6]図6は、上記蛍光体層の光吸収スペクトルの波長と光吸収率との関係をグラフで示す図である。

[図7]図7は、第2の実施形態に係る放射線検出器を示す概略断面図である。

[図8]図8は、第3の実施形態に係る放射線検出器を示す概略断面図である。

### 発明を実施するための形態

[0020] 以下、第1の実施形態を、図1ないし図6を参照して説明する。

[0021] 図2は放射線検出器の概略断面図である。

[0022] 図2に示すように、放射線検出器1は、例えば大型の平面X線検出装置である。

[0023] 放射線検出器1は、放射線としてのX線2を検出するX線検出パネル3を有している。X線検出パネル3は支持基板4の一面に支持されている。X線検出パネル3のX線入射面側は防湿カバー5で覆われている。

- [0024] 支持基板4の他面には、鉛プレート6および放熱絶縁シート7を介して、X線検出パネル3を駆動する回路基板8が配設されている。この回路基板8とX線検出パネル3とはフレキシブル回路基板9で接続されている。
- [0025] 支持基板4は、支柱10を介して筐体11の内部に固定されている。筐体11のX線入射面側には、X線2が入射する入射窓12が設けられている。
- [0026] 次に、図1は放射線検出器1の一部の分解斜視図である。
- [0027] 図1に示すように、X線検出パネル3は、光電変換基板21と、シンチレータ層であって蛍光体層としてのCsI/Tl蛍光体層22とを有している。
- [0028] 光電変換基板21は、0.7mm厚のガラス基板と、ガラス基板上に2次元的に形成された複数の光検出部25とを備えている。光検出部25は、スイッチング素子としてのTFET（薄膜トランジスタ）26および受光素子としてのフォトセンサであるフォトダイオード27を有している。TFET26およびフォトダイオード27は、例えばa-Si（アモルファスシリコン）を基材として形成されている。光電変換基板21の平面に沿った方向のサイズは、例えば、正方形であり、1辺が50cmである。
- [0029] CsI/Tl蛍光体層22は、光電変換基板21上に直接形成されている。CsI/Tl蛍光体層22は、光電変換基板21のX線2の入射側に位置している。CsI/Tl蛍光体層22は、X線2を光（蛍光）に変換するものである。なお、フォトダイオード27は、CsI/Tl蛍光体層22で変換された光を電気信号に変換するものである。
- [0030] CsI/Tl蛍光体層22は、光電変換基板21上にシンチレータ材を蒸着させることにより形成されている。シンチレータ材としては、ヨウ化セシウム（CsI）を主成分とする材料を用いることができる。
- [0031] CsI/Tl蛍光体層22の厚みは、100乃至1000 $\mu$ mの範囲内に設定されている。より適切には、感度と解像度とを評価して、CsI/Tl蛍光体層22の厚みは、200乃至600 $\mu$ mの範囲内に設定されている。そして、本実施形態において、CsI/Tl蛍光体層22の厚みは、500 $\mu$ mに調整されている。シンチレータ材としては、主成分であるCsIにタリウム

(Tl) またはヨウ化タリウム (TlI) を添加した材料を用いている。これにより、CsI/Tl 蛍光体層22は、X線2が入射されることにより適切な波長の光（蛍光）を放出することができる。

[0032] なお、図2に示す防湿カバー5は、CsI/Tl 蛍光体層22を完全に覆い、CsI/Tl 蛍光体層22に封着されている。防湿カバー5は、例えばアルミニウム合金で形成されている。防湿カバー5の厚みが大きくなると、CsI/Tl 蛍光体層22に入射されるX線量が減衰し、X線検出パネル3の感度の低下を招いてしまう。このため、防湿カバー5の厚みは、なるべく小さくした方が望ましい。防湿カバー5の厚みを設定するにあたっては、防湿カバー5の形状の安定性、製造に耐える強度、CsI/Tl 蛍光体層22に入射されるX線2の減衰量などの各種パラメータのバランスが考慮される。考慮の結果、防湿カバー5の厚みは、50乃至500  $\mu\text{m}$  の範囲内に設定されている。本実施形態において、防湿カバー5の厚みは、200  $\mu\text{m}$  に設定されている。

