

(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 11 月 17 日(17.11.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/181707 A1

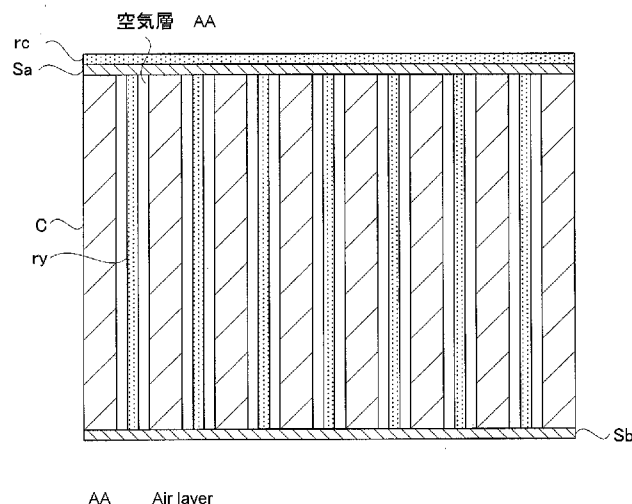
- (51) 国際特許分類:
G01T 1/20 (2006.01) G01T 1/202 (2006.01)
G01T 1/164 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/058850
- (22) 国際出願日: 2016 年 3 月 18 日(18.03.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-097428 2015 年 5 月 12 日(12.05.2015) JP
- (71) 出願人: 株式会社島津製作所 (SHIMADZU CORPORATION) [JP/JP]; 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 戸波 寛道 (TONAMI Hiromichi); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP). 津田 倫明 (TSUDA Tomoaki); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 杉谷 勉 (SUGITANI Tsutomu); 〒5300047 大阪府大阪市北区西天満 1 丁目 10 番 8 号 西天満第 1 1 松屋ビル Osaka (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, JP, 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), ユーラシア (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))

(54) Title: RADIATION DETECTOR, AND RADIATION TOMOGRAPHY DEVICE PROVIDED WITH SAME

(54) 発明の名称: 放射線検出器またはそれを備えた放射線断層撮影装置



(57) Abstract: Provided is a radiation detector 1 that has high radiation detection sensitivity, and prevents a loss in fluorescence by integrating scintillator crystals C and reflective plates rx, ry without using a transparent material. According to the present invention, adhesive sheets Sa, Sb are adhered to the ends of the horizontally and vertically aligned scintillator crystals C in the height direction. The scintillator crystals C are integrated by the adhesive sheets Sa, Sb. According to the present invention, there is no need to form a scintillator 2 by using an adhesive to secure the scintillator crystals C and the reflective plates ry. Therefore, an adhesive does not enter spaces between the scintillator crystals C and the reflective plates ry before curing, and said spaces become air layers. With such a configuration, a phenomenon in which fluorescence occurring inside the scintillator crystals C radiates from the scintillator crystals C is less likely to occur, and it is possible to minimize a decrease in the intensity of fluorescence.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/181707 A1



透過材を用いずにシンチレータ結晶Cおよび反射板 r_x , r_y を一体化させることにより、蛍光の損失を防ぎ、放射線検出の感度が高い放射線検出器1を提供する。本発明によれば、縦横に配列されたシンチレータ結晶Cの高さ方向における端部には、粘着シート S_a , S_b が接着されている。この粘着シート S_a , S_b により各シンチレータ結晶Cが一体化している。本発明によれば、シンチレータ結晶Cおよび反射板 r_y を接着剤で固めてシンチレータ2を構成する必要がないので、シンチレータ結晶Cおよび反射板 r_y の隙間に硬化前の接着剤が進入することがなく、当該隙間は空気層となっている。このような構成となっていれば、シンチレータ結晶C内部で生じた蛍光がシンチレータ結晶Cから出射する現象が起こりにくくなり、蛍光の強度が低下してしまうことを極力抑制することができる。

明 細 書

発明の名称：

放射線検出器またはそれを備えた放射線断層撮影装置

技術分野

[0001] 本発明は、放射線を蛍光に変換するシンチレータを備えた放射線検出器およびそれを備えた放射線断層撮影装置に関する。

背景技術

[0002] 放射線を検出する放射線検出器としては、従来から図15で示すような構成となっているものがある。このような放射線検出器は、直方体の形状をしているシンチレータ結晶Cが縦横に配列されて構成されるシンチレータ52を備えている。シンチレータ結晶Cは、放射線が入射すると、放射線を蛍光に変換する材料で構成されている。シンチレータ52で生じた蛍光は、シンチレータ52に光学的に結合されている光検出器53で検出される（例えば特許文献1参照）。

[0003] 図16は、シンチレータ52の構造を示している。互いに隣り合うシンチレータ結晶Cの間には蛍光を反射する反射板rが設けられている。この反射板rにより、互いに隣り合うシンチレータ結晶Cは、光学的に隔てられている。シンチレータ52は、シンチレータ結晶Cと反射板rとが図16のように組み立てられることにより構成される。

[0004] シンチレータ結晶Cおよび反射板rは、蛍光を透過する透過材tにより一体化されている。透過材tは、シンチレータ結晶Cおよび反射板rの隙間に流し込まれた液状の接着剤が硬化して構成されたものである。この透過材tにより、シンチレータ結晶Cおよび反射板rは互いに分離しない。透過材tは、シンチレータ52の形状を保持する機能を有している。

[0005] シンチレータ結晶C内部で放射線が変換されて生成された蛍光がシンチレータ内部でどのように広がるかについて説明する。図16の星印は、シンチレータ結晶C内部に位置する蛍光の発生点を示している。この星印で発生し

た蛍光の一部は、図 16 に示すように、シンチレータ結晶 C の側面から出射しようとする。このような蛍光は、反射板 r に阻まれて隣のシンチレータ結晶 C に到達することがない。蛍光は結局発生源のシンチレータ結晶 C から光検出器 53 側に出射する。

[0006] つまり、光検出器 53 において蛍光が入射した位置は、シンチレータ 52 内部における蛍光の発生点の直下にある。光検出器 53 は、蛍光の入射位置を判別することができるから、光検出器 53 が弁別した蛍光の入射位置はシンチレータ 52 における蛍光の発生点の位置を示すものとなる。

[0007] 反射板 r がシンチレータ結晶 C の間に設けられていないと、シンチレータ結晶 C で発生した蛍光がシンチレータ 52 の広範囲に広がってしまい、蛍光の発生点の特定が困難になってしまう。シンチレータ 52 の反射板 r は、蛍光の発生点の特定に重要な役割を担っている。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特表 2008-525161 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] しかしながら、従来の放射線検出器には、次のような問題点がある。

すなわち従来の放射線検出器では、シンチレータ結晶 C と反射板 r とを接着している透過材が蛍光の強度を弱めてしまう。

[0010] 図 17 は従来構成の問題点を説明している。図 17 の左側では、星印で示す発生点から生じた蛍光が反射板 r で反射される様子を示している。このときの蛍光は、シンチレータ結晶 C から透過材 t に向けて出射し、透過材 t を横切って、反射板 r に入射してそこで反射し、再び透過材 t を横切ってシンチレータ結晶 C に入射するという複雑な経路をたどる。蛍光は透過材 t を横切る間に一部が吸収される。また、反射板 r で蛍光が反射するときにも蛍光の全てが反射するわけではない。さらには、反射板 r の材質によっては屈折

率が透過材 t に近いものがある。この場合、シンチレータ結晶 C から透過材 t に向けて出射した蛍光は、反射板 r と透過して隣のシンチレータ結晶 C に漏れ出してしまうようになる。この様に、シンチレータ結晶 C から透過材 t に向けて出射する現象が起こると、光検出器 53 に入射する蛍光の強度が低下してしまう。

[0011] 光検出器 53 に入射する蛍光の強度が低下させないようにするには、シンチレータ結晶 C 内に蛍光をできるだけ出射させないようにした方がよい。この点に関して、蛍光の全反射という現象がある。図 17 の右側は、蛍光の全反射について説明している。星印で示す発生点から生じた蛍光は、反射板 r にたどり着く前にシンチレータ結晶 C の表面で反射している。このような反射を全反射と呼ぶ。このような全反射においては、蛍光は透過材 t を横切ることがなく反射板 r で反射されることもないので、強度の低下がより抑制される。

[0012] 従来構成の放射線検出器は、図 17 の右側で説明した蛍光の全反射が起こりにくい構成となっている。透過材 t は、固体でありそれなりに高い屈折率を有しているからである。透過材 t の屈折率が高く、シンチレータ結晶 C の屈折率に近くなればなるほど全反射臨界角が大きくなり、シンチレータ結晶 C から透過材 t に向けて蛍光が透過しやすくなる。第 1 の媒体から第 2 の媒体に向けて蛍光が出射する場合の全反射臨界角 θ_0 は、スネルの法則により、 $\theta_0 = \sin^{-1}(n_2/n_1)$ で求められる。ただし n_2 は、第 2 の媒体（透過材 t ）の屈折率、 n_1 は、第 1 の媒体（シンチレータ結晶 C ）の屈折率である。

[0013] 図 17 の右側のように、透過材 t を空気層に置き換えた構成とすれば、蛍光の全反射が起こりやすくなる。空気の屈折率は小さく、それに従い、全反射臨界角が小さくなるからである。

[0014] また、図 18 に示すように、従来構成のシンチレータ 52 を構成する透過材 t に空気の泡が混入している場合、この泡に蛍光が当たると、蛍光が乱反射してしまう。このような現象は光検出器 53 に入射する蛍光の強度やばら

