

(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 3 日(03.11.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/175318 A1

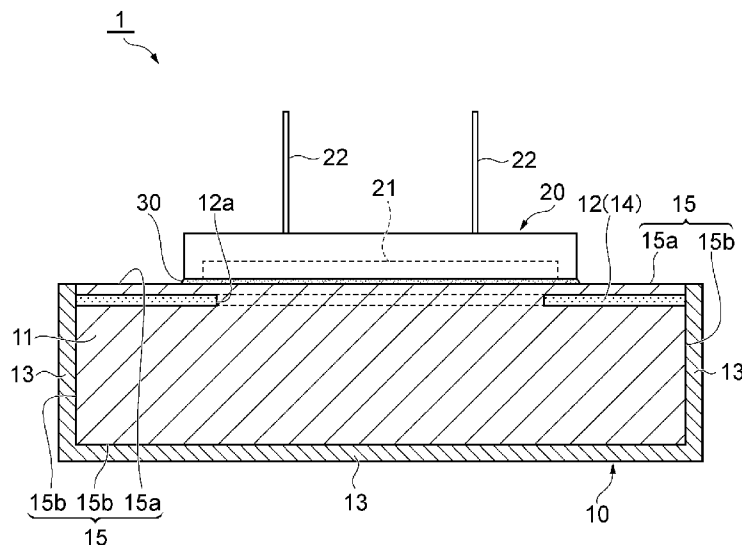
- (51) 国際特許分類:
G01T 1/20 (2006.01) *G21K 4/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/063469
- (22) 国際出願日: 2016 年 4 月 28 日(28.04.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-093175 2015 年 4 月 30 日(30.04.2015) JP
- (71) 出願人: 浜松ホトニクス株式会社(HAMAMATSU PHOTONICS K.K.) [JP/JP]; 〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 Shizuoka (JP).
- (72) 発明者: 藤井 義磨郎(FUJII Yoshimaro); 〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 村松 徳之(MURAMATSU Naruyuki); 〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 児玉 和樹(KODAMA Kazuki); 〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 福満 憲志(FUKUMITSU Kenshi); 〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP).
- (74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA Yoshiki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目 1 番 1 号丸の内 MY PLAZA (明治安田生命ビル) 9 階 創英国際特許法律事務所 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: SCINTILLATOR, RADIATION DETECTOR, AND METHOD FOR MANUFACTURING SCINTILLATOR

(54) 発明の名称: シンチレータ体、放射線検出器及びシンチレータ体の製造方法

[図2]



(57) Abstract: This scintillator 10 is provided with: a scintillator member 11 having an outer surface 15 that comprises a first surface 15a and a second surface 15b different from the first surface; a light reflection layer 12 comprising a reforming layer 14 formed along the first surface 15a of the scintillator member 11, on the inner side of the first surface 15a, the light reflection layer 12 having an opening 12a; and a light reflection member 13 provided on the second surface 15b.

(57) 要約: シンチレータ体 10 は、第 1 表面 15a、及び第 1 表面 15a 以外の第 2 表面 15b からなる外表面 15 を有するシンチレータ部材 11 と、シンチレータ部材 11 における第 1 表面 15a の内側に第 1 表面 15a に沿って形成された改質層 14 からなり、開口部 12a を有する光反射層 12 と、第 2 表面 15b 上に設けられた光反射部材 13 と、を備える。

WO 2016/175318 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))

明 細 書

発明の名称：

シンチレータ体、放射線検出器及びシンチレータ体の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、シンチレータ体、放射線検出器及びシンチレータ体の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 放射線検出器に用いられるシンチレータ体として、シンチレータ部材と、シンチレータ部材の外表面のうち、光検出器が取り付けられる面以外の表面を覆う光反射部材と、を備えるものが知られている（例えば、特許文献1，2参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平3－238387号公報

特許文献2：特開平5－27041号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上述したような放射線検出器においては、放射線の検出感度を向上させるために、光検出器のサイズよりもシンチレータ体のサイズが大きくなる場合がある。そのような場合には、シンチレータ部材の外表面のうち光検出器が取り付けられる面にも、光検出器の受光部に対向する領域を除いて、光反射部材を設ける必要がある。しかし、放射線の吸収によってシンチレータ部材で発生した光の検出効率を低下させないように、光検出器の受光部に対向する領域を除いて光反射部材を精度良く設けることは、煩雑な作業を伴い、困難である。結果として、放射線検出器として放射線の検出効率が低下するおそれがある。

[0005] 本発明は、放射線検出器に用いられたときに放射線の検出効率の低下を防

止することができるシンチレータ体、そのようなシンチレータ体を備える放射線検出器、及びそのようなシンチレータ体の製造方法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

- [0006] 本発明の一側面のシンチレータ体は、第1表面、及び第1表面以外の第2表面からなる外表面を有するシンチレータ部材と、シンチレータ部材における第1表面の内側に第1表面に沿って形成された改質層からなり、開口部を有する光反射層と、第2表面上に設けられた光反射部材と、を備える。
- [0007] 本発明の一側面のシンチレータ体では、放射線の吸収によってシンチレータ部材で発生した光（シンチレーション光）は、光反射層の開口部に向かって進行したり、光反射層及び／又は光反射部材によって反射されたりすることで、光反射層の開口部を介して第1表面から出射する。そのため、光反射層の開口部に受光部を対向させた状態で、シンチレータ部材の第1表面に光検出器を取り付けることで、放射線検出器を構成することができる。ここで、開口部を有する光反射層は、シンチレータ部材における第1表面の内側に第1表面に沿って形成された改質層からなる。これにより、例えば、開口部を有する光反射部材をシンチレータ部材の第1表面上に設ける場合に比べ、開口部を有する光反射層を容易に且つ精度良く設けることができ、光検出器におけるシンチレーション光の検出効率の低下を防止することができる。よって、本発明の一側面のシンチレータ体によれば、放射線検出器に用いられたときに放射線の検出効率の低下を防止することができる。
- [0008] 本発明の一側面のシンチレータ体では、第1表面は、鏡面であってもよい。これにより、シンチレーション光を第1表面から効率良く出射させることができる。また、第1表面を入射面としてレーザ光を照射することにより、光反射層を構成する改質層を精度良く形成することができる。
- [0009] 本発明の一側面のシンチレータ体では、改質層は、シンチレータ部材において周囲と異なる屈折率を有する改質領域からなってもよい。これにより、改質層を光反射層として好適に機能させることができる。