[0033] 光電変換基板21の外周部には、外部と接続するための複数のパッドが形成されている。複数のパッドは、光電変換基板21の駆動のための電気信号の入力及び出力信号の出力に使用される。

[0034] X線検出パネル3および防湿カバー5の集合体は、薄い部材を積層して構成されているため、その集合体は、軽く、強度の低いものである。このため、X線検出パネル3は、粘着シートを介して支持基板4の平坦な一面に固定されている。支持基板4は、例えばアルミニウム合金で形成され、X線検出パネル3を支持して保持するために必要な強度を有している。

[0035] 支持基板4の他面には、鉛プレート6と放熱絶縁シート7とを介して回路基板8が固定されている。回路基板8およびX線検出パネル3は、フレキシブル回路基板9を介して接続されている。フレキシブル回路基板9と光電変換基板21との接続には、ACF（非等方性導電フィルム）を利用した熱圧着法が用いられる。この方法により、複数の微細な信号線の電氣的接続が確保される。回路基板8には、フレキシブル回路基板9に対応するコネクタが実

装されている。回路基板 8 は、コネクタなどを介して X 線検出パネル 3 に電氣的に接続されている。回路基板 8 は、X 線検出パネル 3 を電氣的に駆動し、かつ、X 線検出パネル 3 からの出力信号を電氣的に処理するものである。

[0036] 筐体 11 は、X 線検出パネル 3、支持基板 4、防湿カバー 5、回路基板 8、鉛プレート 6、放熱絶縁シート 7、支柱 10 を收容している。筐体 11 は、X 線検出パネル 3 と対向した位置に形成された開口を有している。支柱 10 は、筐体 11 に固定され、支持基板 4 を支持している。

[0037] 入射窓 12 は、筐体 11 の開口に取り付けられている。入射窓 12 は X 線 2 を透過するため、X 線 2 は入射窓 12 を透過して X 線検出パネル 3 に入射される。入射窓 12 は、板状に形成され、筐体 11 の内部を保護する機能を有している。入射窓 12 は、X 線吸収率の低い材料で薄く形成することが望ましい。これにより、入射窓 12 で生じる、X 線 2 の散乱と、X 線量の減衰とを低減することができる。

[0038] 次に、図 3 は  $CsI/Tl$  蛍光体層 22 の発光スペクトルの波長と発光強度との関係を示すグラフである。発光スペクトルは、波長に対する積分値すなわち面積が同じになるように規格化している。サンプルには、本実施形態に対応した実施例 1 および 2、比較例 1～4 が含まれる。

[0039] そして、実施例 1 の発光スペクトルは、主ピークが 530 nm にあり、さらに 560～600 nm に別のピークすなわち副ピークが埋没している。これをガウス関数で分解すると、図 4 に示すように、53% の 530 nm の主ピーク (P1) と、47% の 580 nm の副ピーク (P2) との複合形であることが分かった。すなわち、(実施例 1 の発光スペクトル) =  $0.53 \times (530 \text{ nm をピークとするガウス関数}) + 0.47 \times (580 \text{ nm をピークとするガウス関数})$  と表わされる。なお、530 nm の主ピークのガウス関数の標準偏差は 25 nm、580 nm の副ピークのガウス関数の標準偏差は 30 nm としている。なお、図 4 の P は、ガウス関数による実施例 1 の発光スペクトルの計算値である。

[0040] 実施例 2 の発光スペクトルは、主ピークが 545 nm にあり、さらに、実

実施例1の発光スペクトルと同様に、560～600nmに別のピークすなわち副ピークが埋没している。これをガウス関数で分解すると、60%の545nmの主ピークと、40%の595nmの副ピークとの複合形であることが分かった。すなわち、（実施例2の発光スペクトル）＝0.60×（545nmをピークとするガウス関数）＋0.40×（595nmをピークとするガウス関数）と表わされる。