つきの低下の原因となる。

[0015] このように、シンチレータ 5 2 の透過材を空気に置き換えるとより蛍光を効率よく検出することができるようになり、放射線の検出感度の高い放射線検出器を提供できる。特に P E T 装置用の放射線検出器として用いた場合、時間分解能が極めて優れた放射線検出器を提供することができるようになる。しかし、透過材 t は、シンチレータ 5 2 を構成する各シンチレータ結晶 C および反射板 r を一体化するという重要な機能を有している。透過材 t を空気に置き換えるような構成とするとシンチレータ 5 2 全体が自身の形状を保てず崩壊を来してしまう。シンチレータ 5 2 が一体的でない放射線検出器は自らの形状を保つことができない。

[0016] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、その目的は、透過材を用いずにシンチレータ結晶および反射板を一体化させることにより、蛍光の損失を防ぎ、放射線検出の感度が高い放射線検出器を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0017] 本発明は上述の課題を解決するために次のような構成をとる。

すなわち、本発明に係る放射線検出器は、放射線を蛍光に変換するシンチレータ結晶と、縦横に配列されたシンチレータ結晶の隙間に設けられた蛍光を反射する反射板と、反射板とシンチレータ結晶に挟まれる位置に設けられた空気層と、各シンチレータ結晶の高さ方向における端部に接着される粘着性を有する粘着シートを備え、粘着シートにより各シンチレータ結晶が一体化することによりシンチレータが構成されていることを特徴とするものである。

[0018] [作用・効果] 本発明によれば、透過材を用いずにシンチレータ結晶および反射板を一体化させてシンチレータを構成することができる。すなわち、本発明によれば、縦横に配列されたシンチレータ結晶の高さ方向における端部には、粘着シートが接着されている。この粘着シートにより各シンチレータ結晶が一体化しているのである。このようにすれば、シンチレータ結晶お

よび反射板を接着剤で固めてシンチレータを構成する必要がないので、シンチレータ結晶および反射板の隙間に硬化前の接着剤が進入することがない。したがって、当該隙間は空気層となる。シンチレータ結晶および反射板の隙間が空気層であれば、シンチレータ結晶内部で生じた蛍光がシンチレータ結晶から出射する現象が起こりにくくなり、蛍光が反射板で反射するときに損失が生じたり、蛍光が反射板を透過して隣のシンチレータ結晶に漏れ出したりしてしまうことが抑制される。結果として蛍光の強度が低下してしまうことを極力抑制することができる。本発明によれば、特にPET装置用の放射線検出器として用いた場合、時間分解能が極めて優れた放射線検出器を提供することができる。

[0019] また、上述の放射線検出器において、粘着シートが蛍光を透過させる透明のシートとなっており、各シンチレータ結晶が接着されている面と反対側の面には、蛍光を検出する光検出器またはシンチレータで生じた蛍光を光検出器に通過させるライトガイドが光学的に結合されていればより望ましい。

[0020] [作用・効果] 上述の構成は、本発明の具体的な構成を示している。粘着シートが各シンチレータ結晶と光検出器との間に位置するとともに、蛍光を透過させる透明のシートとなっていれば、シンチレータ結晶で生じた蛍光は、確実に光検出器に入射するようになる。本発明の具体的な構成としては、ライトガイドを備える構成としてもよい。

[0021] また、上述の放射線検出器において、粘着シートの各シンチレータ結晶が接着されている面の反対側の面は、粘着性を有しており、粘着シートは光検出器またはライトガイドに接着されていればより望ましい。

[0022] [作用・効果] 上述の構成は、本発明の具体的な構成を示している。各シンチレータ結晶と光検出器とが共通の粘着シートが貼り付くことによって一体化されていればシンチレータ結晶と光検出器との間の光学的な結合を確実に構成することができる。本発明の具体的な構成としては、各シンチレータ結晶とライトガイドとが共通の粘着シートが貼り付くことによって一体化されるようにしてもよい。

- [0023] また、上述の放射線検出器において、粘着シートの各シンチレータ結晶が接着されている面の反対側の面は、粘着性を有しておらず、シンチレータと光検出器またはライトガイドは、接続部材により光学的に結合される構成とすることもできる。
- [0024] [作用・効果] 上述の構成は、本発明の具体的な構成を示している。片面粘着タイプの粘着シートによって本発明の放射線検出器を実現するようにしてもよい。
- [0025] また、上述の放射線検出器において、光検出器が真空管となっている光電子増倍管で構成される場合は、粘着シートは、光検出器が有する蛍光を入射させる受光面の歪みに倣って変形した状態で光検出器に接着されていればより望ましい。
- [0026] [作用・効果] 上述の構成は、本発明の具体的な構成を示している。本発明の光検出器を光電子増倍管とすることもできる。粘着シートは、光検出器が有する蛍光を入射させる受光面の歪みに倣って変形した状態で光検出器に接着されるので、各シンチレータ結晶と光検出器の間の距離がシンチレータ結晶によらず一定となる。この様に構成すれば、各シンチレータ結晶の光学的条件を揃えることができる。
- [0027] また、上述の放射線検出器において、光検出器が半導体受光素子を有すればより望ましい。
- [0028] [作用・効果] 上述の構成は、本発明の具体的な構成を示している。光検出器が半導体受光素子を有する態様とすることもできる。
- [0029] また、上述の放射線検出器において、粘着シートが各シンチレータ結晶の高さ方向における両端部に設けられていればより望ましい。
- [0030] [作用・効果] 上述の構成は、本発明の具体的な構成を示している。粘着シートが各シンチレータ結晶の高さ方向における両端部に設けられていれば、シンチレータの物理的強度が増加する。
- [0031] また、上述の放射線検出器において、粘着シートは、アクリル系の粘着シートとなっていればより望ましい。

[0032] [作用・効果] 上述の構成は、本発明の具体的な構成を示している。粘着シートは、アクリル系の粘着シートとなっていれば、より確実にシンチレータを構成することができる。

発明の効果

[0033] 本発明によれば、透過材を用いずにシンチレータ結晶および反射板を一体化させてシンチレータを構成することができる。すなわち、本発明によれば、縦横に配列されたシンチレータ結晶の高さ方向における端部には、粘着シートが接着されている。この粘着シートにより各シンチレータ結晶が一体化しているのである。このようにすれば、シンチレータ結晶および反射板を接着剤で固めてシンチレータを構成する必要がないので、シンチレータ結晶および反射板の隙間に硬化前の接着剤が進入することがない。したがって、当該隙間は空気層となる。シンチレータ結晶および反射板の隙間が空気層であれば、シンチレータ結晶内部で生じた蛍光がシンチレータ結晶から出射する現象が起こりにくくなり、蛍光が反射板で反射するときに損失が生じたり、蛍光が反射板を透過して隣のシンチレータ結晶に漏れ出したりしてしまうことが抑制される。結果として蛍光の強度が低下してしまうことを極力抑制することができる。本発明によれば、特にPET装置用の放射線検出器として用いた場合、時間分解能が極めて優れた放射線検出器を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0034] [図1]実施例1に係る放射線検出器の全体構成を説明する斜視図である。

[図2]実施例1に係るシンチレータの構成を説明する平面図である。

[図3]実施例1に係る粘着シートを説明する平面図である。

[図4]実施例1に係る反射板を説明する平面図である。

[図5]実施例1に係る反射板枠対を説明する斜視図である。

[図6]実施例1に係る光検出器を説明する平面図である。

[図7]実施例1に係る粘着シートを説明する模式図である。

[図8]実施例1に係る粘着シートを説明する模式図である。

[図9]本発明の効果を説明する模式図である。

[図10]本発明の1変形例を説明する模式図である。

[図11]本発明の1変形例を説明する模式図である。

[図12]本発明の1変形例を説明する模式図である。

[図13]本発明の1変形例を説明する模式図である。

[図14]本発明の1変形例を説明する模式図である。

[図15]従来構成の放射線検出器を説明する斜視図である。

[図16]従来構成の放射線検出器を説明する平面図である。

[図17]従来構成の問題点を説明する模式図である。

[図18]従来構成の問題点を説明する模式図である。

発明を実施するための形態

[0035] 以下、発明を実施するための形態について説明する。 γ 線は本発明の放射線に相当する。

実施例 1

[0036] <放射線検出器の全体構成>

放射線検出器1は、図1に示すようにシンチレータ結晶Cが縦横に配列されて構成されたシンチレータ2と、シンチレータ2の下面に設けられているシンチレータ2から生じた蛍光を検出する光検出器3とを備えている。図1におけるシンチレータ2には、高さ方向に細長状のシンチレータ結晶Cが縦8×横8の二次元マトリックス状に配列されており、合計64個のシンチレータ結晶Cを備えている。

[0037] シンチレータ結晶Cは、セリウム元素を含有する $\text{LGSO}(\text{Lu}, \text{Gd})_2\text{SiO}_5$ で構成されており、 γ 線が入射すると、蛍光を発するような特性を有している。 LGSO に代えてシンチレータ結晶Cを $\text{GSO}(\text{Gd}_2\text{SiO}_5)$ 等の他の材料で構成するようにしてもよい。シンチレータ結晶Cは、 γ 線を蛍光に変換する。

[0038] シンチレータ2は、横方向に伸びる反射板 r_x および縦方向に伸びる反射板 r_y を備えている。反射板 r_x は、縦方向から隣接するシンチレータ結晶

Cの間に設けられており、反射板 r_y は、横方向から隣接するシンチレータ結晶Cの間に設けられている。したがって、互いに隣接するシンチレータ結晶Cは、反射板 r_x および反射板 r_y のいずれかによって隔てられることになる。反射板 r_x 、 r_y は、蛍光を反射するESR (Enhanced Specular Reflector) フィルム等の材質で構成されている。

