

(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 2015/064697 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 31/12 (2006.01) H01L 33/02 (2010.01)
G01J 1/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/078913
- (22) 国際出願日: 2014 年 10 月 30 日(30.10.2014)
- (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 2013-225132 2013 年 10 月 30 日(30.10.2013) JP
- (71) 出願人: 京セラ株式会社(KYOCERA CORPORATION) [JP/JP]; 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町 6 番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 藤本 直樹(FUJIMOTO, Naoki); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町 6 番地 京セラ株式会社内 Kyoto (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), ユーロピア (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).

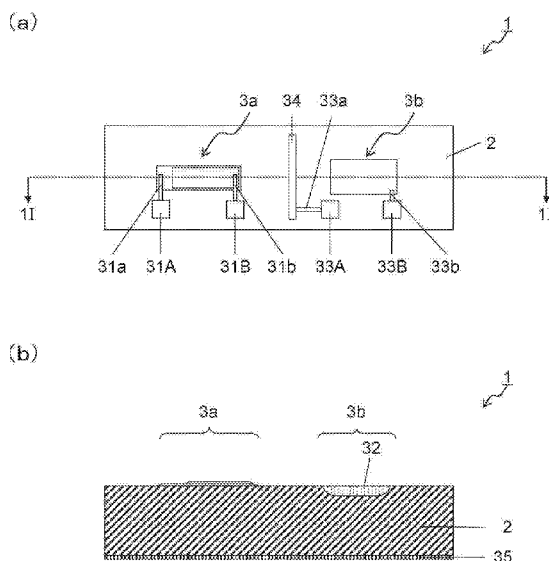
添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: LIGHT RECEPTION/EMISSION ELEMENT AND SENSOR DEVICE USING SAME

(54) 発明の名称: 受発光素子およびこれを用いたセンサ装置

【図1】



(57) Abstract: This light reception/emission element (1) is provided with: a semiconductor substrate (2) having one conductivity type; a light-emitting element (3a) having a plurality of semiconductor layers laminated on the upper surface of the semiconductor substrate (2); a light-receiving element (3b) having a reverse-conductivity-type semiconductor region (32) doped with a reverse-conductivity-type impurity on the upper-surface side of the semiconductor substrate (2); and a first electrode pad (33A) disposed on the upper surface of the semiconductor substrate (2), the first electrode pad (33A) representing an electrode of the light-receiving element (3b). The impurity concentration on the semiconductor substrate (2) having one conductivity type is higher in the region immediately under the first electrode pad (33A) than other regions.

(57) 要約: 本発明の受発光素子 1 は、一導電型の半導体基板 2 と、半導体基板 2 の上面に積層した複数の半導体層を有する発光素子 3a と、半導体基板 2 の上面側に逆導電型の不純物がドーピングされた逆導電型半導体領域 32 を有する受光素子 3b と、半導体基板 2 の上面に配置され、且つ受光素子 3b の電極となる第 1 電極パッド 33A とを備え、一導電型の半導体基板 2 における不純物濃度は、第 1 電極パッド 33A の直下の領域が他の領域よりも高くなっている。

明 細 書

発明の名称：受発光素子およびこれを用いたセンサ装置

技術分野

[0001] 本発明は、受発光素子およびこれを用いたセンサ装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、発光素子から被照射物へ光を照射し、被照射物へ入射する光に対する反射光を受光素子によって受光することで被照射物の特性を検出するセンサ装置が種々提案されている。このセンサ装置は広い分野で利用されており、例えば、フォトインタラプタ、フォトカプラ、リモートコントロールユニット、IrDA (Infrared Data Association) 通信デバイス、光ファイバ通信装置、さらには原稿サイズセンサなど多岐にわたるアプリケーションで用いられている。

[0003] このようなセンサ装置として、シリコンからなる半導体基板の一方の表面に不純物をドーピングし、受光機能を担う浅いp n接合領域と、発光機能を担う深いp n接合領域とを隣接して配置した受発光素子が記載されている。そして、半導体基板の表面には、受光機能を担うp n接合領域のp側電極およびn側電極が配置されている。(例えば、特開平8-46236号公報参照。)

[0004] しかし、同一のシリコン基板上に受光素子と発光素子とを一体的に形成した場合には、発光素子を駆動させた際に、発光素子からシリコン基板を介して受光素子に漏れ電流（いわゆるノイズ電流）が流れ込むことがある。この漏れ電流は、受光素子からの出力電流（受光強度に応じて出力される電流）に誤差成分（ノイズ）として混入する。そのため、従来の受発光素子では、このようなノイズ電流の発生によって、受光素子による反射光の検知精度が低下してしまう虞があった。

[0005] 本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであり、センシング性能の高い受発光素子およびこれを用いたセンサ装置を提供することを目的とする。

発明の概要

[0006] 本発明の受発光素子は、一導電型の半導体基板と、該半導体基板の上面に積層した複数の半導体層を有する発光素子と、前記半導体基板の上面側に逆導電型の不純物がドーピングされた逆導電型半導体領域を有する受光素子と、前記半導体基板の上面に配置され、且つ前記受光素子の電極となる第1電極パッドとを備え、前記一導電型の半導体基板における不純物濃度は、前記第1電極パッドの直下の領域が他の領域よりも高くなっている。

[0007] 本発明のセンサ装置は、上記いずれかの本発明の受発光素子を用いたセンサ装置であって、前記発光素子から被照射物に光を照射し、該被照射物からの反射光に応じて出力される前記受光素子からの出力電流に応じて前記被照射物の位置情報、距離情報および濃度情報のうち少なくとも1つを検出する。

[0008] 本発明の受発光素子によれば、一導電型の半導体基板と、該半導体基板の上面に積層した複数の半導体層を有する発光素子と、前記半導体基板の上面側に逆導電型の不純物がドーピングされた逆導電型半導体領域を有する受光素子と、前記半導体基板の上面に配置され、且つ前記受光素子の電極となる第1電極パッドとを備え、前記一導電型の半導体基板における不純物濃度は、前記第1電極パッドの直下の領域が他の領域よりも高くなっていることから、光検出精度が高い受発光素子およびセンサ装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1] (a) は、本発明の受発光素子の実施の形態の一例を示す平面図である。(b) は、図1 (a) の1-1線に沿った概略断面図である。

[図2] (a) は、図1に示した受発光素子を構成する発光素子の断面図である。(b) は、図1に示した受発光素子を構成する受光素子の断面図である。

[図3] 図1に示した受発光素子を構成する受光素子の電極の断面図である。

[図4] 図1に示した受発光素子を用いたセンサ装置の実施の形態の一例を示す概略断面図である。

[図5] (a) は、本発明の受発光素子の実施の形態の変形例を示す平面図である。(b) は、図 5 (a) の 2 | - 2 | 線に沿った概略断面図である。

[図6] 本発明の受発光素子の実施の形態の図 5 と異なる変形例を示す平面図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本発明の受発光素子およびこれを用いたセンサ装置の実施の形態の例について、図面を参照しつつ説明する。なお、以下の例は本発明の実施の形態を例示するものであって、本発明はこれらの実施の形態に限定されるものではない。