- [0010] 本発明の一側面のシンチレータ体では、光反射層は、第1表面に垂直な方向において並設された複数の改質層からなってもよい。これにより、複数の改質層を光反射層として好適に機能させることができる。
- [0011] 本発明の一側面のシンチレータ体では、改質層は、レーザ光の照射によって形成された改質領域からなってもよい。これにより、改質層を光反射層として好適に機能させることができる。
- [0012] 本発明の一側面の放射線検出器は、上記シンチレータ体と、シンチレータ体におけるシンチレータ部材の第1表面に取り付けられ、シンチレータ体における光反射層の開口部に対向する受光部を有する光検出器と、を備える。この放射線検出器によれば、先に説明したシンチレータ体を備えているので、放射線の検出効率の低下を防止することができる。
- [0013] 本発明の一側面の放射線検出器では、第1表面に垂直な方向から見た場合に、受光部の外縁は、開口部の外縁の外側に位置し、且つ第1表面の外縁の内側に位置していてもよい。これにより、光反射層の開口部を介して第1表面から出射したシンチレーション光を光検出器の受光部に確実に入射させることができる。
- [0014] 本発明の一側面のシンチレータ体の製造方法は、2次元に配列された複数のシンチレータ部分を含むシンチレータウェハの第1主面を入射面としてレーザ光を照射することにより、シンチレータウェハにおける第1主面の内側に第1主面に沿って改質層を形成し、シンチレータ部分ごとに、開口部を有する光反射層を設ける第1工程と、第1工程の後に、シンチレータ部分ごとに、シンチレータウェハを切断する第2工程と、を備える。
- [0015] 本発明の一側面のシンチレータ体の製造方法によれば、シンチレータ部分ごとにシンチレータウェハが切断されることで得られたシンチレータ部材に、開口部を有する光反射層を容易に且つ精度良く設けることができる。
- [0016] 本発明の一側面のシンチレータ体の製造方法では、第2工程は、シンチレータウェハを第1主面で支持する第3工程と、第3工程の後に、シンチレータ部分ごとに、シンチレータウェハを切断し、隣り合うシンチレータ部分の

間に溝を形成する第4工程と、第4工程の後に、切断されたシンチレータウェハの第2主面上及び溝の内側に光反射部材を設ける第5工程と、第5工程の後に、溝に沿って光反射部材を切断する第6工程と、を有してもよい。これにより、先に説明したシンチレータ体を効率良く製造することができる。

発明の効果

[0017] 本発明によれば、放射線検出器に用いられたときに放射線の検出効率の低下を防止することができるシンチレータ体、そのようなシンチレータ体を備える放射線検出器、及びそのようなシンチレータ体の製造方法を提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の一実施形態に係る放射線検出器の分解斜視図である。

[図2]図1のII-II線に沿った放射線検出器の断面図である。

[図3]図1の放射線検出器に用いられるシンチレータ体の製造工程を示す第1図である。

[図4]図1の放射線検出器に用いられるシンチレータ体の製造工程を示す第2図である。

[図5]図1の放射線検出器に用いられるシンチレータ体の製造工程を示す第3図である。

[図6]図1の放射線検出器に用いられるシンチレータ体の製造工程を示す第4図である。

[図7]図1の放射線検出器に用いられるシンチレータ体の製造工程を示す第5図である。

[図8]比較例の放射線検出器の断面図である。

[図9]図1の放射線検出器に用いられるシンチレータ体の光反射層の変形例の拡大断面図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、図面を参照しながら、本発明に係る実施形態を説明する。可能な場合には、同一の部分には同一の符号を付して、重複する説明を省略する。ま

た、各図面における寸法、形状は実際のものとは必ずしも同一ではない。

[0020] 図1及び図2に示されるように、放射線検出器1は、シンチレータ体10と、光検出器20と、を備えている。シンチレータ体10では、放射線の吸収によってシンチレーション光が発生し、光検出器2では、シンチレータ体10で発生したシンチレーション光が検出される。

[0021] シンチレータ体10は、シンチレータ部材11と、光反射層12と、光反射部材13と、を備えている。シンチレータ部材11は、例えばCeがドーピングされた Gd_2SiO_5 (GSO)、 Lu_2SiO_5 (LSO)、 $Bi_4Ge_3O_{12}$ (BGO)等のシンチレータ結晶からなり、直方体状の形状を有している。シンチレータ部材11は、第1表面15a、及び第1表面15a以外の第2表面15bからなる外表面15を有している。シンチレータ部材11の第1表面15aは、鏡面である。なお、図1及び図2では、シンチレータ部材11の上面が第1表面15aであり、シンチレータ部材11の下面及び4つの側面が第2表面15bである。

[0022] 光反射層12は、シンチレータ部材11における第1表面15aの内側に第1表面15aに沿って形成された改質層14からなる。光反射層12は、矩形状の開口部12aを有している。光反射部材13は、第2表面15b上に設けられている。つまり、光反射部材13は、第1表面15aを除いたシンチレータ部材11の外表面15上に設けられている。光反射部材13は、例えば TiO_2 を含むエポキシ樹脂等の樹脂からなる。

[0023] 光検出器20は、シンチレータ部材11の第1表面15aに光学接着剤30によって取り付けられている。光検出器20は、光反射層12の開口部12aに対向する矩形状の受光部21、及び電気信号入出力用の複数のリードピン22を有している。第1表面15aに垂直な方向から見た場合に、受光部21の外縁は、開口部12aの外縁の外側に位置し、且つ第1表面15aの外縁の内側に位置している。なお、光学接着剤30の厚さは、例えば $100\mu m \sim 200\mu m$ 程度である。

[0024] ここで、光反射層12の形成位置について説明する。光反射層12は、シ

ンチレータ部材 11 内において第 1 表面 15a に比較的近い領域（表面近傍の領域）に改質層 14 が形成されることにより、設けられる。より具体的には、光反射層 12 は、シンチレータ部材 11 の第 1 表面 15a に垂直な方向において、少なくとも改質領域の長さ（シンチレータ部材 11 の第 1 表面 15a に垂直な方向における改質領域の長さ、例えば 20～30 μm 程度）と同程度の距離だけ第 1 表面 15a から離間している。また、光反射層 12 は、シンチレータ部材 11 の第 1 表面 15a に垂直な方向におけるシンチレータ部材 11 の厚さの 1/3 程度の距離を超えて第 1 表面 15a から離間することはない。

[0025] 仮に、改質層 14 を第 1 表面 15a に露出するように形成すると、第 1 表面 15a の平滑性が維持されず、第 1 表面 15a においてシンチレーション光が吸収されてしまい、光反射層 12 の機能が実現されなくなる。また、光検出器 20 を第 1 表面 15a に取り付けの際に用いられる光学接着剤 30 が改質層 14 に馴染んで、光反射層 12 の機能が低下する。また、仮に、上記シンチレータ部材 11 の厚さの 1/3 程度の距離を超えて第 1 表面 15a から離間した位置に改質層 14 を形成すると、シンチレータ部材 11 においてシンチレーション光を発生させ得る有効部分が小さくなってしまう。

[0026] 次に、改質層 14 について説明する。改質層 14 を構成する改質領域は、シンチレータ部材 11 において周囲と異なる屈折率を有している。改質層 14 を構成する改質領域は、シンチレータ部材 11 に対するレーザ光の照射によって形成される。

[0027] より具体的には、パルスレーザ光を出力する光源部、及びその光源部とシンチレータ部材 11 との間に配置された集光光学系を使用し、パルスレーザ光の時間幅をフェムト秒オーダーとすることによりパルスレーザ光をシンチレータ部材 11 に照射する。

[0028] そして、集光光学系によってフェムト秒パルスレーザ光をシンチレータ部材 11 の内部に集光し、その集光部分においてシンチレータ部材 11 を改質（例えば、アモルファス化）させる。これにより、シンチレータ部材 11 に

において周囲と異なる屈折率を有する改質領域（例えば、屈折率が周囲より小さい領域、光を散乱する領域、及び回折型レンズを構成する領域のうち少なくとも１つ）をシンチレータ部材１１の内部に形成する。

[0029] なお、本実施形態では、１パルスのレーザ光の照射によって改質した領域を改質領域といい、シンチレータ部材１１における第１表面１５ａの内側に第１表面１５ａに沿って形成された複数の改質領域を改質層１４という。

