

(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
2015 年 5 月 7 日(07.05.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/064043 A1

- (51) 国際特許分類:
G01T 1/20 (2006.01) *A61B 6/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/005283
- (22) 国際出願日: 2014 年 10 月 17 日(17.10.2014)
- (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 2013-224623 2013 年 10 月 29 日(29.10.2013) JP
特願 2014-211089 2014 年 10 月 15 日(15.10.2014) JP
- (71) 出願人: キヤノン株式会社(CANON KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒1468501 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 〇 番 2 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 佐々木 慶人(SASAKI, Yoshito); 〒1468501 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 〇 番 2 号 キヤノン株式会社内 Tokyo (JP). 岡田 聡(OKADA, Satoshi); 〒1468501 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 〇 番 2 号 キヤノン株式会社内 Tokyo (JP). 猿田 尚志郎(SARUTA, Shoshiro); 〒1468501 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 〇 番 2 号 キヤノン株式会社内 Tokyo (JP). 長野 和美(NAGANO, Ka-

zumi); 〒1468501 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 〇 番 2 号 キヤノン株式会社内 Tokyo (JP). 野村 慶一(NOMURA, Keiichi); 〒1468501 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 〇 番 2 号 キヤノン株式会社内 Tokyo (JP). 石田 陽平(ISHIDA, Yohei); 〒1468501 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 〇 番 2 号 キヤノン株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 大塚 康德, 外(OHTSUKA, Yasunori et al.); 〒1020094 東京都千代田区紀尾井町 3 番 6 号 紀尾井町パークビル 7 F Tokyo (JP).

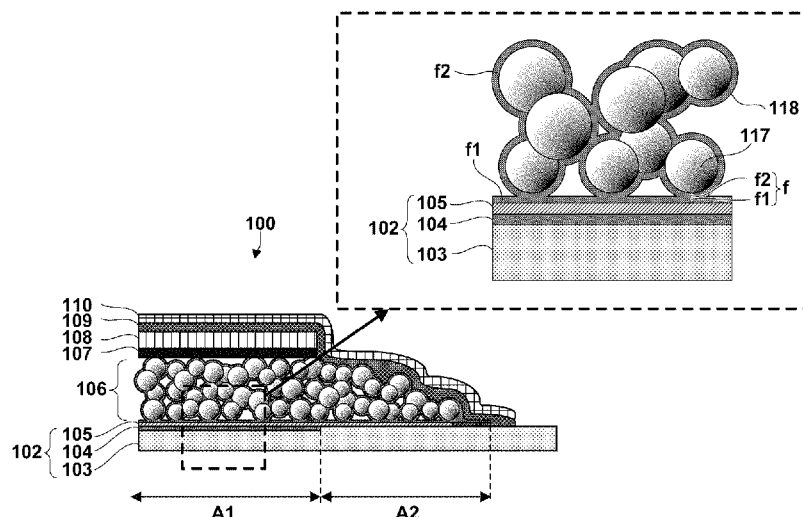
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, 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,

[続葉有]

(54) Title: RADIATION DETECTION DEVICE AND IMAGING SYSTEM

(54) 発明の名称: 放射線検出装置および撮像システム



(57) Abstract: This radiation detection device is provided with a scintillator layer that converts radiation to light and a sensor panel that has a photoelectric conversion section that detects light into which radiation was converted by the scintillator layer. The scintillator layer contains a plurality of scintillator particles that convert radiation to light and a binder that fixes said scintillator particles in place on top of the sensor panel. Said binder forms a film between the surface of the sensor panel and the scintillator particles. Said film is thicker at the periphery of the scintillator layer than in the middle thereof.

(57) 要約: 放射線検出装置は、放射線を光に変換するシンチレータ層と、前記シンチレータ層によって変換された光を検出する光電変換部を有するセンサパネルとを備える。前記シンチレータ層は、放射線を光に変換する複数のシンチレータ粒子と、前記複数のシンチレータ粒子を前記センサパネルの上に固定するバインダーとを含む。前記バインダーは、前記センサパネルの表面と前記複数のシンチレータ粒子との間に膜を形成する。前記シンチレータ層の周辺部における前記膜の厚さが前記シンチレータ層の中央部における前記膜の厚さより大きい。

WO 2015/064043 A1



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))

明 細 書

発明の名称：放射線検出装置および撮像システム

技術分野

[0001] 本発明は、放射線検出装置および撮像システムに関する。

背景技術

[0002] 放射線を光に変換するシンチレータ層と、該シンチレータ層によって光を検出する複数の光電変換素子が配置されたセンサパネルとを備える放射線検出装置が知られている。特許文献1には、有機バインダー中に蛍光体の微粒子を分散させた材料を光電変換層の表面上に塗布し乾燥させることによってシンチレータ層を形成する方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2011-22142号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 蛍光体の微粒子を分散させた材料を光電変換層の表面上に塗布し乾燥させることによってシンチレータ層を形成する方法は、生産性が高い点で優れている。しかしながら、このような方法で製造されたシンチレータ層は、光電変換層から剥がれやすいという問題がある。

本発明は、耐久性に優れた放射線検出装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0005] 本発明の1つの側面は、放射線を光に変換するシンチレータ層と、前記シンチレータ層によって変換された光を検出する光電変換部を有するセンサパネルとを備える放射線検出装置に係り、前記シンチレータ層は、放射線を光に変換する複数のシンチレータ粒子と、前記複数のシンチレータ粒子を前記センサパネルの上に固定するバインダーとを含み、前記バインダーは、前記センサパネルの表面と前記複数のシンチレータ粒子との間に膜を形成し、前

記シンチレータ層の周辺部における前記膜の厚さが前記シンチレータ層の中央部における前記膜の厚さより大きい。

発明の効果

[0006] 本発明によれば、耐久性に優れた放射線検出装置が提供される。

図面の簡単な説明

[0007] [図1A]本発明の1つの実施形態の放射線検出パネルを概略的に示す平面図。

[図1B]本発明の1つの実施形態の放射線検出パネルを概略的に示す平面図。

[図2]放射線検出パネルが組み込まれた放射線検出装置の断面図。

[図3]本発明の1つの実施形態の放射線検出パネル一部分（周辺部）を拡大した断面図。

[図4A]シンチレータ層におけるバインダーの厚さの定義を示す図。

[図4B]シンチレータ層におけるバインダーの厚さの定義を示す図。

[図4C]シンチレータ層におけるバインダーの厚さの定義を示す図。

[図5]本発明の1つの実施形態の放射線検出装置の製造方法を示す図。

[図6]本発明の1つの実施形態の放射線検出装置の製造方法を示す図。

[図7A]実施例2を示す図。

[図7B]実施例3を示す図。

[図8]ヒートサイクル試験におけるヒートサイクルを示す図。

[図9]評価結果を示す図。

[図10]本発明の1つの実施形態の放射線撮像システムを示す図。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、添付図面を参照しながら本発明をその例示的な実施形態を通して説明する。

[0009] 図1Aは、本発明の1つの実施形態の放射線検出パネル100を概略的に示す平面図、図1Bは、図1AのA-A線における放射線検出パネル100の断面図である。図2は、放射線検出パネル100が組み込まれた放射線検出装置200の断面図であり、図1Bに示す部分に対応する。図3は、図1Bの一部分（周辺部）を拡大した断面図である。

- [0010] 放射線検出パネル１００は、放射線を光に変換するシンチレータ層１０６を含む波長変換部１０１と、シンチレータ層１０６によって変換された光を検出する光電変換部１０４を含むセンサパネル１０２とを備える。放射線は、典型的には、Ｘ線であるが、 α 線、 β 線または γ 線などであってもよい。
- [0011] センサパネル１０２は、例えば、光電変換部１０４の他、センサ基板１０３と、光電変換部１０４を保護する保護層１０５と、パッド１１１とを含みうる。光電変換部１０４は、複数の画素の配列によって構成される。各画素は、光電変換素子と、光電変換素子が発生した電荷に応じた信号を読み出すためのスイッチング素子とを含みうる。センサ基板１０３は、ガラス基板などの絶縁性基板、又は、半導体基板でありうる。前者においては、光電変換部１０４の光電変換素子はセンサ基板１０３の上に形成され、後者においては、光電変換部１０４の光電変換素子はセンサ基板１０３の中に形成される。パッド１１１には、センサパネル１０２と実装基板１１４とを接続するためのフレキシブルケーブルなどの接続部１１２が接続される。
- [0012] 波長変換部１０１は、シンチレータ層１０６の他に、第１の接着層１０７、反射層１０８、第２の接着層１０９および保護層１１０を含みうる。第１の接着層１０７は、シンチレータ層１０６と反射層１０８とを結合する。第２の接着層１０９は、反射層１０８と保護層１１０とを結合する。
- [0013] シンチレータ層１０６は、放射線を光に変換する複数のシンチレータ粒子１１７と、複数のシンチレータ粒子１１７をセンサパネル１０２の上に固定するバインダー１１８とを含む。バインダー１１８は、例えば樹脂で構成される。
- [0014] 放射線検出装置２００は、放射線検出パネル１００と、実装基板１１４と、実装基板１１４を保持し保護する保護部１１５と、センサパネル１０２と保護部１１５との間に配置されたダンパー材１１３と、それらを収容する筐体１１６とを含みうる。実装基板１１４は、センサパネル１０２を制御したりセンサパネル１０２からの信号を処理したりする回路を有し、接続部１１２を介してセンサパネル１０２と接続されている。