[0011] (受発光素子)

本実施形態に係る受発光素子 1 は、コピー機やプリンタなどの画像形成装置に組み込まれて、トナーやメディアなどの被照射物の位置情報、距離情報または濃度情報などを検出するセンサ装置として機能する。

[0012] 受発光素子 1 は、図 1 (a) および図 1 (b) に示すように、一導電型の半導体基板 2 と、半導体基板 2 の上面に積層した複数の半導体層を有する発光素子 3 a と、半導体基板 2 の上面側に逆導電型の不純物がドーピングされた逆導電型半導体領域 3 2 を有する受光素子 3 b と、半導体基板 2 の上面に配置された第 1 電極パッド 3 3 A を有している。なお、本実施形態に係る受発光素子 1 は、発光素子 3 a および受光素子 3 b をそれぞれ 1 つずつ備えたものである。なお、受発光素子 1 は、複数の発光素子 3 a を備えていてもよいし、複数の受光素子 3 b を備えていてもよい。

[0013] 半導体基板 2 は、一導電型の半導体材料からなる。すなわち、半導体基板 2 は、半導体材料で形成されており、不純物がドーピングされることによって一導電型になる。半導体基板 2 を形成する半導体材料としては、例えば、シリコン (S i) などが挙げられる。半導体基板 2 にドーピングされる不純物としては、例えば、リン (P)、窒素 (N)、砒素 (A s)、アンチモン (S b) およびビスマス (B i) などが挙げられる。なお、不純物は、これらに限定されるものではない。不純物のドーピング濃度は、例えば、 1×1

$0.14 \sim 1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ に設定される。

[0014] なお、半導体基板2は、n型またはp型のどちらでも構わないが、本実施形態に係る半導体基板2はn型である。すなわち、本実施形態では、一導電型はn型であり、他導電型はp型である。

[0015] 発光素子3aは、半導体基板2の上面に配置されている。受光素子3bは、発光素子3aの近傍に配置されている。発光素子3aは被照射物に照射する光の光源として機能する。発光素子3aから発せられた光は、被照射物で反射されて受光素子3bに入射する。受光素子3bは、光の入射を検出する光検出部として機能する。

[0016] 発光素子3aは、図2(a)に示すように、半導体基板2の上面に複数の半導体層が積層されて形成されている。本実施形態に係る発光素子3aの構成は以下の通りである。

[0017] まず、半導体基板2の上面には、半導体基板2と半導体基板2の上面に積層される半導体層（本実施形態では、後に説明するn型コンタクト層30b）との格子定数の差を緩衝するバッファ層30aが形成されている。バッファ層30aによって、半導体基板2と発光素子3aを構成する半導体層との間に発生する格子歪などの格子欠陥を少なくすることができ、ひいては半導体基板2の上面に形成される発光素子3aを構成する半導体層全体の格子欠陥または結晶欠陥を少なくする機能を有する。

[0018] 本実施形態に係るバッファ層30aは、例えば、不純物を含まないガリウム砒素（GaAs）で形成される。また、バッファ層30aの厚さは、例えば、 $2 \sim 3 \mu\text{m}$ 程度とされている。なお、半導体基板2と半導体基板2の上面に積層される発光素子3aを構成する半導体層との格子定数の差が大きくない場合には、バッファ層30aを形成しないことも可能である。

[0019] バッファ層30aの上面には、n型コンタクト層30bが形成されている。n型コンタクト層30bは、例えばガリウム砒素（GaAs）にn型不純物であるシリコン（Si）またはセレン（Se）などがドーピングされて形成される。不純物のドーピング濃度は、例えば、 $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{20} \text{ a}$

$t \text{ o m s } / \text{ c m }^3$ 程度に設定される。また、 n 型コンタクト層30bの厚さは、 $0.8 \sim 1 \mu \text{ m}$ 程度に設定される。

[0020] 本実施形態では、 n 型不純物としてシリコン(Si)が $1 \times 10^{18} \sim 2 \times 10^{18} \text{ a t o m s } / \text{ c m }^3$ のドーピング濃度でドーピングされている。 n 型コンタクト層30bの上面の一部は露出しており、この露出している部分は第2電極31aを介して、第2電極パッド31Aに電氣的に接続されている。第2電極31aは、発光素子3aの n 型電極である。本実施形態では、図示はしないが、第2電極パッド31Aは、金(Au)線によるワイヤボンディングによって外部電源に電氣的に接続されている。第2電極パッド31Aと外部電源との電氣的な接続は、金(Au)線の代わりにアルミニウム(Al)線または銅(Cu)線などのワイヤを選択することも可能である。

[0021] また、本実施形態ではワイヤボンディングによって第2電極パッド31Aと外部電源とを接続しているが、ワイヤボンディングの代わりに、電気配線をはんだなどによって第2電極パッド31Aと接合してもよい。また、第2電極パッド31Aの上面に金スタッドバンプを形成して、電気配線をはんだなどによってこの金(Au)スタッドバンプと接合してもよい。 n 型コンタクト層30bは、 n 型コンタクト層30bに接続される第2電極31aとの接触抵抗を下げる機能を有している。

[0022] 第2電極31aおよび第2電極パッド31Aは、例えば、金(Au)およびアンチモン(Sb)の合金、金(Au)およびゲルマニウム(Ge)の合金またはNi系合金などで形成される。また、第2電極31aおよび第2電極パッド31Aのそれぞれの厚さは、例えば、 $0.5 \sim 5 \mu \text{ m}$ 程度に設定される。本実施形態に係る第2電極31aおよび第2電極パッド31Aは、金(Au)アンチモン(Sb)合金で形成されている。そして、第2電極31aおよび第2電極パッド31Aは、半導体基板2の上面から n 型コンタクト層30bの上面を覆うように形成される絶縁層8上に配置されているため、半導体基板2および n 型コンタクト層30b以外の半導体層と電氣的に絶縁されている。

[0023] 絶縁層 8 は、例えば、窒化シリコン (SiN_x) または酸化シリコン (SiO_2) などの無機絶縁膜や、ポリイミドなどの有機絶縁膜などで形成される。絶縁層 8 の厚さは、 $0.1 \sim 1 \mu\text{m}$ 程度に設定される。

[0024] n 型コンタクト層 30b の上面には、n 型クラッド層 30c が形成されている。n 型クラッド層 30c は、後に説明する活性層 30d に正孔を閉じ込める機能を有している。n 型クラッド層 30c は、例えば、アルミニウムガリウム砒素 (AlGaAs) に n 型不純物であるシリコン (Si) またはセレン (Se) などがドーピングされて形成される。n 型不純物のドーピング濃度は、例えば、 $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 程度に設定される。n 型クラッド層 30c の厚さは、例えば、 $0.2 \sim 0.5 \mu\text{m}$ 程度に設定される。本実施形態に係る n 型コンタクト層 30c には、n 型不純物としてシリコン (Si) が $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ のドーピング濃度でドーピングされている。