[0030] 以上、説明したように、放射線検出器１では、シンチレータ体１０で発生したシンチレーション光は、光反射層１２の開口部１２ａに向かって進行したり、光反射層１２及び／又は光反射部材１３によって反射されたりすることで、光反射層１２の開口部１２ａを介して第１表面１５ａから出射する。このとき、光反射層１２の開口部１２ａに受光部２１が対向した状態で、シンチレータ部材１１の第１表面１５ａに光検出器２０が取り付けられているため、シンチレータ体１０から出射したシンチレーション光は、光検出器２０で検出される。ここで、開口部１２ａを有する光反射層１２は、シンチレータ部材１１における第１表面１５ａの内側に第１表面１５ａに沿って形成された改質層１４からなる。これにより、例えば、開口部を有する光反射部材（光反射部材１３と同様の部材）をシンチレータ部材１１の第１表面１５ａ上に設ける場合に比べ、開口部１２ａを有する光反射層１２を容易に且つ精度良く設けることができ、光検出器２０におけるシンチレーション光の検出効率の低下を防止することができる。よって、放射線検出器１によれば、放射線の検出効率の低下を防止することができる。また、シンチレータ体１０によれば、放射線検出器１に用いられたときに放射線の検出効率の低下を防止することができる。

[0031] シンチレータ体１０では、第１表面１５ａが鏡面である。これにより、シンチレーション光を第１表面１５ａから効率良く出射させることができる。また、第１表面１５ａを入射面としてレーザ光を照射することにより、光反射層１２を構成する改質層１４を精度良く形成することができる。

[0032] シンチレータ体１０では、改質層１４が、シンチレータ部材１１において

周囲と異なる屈折率を有する改質領域からなり、改質層 14 が、レーザ光の照射によって形成された改質領域からなる。これらにより、改質層 14 を光反射層 12 として好適に機能させることができる。

[0033] 放射線検出器 1 では、シンチレータ部材 11 の第 1 表面 15 a に垂直な方向から見た場合に、光検出器 20 の受光部 21 の外縁が、光反射層 12 の開口部 12 a の外縁の外側に位置し、且つ第 1 表面 15 a の外縁の内側に位置している。これにより、光反射層 12 の開口部 12 a を介して第 1 表面 15 a から出射したシンチレーション光を光検出器 20 の受光部 21 に確実に入射させることができる。

[0034] ここで、図 8 を参照しつつ、比較例の放射線検出器について説明する。図 8 の (a) は、第 1 比較例の放射線検出器の断面図であり、図 8 の (b) は、第 2 比較例の放射線検出器の断面図である。

[0035] 図 8 の (a) に示されるように、第 1 比較例の放射線検出器は、シンチレータ体 70 と、光検出器 20 と、を備えている。光検出器 20 は、先に説明した放射線検出器 1 が備えるものと同じである。シンチレータ体 70 は、開口部を有する光反射部材 72 がシンチレータ部材 71 の第 1 表面 71 a 上に設けられている点で、先に説明したシンチレータ体 10 と相違している。第 1 比較例の放射線検出器では、光反射部材 72 の開口部の外縁と光検出器 20 の外縁との間に隙間が形成され、その隙間からシンチレーション光が漏れるのを防止する観点で、第 1 表面 71 a に垂直な方向から見た場合に、光検出器 20 の外縁が、光反射部材 72 の開口部の外縁の外側に位置させられている。

[0036] しかし、このような構成では、シンチレータ部材 71 の第 1 表面 71 a と光検出器 20 の受光部 21 との距離が光反射部材 72 の厚さ分だけ大きくなることから、光学接着剤 30 の量が増加し、光学接着剤 30 中にボイド 80 が発生する可能性が高まる。ボイド 80 が発生すると、ボイド 80 によってシンチレーション光が不要に反射したり屈折したりするため、結果として、放射線の検出効率が低下してしまう。

[0037] 図8の(b)に示されるように、第2比較例の放射線検出器は、シンチレータ体75と、光検出器20と、を備えている。光検出器20は、先に説明した放射線検出器1が備えるものと同じである。シンチレータ体75は、シンチレータ部材71の第1表面71a上に設けられた光反射部材73の開口部が大きい点で、第1比較例の放射線検出器と相違している。第2比較例の放射線検出器では、シンチレータ部材71の第1表面71aと光検出器20の受光部21との距離が大きくなるのを防止する観点で、第1表面71aに垂直な方向から見た場合に、光検出器20の外縁が、光反射部材73の開口部の外縁の内側に位置させられている。

[0038] しかし、このような構成では、光反射部材73と光検出器20との間の領域R1、R2に隙間が生じ、シンチレーション光がその隙間から外部に漏れるため、結果として、放射線の検出効率が低下してしまう。なお、光反射部材73は、例えばエポキシ樹脂の塗布及び硬化によって形成されるため、領域R1、R2に隙間が生じないように光反射部材73の開口部の外縁と光検出器20の外縁とを一致させることは、煩雑な作業を伴い、極めて困難である。

[0039] これらに対し、放射線検出器1では、シンチレータ部材11の第1表面15aに垂直な方向から見た場合に、光検出器20の受光部21の外縁を、光反射層12の開口部12aの外縁の外側に位置させ、且つ第1表面15aの外縁の内側に位置させることで、第1比較例及び第2比較例の放射線検出器のそれぞれに生じる問題を解決している。特に、レーザ光の照射によって光反射層12を形成するため、光検出器20の受光部21に対して開口部12aを精度良く（例えば、受光部21の一辺の長さに対して開口部12aの一辺の長さを100 μ m～200 μ m程度小さくするように）形成することができる。

[0040] 次に、図3～図7を参照して、シンチレータ体10の製造方法について説明する。まず、図3に示されるように、柱状のシンチレータインゴット40から、シンチレータウェハ41を切り出す。シンチレータウェハ41は、2

次元に配列された複数のシンチレータ部分を含む。シンチレータ部分は、先に説明したシンチレータ部材 1 1 に対応する。

[0041] 続いて、図 4 に示されるように、シンチレータウェハ 4 1 の第 1 主面 4 1 a を研磨する等により、第 1 主面 4 1 a を鏡面とする。シンチレータウェハ 4 1 の外側の部分の一部をカットし、直交関係にある基準面 S 1, S 2 を形成する。基準面 S 1, S 2 を基準とすることで、シンチレータウェハ 4 1 の第 1 主面 4 1 a に沿った位置を正確に把握することができる。基準面 S 1, S 2 を基準として、シンチレータウェハ 4 1 の第 1 主面 4 1 a を入射面としてレーザ光を照射することにより、シンチレータウェハ 4 1 における第 1 主面 4 1 a の内側に第 1 主面 4 1 a に沿って改質層 1 4 を形成し、シンチレータ部分 4 2 ごとに、開口部 1 2 a を有する光反射層 1 2 を設ける（第 1 工程）。なお、図 4 において、(a) は、シンチレータウェハ 4 1 の第 1 主面 4 1 a 側の平面図であり、(b) は、(a) の A-A' 線に沿ったシンチレータウェハ 4 1 の断面図である。