- [0015] シンチレータ層106を構成するシンチレータ粒子117は、例えば、微量のテルビウム(Tb)が添加された硫酸化ガドリニウム(GOS:Tb)で構成される。ここで、シンチレータ層106の表面からの突出量が25 μ m以上のシンチレータ粒子117が存在すると、シンチレータ層106と第1の接着層107との間に気泡が発生し、その結果、シンチレータ層106から反射層108が剥がれやすくなり、好ましくない。シンチレータ粒子117の粒度分布の中央値が2 μ mより小さい場合、比表面積が大きくなり、付着力が低下し好ましくない。一方、シンチレータ粒子117の粒度分布の中央値が12 μ m以上である場合、シンチレータ層106と第1の接着層107との間で気泡が発生しやすくなり好ましくない。したがって、シンチレータ層106は、25 μ m以下のシンチレータ粒子117で構成され、かつ粒度分布の中央値が2 μ m以上12 μ m未満であることが好ましい。
- [0016] シンチレータ粒子117は、耐湿性、発光効率、熱プロセス耐性、残光性の観点で、一般式 $Me_2O_2S:Re$ で示される金属酸硫化物で構成されることが好ましい。ここで、MeはLa、Y、Gdのいずれか1つであり、ReはTb、Sm、Eu、Ce、Pr、Tmの少なくとも1つでる。
- [0017] シンチレータ層106を構成するバインダー118は、有機溶剤に溶解するものであり、かつチクソトロピックな特性を有するものが好ましい。具体的には、バインダー118は、エチルセルローズ、ニトロセルローズ等のセルローズ系樹脂、ポリメチルメタアクリレート等のアクリル系、ポリビニルブチラール溶剤系グレードなどのポリビニルアセタール系樹脂で構成されることが好ましい。バインダー118は、これらの樹脂の2種類以上の組み合わせで構成されてもよい。
- [0018] バインダー118は、センサパネル102の表面上に第1膜f1を形成するとともに複数のシンチレータ粒子117のそれぞれの表面上に第2膜f2を形成する。また、バインダー118は、センサパネル102の表面と複数のシンチレータ粒子117との間に膜fを形成する。膜fは、第1膜f1と第2膜f2とによって形成される。この明細書において、バインダー118

の厚さは、(a) 第1膜 f 1 の厚さ、(b) 第2膜 f 2 の厚さ、または、(c) 第1膜 f 1 と第2膜 f 2 とで形成される膜 f の厚さ、を意味する。

[0019] センサパネル 102 の表面上および各シンチレータ粒子 117 の表面上におけるバインダー 118 の厚さが薄すぎると、接着面積が小さくなり、接着力も小さくなる。したがって、接着力の観点では、センサパネル 102 の表面上および各シンチレータ粒子 117 の表面上におけるバインダー 118 の厚さは、シンチレータ層 106 の全域において、少なくとも $0.003\ \mu\text{m}$ であることが好ましい。また、別の観点において、シンチレータ粒子 117 の体積 (V_{sp}) に対するバインダー 118 の体積 (V_{bp}) の比 (V_{bp}/V_{sp}) は少なくとも 0.01 であることが好ましい。この状態以下になると、接着不良により、シンチレータ粒子 117 間で破壊が発生する。

[0020] センサパネル 102 の表面上および各シンチレータ粒子 117 の表面上のバインダー 118 の厚さが厚すぎると、シンチレータ粒子 117 とシンチレータ粒子 117 との間を通して移動する光が遮断され、感度が低下する。さらに樹脂を多くし、シンチレータ層を形成する部分の空気層が樹脂で満たされると、シンチレータ粒子 117 の充填率が低下し、大幅に感度が低下してしまう。そのため、シンチレータ粒子 117 の体積に対するバインダー 118 の体積の比 (V_{bp}/V_{sp}) は 0.57 以下であることが好ましい。感度の観点では、センサパネル 102 の表面上および各シンチレータ粒子 117 の表面上のバインダー 118 の厚さは薄い方がよい。したがって、光電変換部 104 を覆っている領域では、接着力の要求を満たす範囲で、センサパネル 102 の表面上および各シンチレータ粒子 117 の表面上のバインダー 118 の厚さは薄いことが好ましい。

[0021] 一方、シンチレータ層 106 の周辺部は、熱プロセスにおいて受ける力が内側部（周辺部の内側の部分）より大きくなる。よって、周辺部におけるセンサパネル 102 の表面上および各シンチレータ粒子 117 の表面上のバインダー 118 の厚さは、内側部におけるセンサパネル 102 の表面上および各シンチレータ粒子 117 の表面上のバインダー 118 の厚さよりも厚いこ

とが好ましい。また、別の観点において、必要な接着力を得るために、シンチレータ層 106 の周辺部において、シンチレータ粒子 117 の体積 (V_{sp}) に対するバインダー 118 の体積 (V_{bp}) の比 (V_{bp}/V_{sp}) は、0.0125 以上であることが好ましい。更に別の観点では、シンチレータ層 106 の周辺部におけるシンチレータ層 106 の単位重量に占めるバインダー 118 との重量は、シンチレータ層 106 の中央部におけるシンチレータ層 106 の単位重量に占めるバインダー 118 の重量より大きいことが好ましい。

シンチレータ粒子 117 およびバインダー 118 は、バインダー 118 を溶解する有機溶剤に添加される。これによってペーストが形成され、ペーストがセンサパネル 102 の上に塗布され、その後、乾燥工程を経てシンチレータ層 106 が形成される。有機溶剤は、バインダー 118 を溶解し、チクソトロピックな特性を有するものが好ましい。また、有機溶剤は、塗工性の観点において、飽和蒸気圧の低いものが好ましい。

[0022] シンチレータ層 106 におけるバインダー 118 の量が多ければ多いほど、第 1 膜 f1 および第 2 膜 f2 の厚さが厚くなり、シンチレータ粒子 117 とセンサパネル 102 との間、および、隣接するシンチレータ粒子 117 間の接着力が向上する。しかし、シンチレータ層 106 におけるバインダー 118 の量が多ければ多いほど、シンチレータ粒子 117 が発生した光がバインダー 118 によって吸収されやすくなる。

[0023] そこで、この実施形態では、シンチレータ層 106 における位置（あるいはセンサパネル 102 上における位置）に応じてバインダー 118 の厚さが調整される。図 4A-4C において、以降の説明の便宜のために、シンチレータ層 106 における位置（あるいはセンサパネル 102 上における位置）に応じてバインダー 118 の厚さが定義されている。

[0024] 図 4A に示されるように、シンチレータ層 106 の中央部における第 1 膜 f1 の厚さ（例えば平均厚さ）は t_{1c} 、第 2 膜 f2 の厚さ（例えば平均厚さ）は t_{2c} 、膜 f の厚さ（例えば平均厚さ）は t_c として定義される。こ

ここで、シンチレータ層 106 の中央部は、光電変換部 104 の中央部の上に位置する。図 4 B に示されるように、シンチレータ層 106 のうち光電変換部 104 の上に位置する領域における第 1 膜 f 1 の厚さ（例えば平均厚さ）は t_{1a} 、第 2 膜 f 2 の厚さ（例えば平均厚さ）は t_{2a} 、膜 f の厚さ（例えば平均厚さ）は t_a として定義される。図 4 C に示されるように、シンチレータ層 106 の周辺部における第 1 膜 f 1 の厚さ（例えば平均厚さ）は t_{1p} 、第 2 膜 f 2 の厚さ（例えば平均厚さ）は t_{2p} 、膜 f の厚さ（例えば平均厚さ）は t_p として定義される。ここで、シンチレータ層 106 の周辺部は、光電変換部 104 が配置された光電変換領域 A 1 よりも外側の領域 A 2 の上に位置する部分であり、シンチレータ層 106 の中央部は、光電変換領域 A 1 における中央部の上に位置する。

[0025] 以上の定義の下で、この実施形態では、シンチレータ層 106 の中央部とシンチレータ層 106 の周辺部とにおける膜 f に注目すれば、 $t_c < t_p$ が成り立つ。また、シンチレータ層 106 のうち光電変換部 104 上の領域とシンチレータ層 106 の周辺部とにおける膜 f に注目すれば、 $t_a < t_p$ が成り立つ。更に、シンチレータ層 106 の中央部とシンチレータ層 106 の周辺部とにおける第 1 膜 f 1 に注目すれば、 $t_{1c} < t_{1p}$ が成り立つ。また、シンチレータ層 106 のうち光電変換部 104 上の領域とシンチレータ層 106 の周辺部とにおける第 1 膜 f 1 に注目すれば、 $t_{1a} < t_{1p}$ が成り立つ。また、シンチレータ層 106 の中央部とシンチレータ層 106 の周辺部とにおける第 2 膜 f 2 に注目すれば、 $t_{2c} < t_{2p}$ が成り立つ。また、シンチレータ層 106 のうち光電変換部 104 上の領域とシンチレータ層 106 の周辺部とにおける第 2 膜 f 2 に注目すれば、 $t_{2a} < t_{2p}$ が成り立つ。

[0026] 即ち、光電変換部 104 が配置された光電変換領域 A 1 の上の領域、あるいは、光電変換領域 A 1 の中央部の上の位置では、バインダー 118 の量を減らすことによってバインダー 118 による光の吸収が小さくされる。一方、光電変換領域 A 1 の外側の領域 A 2 の上の領域では、バインダー 118 の