[0039] <粘着シートについて>

シンチレータ2の高さ方向における両端面の各々にはシンチレータ結晶Cを接着する粘着シートS_a、S_bが設けられているのでこれらについて説明する。図2は、シンチレータ2の側面を示す平面図である。図2に示すように、シンチレータ2は、反射板 r_y とシンチレータ結晶Cとが交互に配列されることで構成されており、反射板 r_y とシンチレータ結晶Cの側面との挟まれる位置には空気層が設けられている。この空気層は、反射板 r_y とシンチレータ結晶Cとの間に大気より流入した空気で満たされている。従って、シンチレータ結晶Cの側面と反射板 r_y は接着剤により接着されていない。また、図1における反射板 r_x とシンチレータ結晶Cの側面との挟まれる位置にも空気層が設けられている。

[0040] 図2に示すように本発明におけるシンチレータ2は、各シンチレータ結晶Cの高さ方向における両端部には粘着シートS_a、S_bが設けられている。粘着シートS_a、S_bは、粘着性を有し、各シンチレータ結晶Cの高さ方向における端部に接着されている。シンチレータ2は、粘着シートS_a、S_bにより各シンチレータ結晶Cおよび反射板 r_y が物理的に一体化することにより構成されている。

[0041] 粘着シートS_aは、シンチレータ2の高さ方向における一端面（シンチレータ2における放射線が入射する入射面）に貼り付けられており、シンチレータ2を構成するシンチレータ結晶Cの全ては、一端面に粘着シートS_aが貼り付けられている。粘着シートS_aは、例えばアクリル系の粘着材料で構成され、触れたものに対して貼り付こうとする性質を有している。粘着シートS_aは、各シンチレータ結晶Cの一端面に貼り付いて剥がれない。また、

粘着シートS aは、反射板r x, r yの一端部（シンチレータ2における放射線が入射する入射面側の端部）にも貼り付いている。各シンチレータ結晶Cおよび反射板r x, r yは、粘着シートS aにより高さ方向の一端側で物理的に一体化されている。粘着シートR aは、蛍光を通過させる透明な部材で構成される。

[0042] 粘着シートS aにおけるシンチレータ結晶Cに貼り付いている面とは反対側の面は、蛍光を反射する反射板r cに貼り付いている。これにより、粘着シートS aは反射板r cから剥がれない。反射板r cは、例えばESRフィルムで構成される。粘着シートS aにより、シンチレータ2と反射板r cとが一体化されている。

[0043] 粘着シートS bは、シンチレータ2の高さ方向における他端面（シンチレータ2における光検出器3が接続される接続面）に貼り付けられており、シンチレータ2を構成するシンチレータ結晶Cの全ては、他端面に粘着シートS bが貼り付けられている。粘着シートS bは、粘着性を有する例えばアクリル系の粘着材料で構成され、触れたものに対して貼り付こうとする性質を有している。粘着シートS bは、各シンチレータ結晶Cの他端面に貼り付いて剥がれない。また、粘着シートS bは、反射板r x, r yの他端部（シンチレータ2における光検出器3が接続される接続面側の端部）にも貼り付いている。各シンチレータ結晶Cおよび反射板r x, r yは、粘着シートS bにより高さ方向の他端側で物理的に一体化されている。粘着シートS bは、蛍光を通過させる透明な部材で構成される。

[0044] 図2は、シンチレータ結晶Cの両端に二枚の粘着シートS a, S bが設けられていたが、粘着シートS bのみによりシンチレータ結晶Cを一体化することができる場合は、粘着シートS aを省略する構成とすることもできる。この場合、シンチレータ2と反射板r cとが互いに直接的に密着する構成となる。

[0045] また、図2は、シンチレータ2の側面のうち横方向に配列するシンチレータ結晶Cの各々が反射板r yにより隔絶されている側面について説明したも

のである。シンチレータ 2 の側面のうち縦方向に配列するシンチレータ結晶 C の各々が反射板 r_x により隔絶されている側面も図 2 と同様な構成である。

[0046] 粘着とは、J I S Z 0 1 0 9 において「接着の一種で、特徴として水、溶剤、熱などを使用せず、常温で短時間、わずかな圧力を加えるだけで接着すること。」という定義がなされている。また、粘着性は、べたべたした物性と弾性とを併せ持った物理的特性である。粘着性を有する物質から構成される材料を粘着対象の固体に押し当てると、当該材料は物性を変化させることなくそのままの状態ですべてに貼り付く。一方、一般的な接着性を有する接着剤の場合、初めは柔らかい物性となっているものが化学変化により硬化することで物性の変化を伴った状態で接着対象に貼り付く。粘着性は、硬化現象が生じない点で一般の接着性とは異なるものと言える。

[0047] 粘着シート S b は、両面粘着シートとなっており、各シンチレータ結晶に粘着している面と反対側の面も粘着性を有している。シンチレータ 2 は、この粘着シート S b の粘着性により光検出器 3 に粘着する。その様子の詳細は後述する。

[0048] 図 3 は、シンチレータ 2 の両端面から粘着シート S a, S b を剥がしてみたときの様子を示している。粘着シート S a, S b を剥がすと、シンチレータ 2 を構成しているシンチレータ結晶 C の拘束が外れて、シンチレータ 2 から抜け出してしまふ。シンチレータ 2 が一体物として直方体の形状を保てられるのは、粘着シート S a, S b がシンチレータ結晶 C の各々に粘着することにより、シンチレータ結晶 C が連結されているからである。

[0049] 図 4 は、反射板 r_x , r_y について説明している。反射板 r_x は、高さ方向に伸びた溝を複数有している。これらの溝は全て反射板 r_x の底部から伸びている。また、反射板 r_y も高さ方向に伸びた溝を複数有している。これらの溝は全て反射板 r_y の上部から伸びている。

[0050] 反射板 r_x と反射板 r_y とは、互いの溝同士が嵌め合わされることにより、図 5 に示すような反射板枠体を構成する。反射板枠体は、横方向に伸びる

7枚の反射板 r_x と、縦方向に伸びる7枚の反射板 r_y とで構成される。反射板枠体は、シンチレータ結晶Cを収納するセルを有している。

[0051] 図6は、光検出器3における蛍光が入射する入射面を示している。光検出器3の入射面には、蛍光を検出する半導体受光素子3aが縦横に配列されている。入射面は、半導体受光素子3aが縦8×横8の二次元マトリックス状に配列されており、合計64個の半導体受光素子3aを備えている。

[0052] 粘着シートSbは、半導体受光素子3aに粘着しているのでこの点について説明する。図7は、シンチレータ2の粘着シートSbが光検出器3の入射面に粘着している様子を示している。粘着シートSbの下面は、光検出器3の入射面に設けられた半導体受光素子3aの各々に貼り付いている。そして、シンチレータ2を構成するシンチレータ結晶Cの各々と光検出器3の半導体受光素子3aの各々が1対1で光学的に結合されている。粘着シートSbの各シンチレータ結晶Cに粘着している面と反対側の面には、蛍光を検出する光検出器3が光学的に結合されている。粘着シートSbの各シンチレータ結晶Cが粘着されている面の反対側の面は、粘着性を有しており、粘着シートSbは光検出器3に粘着されている。

[0053] また、粘着シートSbは、接着相手の立体的形状に合わせて変形する性質を有している。従って、粘着シートSbは、シンチレータ結晶配列の下端部における立体的形状と、光検出器の入射面における立体的形状との違いを吸収して、互いを確実に一体化する。なお、粘着シートSbは、反射板 r_y の下端部に粘着している。図7は、シンチレータ2の側面のうち横方向に配列するシンチレータ結晶Cの各々が反射板 r_y により隔絶されている側面について説明したものである。シンチレータ2の側面のうち縦方向に配列するシンチレータ結晶Cの各々が反射板 r_x により隔絶されている側面も図7と同様な構成である。粘着シートSbが反射板 r_x の下端部に粘着する様子も同様である。

[0054] 図8は、シンチレータ2の側面のうち横方向に配列するシンチレータ結晶Cの各々が反射板 r_y により隔絶されている側面について説明したものであ

る。シンチレータ 2 の側面のうち縦方向に配列するシンチレータ結晶 C の各々が反射板 r_x により隔絶されている側面も図 8 と同様な構成である。粘着シート S b が反射板 r_x の上端部に粘着する様子も同様である。

[0055] 図 7, 図 8 において、粘着シート S a, S b は、シンチレータ結晶 C と反射板 r_y との隙間にほとんど入り込んでいないことには注目すべきである。上述の粘着シート S a, S b は、固体である。したがって、粘着シート S a, S b がシンチレータ結晶 C と反射板 r_y との隙間に入り込んでしまうことがない。

[0056] 図 9 は、粘着シート S a の代わりに接着剤を用いた場合について説明している。この図 9 の構成は、各シンチレータ結晶 C の一端部に液状の接着剤を塗布することにより各シンチレータ結晶 C の一体化を図った場合を示している。シンチレータ結晶 C と反射板 r_y との間の空気層は極めて薄いので、各シンチレータ結晶 C の一端に塗布された液状の接着剤は毛細管現象によりシンチレータ結晶 C と反射板 r_y との間に深く入り込む。この接着剤はもはや取り除く方法がないので結局このまま硬化することになる。したがって、シンチレータ結晶 C と反射板 r_y との間には硬化した接着剤が介在することになる。このような構成は、図 17, 図 18 で説明したように、望ましい構成ではない。