[0042] 続いて、図 5 に示されるように、シンチレータウェハ 4 1 の第 1 主面 4 1 a にダイシングテープ 5 0 を貼り、シンチレータウェハ 4 1 を第 1 主面 4 1 a で支持する（第 2 工程、第 3 工程）。その状態で、ダイシングテープ 5 0 を切断せずに、シンチレータ部分 4 2 ごとに、シンチレータウェハ 4 1 を切断し、隣り合うシンチレータ部分 4 2 の間に溝 5 1 を形成する（第 2 工程、第 4 工程）。このとき、基準面 S 1, S 2 を基準として溝 5 1 の形成を行うことによって、精度良く溝 5 1 を形成することができる。例えば、開口部 1 2 a が各シンチレータ部分 4 2 の中央に位置するような高精度な加工を容易に実現することができる。なお、図 5 において、(a) は、シンチレータウェハ 4 1 の第 2 主面 4 1 b 側の平面図であり、(b) は、(a) の A-A' 線に沿ったシンチレータウェハ 4 1 の断面図であり、(c) は、(b) の拡大断面図である。

[0043] 続いて、図 6 に示されるように、切断されたシンチレータウェハ 4 1 の第 2 主面 4 1 b 上、及び溝 5 1 の内側に光反射部材 1 3 を設ける（第 2 工程、

第5工程)。光反射部材13は、例えば、 TiO_2 を含むエポキシ樹脂を塗布して硬化させることによって設けられる。なお、図6において、(a)は、シンチレータウェハ41の第2主面41b側の平面図であり、(b)は、(a)のA-A'線に沿ったシンチレータウェハ41の断面図であり、(c)は、(b)の拡大断面図である。

[0044] 続いて、図7に示されるように、溝51に沿って光反射部材13を切断し(第2工程、第6工程)、複数のシンチレータ体10を得る。このとき、溝51の内側に設けられた光反射部材13が均等に分断されるように、光反射部材13を切断する。基準面S1、S2を基準とすることで、溝51内に設けられた光反射部材13を精度良く切断することができる。その後、ダイシングテープ50に紫外光を照射することによって、或いは、ダイシングテープ50を加熱することによって、ダイシングテープ50の粘着力を弱め、各シンチレータ体10をダイシングテープ50から取り外す。なお、図7において、(a)は、シンチレータウェハ41の第2主面41b側の平面図であり、(b)は、(a)のA-A'線に沿ったシンチレータウェハ41の断面図であり、(c)は、(b)の拡大断面図である。

[0045] 以上、説明したように、シンチレータ体10の製造方法によれば、シンチレータ部分42ごとにシンチレータウェハ41が切断されることで得られたシンチレータ部材11に、開口部12aを有する光反射層12を容易に且つ精度良く設けることができ、シンチレータ体10を効率良く製造することができる。

[0046] 以上、本発明の一実施形態について説明したが、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。例えば、光反射層12は、シンチレータ部材11の第1表面15aに垂直な方向において並設された複数の改質層14からなってもよい。これにより、複数の改質層14を光反射層12として好適に機能させることができる。図9に示される例では、光反射層12は、2層の改質層14からなっている。シンチレータ部材11の第1表面15aに垂直な方向から見た場合に、第1表面15aに近い改質層14を構成する各

改質領域 1 6 は、第 1 表面 1 5 a から遠い改質層 1 4 を構成する各改質領域 1 6 の間に位置している。

符号の説明

[0047] 1…放射線検出器、1 0…シンチレータ体、1 1…シンチレータ部材、1 2…光反射層、1 2 a…開口部、1 3…光反射部材、1 4…改質層、1 5…外表面、1 5 a…第 1 表面、1 5 b…第 2 表面、2 0…光検出器、2 1…受光部、4 1…シンチレータウエハ、4 1 a…第 1 主面、4 1 b…第 2 主面、4 2…シンチレータ部分、5 1…溝。

請求の範囲

- [請求項1] 第1表面、及び前記第1表面以外の第2表面からなる外表面を有するシンチレータ部材と、
前記シンチレータ部材における前記第1表面の内側に前記第1表面に沿って形成された改質層からなり、開口部を有する光反射層と、
前記第2表面上に設けられた光反射部材と、を備える、シンチレータ体。
- [請求項2] 前記第1表面は、鏡面である、請求項1記載のシンチレータ体。
- [請求項3] 前記改質層は、前記シンチレータ部材において周囲と異なる屈折率を有する改質領域からなる、請求項1又は2記載のシンチレータ体。
- [請求項4] 前記光反射層は、前記第1表面に垂直な方向において並設された複数の前記改質層からなる、請求項1～3のいずれか一項記載のシンチレータ体。
- [請求項5] 前記改質層は、レーザ光の照射によって形成された改質領域からなる、請求項1～4のいずれか一項記載のシンチレータ体。
- [請求項6] 請求項1～5のいずれか一項記載のシンチレータ体と、
前記シンチレータ体における前記シンチレータ部材の前記第1表面に取り付けられ、前記シンチレータ体における前記光反射層の前記開口部に対向する受光部を有する光検出器と、を備える、放射線検出器。
- [請求項7] 前記第1表面に垂直な方向から見た場合に、前記受光部の外縁は、前記開口部の外縁の外側に位置し、且つ前記第1表面の外縁の内側に位置している、請求項6記載の放射線検出器。
- [請求項8] 2次元に配列された複数のシンチレータ部分を含むシンチレータウェハの第1主面を入射面としてレーザ光を照射することにより、前記シンチレータウェハにおける前記第1主面の内側に前記第1主面に沿って改質層を形成し、前記シンチレータ部分ごとに、開口部を有する光反射層を設ける第1工程と、

前記第 1 工程の後に、前記シンチレータ部分ごとに、前記シンチレータウェハを切断する第 2 工程と、を備える、シンチレータ体の製造方法。

[請求項 9]