[0041] 実施例1および2のCsI/Tl蛍光体層22の特性は、CsI/Tl蛍光体層22の製造過程のプロセスによって調整することができ、特にTlの結晶時のひずみの影響を操作することによって調整することが可能となっている。

[0042] そして、これらのサンプルのX線照射前後の感度劣化を調査した結果は、図5のとおりである。比較例1～4のサンプルは、主ピークは520～545nmであるが、比較例2および3は副ピークが無く、比較例1および4は主ピークよりも短波長側に副ピークが存在する。

[0043] それに対して、実施例1および2のCsI/Tl蛍光体層22は、主ピークこそ比較例1～4と同程度の530～545nmであるが、副ピークが主ピークよりも長波長領域の580～595nmにあるため、平面検出器およびCCD-DR装置で使用するセンサー感度との整合性が良く高感度特性が得られやすい。

[0044] すなわち、実施例1および2のCsI/Tl蛍光体層22は、平面検出器で使用するアモルファスシリコンの感度ピーク（550nm）、および、CCD-DR装置で使用するCCDすなわち結晶シリコンの感度ピーク（550nmより長波長側）と整合性があり、装置として高感度特性が得られやすい。

[0045] さらに、実施例1および2のCsI/Tl蛍光体層22は、11500RのX線を照射後の感度残存率が、比較例1と同等で、比較例2～4よりも優れている。比較例1は感度特性が実施例1および2のCsI/Tl蛍光体層22と比較して劣っている。

[0046] したがって、実施例1および2により、X線照射前の感度を向上させ、感度劣化を抑えたCsI/Tl蛍光体層22を得ることができた。

[0047] また、図6は実施例1と比較例4とのCsI/Tl蛍光体層22の光吸収スペクトルの波長と光吸収率との関係を示すグラフである。なお、縦軸は光吸収率に対応した数値ではあるが、測定上、散乱により消失する光の寄与を評価することができなかつたので、正確な光吸収率は算出されず、任意単位とした。

[0048] 実施例1と比較例4との両サンプルとも、X線照射前に比べてX線照射後（1000時間後）の波長が長くなるほど透過率が上昇することと、520nmと560nmに光吸収のピークが存在した。そして、そのピークの大きさはX線照射を継続することにより増大することが確認された。

[0049] したがって、前述の感度との整合性に加え、CsI/Tl蛍光体層22の発光スペクトルは、X線照射により光吸収率が増大する520～560nmとは別のピークを持つことはX線耐性を向上させるための有効な手段であることが裏付けられた。

[0050] 本実施形態によれば、CsI/Tl蛍光体層22の発光スペクトルが510～550nmの主ピークとともにその主ピークよりも長波長領域に副ピークを有することにより、CsI/Tl蛍光体層22の感度を向上させるとともに、放射線によるCsI/Tl蛍光体層22の感度低下を低減することができる。

[0051] 副ピークは、560～600nmの波長領域であるため、CsI/Tl蛍光体層22の感度を向上させるとともに、放射線によるCsI/Tl蛍光体層22の感度低下を低減することができる。副ピークの範囲は、560nmより短波長側であると、光吸収ピークの影響があり、また、600nmより長波長側であると、平面検出器で使用するアモルファスシリコンの感度ピークと差が大きくなるため、560～600nmの波長領域が好ましい。

[0052] 次に、図7に第2の実施形態を示す。なお、第1の実施形態と同じ構成については同じ符号を用い、その構成および作用効果についての説明を省略す

る。

[0053] 図7は、シンチレータパネル31、およびシンチレータパネル31を用いた平面検出器である放射線検出器32を示す。

[0054] シンチレータパネル31は、X線を透過する基板33上に反射層34を介してCsI/Tl蛍光体層22が形成されている。反射層34は、基板33とCsI/Tl蛍光体層22との間に介在している。CsI/Tl蛍光体層22は防湿膜35によって覆われている。