[0057] 本発明によれば、粘着シート S a, S b がシンチレータ結晶 C と反射板 r_y との隙間に入り込むことがないので、シンチレータ結晶 C と反射板 r_y との隙間を確実に空気層にすることができる。

[0058] 以上のように、本発明によれば、透過材を用いずにシンチレータ結晶 C および反射板 r_x , r_y を一体化させてシンチレータ 2 を構成することができる。すなわち、本発明によれば、縦横に配列されたシンチレータ結晶 C の高さ方向における端部には、粘着シート S a, S b が接着されている。この粘着シート S a, S b により各シンチレータ結晶 C が一体化している。本発明によれば、シンチレータ結晶 C および反射板 r_x , r_y を接着剤で固めてシンチレータ 2 を構成する必要がないので、シンチレータ結晶 C および反射板

r_x , r_y の隙間に硬化前の接着剤が進入することがない。当該隙間は空気層となっている。このような構成となっていれば、シンチレータ結晶C内部で生じた蛍光がシンチレータ結晶Cから出射する現象が起こりにくくなり、蛍光が反射板 r_x , r_y で反射するときに損失が生じたり、蛍光が反射板 r_x , r_y を透過して隣のシンチレータ結晶Cに漏れ出したりしてしまうことが抑制される。結果として蛍光の強度が低下してしまうことを極力抑制することができる。

[0059] また、粘着シートS a, S bが各シンチレータ結晶Cと光検出器3との間に位置するとともに、蛍光を透過させる透明のシートとなっていれば、シンチレータ結晶Cで生じた蛍光は、確実に光検出器3に入射するようになる。本発明の具体的な構成としては、後述のように、ライトガイド4を備える構成としてもよい。

[0060] また、各シンチレータ結晶Cと光検出器3とが共通の粘着シートS a, S bが貼り付くことによって一体化されていればシンチレータ結晶Cと光検出器3との間の光学的な結合を確実に構成することができる。本発明の具体的な構成としては、後述のように各シンチレータ結晶Cとライトガイド4とが共通の粘着シートS a, S bが貼り付くことによって一体化されるようにしてもよい。

[0061] 本発明は、上述の構成に限られず下記のように変形実施することができる。

[0062] (1) 図7によれば、両面粘着性の粘着シートS bによりシンチレータ結晶Cの各々と光検出器3とが光学的に結合されていたが、本発明はこの構成に限られない。図10に示すように、粘着シートS bを片面粘着性にすることもできる。図10の構成によれば、粘着シートS bは、粘着性を有する接着層と、粘着性を有しない透明な支持層とにより構成される。シンチレータ2と光検出器3との接着は、液体の接着剤を硬化させることで行うことができる。硬化した接着剤は、シンチレータ2と光検出器3を光学的に結合する。このように、本変形例の粘着シートS bの各シンチレータ結晶Cが接着さ

れている面の反対側の面は、粘着性を有しておらず、シンチレータ 2 と光検出器 3 またはライトガイド 4 は、硬化した接着剤により光学的に結合されている。硬化した接着剤は、本発明の接続部材に相当する。

[0063] (2) 図 6 によれば、光検出器 3 として半導体受光素子を用いていたが、本発明はこの構成に限られない。図 1 1 に示すような光電子増倍管で構成される光検出器を用いてもよい。この様な光検出器は真空管となっているので、蛍光を入射させる入射面が陰圧により凹んだ形状をしている。

[0064] 図 1 2 は、光電子増倍管で構成される光検出器 3 を本発明の放射線検出器に適用した場合を示している。本発明のシンチレータ 2 は、底面が変形性を有する粘着シート S b で構成されるので、シンチレータ 2 を光検出器 3 に貼り合わせると、粘着シート S b が光検出器 3 の入射面のカーブに沿って変形する。粘着シート S b は、光検出器 3 が有する蛍光を入射させる受光面の歪みに倣って変形した状態で光検出器 3 に粘着する。粘着シート S b は変形しても厚みは一定である。したがって、光検出器 3 からシンチレータ結晶 C までの距離は、どのシンチレータ結晶 C でも同じになる。

[0065] 図 1 3 は、硬化性の接着剤を介して光電子増倍管で構成される光検出器 3 を従来構成のシンチレータ 2 に結合した場合を示している。図 1 3 の場合、シンチレータ 2 を構成するシンチレータ結晶 C は、接着剤により互いに固着されている。従って、シンチレータ 2 を光検出器 3 に接着させると、シンチレータ 2 が光検出器 3 の入射面のカーブに沿って変形するようなことがない。従って、平面となっているシンチレータ 2 の底部と凹んだ形状をしている光検出器 3 の入射面とを接着させようとして両者の間に接着剤を流し込むと、接着剤は、入射面の凹みを埋め戻すように隙間に入り込む。この接着剤は硬化して接着層となる。すると、接着層の厚みは、中央部が厚くなるとともに、周縁部が薄くなる。つまり、各シンチレータ結晶 C の間で光検出器 3 までの距離が不揃いとなるのである。

[0066] 光検出器 3 からシンチレータ結晶 C までの距離は、どのシンチレータ結晶 C でも同時となっている方が望ましい。シンチレータ結晶 C の光学的条件が

同じになることで、蛍光を正確に検出できるようになるからである。本発明によれば、各シンチレータ結晶Cの間で光検出器3までの距離が不揃いとなることなく、これに伴って蛍光の検出が不正確になることがない。

[0067] (3) 図1によれば、シンチレータ2が光検出器3に接続されていたが、本発明はこの構成に限られない。本発明は、図14に示すように、シンチレータ2と光検出器3との挟まれる位置にシンチレータ2で生じた蛍光を光検出器3に通過させるライトガイド4を備える構成とすることもできる。この場合、シンチレータ2の粘着シートSbがライトガイド4に粘着している構成にすることもできる。

[0068] (4) 本発明の放射線検出器は、PET (Positron Emission Tomography) 装置など医用の放射線撮影装置に搭載することができる。特にPET装置用の放射線検出器として用いた場合、時間分解能が極めて優れた放射線検出器を提供することができる。

産業上の利用可能性

[0069] 以上のように、本発明は医用分野に適している。

符号の説明

[0070]	C	シンチレータ結晶
	rx, ry	反射板
	Sa, Sb	粘着シート
	2	シンチレータ
	3	光検出器
	3a	半導体受光素子3a
	4	ライトガイド

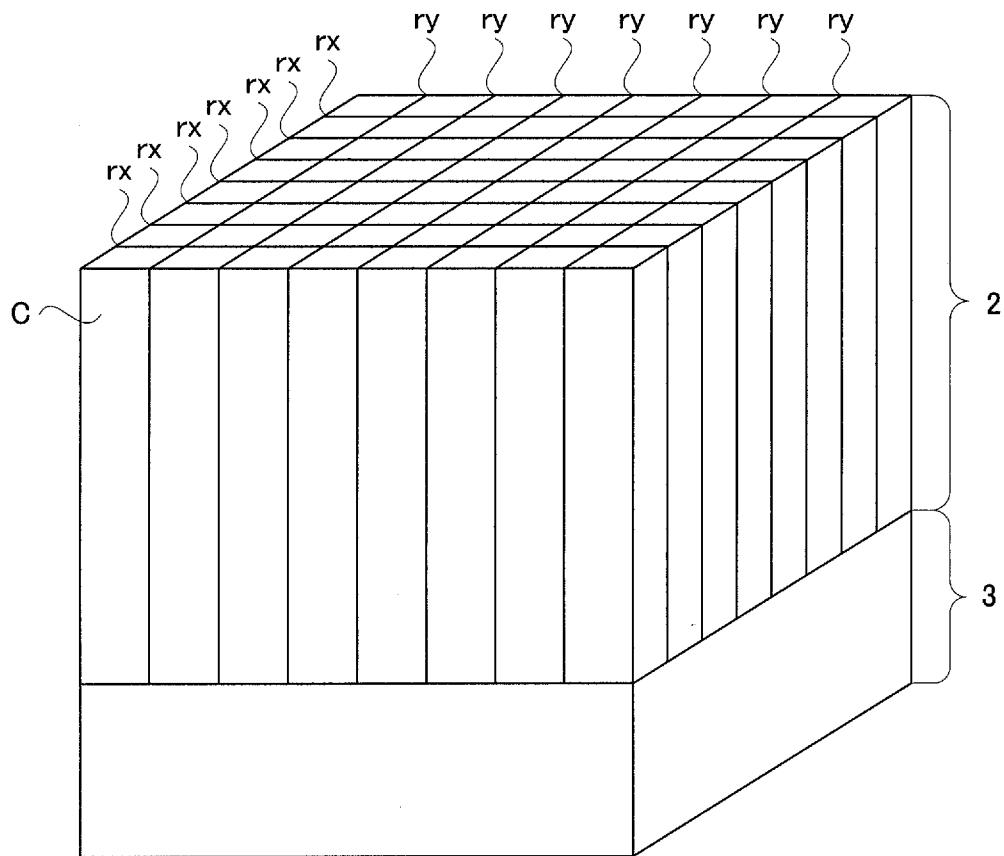
請求の範囲

- [請求項1] 放射線を蛍光に変換するシンチレータ結晶と、
 縦横に配列された前記シンチレータ結晶の隙間に設けられた蛍光を
 反射する反射板と、
 前記反射板と前記シンチレータ結晶に挟まれる位置に設けられた空
 気層と、
 各シンチレータ結晶の高さ方向における端部に接着される粘着性を
 有する粘着シートを備え、
 前記粘着シートにより各シンチレータ結晶が一体化することにより
 シンチレータが構成されていることを特徴とする放射線検出器。
- [請求項2] 請求項1に記載の放射線検出器において、
 前記粘着シートが蛍光を透過させる透明のシートとなっており、各
 シンチレータ結晶が接着されている面と反対側の面には、蛍光を検出
 する光検出器または前記シンチレータで生じた蛍光を前記光検出器に
 通過させるライトガイドが光学的に結合されていることを特徴とする
 放射線検出器。
- [請求項3] 請求項2に記載の放射線検出器において、
 前記粘着シートの各シンチレータ結晶が接着されている面の反対側
 の面は、粘着性を有しており、前記粘着シートは前記光検出器または
 前記ライトガイドに接着されていることを特徴とする放射線検出器。
- [請求項4] 請求項2に記載の放射線検出器において、
 前記粘着シートの各シンチレータ結晶が接着されている面の反対側
 の面は、粘着性を有しておらず、前記シンチレータと前記光検出器ま
 たは前記ライトガイドは、接続部材により光学的に結合されているこ
 とを特徴とする放射線検出器。
- [請求項5] 請求項3に記載の放射線検出器において、
 前記光検出器が真空管となっている光電子増倍管で構成され、
 前記粘着シートは、前記光検出器が有する蛍光を入射させる受光面