前記第 2 工程は、

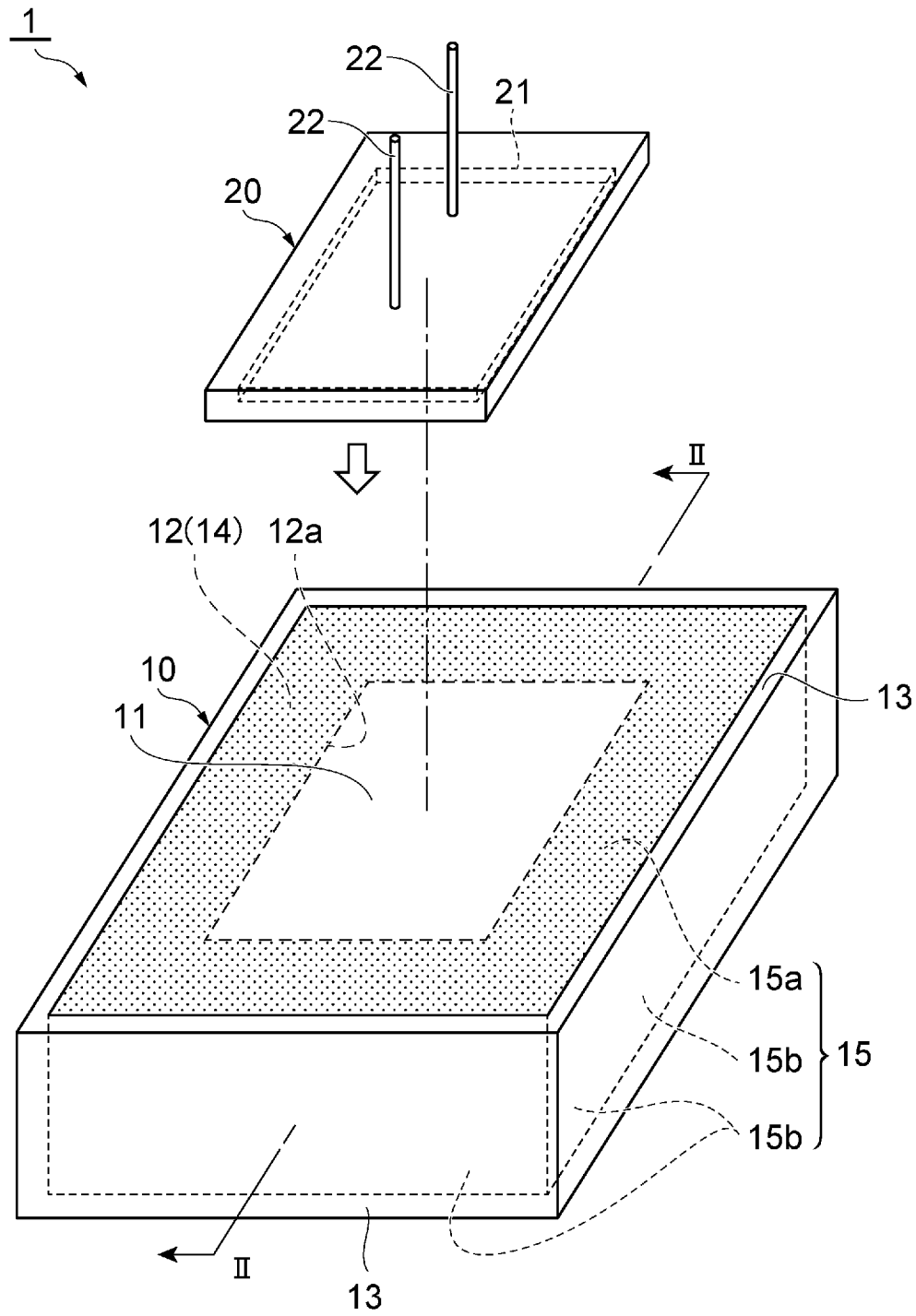
前記シンチレータウェハを前記第 1 主面で支持する第 3 工程と、

前記第 3 工程の後に、前記シンチレータ部分ごとに、前記シンチレータウェハを切断し、隣り合う前記シンチレータ部分の間に溝を形成する第 4 工程と、

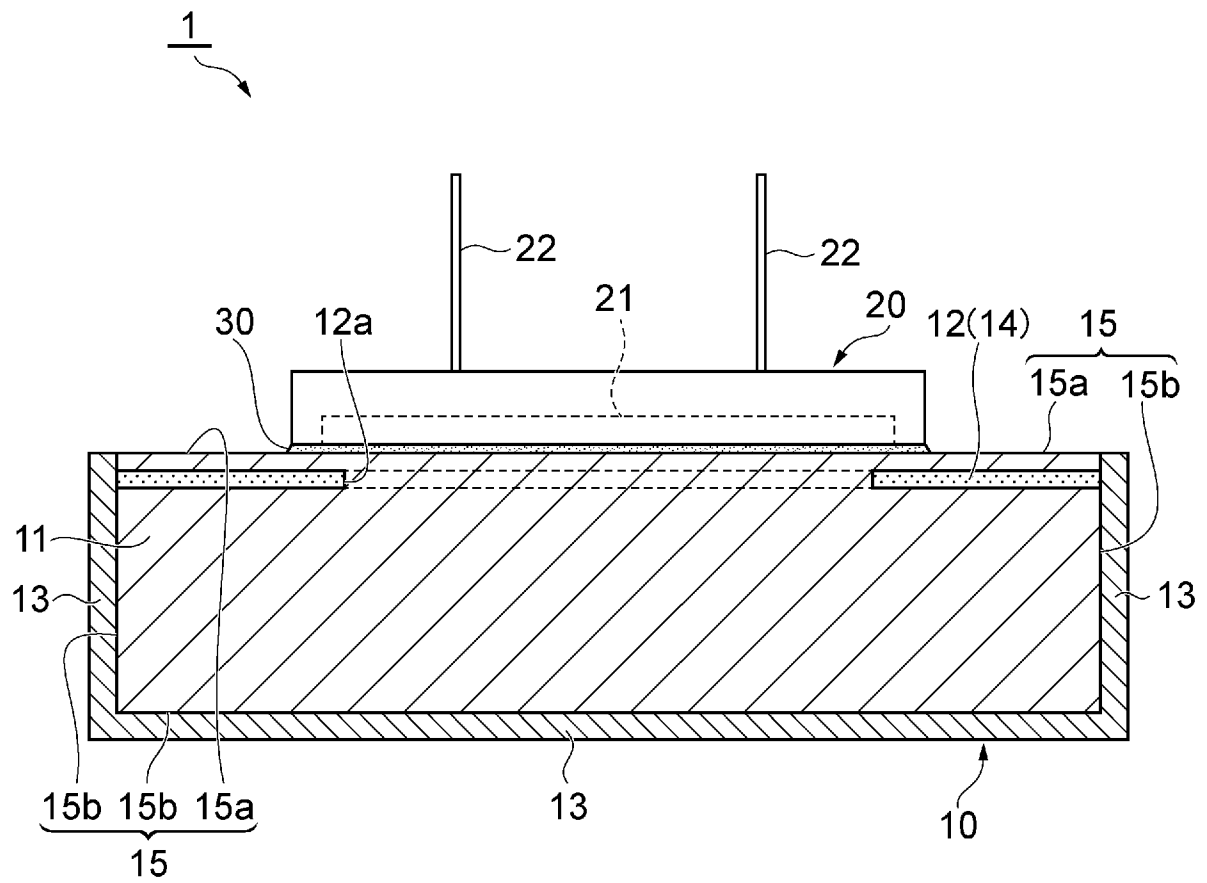
前記第 4 工程の後に、切断された前記シンチレータウェハの第 2 主面上及び前記溝の内側に光反射部材を設ける第 5 工程と、