[0055] シンチレータパネル31と光電変換基板36と組み合わせて放射線検出器32が構成されている。光電変換基板36は、受光素子としてのフォトダイオード37を備えており、第1の実施形態の光電変換基板21と同様に構成されている。

[0056] そして、シンチレータパネル31およびシンチレータパネル31を用いた放射線検出器32においても、CsI/Tl蛍光体層22を用いていることで、第1の実施形態と同様の作用効果を得ることができる。

[0057] 次に、図8に第3の実施形態を示す。なお、第1および第2の実施形態と同じ構成については同じ符号を用い、その構成および作用効果についての説明を省略する。

[0058] 図8は、シンチレータパネル31を用いた放射線検出器としてのCCD-D R装置41を示す。CCD-D R装置41は、筐体42を有し、この筐体42の一端にシンチレータパネル31が配置され、筐体42の内部に鏡面の反射板43およびレンズ44が設置され、筐体42の他端に受光素子（CCD）45が設置されている。

[0059] そして、X線発生源（X線管）から放射されたX線2がシンチレータパネル31に入射し、CsI/Tl蛍光体層22で変換した光46がCsI/Tl蛍光体層22の表面から出射される。このCsI/Tl蛍光体層22の表面にX線像が映し出され、このX線像を反射板43で反射するとともにレンズ44で集光して受光素子45に照射し、受光素子45でX線像を電気信号に変換して出力する。

[0060] そして、CCD-D R装置41においても、CsI/Tl蛍光体層22を用い

ていることで、第 1 の実施形態と同様の作用効果を得ることができる。

[0061] 本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

## 請求の範囲

- [請求項1] 複数の受光素子が配列された光電変換基板と、  
前記光電変換基板上に形成され、放射線を光に変換する蛍光体層と、  
、  
を具備し、  
前記蛍光体層の発光スペクトルは、510～550nmの波長領域に主ピークを有するとともに、この主ピークよりも長波長領域に副ピークを有する  
ことを特徴とする放射線検出器。
- [請求項2] 前記副ピークは、560～600nmの波長領域である  
ことを特徴とする請求項1記載の放射線検出器。
- [請求項3] 放射線を透過する基板と、  
前記基板上に形成され、放射線を光に変換する蛍光体層と、  
を具備し、  
前記蛍光体層が放射線を光に変換する発光スペクトルは、510～550nmの波長領域に主ピークを有するとともに、この主ピークよりも長波長領域に副ピークを有する  
ことを特徴とするシンチレータパネル。
- [請求項4] 前記副ピークは、560～600nmの波長領域である  
ことを特徴とする請求項3記載のシンチレータパネル。
- [請求項5] 放射線を透過する基板と、前記基板上に形成され放射線を光に変換する蛍光体層と、を有するシンチレータパネルと、  
前記シンチレータパネルの前記蛍光体層で変換された光を受光する複数の受光素子と、  
を具備し、  
前記蛍光体層が放射線を光に変換する発光スペクトルは、510～550nmの波長領域に主ピークを有するとともに、この主ピークよりも長波長領域に副ピークを有する

ことを特徴とする放射線検出器。

[請求項6]

前記副ピークは、560～600 nmの波長領域である

ことを特徴とする請求項5記載の放射線検出器。

補正された請求の範囲  
[2015年10月6日(06.10.2015)国際事務局受理]

[請求項 1] (補正後)

複数の受光素子が配列された光電変換基板と、  
前記光電変換基板上に形成され、放射線を光に変換するタリウム賦活ヨウ化セシウム (CsI / Tl) 蛍光体層と、  
を具備し、  
前記蛍光体層の発光スペクトルは、510～550 nmの波長領域に主ピークを有するとともに、この主ピークよりも長波長領域に副ピークを有する  
ことを特徴とする放射線検出器。

[請求項 2]

前記副ピークは、560～600 nmの波長領域である  
ことを特徴とする請求項 1 記載の放射線検出器。

[請求項 3] (補正後)