量を増やすことによってシンチレータ層106とセンサパネル102との接着力を高め、シンチレータ層106の剥がれが防止される。なお、特許文献1に記載された方法では、バインダーが均一に分布しているものと判断され、後述の比較例においても、そのことが確認された。

[0027] 以下、放射線検出パネル100あるいは放射線検出装置200の他の構成要素について説明する。反射層108は、シンチレータ層106が放射線から変換した光のうち光電変換部104側とは反対側に進行した光を光電変換部104に向けて反射することにより感度を向上させる。反射層108は、シンチレータ層106が発生した光以外の光（外部光）が光電変換部104に入射することを防止する機能も備える。反射層108の構成材料としては、例えば、拡散反射する機能を有する白PETが好ましい。反射層108の厚さは10 μ m以上かつ200 μ m以下であることが好ましい。反射層108の厚さが10 μ mより薄いと、シンチレータ層106より進行してきた光の一部を反射できず透過してしまい、光利用効率が低下してしまう。反射層108の厚さが200 μ m以上であると、熱一冷却プロセス時の伸縮力が強く、剥がれの原因や、シンチレータ層106の破壊につながりうる。

[0028] 第1の接着層107は、シンチレータ層106と反射層108とを結合する。第1の接着層107は、シンチレータ層106によって変換された光が通過することができるように、該光の波長について高い透過率を有する材料で構成されるべきである。

[0029] 保護層110は、シンチレータ層106を保護する他、電磁シールドとして機能しうる。保護層110は、例えば、金属箔または金属薄膜で構成される。保護層110の厚さは1 μ m以上かつ100 μ m以下であることが好ましい。保護層110の厚さが1 μ mより薄いと、保護層110の形成時にピンホール欠陥が発生しやすく、また遮光性に劣る。一方、保護層110の厚さが100 μ mを超えると、放射線の吸収量が大きくなり過ぎ、また、保護層110によって形成される段差が大きくなり過ぎる。保護層110の材料としては、例えば、アルミニウム、金、銅、アルミ合金などの金属材料を

挙げることができる。これらの中で、特に放射線透過性の高い材料であるアルミニウムが好ましい。

[0030] 実装基板 114 を保持し保護する保護部 115 は、例えば、Al、ステンレス、Mg、Cu、Zn、Sn、Zn、Ti、Mo 又はそれらの酸化物又は合金、アモルファスカーボン、炭素繊維強化材、又は、有機ポリマーによる樹脂成型物で構成されうる。筐体 116 は、実装基板 114 を保持し保護する保護部 115 と同様の物質で形成されることが好ましい。

[0031] 以下、図 5、6、7A、7B を参照しながら放射線検出装置 200 の製造方法の具体的な実施例 1-3 および比較例 1-3 を説明する。図 9 には、実施例 1-3 および比較例 1-3 がまとめられている。

[0032] (実施例 1)

まず、図 5 の工程 S510 では、光電変換部 104 が形成されたセンサ基板 103 の上にポリイミドからなる保護層材料を塗布し、これを 200℃ で硬化させることによって保護層 110 を形成した。これによってセンサ基板 103 が得られた。

[0033] 図 5 の工程 S520 に示す工程では、保護層 105 の上にシンチレータ層 106 を形成した。具体的には、溶媒（ジエチレングリコールモノブチルエーテルアセテート）にバインダー（ポリビニルブチラール）118 を溶かしたものに Gd₂O₃ からなるシンチレータ粒子 117 を混合してペーストを作成した。重量比は、シンチレータ粒子 117 : 溶媒 : バインダー 118 = 89 : 10 : 1 とした。ペーストを真空脱泡した後にスリットコーターによってセンサパネル 102 上に塗工し、110℃ で、30 分乾燥させた。この時、あらかじめ 110℃ に加熱されたネオセラム製のセッターを炉内に設置し、そのセッター上に上記ペーストが塗工されたセンサパネル 102 が直接接触するように設置した。そして、110℃ の熱風をセンサパネル 102 と平行な方向に流し、蒸発した蒸気が滞留しないようにした。上記熱風は炉の一方の側面から均等な風速で噴射し、炉の反対側の側面より出て行く。

[0034] 以上のような方法において、ペースト（ペースト状のシンチレータ層 10

6) は、センサパネル 102 と接触している部分の端部から乾燥し始める。そして、乾燥した部分におけるシンチレータ粒子 117 間の隙間には、未乾燥の溶媒およびバインダー 118 が毛細管現象により侵入する。このような現象を経ることによって、図 4A-4C に模式的に示されているように、シンチレータ層 106 の周辺部における膜 f の厚さ t_p が、シンチレータ層 106 の中央部における膜 f の厚さ t_c より厚くなる。また、シンチレータ層 106 の周辺部における膜 f の厚さ t_p が、シンチレータ層 106 のうち光電変換部 104 の上に位置する領域における膜 f の厚さ t_a より厚くなる。更に、シンチレータ層 106 の周辺部における第 1 膜 f1 の厚さ t_{1p} が、シンチレータ層 106 の中央部における第 1 膜 f1 の厚さ t_{1c} より厚くなる。また、シンチレータ層 106 の周辺部における第 1 膜 f1 の厚さ t_{1p} が、シンチレータ層 106 のうち光電変換部 104 の上に位置する領域における第 1 膜 f1 の厚さ t_{1a} より厚くなる。同様に、シンチレータ層 106 の周辺部における第 2 膜 f2 の厚さ t_{2p} が、シンチレータ層 106 の中央部における第 2 膜 f2 の厚さ t_{2c} より厚くなる。また、シンチレータ層 106 の周辺部における第 2 膜 f2 の厚さ t_{2p} が、シンチレータ層 106 のうち光電変換部 104 の上に位置する領域における第 2 膜 f2 の厚さ t_{2a} より厚くなる。この時、中央部のシンチレータ粒子 117 の体積 (V_{sp}) に対するバインダー 118 の体積 (V_{bp}) の比 (V_{bp}/V_{sp}) は 0.07、端部は 0.33 であった。

[0035] 図 5 の工程 S530 では、保護層 110 として、PET からなる層に A1 からなる反射層が積層されたフィルム状シートを準備した。そして、保護層 110 に、拡散反射性を有する反射層 (125 μ m 厚の白 PET シート) 108 を、第 2 の接着層 109 を介して接着した。そして、反射層 108 の上に第 1 の接着層 107 を接着した。これによって積層構造のシートを得た。図 5 の工程 S540 では、シンチレータ層 106 を覆うように第 1 の接着層 107 によってシートを接着した。

[0036] 図 6 の工程 S550 では、センサ基板 103 にパッド 111 を形成し、パ

ッド111に接続部112を熱圧着した。これにより、放射線検出パネル100が形成された。図6の工程S560では、放射線検出パネル100を、ダンパー材113を介して、保護部115に接着した。図6の工程S570では、接続部112を実装基板114に接続し、放射線検出パネル100、ダンパー材113および保護部115を含む構造体を筐体116で覆った。

[0037] 以上の製造方法に従って放射線検出装置200を製造し、次のような評価を行った。

[0038] <バインダーの膜厚の測定>

バインダー118の膜厚の評価を以下の方法により行った。

[0039] シンチレータ層106が形成されたセンサパネル102を断面が見えるよう切断し、その表面をSEMで観察した。SEM画像において、シンチレータ層106とセンサパネル102との界面においてバインダー118の厚さ（即ち第1膜f1の厚さ）、および、各シンチレータ粒子117の表面上のバインダー118の厚さ（即ち第2膜f2の厚さ）を測定した。中央部の第1膜f1の厚さf1cおよび第2膜の厚さf2cは0.02μmであった。周辺部の第1膜f1の厚さf1pおよび第2膜f2の厚さf2pは0.15μmであった。

[0040] また、シンチレータ層106の周辺部は、内側から外側に向かって厚さが小さくなっていた。即ち、シンチレータ層106の周辺部は傾斜した構造を有していた。

[0041] <感度の評価>

感度の評価を以下の方法により行った。

[0042] 放射線検出装置200を評価装置にセットし、放射線検出装置200とX線源との間に軟X線除去用の20mmAlフィルターをセットした。次いで、放射線検出装置200とX線源との距離を130cmに調整し、放射線検出装置200を電気駆動系に接続した。この状態で管電圧80kV、管電流250mA、50msでX線パルスを実行した。この方法により測定した実施例1の感度は3850LSBであった。

[0043] <ヒートサイクル試験>

膜面強度が実用に耐えられるか否かを判断するために、温度 50℃/湿度 60%と、温度 -30℃/湿度 0%とを繰り返すヒートサイクル試験を実施した。ヒートサイクル試験の温度/湿度履歴を図 8 に示す。また、試験条件を変更（温度 50℃→60℃、70℃）した時の評価も合わせて行った。この耐久試験において、50℃/-30℃のサイクル試験と 60℃/-30℃のサイクル試験においては、シンチレータ層 106 の剥離は生じなかった。

[0044] (実施例 2)

実施例 1 におけるバインダー 118 の重量を 10%増加させたペーストを準備し、シンチレータ層 106 を形成すべき領域の最外周部にディスペンサーを用いて塗布した。その後、実施例 1 で用いたペーストをスリットコーターによって前記最外周部の内側に塗工した。その後、熱風によって 110℃で 30 分にわたってペーストを乾燥させシンチレータ層 106 を形成した。他の条件は、実施例 1 と同じとした。