前記第 5 工程の後に、前記溝に沿って前記光反射部材を切断する第 6 工程と、を有する、請求項 8 記載のシンチレータ体の製造方法。

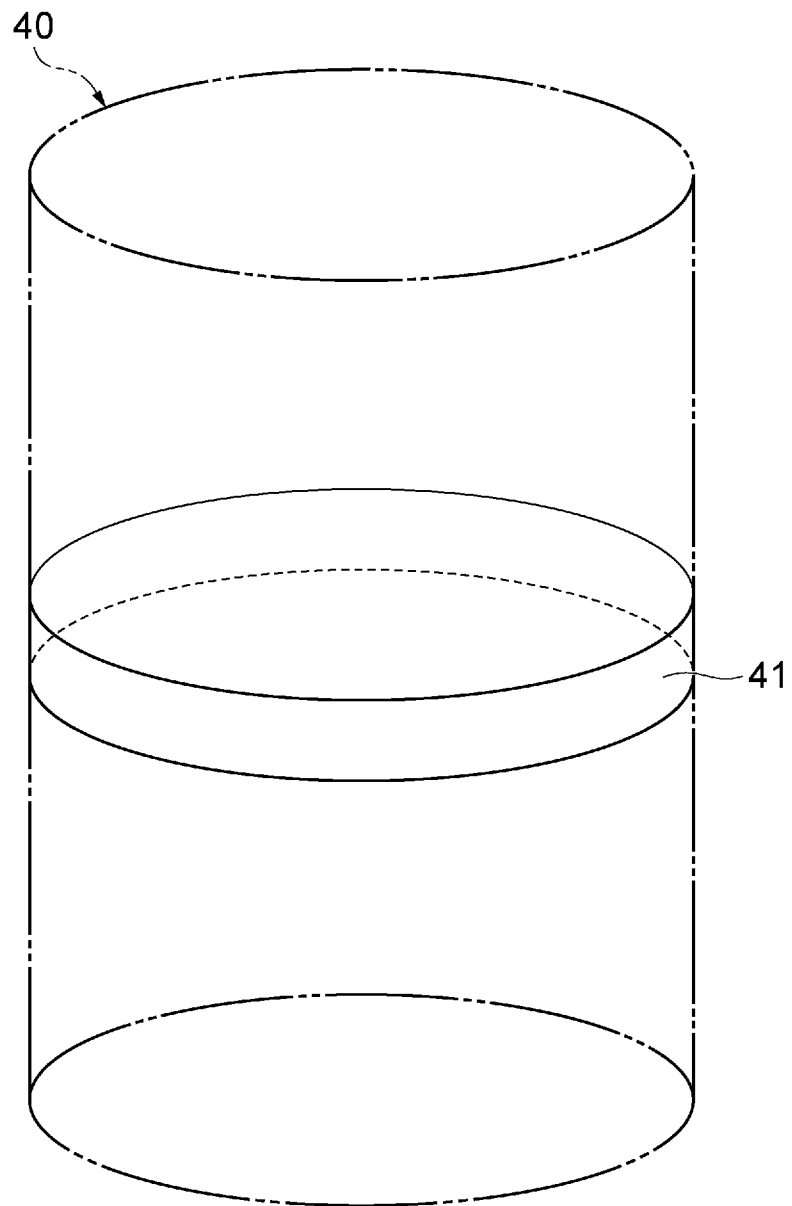
[図1]



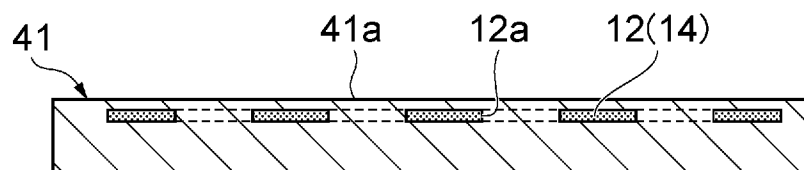
[図2]



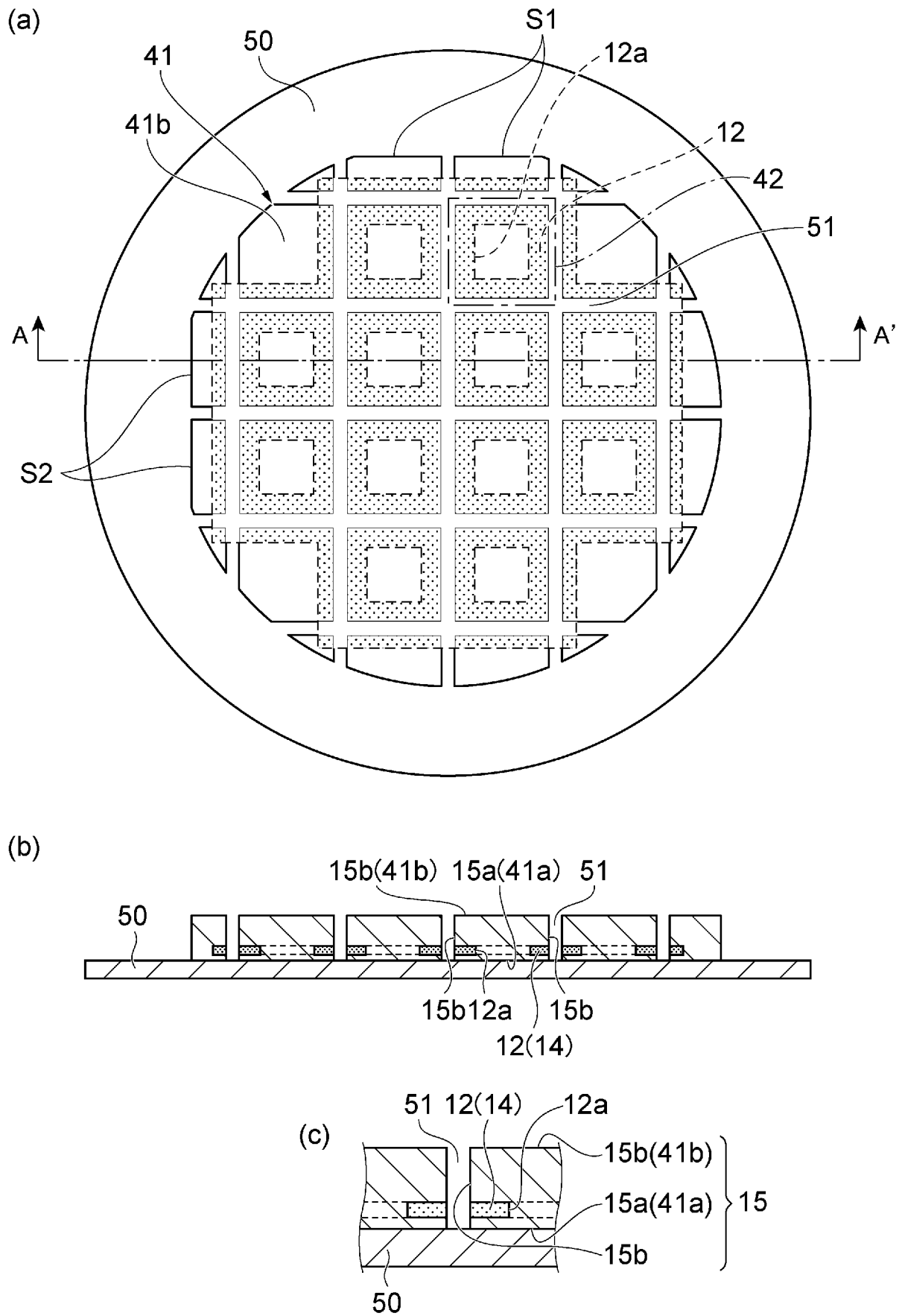
[図3]



(a)