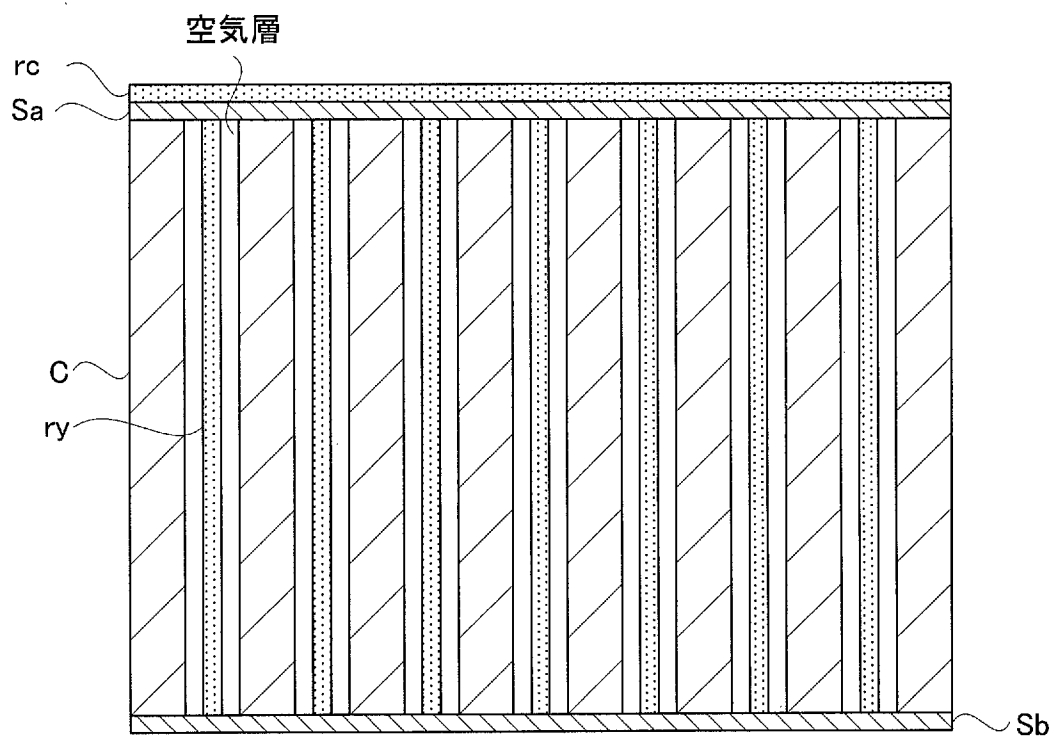
の歪みに倣って変形した状態で前記光検出器に接着されていることを特徴とする放射線検出器。

- [請求項6] 請求項2に記載の放射線検出器において、
前記光検出器が半導体受光素子を有することを特徴とする放射線検出器。
- [請求項7] 請求項1に記載の放射線検出器において、
前記粘着シートが各シンチレータ結晶の高さ方向における両端部に設けられていることを特徴とする放射線検出器。
- [請求項8] 請求項1に記載の放射線検出器において、
前記粘着シートは、アクリル系の粘着シートとなっていることを特徴とする放射線検出器。
- [請求項9] 請求項1に記載の放射線検出器を備えることを特徴とする放射線断層撮影装置。

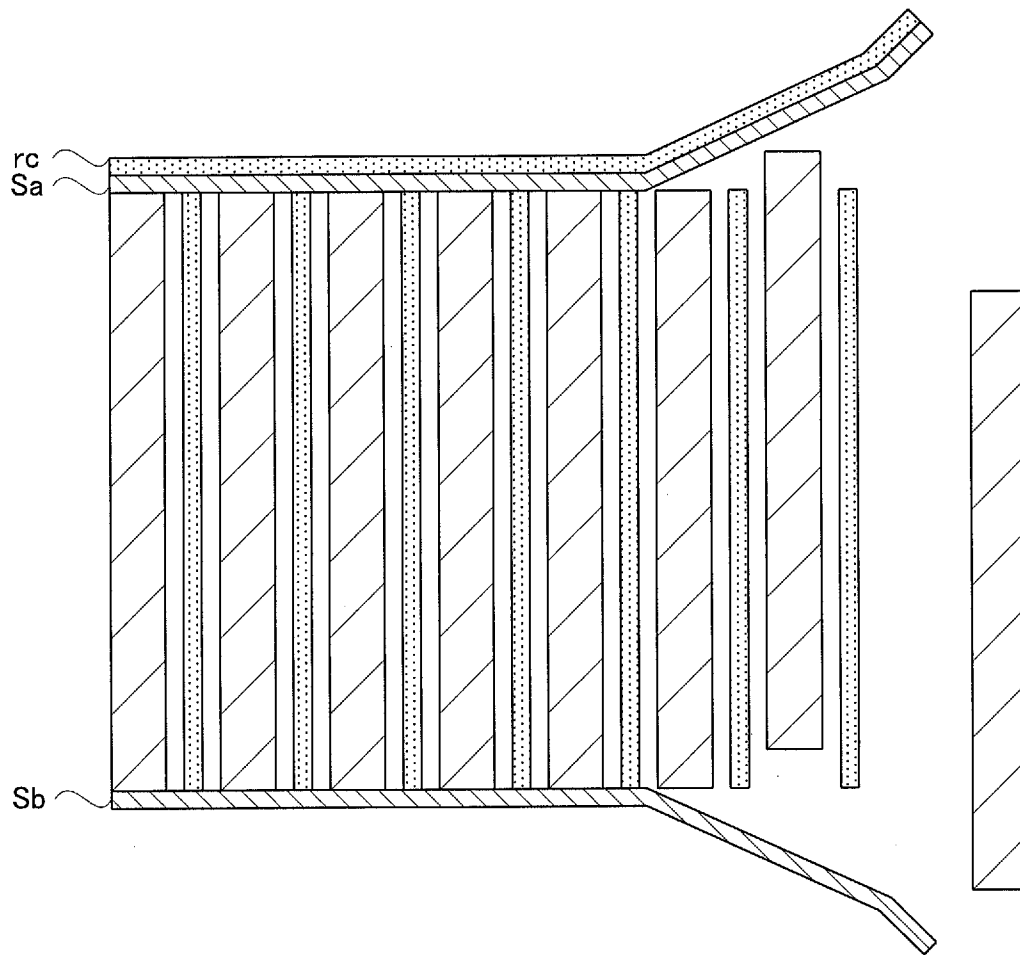
[図1]



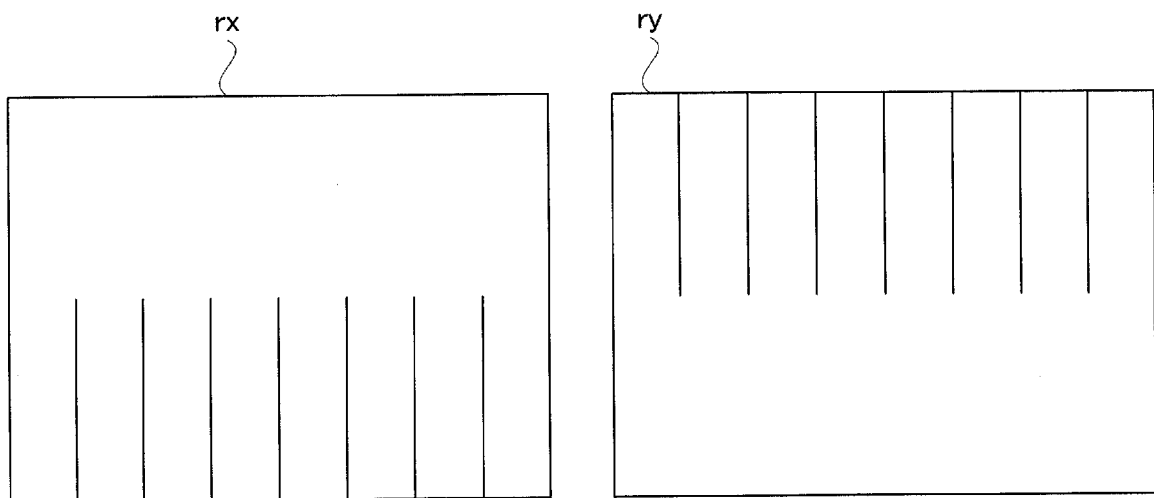
[図2]