放射線を透過する基板と、  
前記基板上に形成され、放射線を光に変換するタリウム賦活ヨウ化セシウム (CsI / Tl) 蛍光体層と、  
を具備し、  
前記蛍光体層が放射線を光に変換する発光スペクトルは、510～550 nmの波長領域に主ピークを有するとともに、この主ピークよりも長波長領域に副ピークを有する  
ことを特徴とするシンチレータパネル。

[請求項 4]

前記副ピークは、560～600 nmの波長領域である  
ことを特徴とする請求項 3 記載のシンチレータパネル。

[請求項 5] (補正後)

放射線を透過する基板と、前記基板上に形成され放射線を光に変換するタリウム賦活ヨウ化セシウム (CsI / Tl) 蛍光体層と、を有

するシンチレータパネルと、

前記シンチレータパネルの前記蛍光体層で変換された光を受光する複数の受光素子と、

を具備し、

前記蛍光体層が放射線を光に変換する発光スペクトルは、510～550 nmの波長領域に主ピークを有するとともに、この主ピークよりも長波長領域に副ピークを有する

ことを特徴とする放射線検出器。

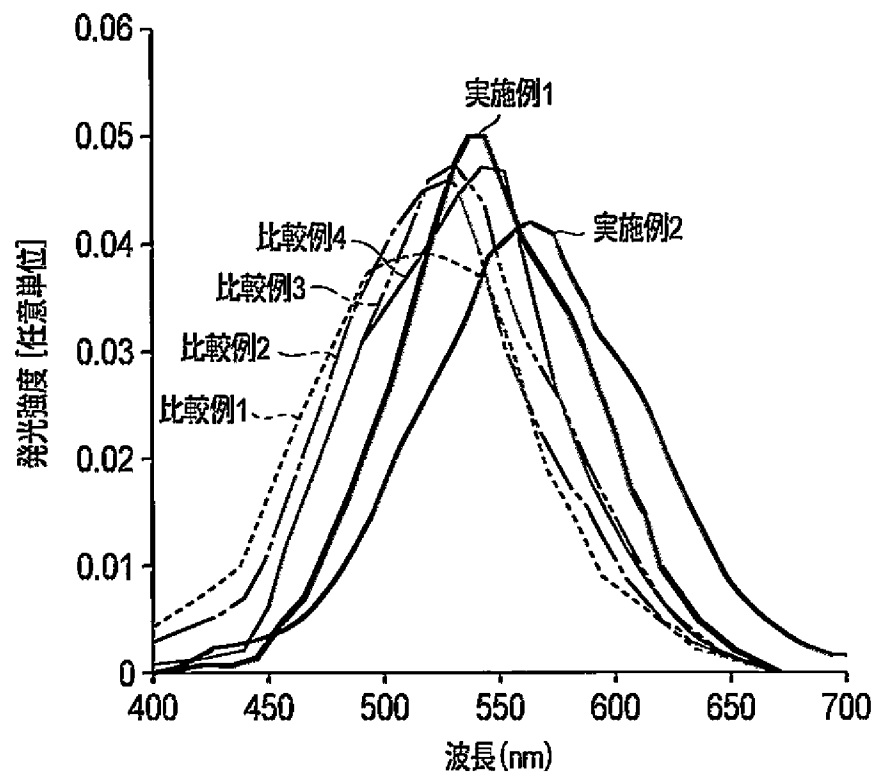
[請求項6]