[0025] n 型クラッド層 30c の上面には、活性層 30d が形成されている。活性層 30d は、電子や正孔などのキャリアが集中して、再結合することによって光を発する発光部として機能する。活性層 30d は、例えば、不純物を含まないアルミニウムガリウム砒素 (AlGaAs) で形成される。また活性層 30d の厚さは、例えば、 $0.1 \sim 0.5 \mu\text{m}$ 程度に設定される。なお、本実施形態に係る活性層 30d は不純物を含まない層であるが、活性層 30d は p 型不純物を含む p 型活性層であっても、n 型不純物を含む n 型活性層であってもよく、活性層のバンドギャップが n 型クラッド層 30c および後に説明する p 型クラッド層 30e のバンドギャップよりも小さくなっていればよい。

[0026] 活性層 30d の上面には、p 型クラッド層 30e が形成されている。p 型クラッド層 30e は、活性層 30d に電子を閉じ込める機能を有している。p 型クラッド層 30e は、例えば、アルミニウムガリウム砒素 (AlGaAs) に p 型不純物である亜鉛 (Zn)、マグネシウム (Mg) または炭素 (C) などがドーピングされて形成される。p 型不純物のドーピング濃度は、

例えば、 $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 程度に設定される。p型クラッド層30eの厚さは、例えば、 $0.2 \sim 0.5 \mu\text{m}$ 程度に設定される。本実施形態に係るp型クラッド層30eには、p型不純物としてマグネシウム(Mg)が $1 \times 10^{19} \sim 5 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ のドーピング濃度でドーピングされている。

[0027] p型クラッド層30eの上面には、p型コンタクト層30fが形成されている。p型コンタクト層30fは、例えば、アルミニウムガリウム砒素(AlGaAs)にp型不純物である亜鉛(Zn)、マグネシウム(Mg)または炭素(C)などがドーピングされて形成される。p型不純物のドーピング濃度は、例えば、 $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 程度に設定される。p型クラッド層30eの厚さは、例えば、 $0.2 \sim 0.5 \mu\text{m}$ 程度に設定される。

[0028] p型コンタクト層30fは、第3電極31bを介して、第3電極パッド31Bに電氣的に接続されている。第3電極31bは、発光素子3aのp型電極である。第3電極パッド31Bは、第2電極パッド31Aと同様に、ワイヤボンディングによって外部電源と電氣的に接続されている。接続方法と接合形態のバリエーションは第2電極パッド31Aの場合と同様である。p型コンタクト層30fは、p型コンタクト層30fに接続される第3電極31bとの接触抵抗を下げる機能を有している。

[0029] なお、p型コンタクト層30fの上面には、p型コンタクト層30fの酸化を防止する機能を有するキャップ層を形成してもよい。キャップ層は、例えば、不純物を含まないガリウム砒素(GaAs)で形成される。また、キャップ層の厚さは、例えば、 $0.01 \sim 0.03 \mu\text{m}$ 程度に設定される。

[0030] 第3電極31bおよび第3電極パッド31Bは、例えば、金(Au)やアルミニウム(Al)と、密着層であるニッケル(Ni)、クロム(Cr)またはチタン(Ti)とを組み合わせたAuNi、AuCr、AuTiまたはAlCr合金などで形成される。第3電極31bおよび第3電極パッド31Bのそれぞれの厚さは、例えば、 $0.5 \sim 5 \mu\text{m}$ 程度に設定される。そして

、半導体基板 2 の上面から p 型コンタクト層 30 f の上面を覆うように形成される絶縁層 8 上に配置されているため、半導体基板 2 および p 型コンタクト層 30 f 以外の半導体層とは電氣的に絶縁されている。

[0031] このようにして構成された発光素子 3 a は、第 2 電極パッド 31 A と第 3 電極パッド 31 B との間にバイアスを印加することによって、活性層 30 d が発光して、光の光源として機能する。

[0032] 受光素子 3 b は、図 2 (b) に示すように、一導電型の半導体基板 2 の上面に逆導電型半導体領域 32 (本実施形態に係る受光素子 3 b では、p 型半導体領域 32) を設けることによって、半導体基板 2 との間で p n 接合を形成して構成される。p 型半導体領域 32 は、半導体基板 2 に p 型不純物を高濃度に拡散させて形成されている。p 型不純物としては、例えば、亜鉛 (Zn)、マグネシウム (Mg)、炭素 (C)、ホウ素 (B)、インジウム (In) またはセレン (Se) などが挙げられる。本実施形態に係る p 型半導体領域 32 の p 型不純物は、ホウ素 (B) である。p 型不純物のドーピング濃度は、例えば、 $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ に設定される。本実施形態に係る p 型半導体領域 32 の厚さは、例えば、 $0.5 \sim 3 \mu\text{m}$ 程度に設定される。

[0033] p 型半導体領域 32 は、第 4 電極 33 b を介して第 4 電極パッド 33 B と電氣的に接続されており、半導体基板 2 には、第 1 電極パッド 33 A が電氣的に接続されている。すなわち、第 4 電極パッド 33 B は、受光素子 3 b の p 型電極として機能する。また、第 1 電極パッド 33 A は、受光素子 3 b の n 型電極として機能する。第 4 電極 33 b および第 4 電極パッド 33 B は、半導体基板 2 の上面に絶縁層 8 を介して配置されているため、半導体基板 2 と電氣的に絶縁されている。

[0034] 第 1 電極パッド 33 A は、半導体基板 2 の上面に配置されている。そして、半導体基板 2 における n 型の不純物濃度は、第 1 電極パッド 33 A の直下の領域において他の領域よりも高くなっている。n 型不純物としては、例えば、リン (P)、窒素 (N)、砒素 (As)、アンチモン (Sb) およびビ

スマス（B i）などが挙げられる。また、n型不純物のドーピング濃度は、例えば、 $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ に設定される。本実施形態に係る半導体基板2のn型不純物としては、リン（P）が採用されている。

[0035] ここで、本実施形態に係る受発光素子1において、上述した通り、半導体基板2における第1電極パッド33Aの直下の領域は、半導体基板2の他の領域に比較して不純物濃度が大きく設定されている。言い換えれば、半導体基板2の他の領域は、第1電極パッド33Aの直下の領域よりも、不純物の濃度が小さい。すなわち、第1電極パッド33Aの直下以外の領域はキャリア密度が小さくなるため、電流が流れ難くなる。その結果、発光素子3aからのノイズ電流が、半導体基板2内を介して受光素子3bに流れ込むことを低減することができる。したがって、発光素子3aのノイズ電流による受発光素子1の検出精度の低下を低減することができる。

[0036] 第1電極パッド33Aは、半導体基板2にオーミック接合していてもよい。その結果、第1電極パッド33Aからの電子の取り出し効率が向上することになり、受光素子3bの検出精度を向上させることができる。

[0037] 第1電極パッド33Aの材料の仕事関数は、半導体基板2の材料の仕事関数より大きくてもよい。その結果、効果的に第1電極パッド33Aと半導体基板2とをオーミック接合させることができる。

[0038] 一方で、第1電極パッド33Aの材料の仕事関数は、半導体基板2の仕事関数より小さくてもよい。この場合、第1電極パッド33Aの直下の領域の不純物の濃度を高くすることによって、第1電極パッド33Aと半導体基板2とをオーミック接合させることができる。