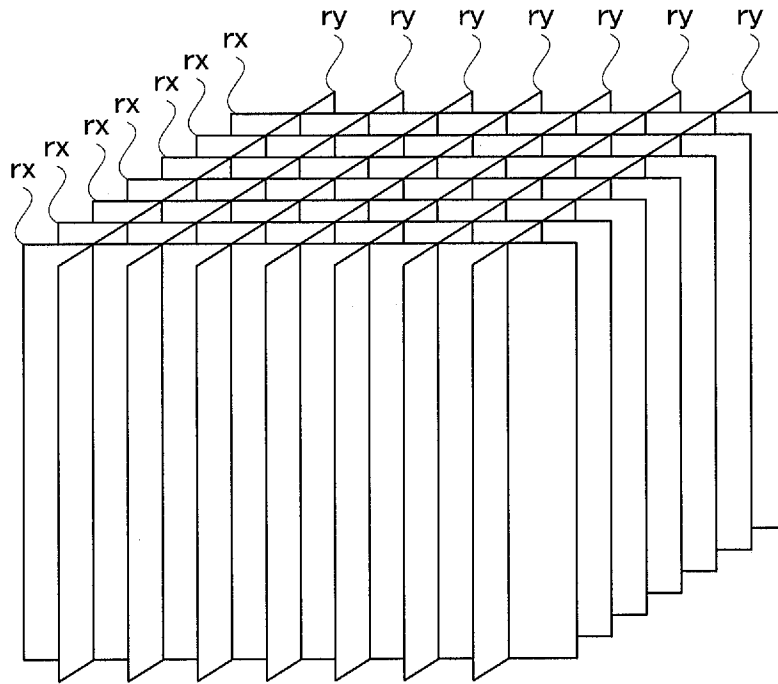
[図3]



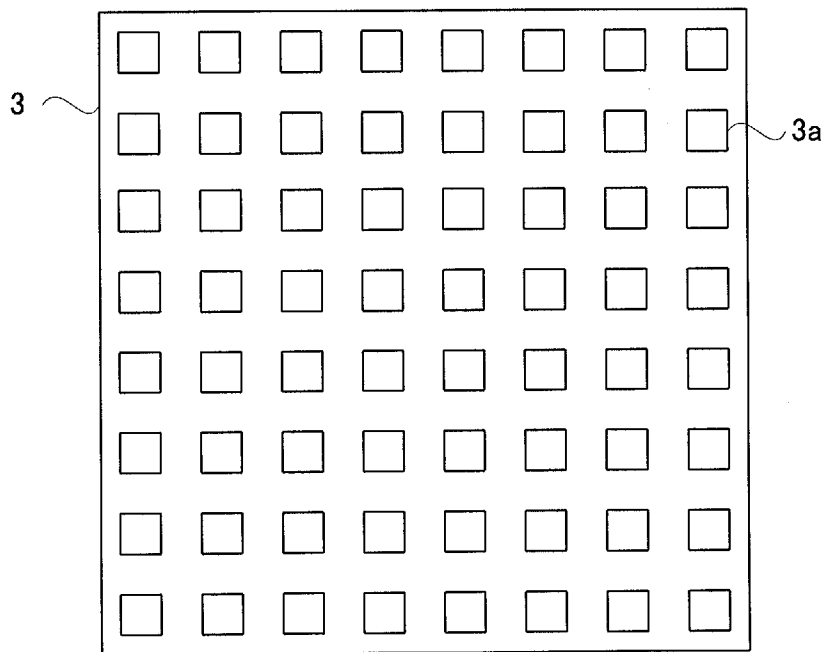
[図4]



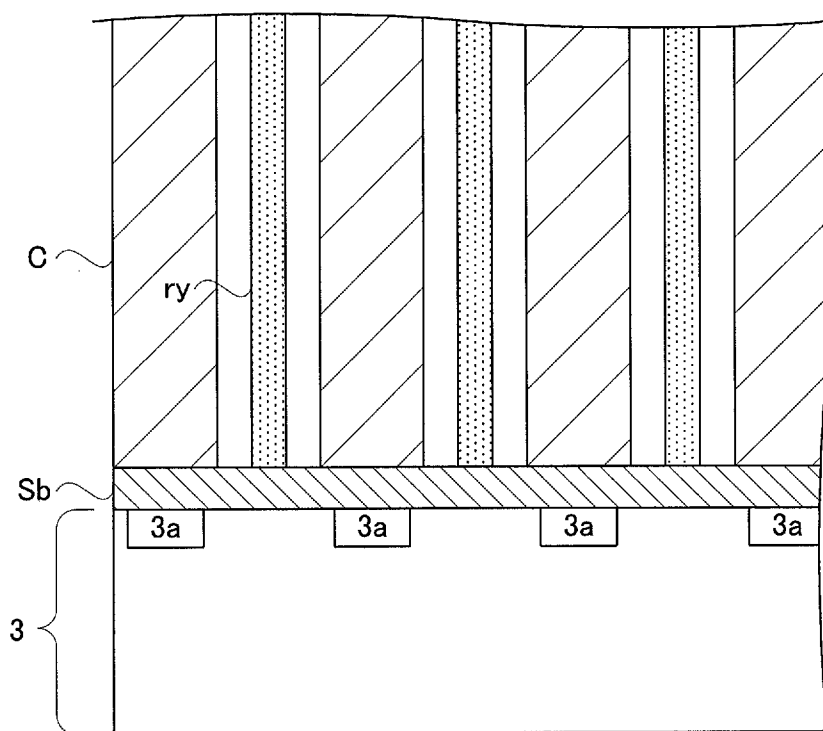
[図5]



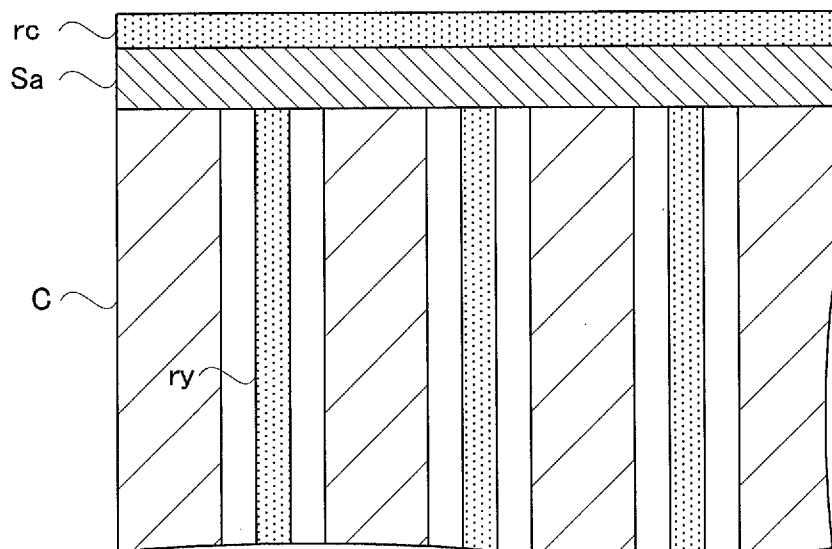
[図6]



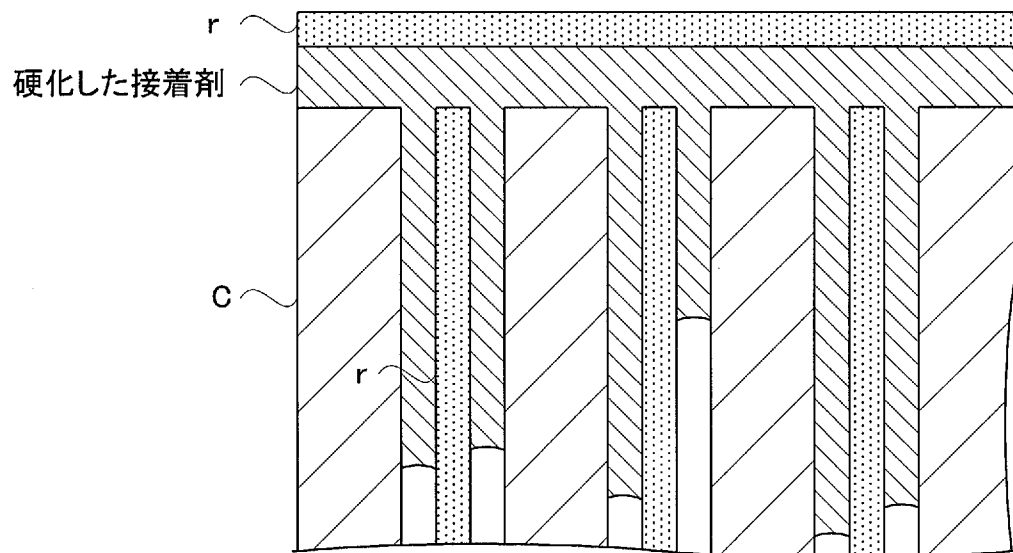
[図7]