[0045] 以上の製造方法により、図 7 A に模式的に示される構造が得られた。シンチレータ層 106 の周辺部は、シンチレータ粒子 117 が存在しない第 1 領域 701 と、第 1 領域 701 の外側に位置しシンチレータ粒子 117 が存在する第 2 領域 702 とを含んでいた。また、シンチレータ層 106 の周辺部は、内側から外側に向かって厚さが小さくなっていた。即ち、シンチレータ層 106 の周辺部は傾斜した構造を有していた。

[0046] 評価の結果、中央部の第 1 膜 f1 の厚さ f1c および第 2 膜の厚さ f2c は 0.02 μm であった。周辺部の第 1 膜 f1 の厚さ f1p および第 2 膜 f2 の厚さ f2p は 0.165 μm であった。この時、中央部のシンチレータ粒子 117 の体積 (Vsp) に対するバインダー 118 の体積 (Vbp) の比 (Vbp/Vsp) は 0.07、端部は 0.40 であった。感度は 3900 LSB であった。ヒートサイクル試験では、70℃/-30℃のサイクル試験においても、シンチレータ層 106 の剥離は生じなかった。

[0047] (実施例3)

実施例1と同様のペーストを準備し、スリットコーターによってセンサパネル102上に塗布した。その後、実施例1と同様の乾燥方法で、90℃で、60分乾燥させた。

[0048] 以上の製造方法により、図7Bに模式的に示される構造が得られた。シンチレータ層106の周辺部の最外周部703は、シンチレータ層106の内側から外側に向かう方向におけるバインダー118の幅がバインダー118の厚さより大きく、かつ、シンチレータ粒子117が存在しない領域であった。また、シンチレータ層106の周辺部は、内側から外側に向かって厚さが小さくなっていた。即ち、シンチレータ層106の周辺部は傾斜した構造を有していた。この時、中央部のシンチレータ粒子117の体積(V_{sp})に対するバインダー118の体積(V_{bp})の比(V_{bp}/V_{sp})は0.07、端部は0.35であった。

[0049] 評価の結果、中央部の第1膜f1の厚さf1cおよび第2膜の厚さf2cは0.02 μm であった。周辺部の第1膜f1の厚さf1pおよび第2膜f2の厚さf2pは0.15 μm であった。感度は3850 L S Bであった。ヒートサイクル試験では、70℃/−30℃のサイクル試験においても、シンチレータ層106の剥離は生じなかった。

(比較例1)

特開2011-22142号公報に記載されたように、シンチレータ層の形成方法として、増感紙の製造工程において台紙にペーストを塗布する工程と同様な工程を採用した。詳細には、ロールコーター、ナイフコーターでペーストを塗布し、それを熱風乾燥により乾燥させた。これを評価した結果、シンチレータ粒子同士、および、シンチレータ粒子とセンサパネルとを接合しているバインダーの厚さは、中央部、周辺部ともに0.1 μm であった。他の製造工程は実施例1と同様の工程で放射線検出装置を製造し、評価を行った。

[0050] 管電圧80 k V、管電流250 mA、50 msでX線パルスを実行し

て測定した感度は3600LSBであった。ヒートサイクル試験では、60℃／－30℃のサイクル試験において、シンチレータ層の端部に剥離が生じた。

(比較例2)

比較例1におけるペースト中のバインダーの比率を変更した。他の製造工程は比較例1と同様である。評価の結果、感度は3850LSBであった。ヒートサイクル試験では、50℃／－30℃のサイクル試験において、シンチレータ層の端部に剥離が生じた。

[0051] (比較例3)

シンチレータ層の形成方法として、増感紙の製造工程に従って、センサパネルにスクリーン印刷法を用いペーストを塗布した。印刷後は15分のレベリング後、IR加熱炉中120℃で45分間の乾燥を行った。室温まで冷却後、更に同様のスクリーン印刷を2回繰り返し実施した。他の製造工程は比較例1と同様である。評価の結果、感度は3700LSBであった。ヒートサイクル試験では70℃／－30℃のサイクル試験において、シンチレータ層の端部に剥離が生じた。

[0052] (放射線撮像システムへの適用例)

上述の放射線検出装置200は、放射線検査装置等に代表される撮像システムに適用されうる。撮像システムは、例えば、放射線検出装置200を含む撮像装置と、イメージプロセッサ等を含む信号処理部と、ディスプレイ等を含む表示部と、放射線を発生させるための放射線源と、を備える。

[0053] 代表的な撮像システムの例として図10に示されるように、X線チューブ6050で発生したX線6060は、患者等の被検者6061の胸部6062を透過し、撮像装置6040に入射する。入射したX線6060には被検者6061の体内部の情報が含まれている。撮像装置6040では、入射したX線6060に応じた電気的情報が得られる。その後、この情報はデジタル変換され、イメージプロセッサ6070（信号処理部）により画像処理され、コントロールルーム（制御室）のディスプレイ6080（表示部）によ

り検査結果として表示されうる。また、この情報は電話、L A N、インターネット等のネットワーク 6 0 9 0（伝送処理手段）により遠隔地へ転送されうる。これにより、この情報をドクタールーム等の別の場所におけるディスプレイ 6 0 8 1 に検査結果として表示し、遠隔地の医師が診断することが可能である。また、この情報および検査結果を、例えば、光ディスク等に保存することもできるし、フィルムプロセッサ 6 1 0 0 によってフィルム 6 1 1 0 等の記録媒体に記録することもできる。

[0054] 本願は、2 0 1 3 年 1 0 月 2 9 日に出願された日本国特許出願特願 2 0 1 3 - 2 2 4 6 2 3 号および 2 0 1 4 年 1 0 月 1 5 日に出願された日本国特許出願特願 2 0 1 4 - 2 1 1 0 8 9 号を基礎として優先権を主張するものであり、その記載内容の全てを、ここに援用する。

請求の範囲

- [請求項1] 放射線を光に変換するシンチレータ層と、前記シンチレータ層によって変換された光を検出する光電変換部を有するセンサパネルとを備える放射線検出装置であって、
前記シンチレータ層は、放射線を光に変換する複数のシンチレータ粒子と、前記複数のシンチレータ粒子を前記センサパネルの上に固定するバインダーとを含み、
前記バインダーは、前記センサパネルの表面と前記複数のシンチレータ粒子との間に膜を形成し、
前記シンチレータ層の周辺部における前記膜の厚さが前記シンチレータ層の中央部における前記膜の厚さより大きい、
ことを特徴とする放射線検出装置。
- [請求項2] 前記バインダーは、前記センサパネルの表面上に第1膜を形成するとともに前記複数のシンチレータ粒子のそれぞれの表面上に第2膜を形成し、
前記膜は、前記センサパネルの表面と前記複数のシンチレータ粒子との間で前記第1膜と前記第2膜とによって形成され、
前記シンチレータ層の周辺部における前記第1膜の厚さが前記シンチレータ層の中央部における前記第1膜の厚さより大きい、
ことを特徴とする請求項1に記載の放射線検出装置。
- [請求項3] 前記周辺部における前記第2膜の厚さが前記中央部における前記第2膜の厚さより大きい、
ことを特徴とする請求項2に記載の放射線検出装置。
- [請求項4] 前記周辺部は、前記光電変換部が配置された光電変換領域よりも外側の領域の上に位置する部分であり、前記中央部は、前記光電変換領域における中央部の上に位置する、
ことを特徴とする請求項2又は3に記載の放射線検出装置。
- [請求項5] 前記光電変換部が配置された光電変換領域よりも外側の領域の上に位

置する領域における前記第1膜の厚さが前記光電変換領域の上に位置する領域における前記第1膜の厚さより大きい、
ことを特徴とする請求項2乃至4のいずれか1項に記載の放射線検出装置。

[請求項6] 前記光電変換領域よりも外側の領域の上に位置する領域における前記第2膜の厚さが前記光電変換領域の上に位置する領域における前記第2膜の厚さより大きい、
ことを特徴とする請求項5に記載の放射線検出装置。

[請求項7] 前記周辺部において、前記シンチレータ粒子の体積 (V_{sp}) に対する前記バインダーの体積 (V_{bp}) の比 (V_{bp}/V_{sp}) が0.0125以上である、
ことを特徴とする請求項4に記載の放射線検出装置。

[請求項8] 前記周辺部における前記シンチレータ層の単位重量に占める前記バインダーとの重量は、前記中央部における前記シンチレータ層の単位重量に占める前記バインダーの重量より大きい、
ことを特徴とする請求項1乃至7のいずれか1項に記載の放射線検出装置。

[請求項9] 前記周辺部は、前記シンチレータ粒子が存在しない第1領域と、前記第1領域の外側に位置し前記シンチレータ粒子が存在する第2領域とを含む、
ことを特徴とする請求項1乃至8のいずれか1項に記載の放射線検出装置。

[請求項10] 前記周辺部における最外周部は、前記シンチレータ層の内側から外側に向かう方向における前記バインダーの幅が前記バインダーの厚さより大きく、かつ、前記シンチレータ粒子が存在しない領域である、
ことを特徴とする請求項1乃至8のいずれか1項に記載の放射線検出装置。

[請求項11] 前記周辺部は、内側から外側に向かって前記シンチレータ層の厚さが

小さくなった部分を含む、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 1 0 のいずれか 1 項に記載の放射線検出装置。

[請求項12] 前記シンチレータ層の上に配置された反射層を更に備える、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 1 1 のいずれか 1 項に記載の放射線検出装置。