[0039] 発光素子3aの直下の領域は、第1電極パッド33Aの直下の領域よりも不純物濃度が低い他の領域であることが好ましい。その結果、発光素子3aからのノイズ電流を低減することができる。

[0040] 第1電極パッド33Aの直下の領域は、p型半導体領域32に接触していないことが好ましい。その結果、発光素子3aからのノイズ電流を低減する

ことができる。

[0041] 第1電極パッド33Aの直下の領域内において、半導体基板2の表層部の不純物濃度が高くてもよい。その結果、第1電極パッド33Aと半導体基板2とが良好に電氣的に接続することができるとともに、発光素子3aからのノイズ電流が半導体基板2内を流れる可能性を低減することができる。

[0042] なお、本実施形態では、第1電極パッド33Aの直下の領域とは、半導体基板2と第1電極パッド33Aとがオーミック接合されれば特に限定されないが、半導体基板2と第1電極パッド33Aとの接合面積の70%以上の領域をいい、半導体基板2の深さ方向の厚さが0.01~0.5 μ mである。

[0043] 本実施形態に係る裏面電極35は、半導体基板2の裏面の全体にわたって形成されている。

[0044] 第4電極33b、第4電極パッド33B、第1電極パッド33Aおよび裏面電極35は、例えば金(Au)アンチモン(Sb)合金、金(Au)ゲルマニウム(Ge)合金またはNi系合金などを用いて、その厚さが0.5~5 μ m程度で形成される。本実施形態に係る第4電極33b、第4電極パッド33B、第1電極パッド33Aおよび裏面電極35は、金(Au)ゲルマニウム(Ge)合金で形成されている。

[0045] そして、第1電極パッド33Aは、第1電極33aを介してガードリング電極34と接続されており、第1電極33aおよびガードリング電極34は半導体基板2の上面に配置されている。半導体基板2におけるn型の不純物濃度は、第1電極パッド33Aの直下の領域と同様に、第1電極33aおよびガードリング電極34の直下の領域において他の領域よりも高くなっている。ガードリング電極34は、半導体基板2の上面において発光素子3aと受光素子3bとの間に形成された帯状の電極である。

[0046] 第1電極パッド33Aと裏面電極35との間に外部電源によってバイアスを印加することによって、第1電極パッド33A、第1電極33aおよびガードリング電極34ならびに裏面電極35でガードリング構造を形成し、漏れ電流を低減することが可能となる。

- [0047] このように構成された受光素子 3 b は、p 型半導体領域 3 2 に光が入射すると、光電効果によって光電流が発生して、この光電流を第 4 電極パッド 3 3 B を介して取り出すことによって、光検出部として機能する。なお、第 4 電極パッド 3 3 B と第 1 電極パッド 3 3 A との間に逆バイアスを印加すれば、受光素子 3 b の光検出感度が高くなるので好ましい。
- [0048] 第 1 電極パッド 3 3 A とガードリング電極 3 4 は、一体的に形成されていても良い。すなわち、受光素子 3 b の n 型電極がガードリング電極 3 4 の機能まで備えていてもよい。その結果、受光素子 3 b の n 型電極をガードリング電極 3 4 として機能させることができる。
- [0049] 第 1 電極パッド 3 3 A は、受光素子 3 b を取り囲むように形成されていてもよい。その結果、発光素子 3 a のノイズ電流による受光素子 3 b への影響を低減することができる。
- [0050] 第 1 電極パッド 3 3 A の直下の領域における不純物は、半導体基板 2 の上面に接する半導体層を構成する元素の少なくとも 1 つと同じであってもよい。その結果、バッファ層 3 0 a を形成すると同時に、半導体基板 2 の上面に不純物を拡散させることができ、受発光素子 1 の製造工程を省略することができ、生産効率を向上させることができる。
- [0051] 第 2 電極 3 1 a および第 1 電極パッド 3 3 A は同じ材料からなってもよい。その結果、第 2 電極パッド 3 1 A と第 1 電極パッド 3 3 A を同時に形成することができ、受発光素子 1 の製造工程を省略することができ、生産効率を向上させることができる。なお、第 2 電極パッド 3 1 A および第 1 電極パッド 3 3 A が同じ材料からなってもよい。
- [0052] 第 1 電極パッド 3 3 A が第 4 電極パッド 3 3 B に比べて発光素子 3 a 側に位置していてもよい。
- [0053] 図 3 に示すように、本実施形態に係る半導体基板 2 における第 1 電極パッド 3 3 A の直下の領域は、第 1 電極パッド 3 3 A 側に突出する突出部 2 a を有していてもよい。そして、第 1 電極パッド 3 3 A は、突出部 2 a を覆っていてもよい。その結果、突出部 2 a の側面でも第 1 電極パッド 3 3 A をオー

ミック接合させることができ、効果的に発光素子 3 a からのノイズ電流の影響を低減させることができる。

[0054] 半導体基板 2 における不純物濃度は、突出部 2 a 内の領域のみが他の領域よりも高くてもよい。その結果、発光素子 3 a からのノイズ電流が半導体基板 2 内を流れることを低減することができる。

[0055] また、半導体基板 2 における第 1 電極 3 3 a およびガードリング電極 3 4 の直下の領域は、第 1 電極 3 3 a およびガードリング電極 3 4 側に突出する突出部 2 a を有していてもよい。そして、第 1 電極 3 3 a およびガードリング電極 3 4 は、突出部 2 a を覆っていてもよい。その結果、効果的に発光素子 3 a からのノイズ電流の影響を低減させることができる。

[0056] なお、突出部 2 a の突出量としては第 1 電極パッド 3 3 A 側に $1\ \mu\text{m}$ 程度であり、突出面積は、平面視して第 1 電極パッド 3 3 A、第 1 電極 3 3 a およびガードリング電極 3 4 の面積それぞれの 70～90% とすればよい。このような構成とすることで、第 1 電極パッド 3 3 A、第 1 電極 3 3 a およびガードリング電極 3 4 は、突出部を覆うように形成されることから、半導体基板 2 とこれら電極の接合が 3 次元的となり、これらの接合強度が向上する。

[0057] (受発光素子の製造方法)

次に、受発光素子 1 の製造方法の例を示す。

[0058] まず、n 型の半導体基板 2 を準備する。半導体基板 2 は、n 型の半導体材料からなる。n 型の不純物濃度に限定はない。本実施形態では、シリコン (Si) 基板に n 型の不純物としてリン (P) を $1 \times 10^{14} \sim 1 \times 10^{15}\ \text{atoms/cm}^3$ の濃度で含む n 型のシリコン (Si) 基板を用いている。n 型の不純物としては、リン (P) の他に、例えば、窒素 (N)、砒素 (As)、アンチモン (Sb) およびビスマス (Bi) などが挙げられ、ドーピング濃度は $1 \times 10^{14} \sim 1 \times 10^{18}\ \text{atoms/cm}^3$ とされる。