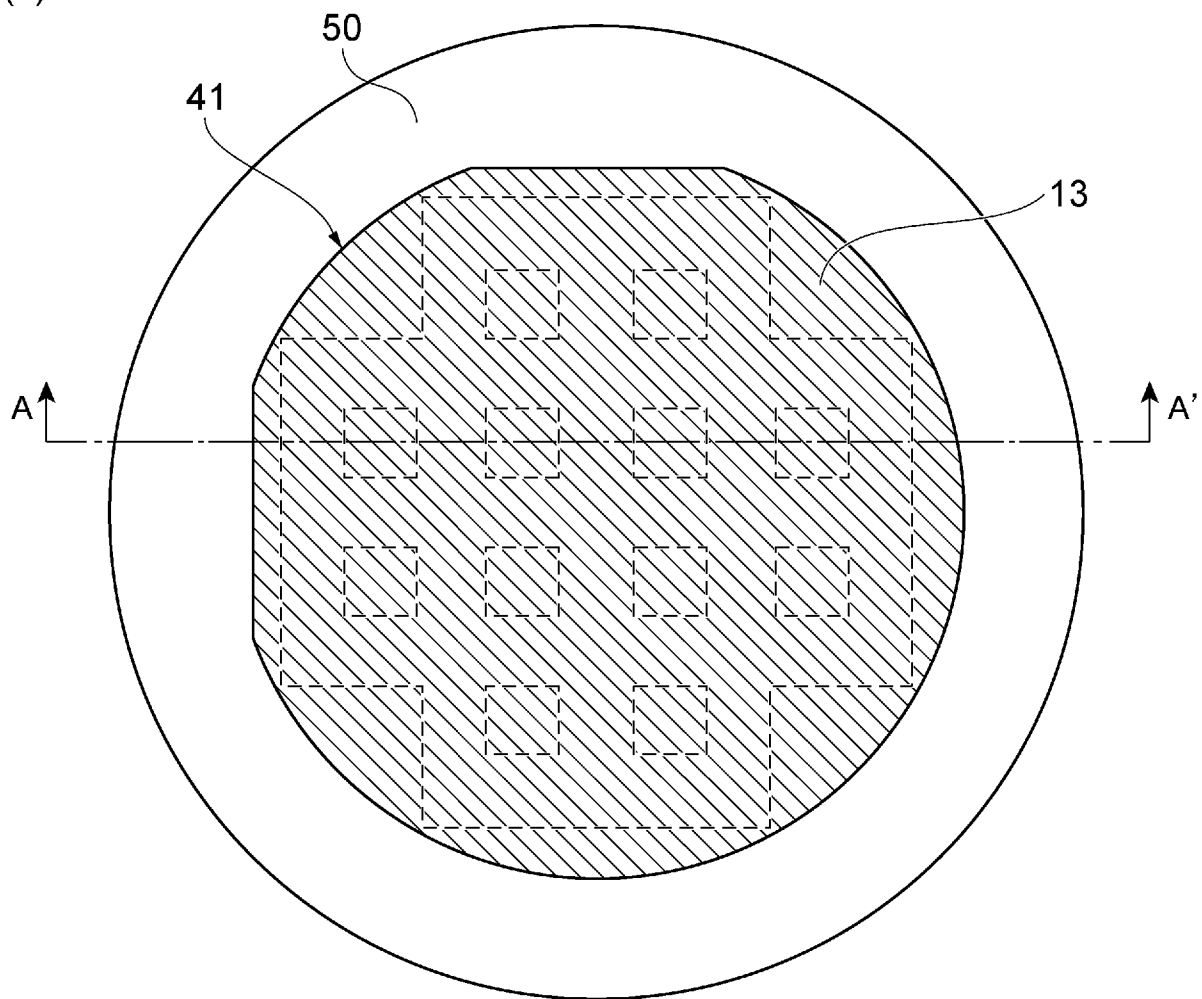


[図5]

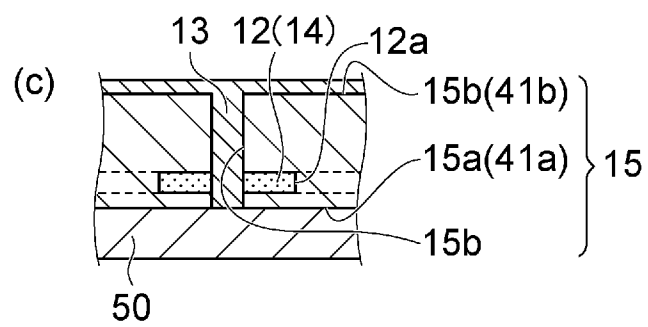
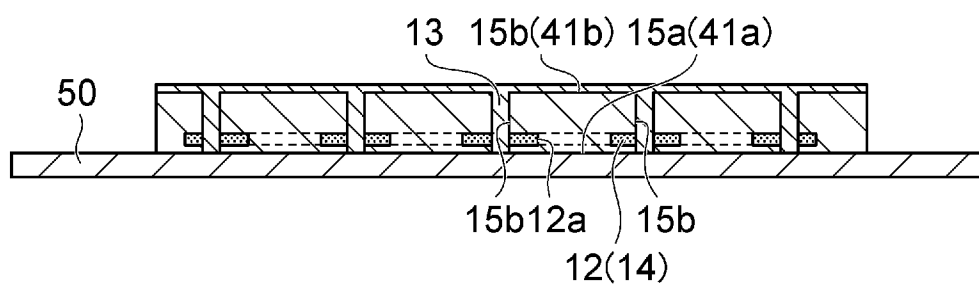


[図6]

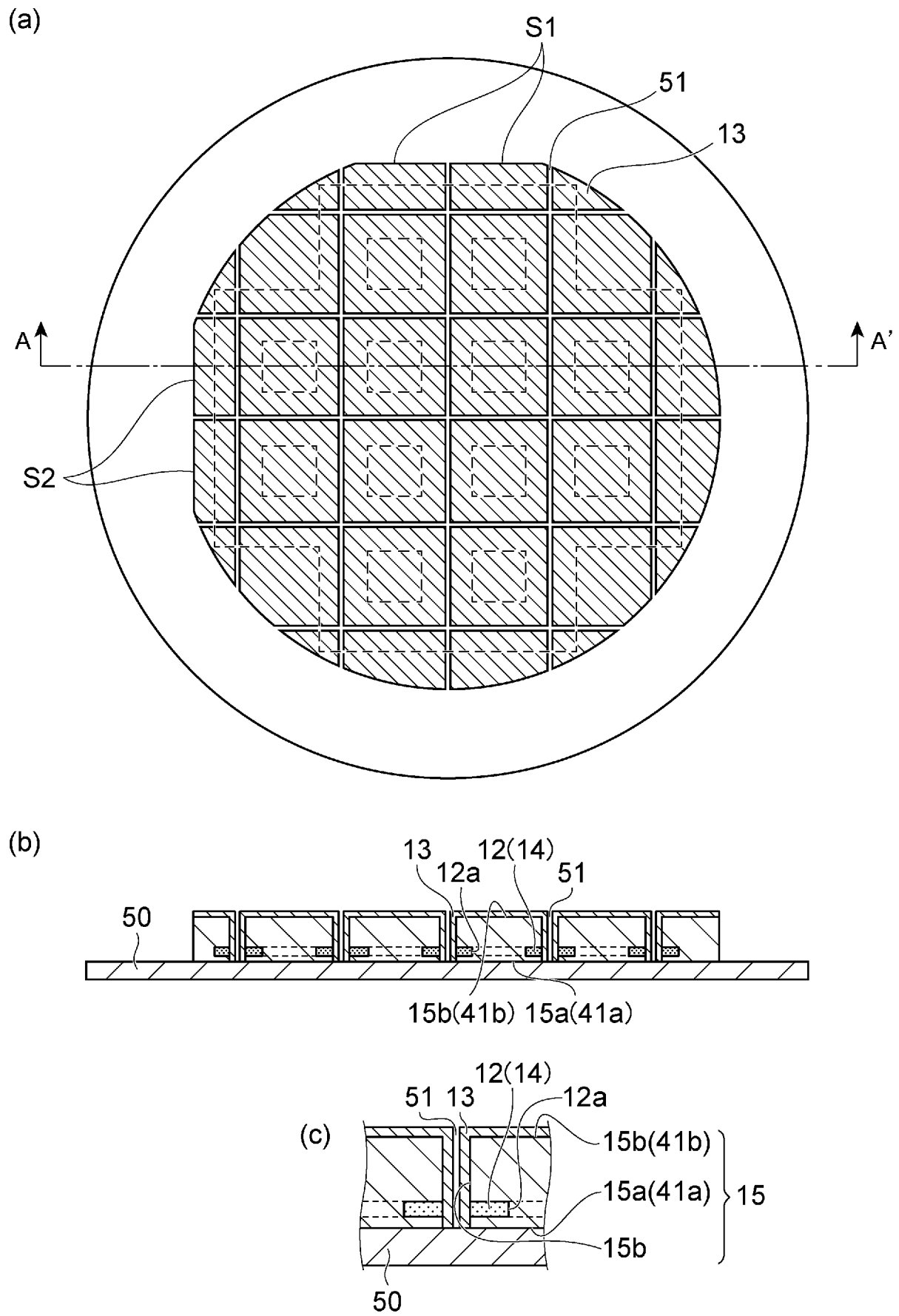
(a)