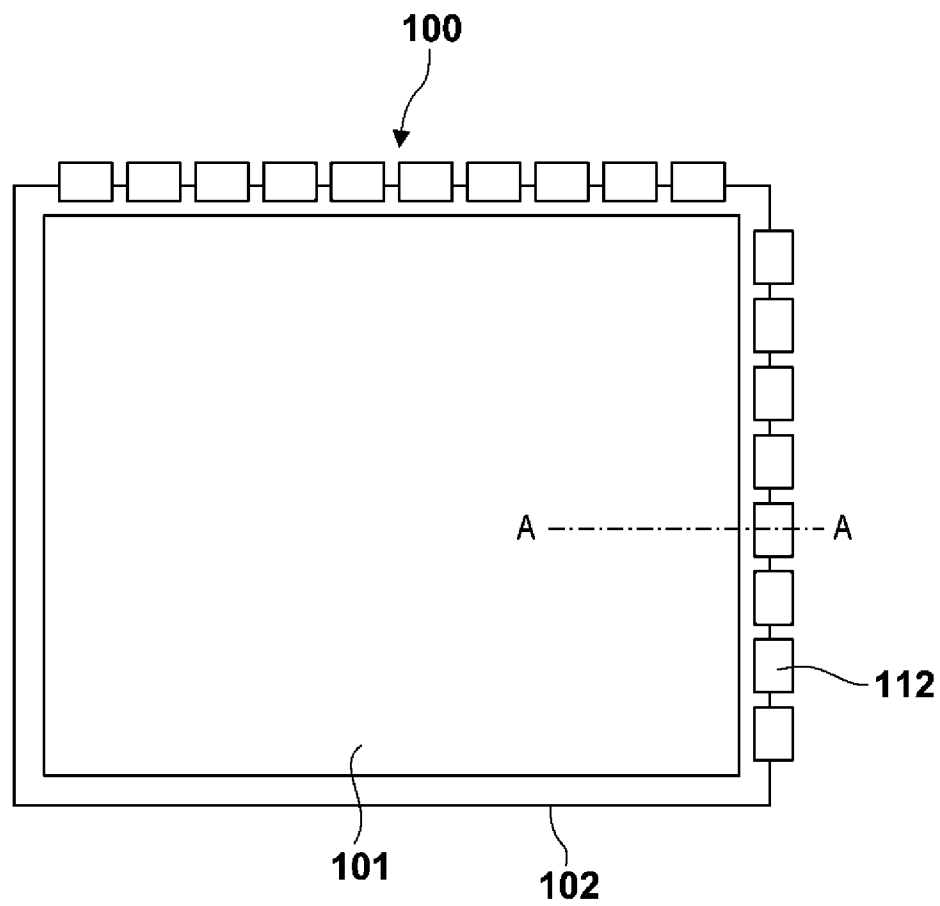
[請求項13] 前記反射層は、光を拡散反射するように構成されている、

ことを特徴とする請求項 1 2 に記載の放射線検出装置。

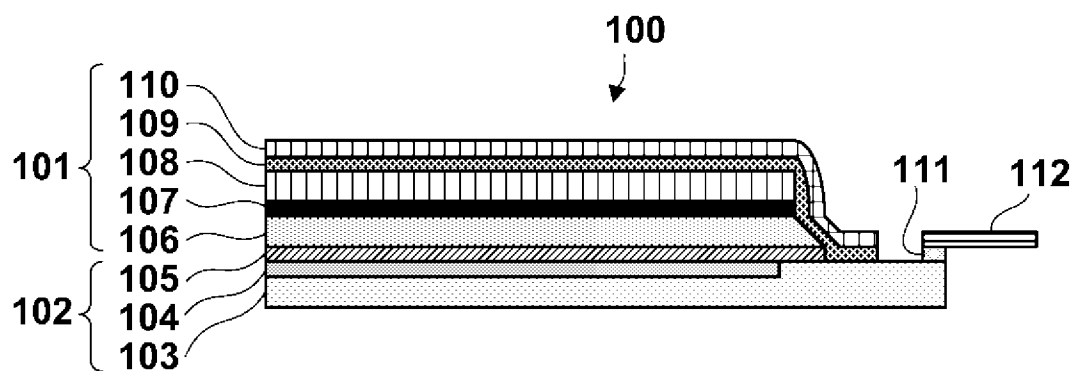
[請求項14] 放射線を発生する放射線源と、

請求項 1 乃至 1 3 のいずれか 1 項に記載の放射線検出装置と、
を備えることを特徴とする撮像システム。

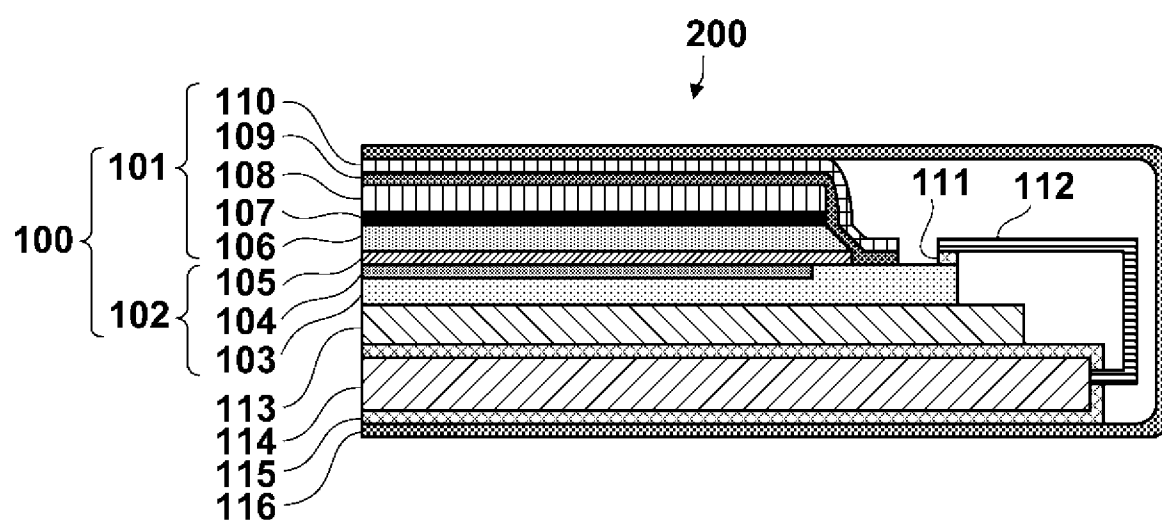
[図1A]



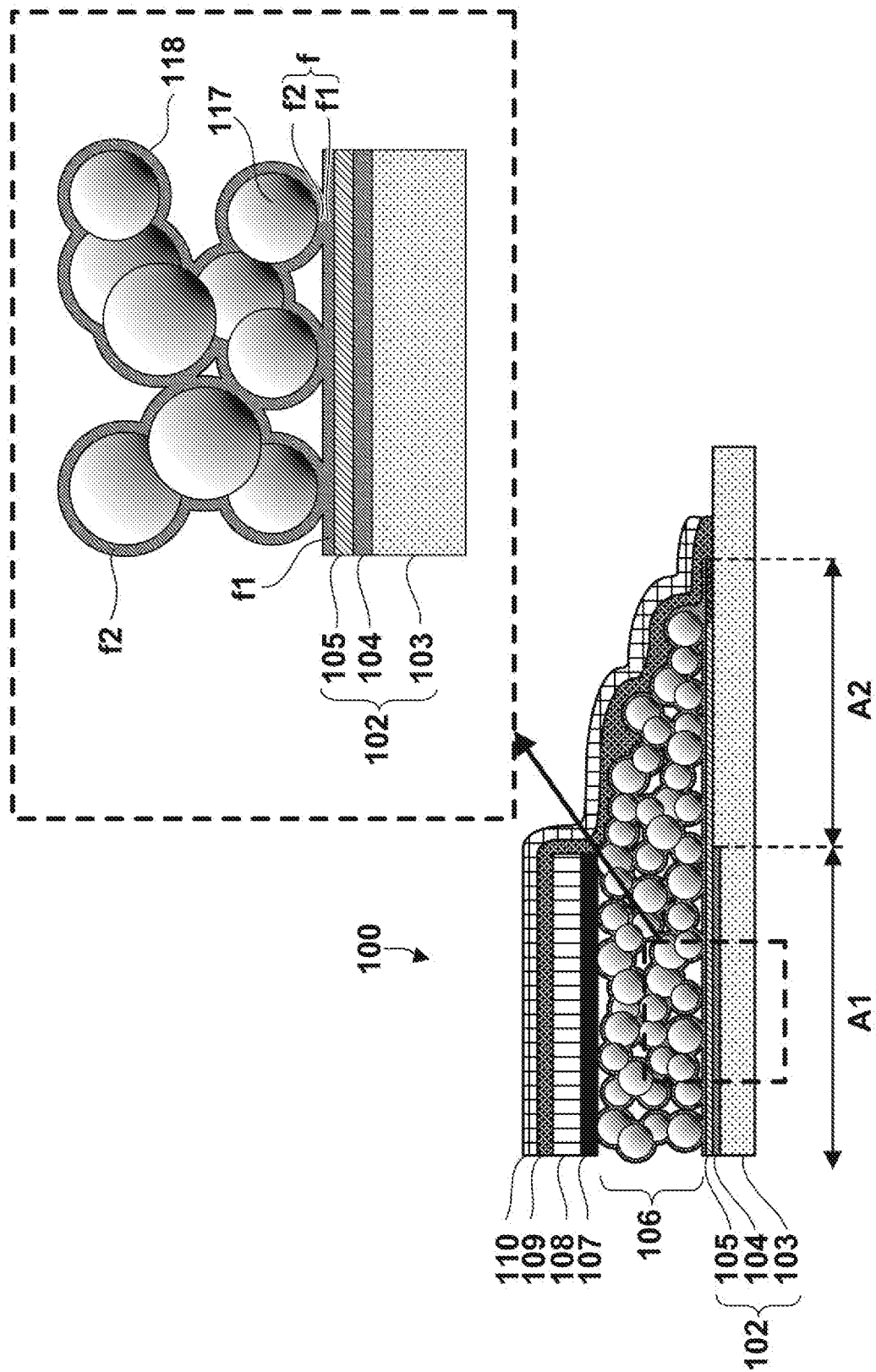
[図1B]