前記副ピークは、560～600 nmの波長領域である

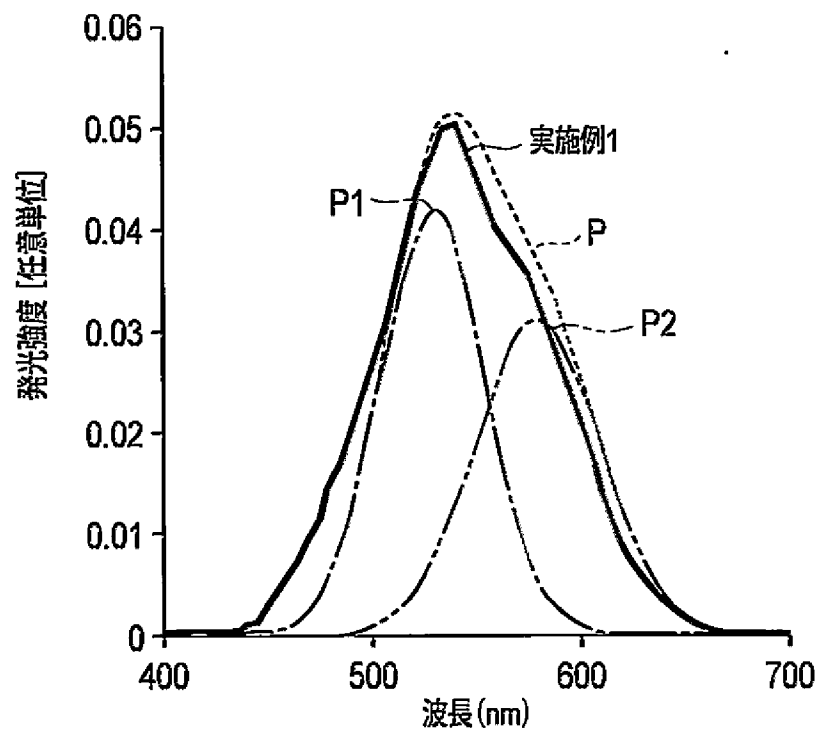
ことを特徴とする請求項5記載の放射線検出器。



[図3]



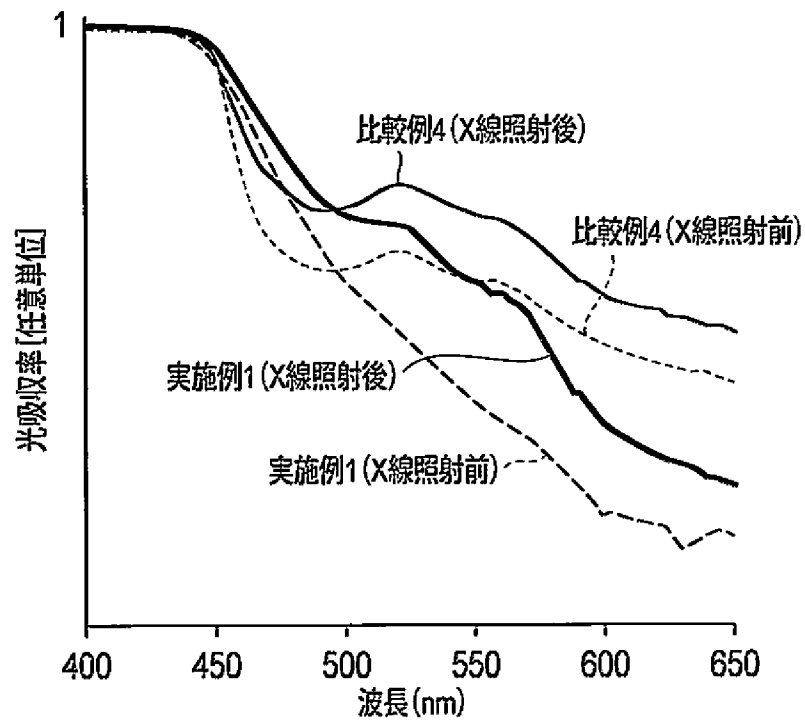
[図4]