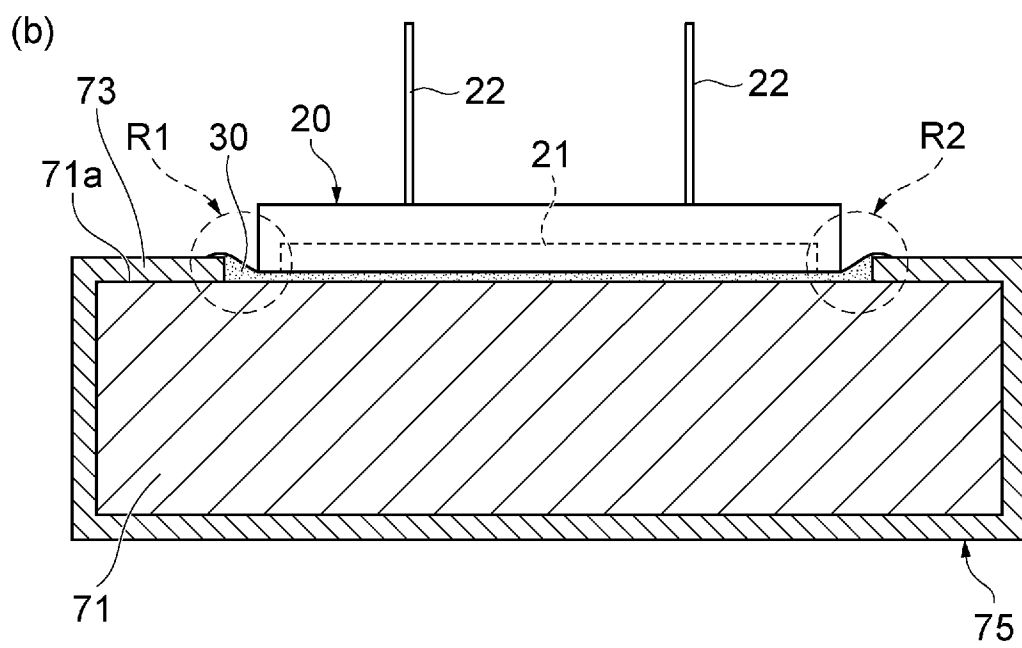
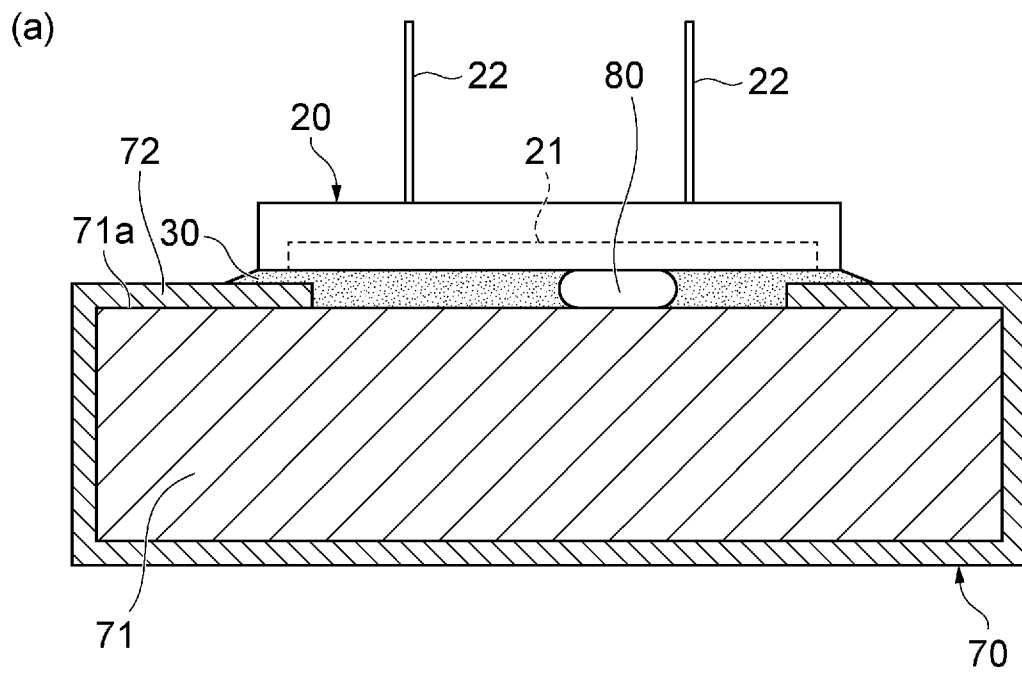
(b)



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/063469

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01T1/20(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, 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.
A	WO 2012/105292 A1 (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 09 August 2012 (09.08.2012), paragraphs [0028] to [0063]; fig. 1 to 6 & US 2013/0299710 A1 paragraphs [0045] to [0080]; fig. 1 to 6	1-9
A	WO 2015/053098 A1 (Waseda University), 16 April 2015 (16.04.2015), paragraphs [0048] to [0050]; fig. 6 & JP 2015-75424 A	1-9
A	JP 2010-165916 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 29 July 2010 (29.07.2010), paragraphs [0016] to [0056]; fig. 1 to 5 (Family: none)	1-9

☒ 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
08 June 2016 (08.06.16)

Date of mailing of the international search report
21 June 2016 (21.06.16)

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/JP2016/063469

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-007575 A (Ishida Co., Ltd.), 13 January 2011 (13.01.2011), entire text; all drawings (Family: none)	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, 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 (IPC))

Int.Cl. G01T1/20, 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
A	W0 2012/105292 A1 (浜松ホトニクス株式会社) 2012.08.09, 第【0028】-【0063】段落および第1-6図 & US 2013/0299710 A1, 第【0045】-【0080】段落および 第1-6図	1-9
A	W0 2015/053098 A1 (学校法人早稲田大学) 2015.04.16, 第【0048】-【0050】段落および第6図 & JP 2015-75424 A	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

08.06.2016

国際調査報告の発送日

21.06.2016

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)

藤本 加代子

電話番号 03-3581-1101 内線 3273

21

4458

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
A	JP 2010-165916 A (浜松ホトニクス株式会社) 2010.07.29, 第【0016】－【0056】段落および第1－5図 (ファミリーなし)	1－9
A	JP 2011-007575 A (株式会社イシダ) 2011.01.13, 全文および全図 (ファミリーなし)	1－9