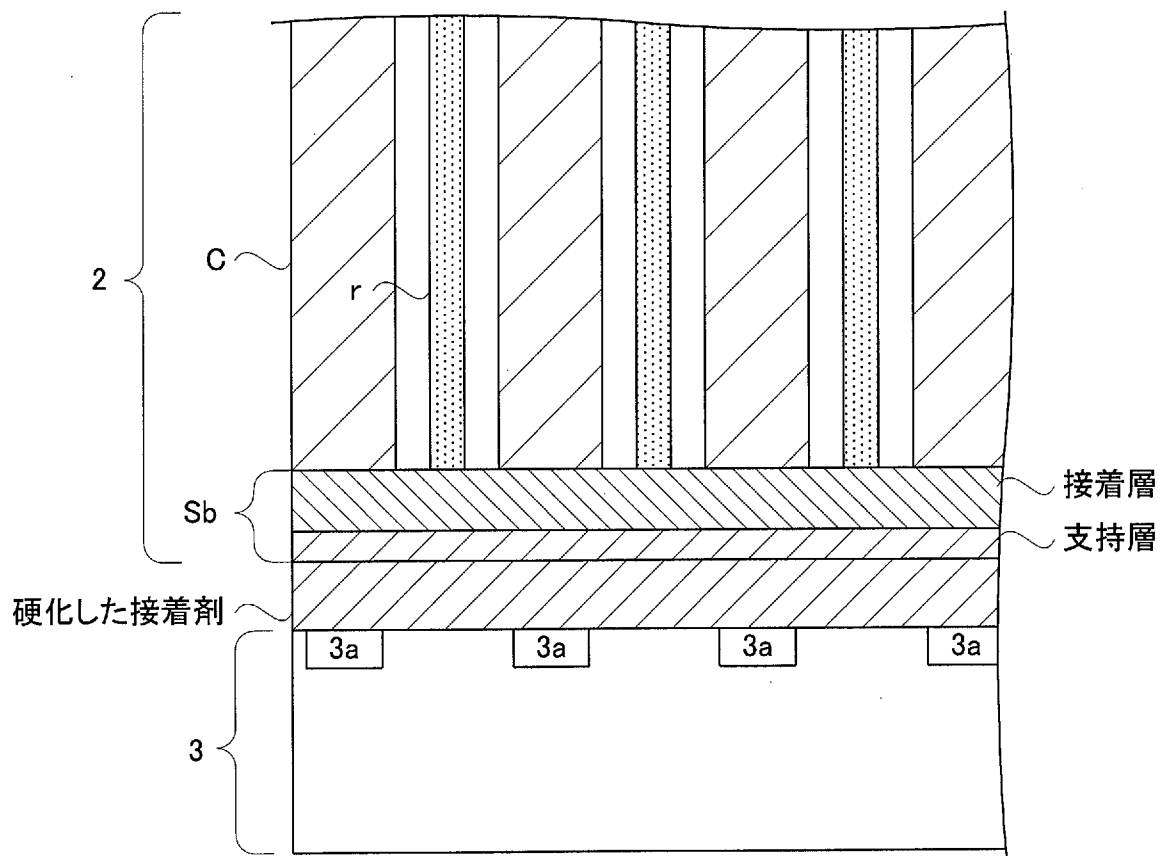
[図8]



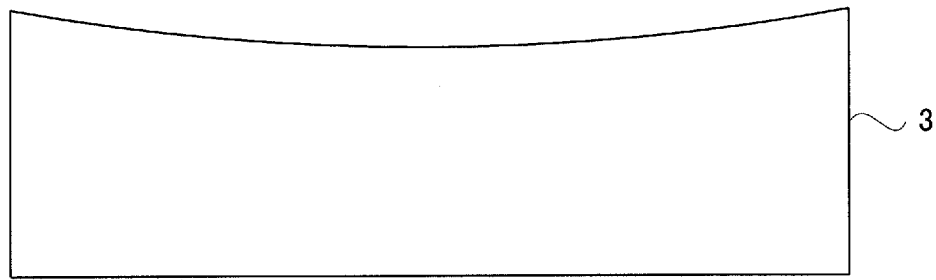
[図9]



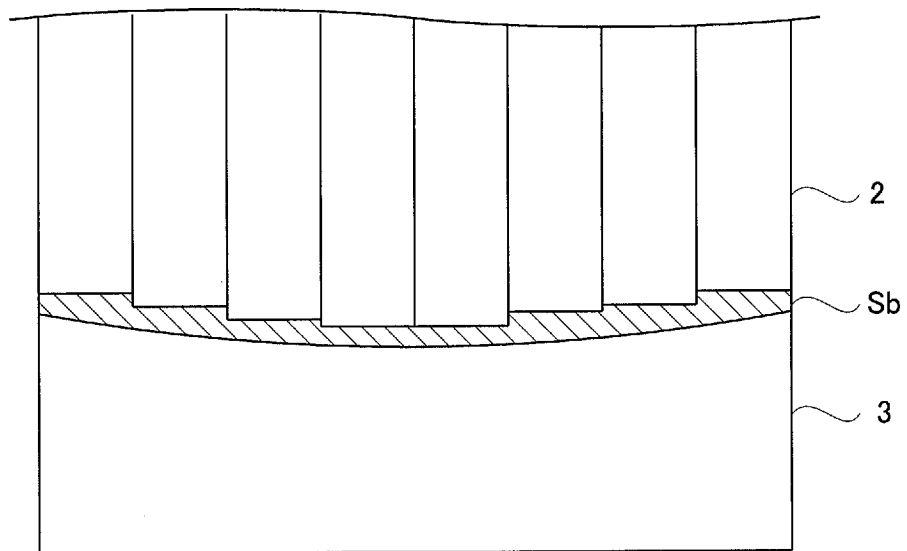
[図10]



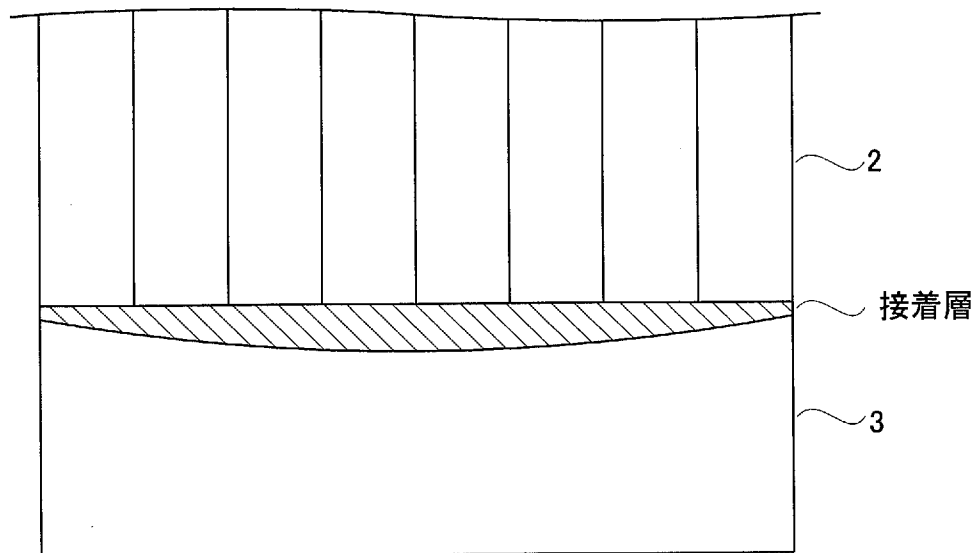
[図11]



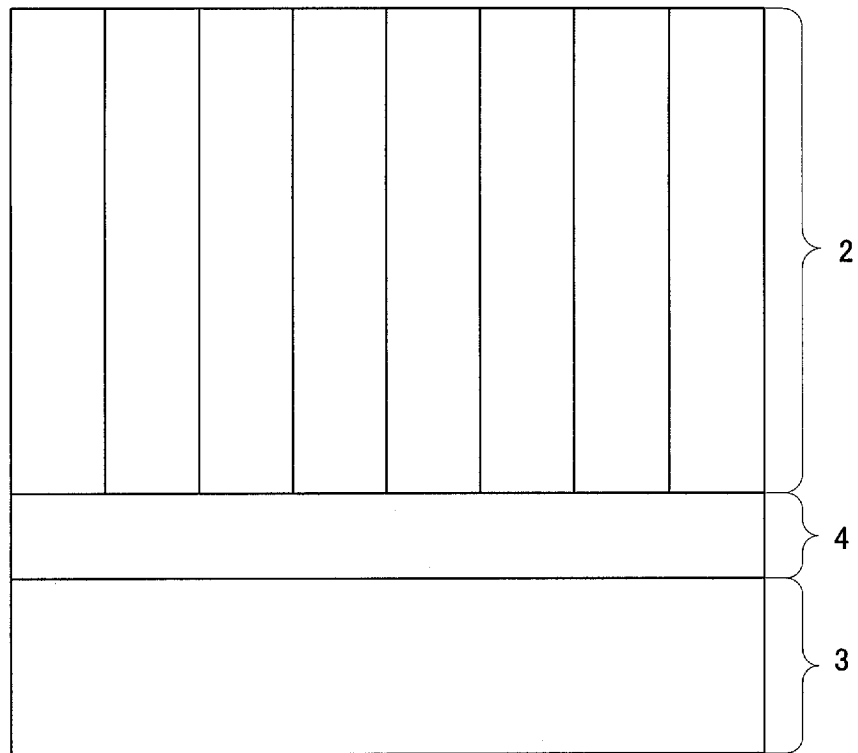
[図12]