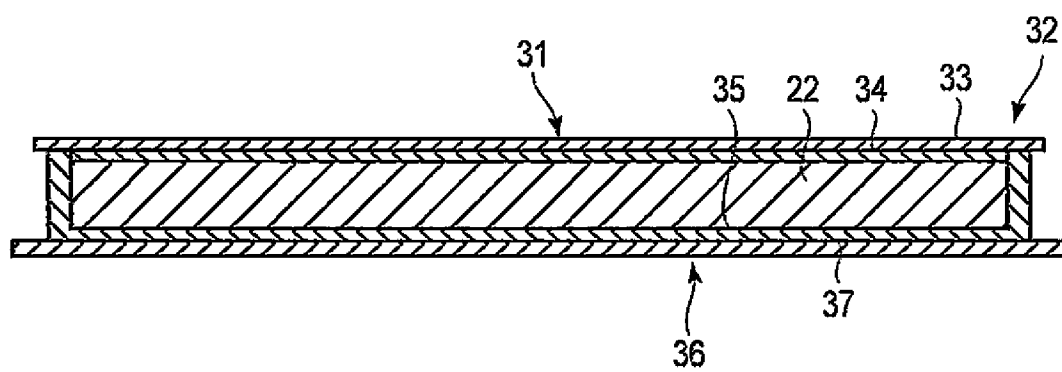
[図5]

|      | 主ピーク<br>波長 (nm) | 副ピーク<br>波長 (nm) | 初期感度<br>(LSB/uGy) | 末期感度<br>(LSB/uGy) | 感度残存率<br>(%) |
|------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|--------------|
| 実施例1 | 530<br>(53%)    | 580<br>(47%)    | 155               | 147               | 94.8         |
| 実施例2 | 545<br>(60%)    | 595<br>(40%)    | 144               | 138               | 95.8         |
| 比較例1 | 540<br>(50%)    | 490<br>(50%)    | 124               | 117               | 94.3         |
| 比較例2 | 520<br>(100%)   | —               | 127               | 118               | 92.9         |
| 比較例3 | 530<br>(100%)   | —               | 135               | 122               | 90.3         |
| 比較例4 | 545<br>(80%)    | 490<br>(20%)    | 150               | 118               | 78.6         |

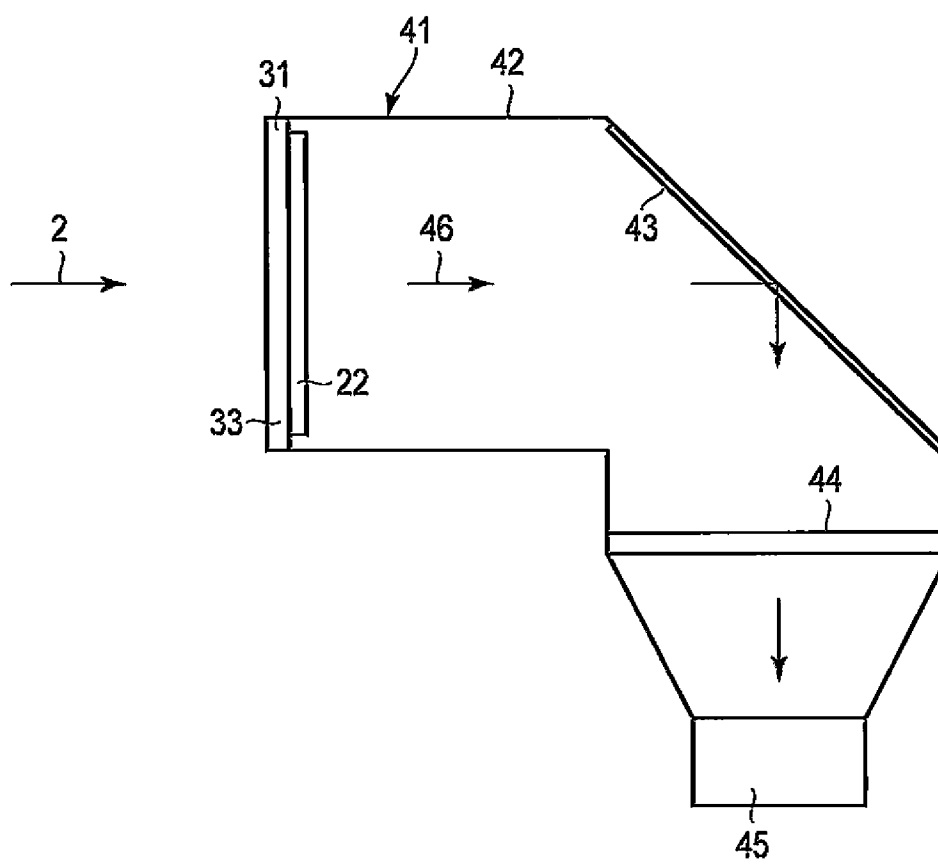
[図6]