[0059] 次に、熱酸化法を用いて、半導体基板 2 の上に酸化シリコン (SiO_2) からなる拡散阻止膜 S を形成する。

- [0060] 拡散阻止膜S上にフォトレジストを塗布して、フォトリソグラフィ法によって所望のパターンを露光、現像した後、ウェットエッチング法によって、p型半導体領域32を形成するための開口部Saを拡散阻止膜S中に形成する。開口部Saは、必ずしも拡散阻止膜Sを貫通している必要はない。
- [0061] そして、拡散阻止膜S上にポリボロンフィルム(PBF)を塗布する。続いて、熱拡散法を用いて、拡散阻止膜Sの開口部Saを介して、ポリボロンフィルム(PBF)に含まれているホウ素(B)を半導体基板2の内部に拡散させ、p型半導体領域32を形成する。このとき、例えばポリボロンフィルム(PBF)の厚さを0.1~1 μ mとし、窒素(N₂)および酸素(O₂)を含む雰囲気中で700~1200℃の温度で熱拡散させる。その後、拡散阻止膜Sを除去する。
- [0062] 次に、半導体基板2をMOCVD(有機金属化学気相成長: Metal-organic Chemical Vapor Deposition)装置の反応炉内で熱処理することによって、半導体基板2の表面に形成された自然酸化膜を除去する。この熱処理は、例えば1000℃の温度で10分間程度行なう。
- [0063] そして、MOCVD法を用いて、発光素子3aを構成する各々の半導体層(バッファ層30a、n型コンタクト層30b、n型クラッド層30c、活性層30d、p型クラッド層30e、p型コンタクト層30f)を半導体基板2上に順次積層する。そして、積層された半導体層上にフォトレジストを塗布し、フォトリソグラフィ法によって所望のパターンを露光、現像した後、ウェットエッチング法によって発光素子3aを形成する。なお、n型コンタクト層30bの上面の一部が露出するように、複数回のエッチングを行なう。その後、フォトレジストを除去する。
- [0064] 次に、熱酸化法、スパッタリング法またはプラズマCVD法などを用いて、発光素子3aの露出面および半導体基板2(p型半導体領域32を含む)の上面を覆うように絶縁層8を形成する。続いて、絶縁層8上にフォトレジストを塗布し、フォトリソグラフィ法によって所望のパターンを露光、現像した後、ウェットエッチング法によって、後に説明する第2電極31aおよ

び第3電極31bならびに第4電極33bを、それぞれn型コンタクト層30bおよびp型コンタクト層30fならびにp型半導体領域32に接続するための開口を、絶縁層8に形成する。その後、フォトレジストを除去する。

[0065] 次に、第1電極パッド33A、第1電極33aおよびガードリング電極34が配置される領域に、熱拡散法およびイオン注入法によって、リン(P)を半導体基板2にドーピングする。

[0066] 次に、絶縁層8上にフォトレジストを塗布し、フォトリソグラフィ法によって所望のパターンを露光、現像した後、抵抗加熱法やスパッタリング法などを用いて、第2電極31a、第2電極パッド31A、第4電極33b、第4電極パッド33B、第1電極33aおよび第1電極パッド33Aを形成するための合金膜を形成する。そして、リフトオフ法を用いて、フォトレジストを除去するとともに、第2電極31a、第2電極パッド31A、第4電極33b、第4電極パッド33B、第1電極33a、第1電極パッド33Aおよびガードリング電極34を所望の形状に形成する。同様に第3電極31bおよび発光素子側第2電極パッド33Bもそれぞれ同様の工程によって形成する。

[0067] 次に、抵抗加熱法やスパッタリング法などを用いて、半導体基板2の裏面に裏面電極34を形成するための合金膜を形成する。本実施形態に係る裏面電極34は半導体基板2の裏面の全体にわたって形成されている。

[0068] (センサ装置)

次に、受発光素子1を備えたセンサ装置100について説明する。以下では、受発光素子1を、コピー機やプリンタなどの画像形成装置における、中間転写ベルトV上に付着したトナーT（被照射物）の位置を検出するセンサ装置に適用する場合を例に挙げて説明する。

[0069] 図4に示すように、本実施形態に係るセンサ装置100は、受発光素子1の発光素子3aおよび受光素子3bが形成された面が、中間転写ベルトVに対向するように配置される。そして、発光素子3aから中間転写ベルトVまたは中間転写ベルトV上のトナーTへ光が照射される。本実施形態では、発

光素子 3 a の上方にプリズム P 1 を、また受光素子 3 b の上方にプリズム P 2 を配置して、発光素子 3 a から発せられた光が、プリズム P 1 で屈折して中間転写ベルト V または中間転写ベルト V 上のトナー T に入射する。そして、この入射光 L 1 に対する正反射光 L 2 が、プリズム P 2 で屈折して、受光素子 3 b によって受光される。受光素子 3 b には、受光した光の強度に応じて光電流が発生し、第 4 電極 33 B などを介して、外部装置でこの光電流が検出される。

[0070] 本実施形態に係るセンサ装置 100 では、以上のように中間転写ベルト V またはトナー T からの正反射光の強度に応じた光電流を検出することができる。そのため、例えば受光素子 3 b で検出される光電流値に応じて、トナー T が所定場所に位置するか否かを検出することができる。つまり、トナー T の位置を検出することができる。なお、正反射光の強度はトナー T の濃度にも対応するため、発生した光電流の大きさに応じて、トナー T の濃度を検出することも可能である。同様に、正反射光の強度は、受発光素子 1 からトナー T との距離にも対応するため、発生した光電流の大きさに応じて、受発光素子 1 とトナー T との距離を検出することも可能である。

[0071] 本実施形態に係るセンサ装置 100 によれば、受発光素子 1 の有する上述の効果を奏することができる。

[0072] 以上、本発明の具体的な実施の形態の例を示したが、本発明はこれに限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内で種々の変更が可能である。

[0073] 例えば、本実施形態に係る第 1 電極パッド 33 A、第 1 電極 33 a およびガードリング電極 34 の直下の領域において、半導体基板 2 の n 型不純物としてリン (P) を採用したが、半導体基板 2 の上面に接する半導体層であるバッファ層 30 a を構成する元素の少なくとも 1 つである砒素 (As) としてもよい。このような構成とすることで、第 1 電極パッド 33 A、第 1 電極 33 a およびガードリング電極 34 の直下の領域に、熱拡散法およびイオン注入法によって不純物を拡散しなくてもよく、工程削減が行なえ、結果とし

て工程短縮、製造コストの削減が行なえる。

[0074] 半導体基板 2 の上面に形成したバッファ層 30 a の砒素 (As) が、発光素子 3 a を形成する工程の中で、半導体基板 2 に拡散する。発光素子 3 a を形成した後のエッチングでは、発光素子 3 a 以外の領域に形成された半導体層をエッチングで除去するが、半導体基板 2 の上面には砒素 (As) が拡散している層が残留する。通常、この拡散層は、半導体基板 2 の表面をエッチングすることによって除去されるが、第 1 電極パッド 33 A、第 1 電極 33 a およびガードリング電極 34 に相当する領域にフォトリソグラフィ法によってエッチングマスクを形成して、拡散層のエッチングを行なわないようにする。その後、エッチングマスクを除去して第 1 電極パッド 33 A、第 1 電極 33 a およびガードリング電極 34 を形成すれば、これらの直下の領域において n 型不純物である砒素 (As) が存在することになる。