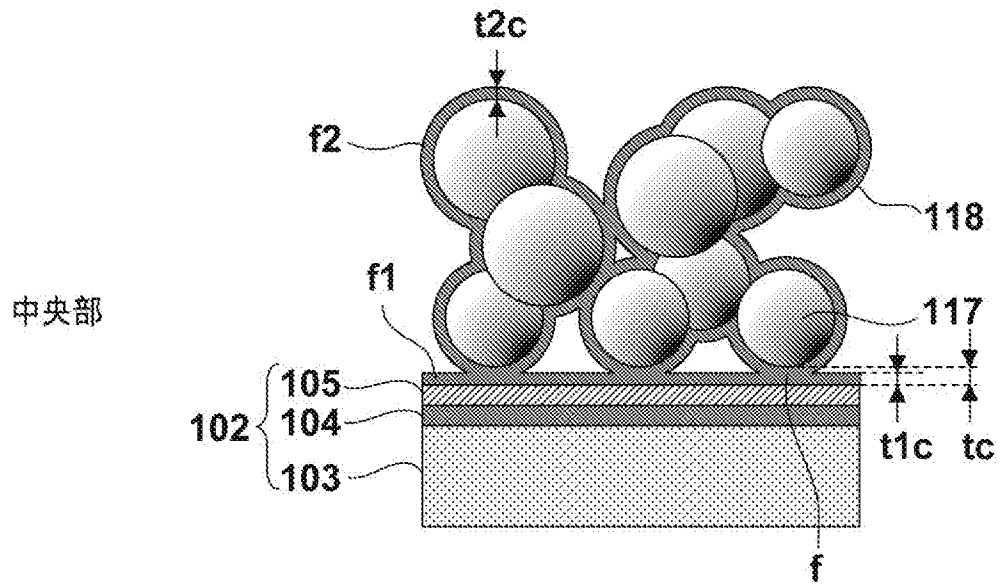
[図2]



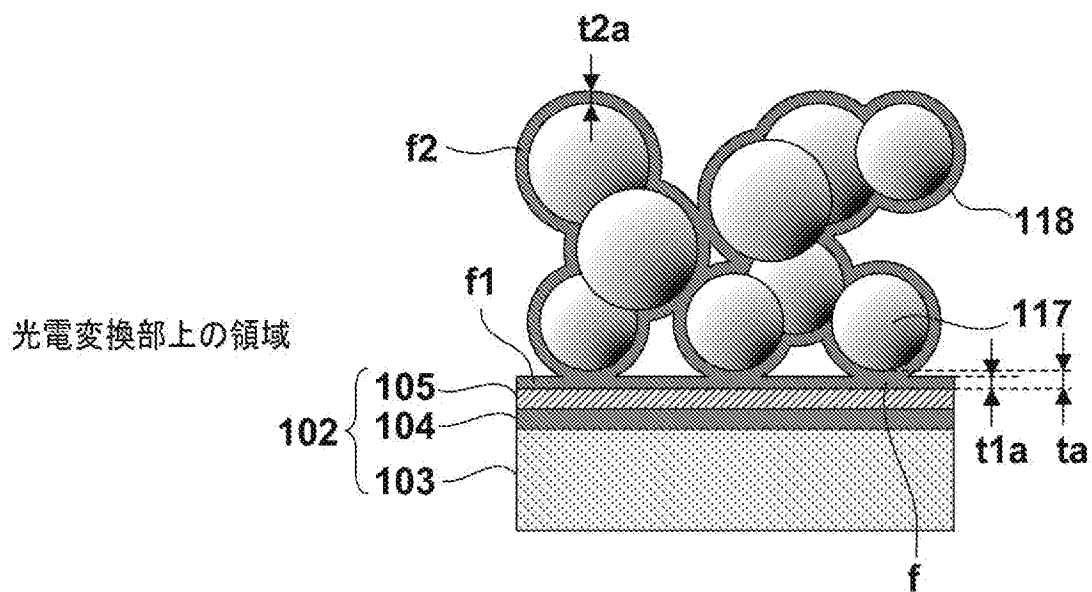
[図3]



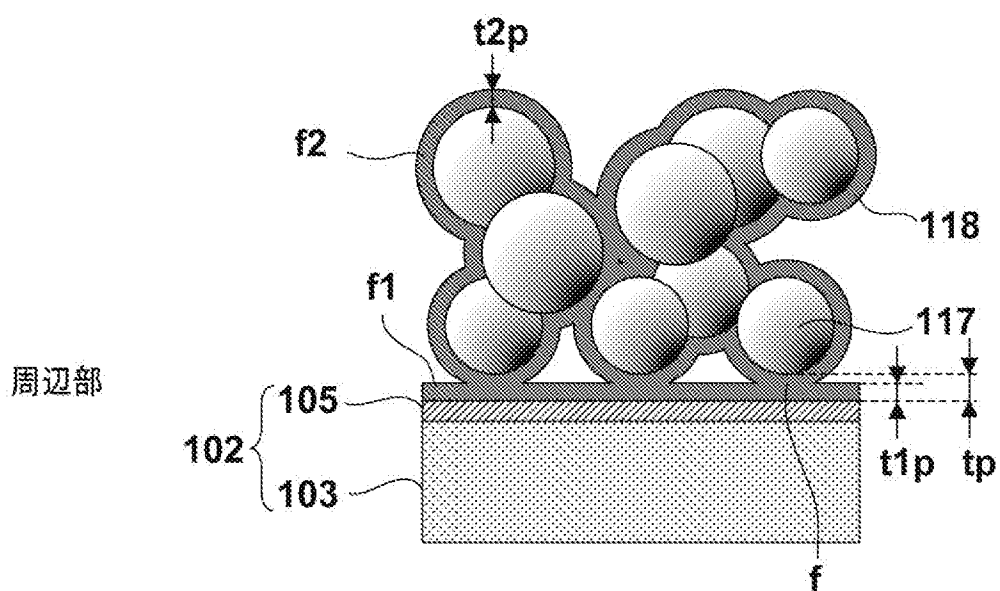
[図4A]



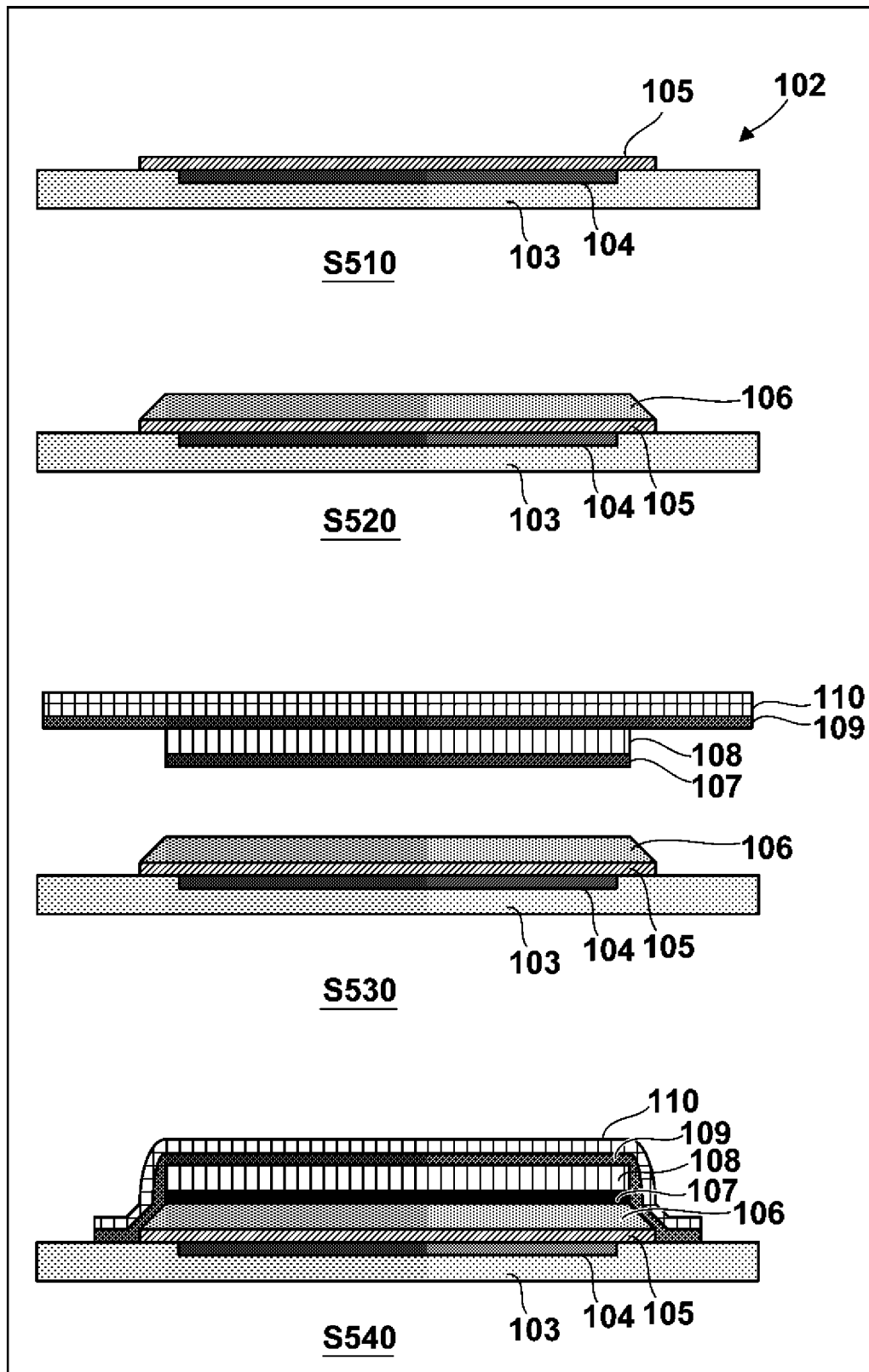
[図4B]