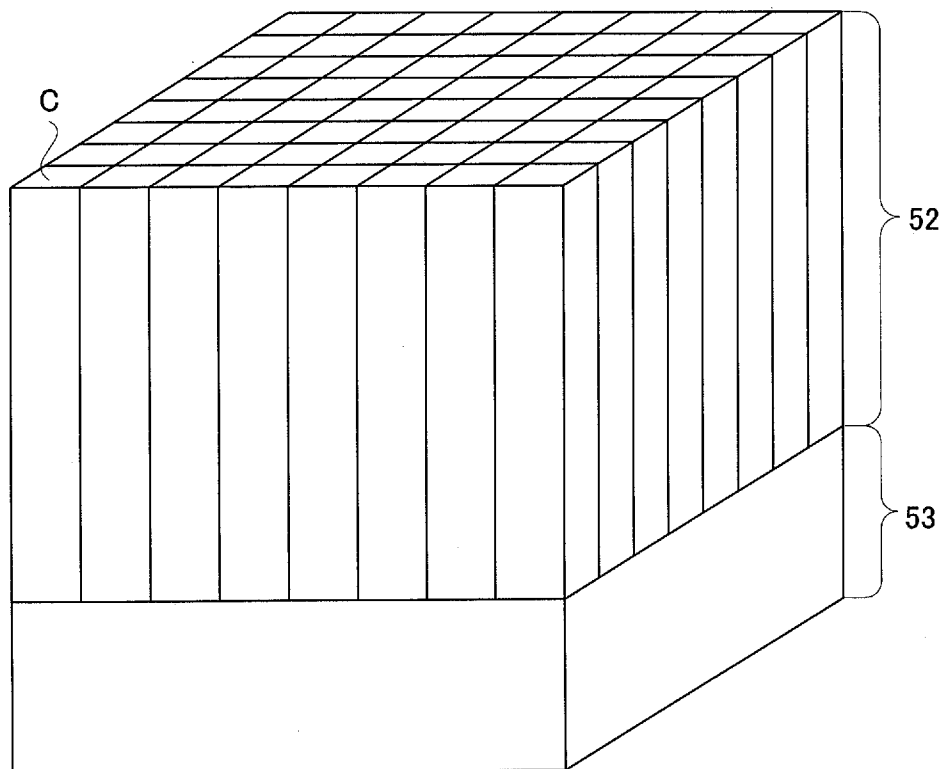
[図13]



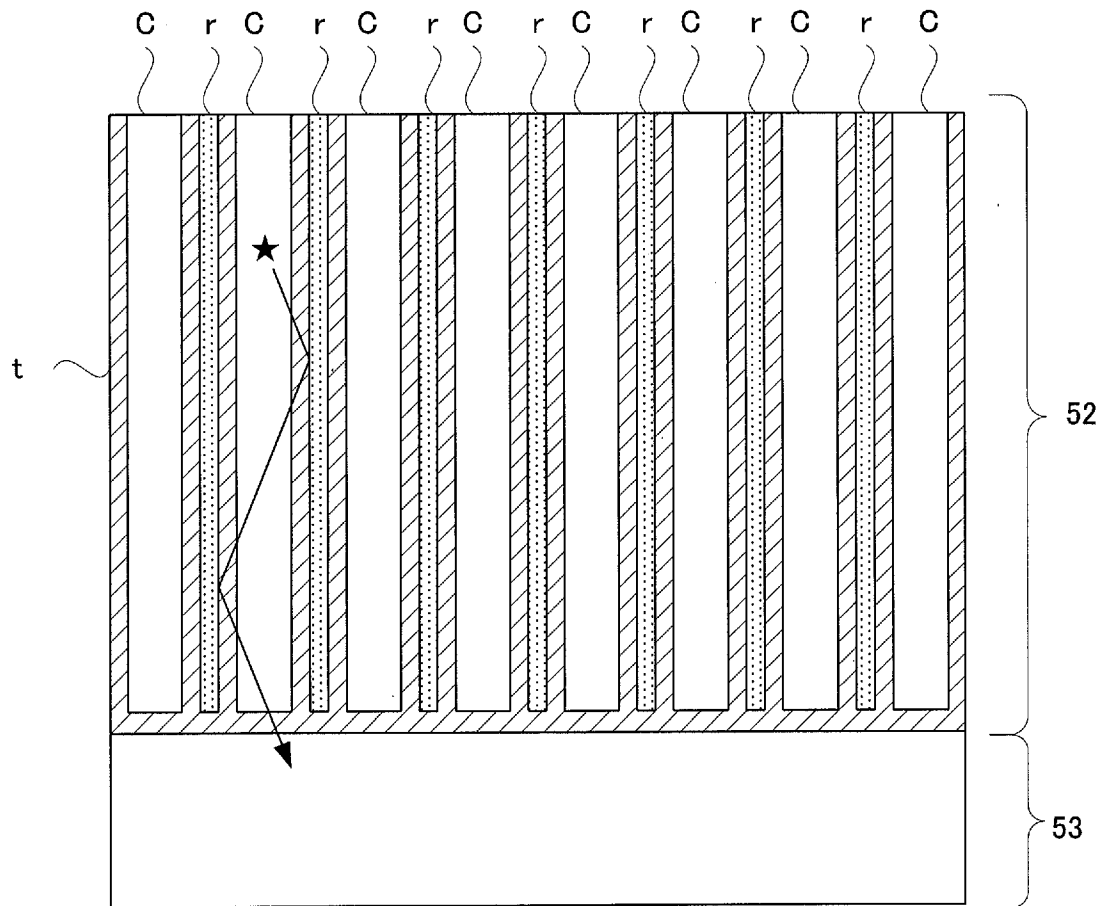
[図14]



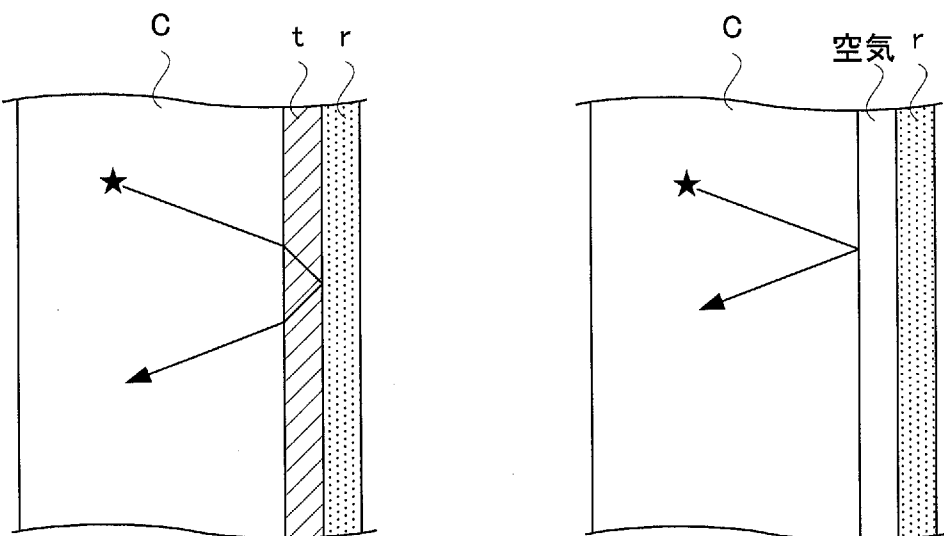
[図15]



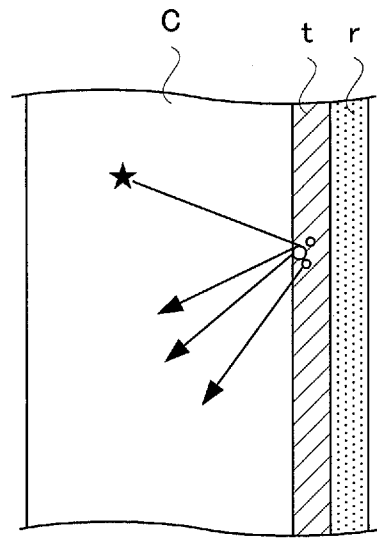
[図16]



[図17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/058850

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01T1/20(2006.01)i, G01T1/164(2006.01)i, G01T1/202(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)

G01T1/00-7/12, 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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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 2008-256479 A (Yugen Kaisha World Engineering System), 23 October 2008 (23.10.2008), paragraphs [0009] to [0018], [0039] to [0044]; fig. 1 to 2, 14 to 15, 17 to 18 (Family: none)	1-9
Y	JP 2012-194139 A (Fujifilm Corp.), 11 October 2012 (11.10.2012), paragraphs [0029], [0042], [0047]; fig. 5 (Family: none)	1-9
Y	JP 2004-233240 A (Shimadzu Corp.), 19 August 2004 (19.08.2004), paragraphs [0001], [0024] to [0027]; fig. 1 to 2 (Family: none)	9

☒ 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
23 May 2016 (23.05.16)

Date of mailing of the international search report
07 June 2016 (07.06.16)

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/JP2016/058850

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2009/101730 A1 (Shimadzu Corp.), 20 August 2009 (20.08.2009), entire text; all drawings & US 2010/0320389 A1 entire text; all drawings & EP 2244106 A1 & CN 101925834 A	1-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01T1/20(2006.01)i, G01T1/164(2006.01)i, G01T1/202(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（IPC））

Int.Cl. G01T1/00-7/12, 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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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 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 請求項の番号
Y	JP 2008-256479 A（有限会社ワールドエンジニアリングシステム） 2008.10.23, 段落[0009]-[0018], 段落[0039]-[0044], 第1-2図, 第 14-15図, 第17-18図（ファミリーなし）	1-9
Y	JP 2012-194139 A（富士フイルム株式会社）2012.10.11, 段落[0029], 段落[0042], 段落[0047], 第5図（ファミリーなし）	1-9

☒ 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
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

23.05.2016

国際調査報告の発送日

07.06.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

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）

藤原 伸二

21

9013

電話番号 03-3581-1101 内線 3272

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の 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 請求項の番号
Y	JP 2004-233240 A (株式会社島津製作所) 2004. 08. 19, 段落[0001], 段落[0024]-[0027], 第 1-2 図 (ファミリーなし)	9
A	WO 2009/101730 A1 (株式会社島津製作所) 2009. 08. 20, 全文, 全図 & US 2010/0320389 A1, 全文, 全図 & EP 2244106 A1 & CN 101925834 A	1-9