[0075] また、第 1 電極パッド 33 A および第 1 電極 33 a ならびに第 2 電極パッド 31 A および第 2 電極 31 a は同じ材料からなってもよい。本実施形態の場合、第 1 電極パッド 33 A および第 1 電極 33 a は、金 (Au) ゲルマニウム (Ge) 合金で形成されており、第 2 電極パッド 31 A および第 2 電極 31 a は、金 (Au) アンチモン (Sb) 合金で形成されているが、第 1 電極パッド 33 A および第 1 電極 33 a ならびに第 2 電極パッド 31 A および第 2 電極 31 a の全てを例えば金 (Au) ゲルマニウム (Ge) 合金で形成してもよい。このような構成とすることで、電極パッドおよび電極の形成工程を削減が行なえ、結果として工程短縮、製造コストの削減が行なえる。

[0076] また、本実施形態に係るセンサ装置 100 では、使用態様としてトナー T の濃度を検出する例を記載したが、センサ装置 100 の用途はトナー濃度の検出に限られない。センサ装置 100 は、物質の表面状態を測定することが可能であり、例えば、人間の素肌または錠剤等の表面状態を測定することができる。

[0077] また、図 5 に示すように、半導体基板 2 における第 1 電極パッド 33 A と発光素子 3 a との間には溝 2 b が形成されていてもよい。その結果、発光素

子 3 a からのノイズ電流が半導体基板 2 内を流れるときに、溝 2 b を迂回することになり、受光素子 3 b への影響を小さくすることができる。

[0078] また、第 1 電極パッド 3 3 A と発光素子 3 a との間に形成されている溝 2 b は、半導体基板 2 の一端部から他端部にわたって形成されていてもよい。その結果、発光素子 3 a のノイズ電流を良好に迂回させることができる。

[0079] また、図 6 に示すように、第 1 電極パッド 3 3 A は、半導体基板 2 における発光素子 3 a と受光素子 3 b との間の領域に位置していてもよい。このような構成を備えるため、受光素子 3 b から電流を取り出す際、第 1 電極パッド 3 3 A および第 4 電極パッド 3 3 B に逆バイアスを印加するときに、第 1 電極パッド 3 3 A の直下に電界を発生させることができる。その結果、発光素子 3 a からのノイズ電流が半導体基板 2 内を流れる場合、ノイズ電流は、第 1 電極パッド 3 3 A の直下に発生した電界を迂回するように流れることになる。したがって、発光素子 3 a のノイズ電流による受光素子 2 b への影響を低減することができる。

請求の範囲

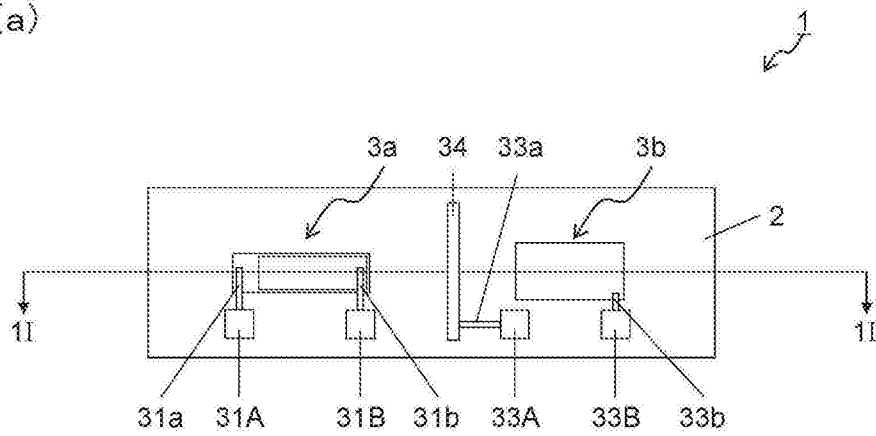
- [請求項1] 一導電型の半導体基板と、該半導体基板の上面に積層した複数の半導体層を有する発光素子と、前記半導体基板の上面側に逆導電型の不純物がドーピングされた逆導電型半導体領域を有する受光素子と、前記半導体基板の上面に配置され、且つ前記受光素子の電極となる第1電極パッドとを備え、前記一導電型の半導体基板における不純物濃度は、前記第1電極パッドの直下の領域が他の領域よりも高くなっていることを特徴とする受発光素子。
- [請求項2] 前記第1電極パッドの直下の領域における不純物は、前記半導体基板の上面に接する前記半導体層を構成する元素の少なくとも1つと同じであることを特徴とする請求項1に記載の受発光素子。
- [請求項3] 前記複数の半導体層は、一導電型のコンタクト層を含み、該コンタクト層の上面に配置され、且つ前記発光素子の電極となる第2電極をさらに備えており、該第2電極および前記第1電極パッドは同じ材料からなることを特徴とする請求項1または2に記載の受発光素子。
- [請求項4] 前記半導体基板における前記第1電極パッドの直下の領域は、前記第1電極パッド側に突出している突出部を有していることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の受発光素子。
- [請求項5] 前記第1電極パッドは、前記突出部を覆っていることを特徴とする請求項4に記載の受発光素子。
- [請求項6] 前記第1電極パッドは、前記発光素子と前記受光素子との間の領域に位置していることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の受発光素子。
- [請求項7] 前記半導体基板は、前記第1電極パッドと前記発光素子との間に溝をさらに有していることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の受発光素子。
- [請求項8] 請求項1～7のいずれか1項に記載の受発光素子を用いたセンサ装

置であって、

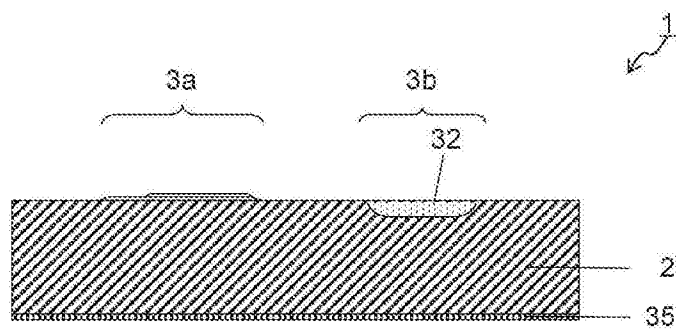
前記発光素子から被照射物に光を照射し、該被照射物からの反射光に応じて出力される前記受光素子からの出力電流に応じて前記被照射物の位置情報、距離情報および濃度情報のうち少なくとも1つを検出することを特徴とするセンサ装置。

[図1]

(a)