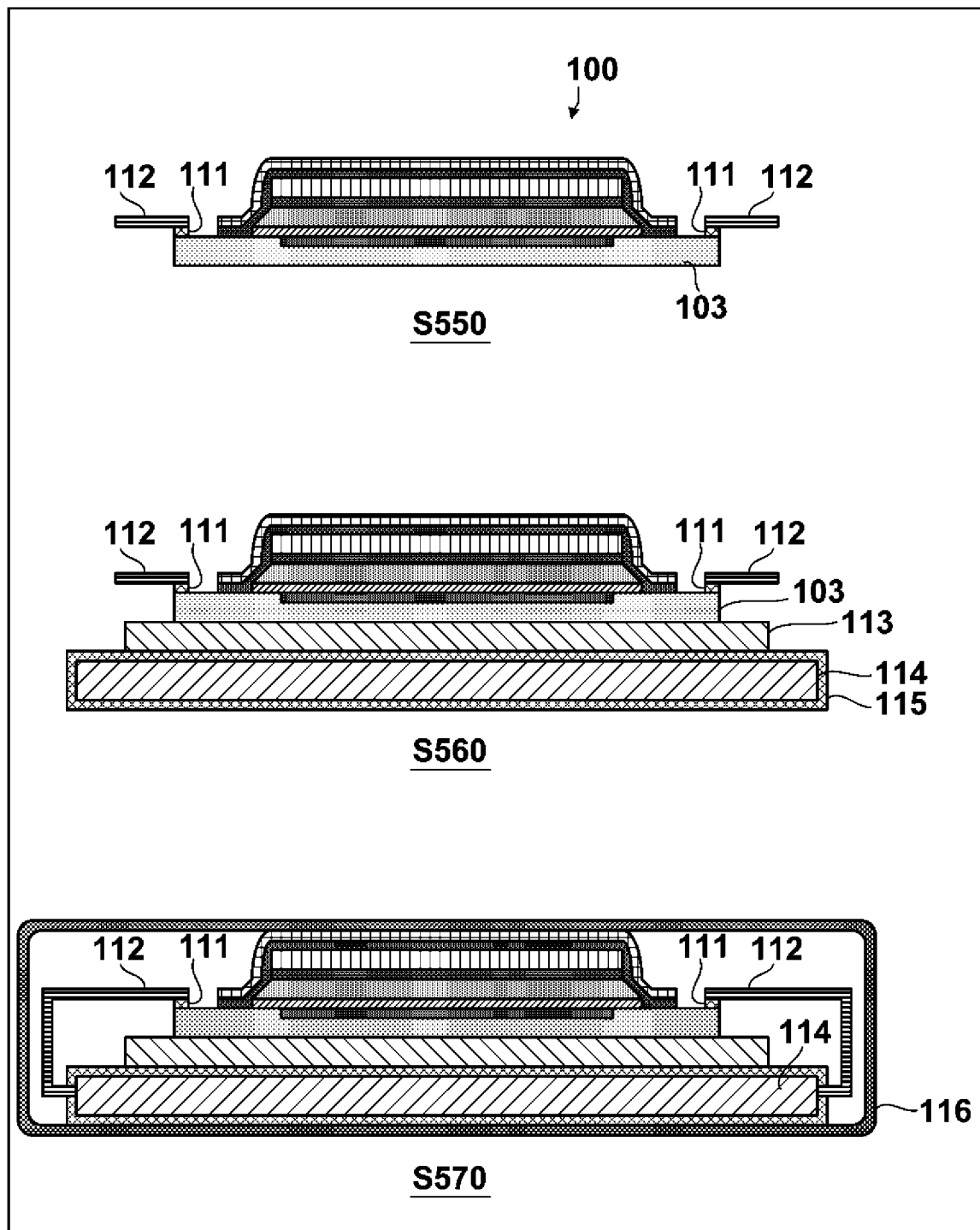
[図4C]



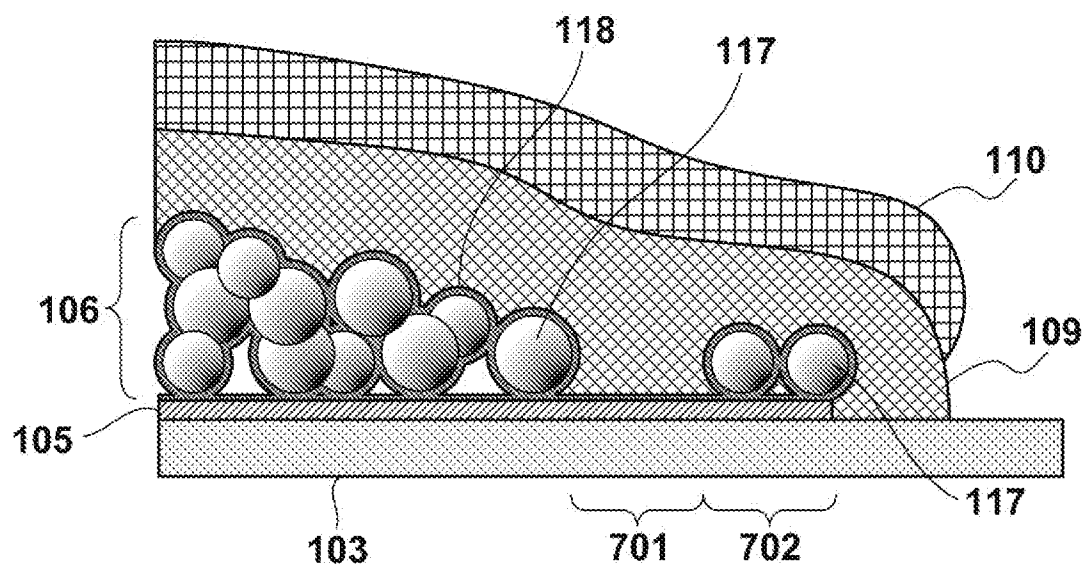
[図5]



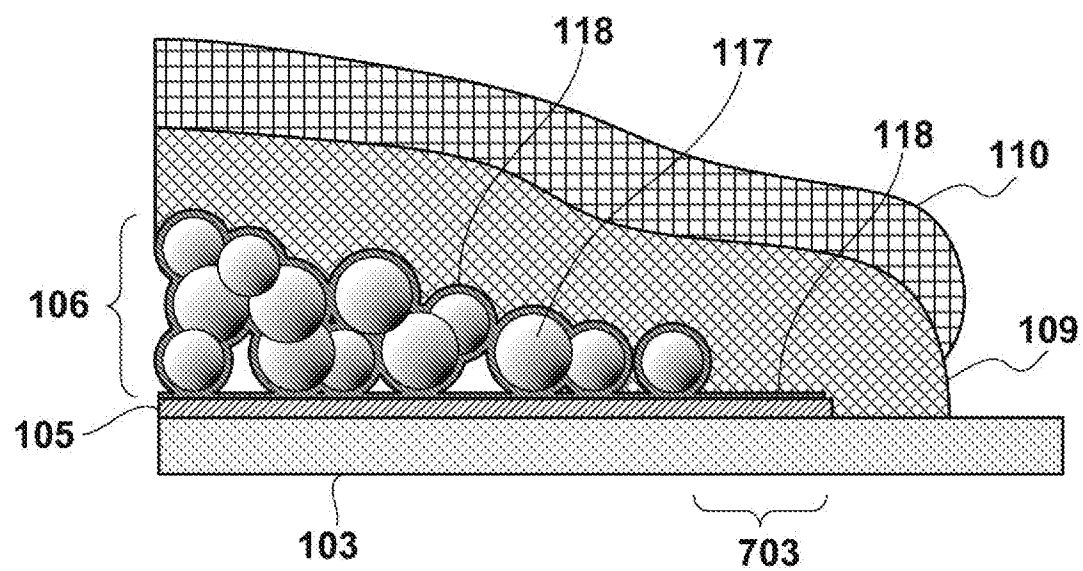
[図6]