[図7]



[図8]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/068568

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01T1/20(2006.01)i, C09K11/00(2006.01)i, G21K4/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01T1/20, C09K11/00, G21K4/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2015 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2015 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2015 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                       | Relevant to claim No. |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y         | JP 8-295878 A (Yazaki Corp.),<br>12 November 1996 (12.11.1996),<br>paragraphs [0027] to [0028]; fig. 2<br>(Family: none) | 1-6                   |
| Y         | JP 2010-145349 A (Toshiba Corp.),<br>01 July 2010 (01.07.2010),<br>entire text; all drawings<br>(Family: none)           | 1-2                   |
| Y         | JP 2004-151007 A (Toshiba Corp.),<br>27 May 2004 (27.05.2004),<br>entire text; all drawings<br>(Family: none)            | 1-2                   |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
05 August 2015 (05.08.15)

Date of mailing of the international search report  
18 August 2015 (18.08.15)

Name and mailing address of the ISA/  
Japan Patent Office  
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,  
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2015/068568

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                    | Relevant to claim No. |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y         | JP 2008-216041 A (Konica Minolta Medical & Graphic, Inc.),<br>18 September 2008 (18.09.2008),<br>entire text; all drawings<br>& US 2008/0217550 A1                                                    | 3-6                   |
| Y         | JP 2009-68888 A (Konica Minolta Medical & Graphic, Inc.),<br>02 April 2009 (02.04.2009),<br>entire text; all drawings<br>(Family: none)                                                               | 3-6                   |
| A         | JP 2009-503479 A (Siemens AG.),<br>29 January 2009 (29.01.2009),<br>entire text; all drawings<br>& US 2008/0224048 A1 & WO 2007/012564 A1<br>& EP 1907504 A1 & DE 102005034915 A1<br>& CN 101223258 A | 1-6                   |

## A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01T1/20(2006.01)i, C09K11/00(2006.01)i, G21K4/00(2006.01)i

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01T1/20, C09K11/00, G21K4/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

|             |                     |
|-------------|---------------------|
| 日本国実用新案公報   | 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1 9 7 1 - 2 0 1 5 年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1 9 9 6 - 2 0 1 5 年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1 9 9 4 - 2 0 1 5 年 |

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                          | 関連する<br>請求項の番号 |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Y               | JP 8-295878 A (矢崎総業株式会社) 1996. 11. 12, 第【0027】 - 【0028】段落, 第 2 図 (ファミリーなし) | 1-6            |
| Y               | JP 2010-145349 A (株式会社東芝) 2010. 07. 01, 全文, 全図 (ファミリーなし)                   | 1-2            |
| Y               | JP 2004-151007 A (株式会社東芝) 2004. 05. 27, 全文, 全図 (ファミリーなし)                   | 1-2            |

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 5 . 0 8 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

1 8 . 0 8 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

青木 洋平

2 I

3 1 0 4

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 3

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                                                                                               |                |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 引用文献の<br>カテゴリー*       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                                                                             | 関連する<br>請求項の番号 |
| Y                     | JP 2008-216041 A (コニカミノルタエムジー株式会社) 2008.09.18,<br>全文, 全図 & US 2008/0217550 A1                                                                                 | 3-6            |
| Y                     | JP 2009-68888 A (コニカミノルタエムジー株式会社) 2009.04.02,<br>全文, 全図 (ファミリーなし)                                                                                             | 3-6            |
| A                     | JP 2009-503479 A (シーメンス アクチエンゲゼルシャフト)<br>2009.01.29, 全文, 全図 & US 2008/0224048 A1 & WO 2007/012564 A1<br>& EP 1907504 A1 & DE 102005034915 A1 & CN 101223258 A | 1-6            |