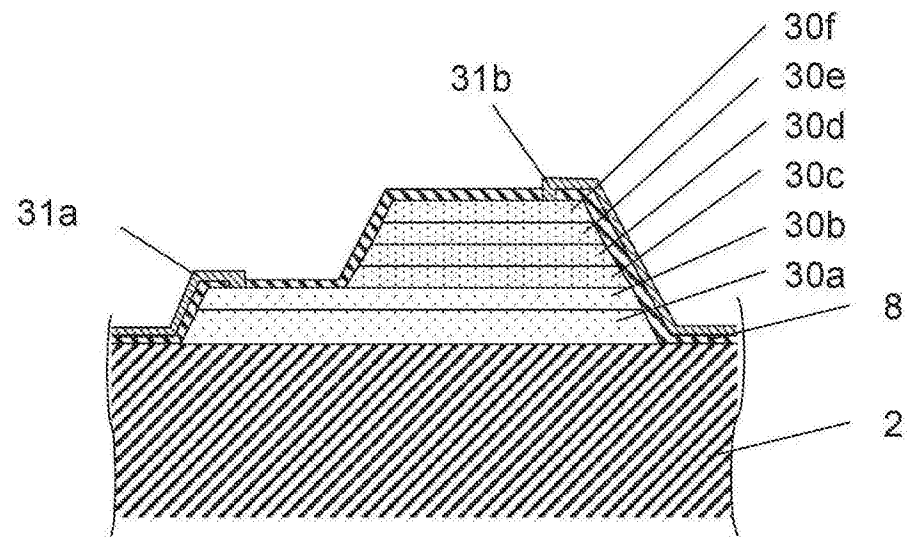


(b)

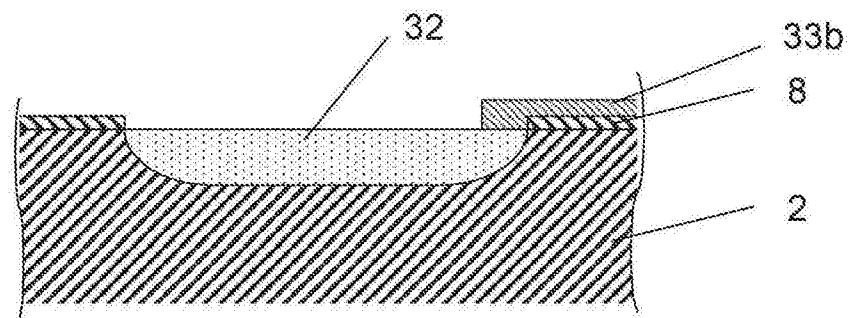


[図2]

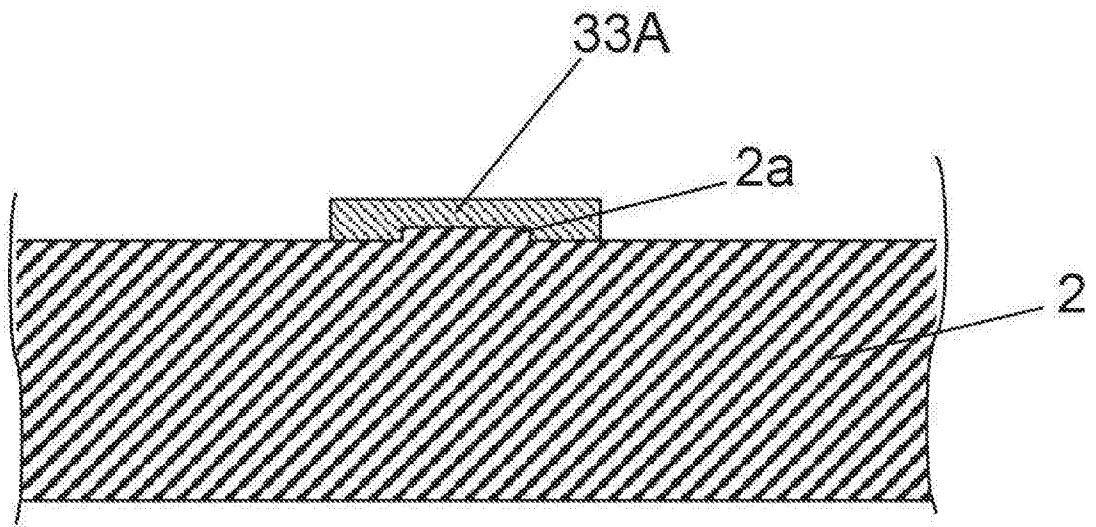
(a)



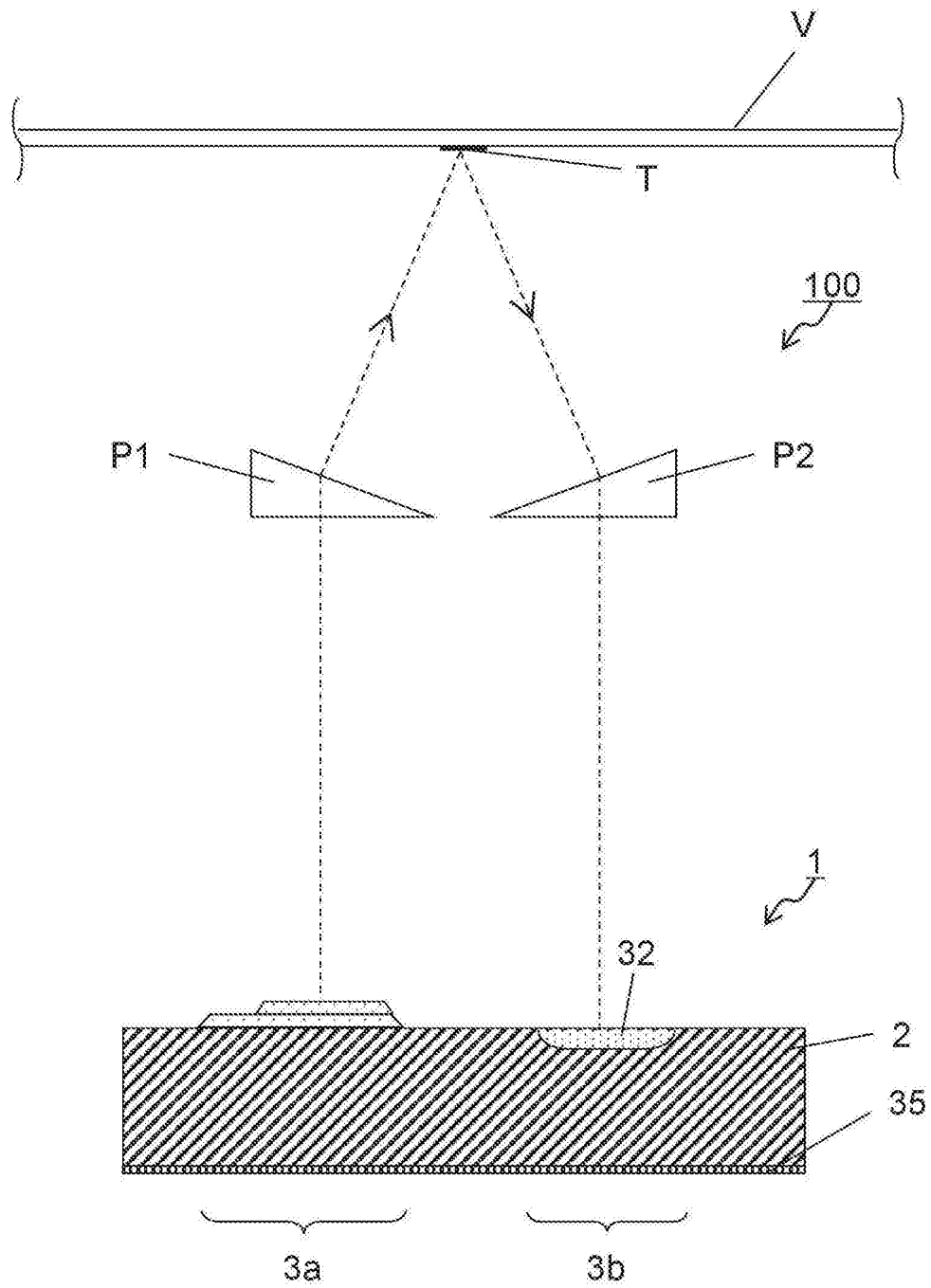
(b)