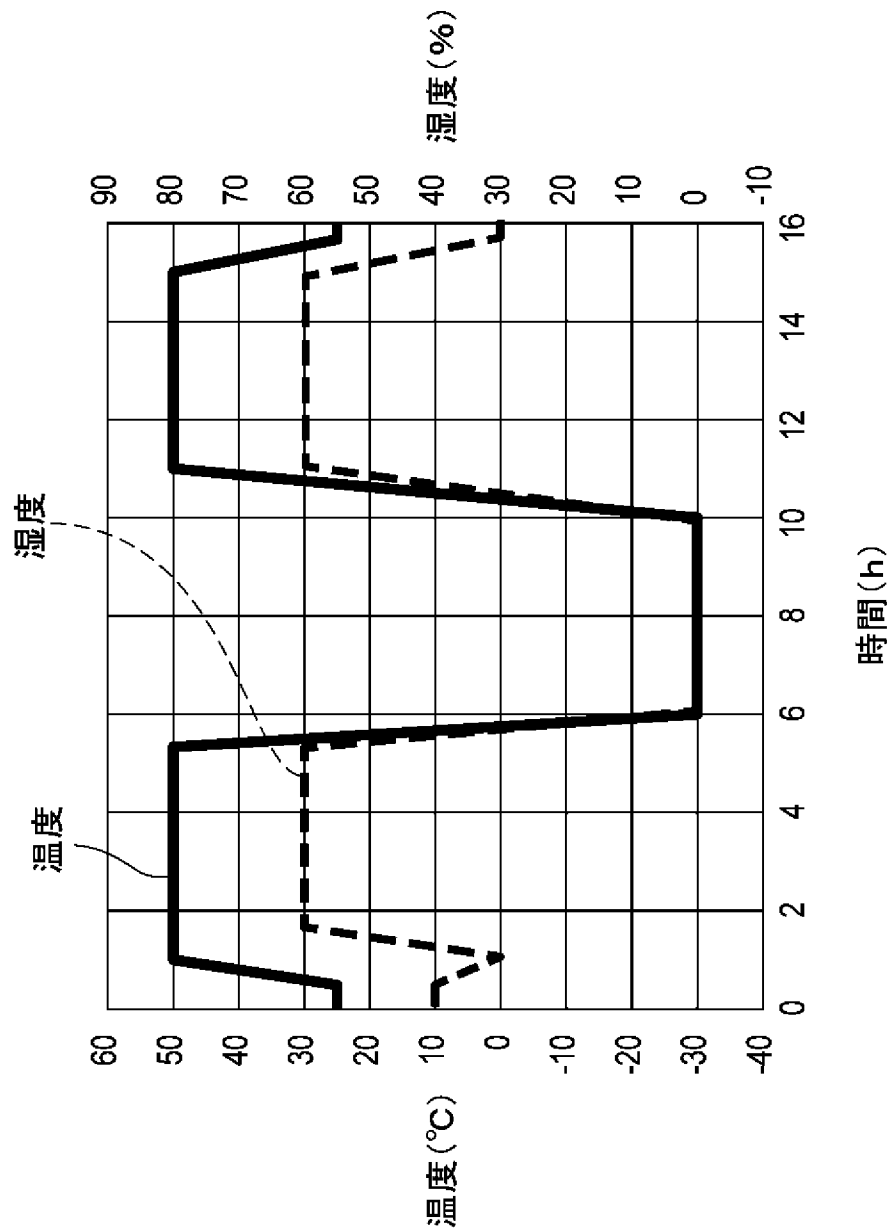
[図7A]



[図7B]



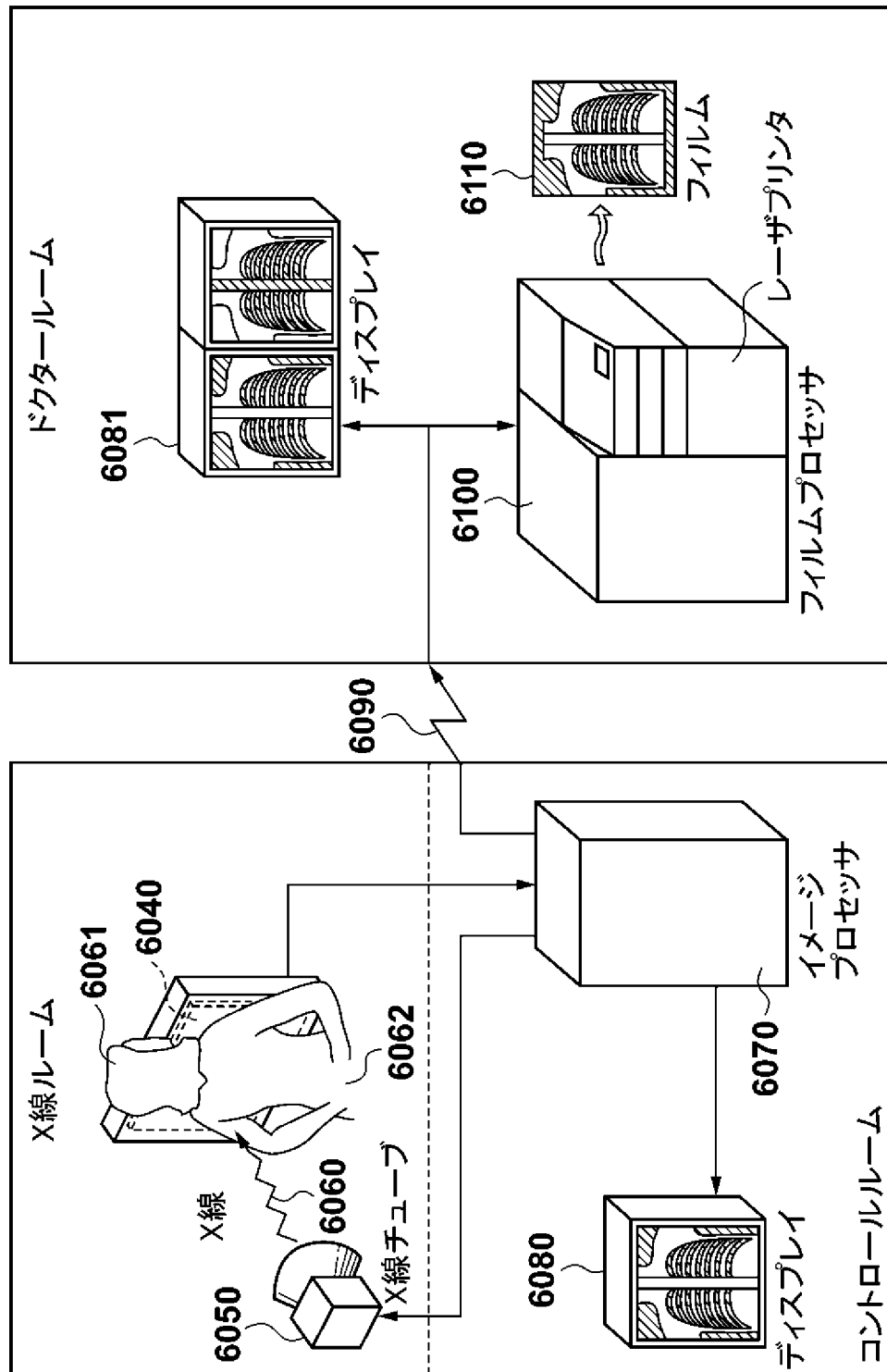
[図8]



[図9]

	バインダーの 厚さ(μm) (中央部)	バインダーの 厚さ(μm) (周辺部)	シンチレータ層の 周辺部の構造	感度評価	ヒートサイクル試験		
					50°C/-30°C	60°C/-30°C	70°C/-30°C
実施例1	0.02	0.15	傾斜あり	3850	○	○	×
実施例2	0.02	0.15	傾斜あり バインダーのみの部分の 外側にシンチレータ粒子あり	3900	○	○	○
実施例3	0.02	0.15	傾斜あり 端部にバインダーのみの 部分あり	3850	○	○	○
比較例1	0.1	0.1	傾斜なし	3600	○	×	×
比較例2	0.02	0.02	傾斜なし	3850	×	×	×
比較例3	0.08	0.08	傾斜なし	3700	○	○	×

[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/005283

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01T1/20(2006.01)i, A61B6/00(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, A61B6/00, 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.
A	JP 2013-15353 A (Toshiba Corp.), 24 January 2013 (24.01.2013), entire text; all drawings (Family: none)	1-14
A	JP 2007-248283 A (Toshiba Corp.), 27 September 2007 (27.09.2007), entire text; all drawings (Family: none)	1-14
A	JP 2-116799 A (Kasei Optonix, Ltd.), 01 May 1990 (01.05.1990), entire text; all drawings & US 4979200 A	1-14

☐ 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
07 January 2015 (07.01.15)

Date of mailing of the international search report
20 January 2015 (20.01.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

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, A61B6/00(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（IPC））

Int.Cl. G01T1/20, A61B6/00, 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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2015年
日本国実用新案登録公報	1996-2015年
日本国登録実用新案公報	1994-2015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
A	JP 2013-15353 A（株式会社東芝）2013.01.24, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-14
A	JP 2007-248283 A（株式会社東芝）2007.09.27, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-14
A	JP 2-116799 A（化成オプトニクス株式会社）1990.05.01, 全文, 全図 & US 4979200 A	1-14

☐ 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

07.01.2015

国際調査報告の発送日

20.01.2015

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

2 I

9 0 1 3

電話番号 03-3581-1101 内線 3272