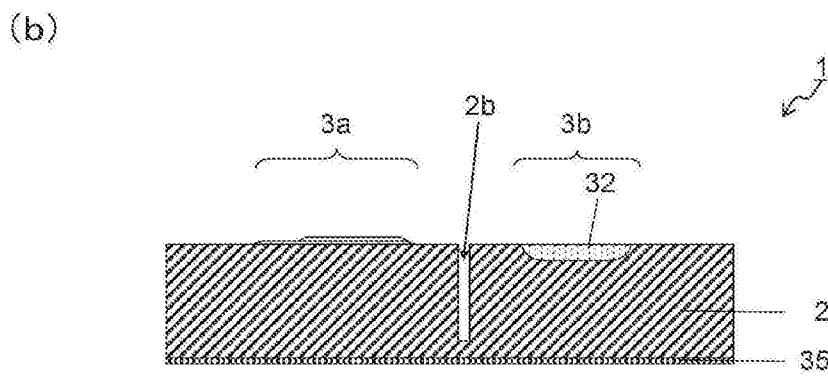
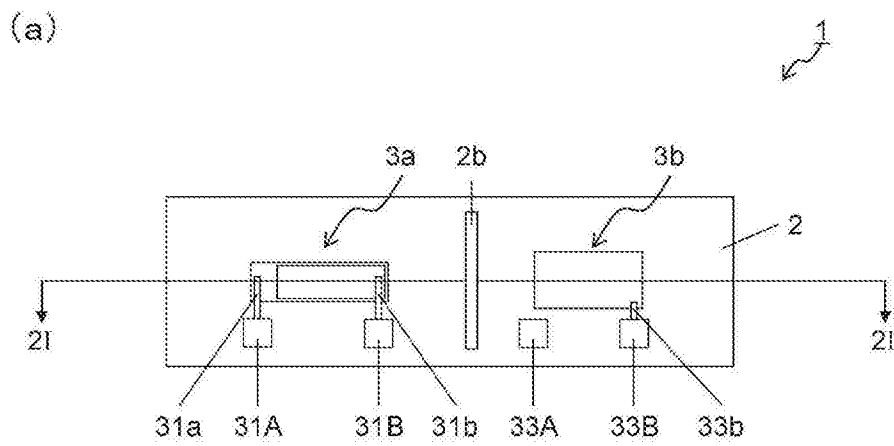
[図3]



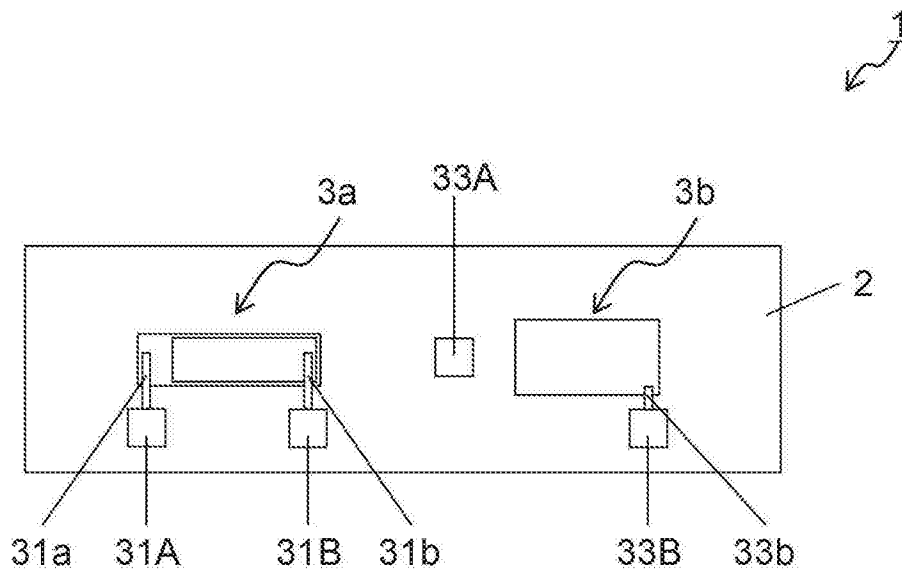
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/078913

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L31/12(2006.01)i, G01J1/02(2006.01)i, H01L33/02(2010.01)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)

H01L31/08-31/12, G01J1/02, H01L33/02

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
X Y	JP 2010-278239 A (Kyocera Corp.), 09 December 2010 (09.12.2010), paragraphs [0005], [0015] to [0053]; fig. 1 to 8 (Family: none)	1-5, 7-8 6
Y	WO 2013/065668 A1 (Kyocera Corp.), 10 May 2013 (10.05.2013), paragraph [0016]; fig. 2 & US 2014/264392 A1 & CN 103890973 A	6
A	WO 2002/029904 A1 (Sanyo Electric Co., Ltd.), 11 April 2002 (11.04.2002), page 5, line 2 to page 6, line 7; fig. 1 & JP 2002-176194 A & US 2003/0173569 A1 & EP 1324396 A1 & KR 10-0698350 B1 & CN 1466781 A	1-8

☒ 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
19 November, 2014 (19.11.14)

Date of mailing of the international search report
02 December, 2014 (02.12.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/078913

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 7-45912 A (Sony Corp.), 14 February 1995 (14.02.1995), paragraphs [0015] to [0017]; fig. 1 (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L31/12(2006.01)i, G01J1/02(2006.01)i, H01L33/02(2010.01)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. H01L31/08-31/12, G01J1/02, H01L33/02

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 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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
X	JP 2010-278239 A（京セラ株式会社）2010.12.09, 段落【0005】 【0015】 - 【0053】、第1-8図（ファミリーなし）	1-5, 7-8
Y		6
Y	WO 2013/065668 A1（京セラ株式会社）2013.05.10, 段落[0016], 第2図 & US 2014/264392 A1 & CN 103890973 A	6

☒ 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

1 9 . 1 1 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 2 . 1 2 . 2 0 1 4

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）

山本 元彦

2 K

3 9 1 4

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

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	WO 2002/029904 A1 (三洋電機株式会社) 2002.04.11, 第5頁第2行-第6頁第7行, 第1図 & JP 2002-176194 A & US 2003/0173569 A1 & EP 1324396 A1 & KR 10-0698350 B1 & CN 1466781 A	1-8
A	JP 7-45912 A (ソニー株式会社) 1995.02.14, 段落【0015】-【0017】, 第1図 (ファミリーなし)	1-8