(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
2022年7月14日(14.07.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/149253 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 31/02 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2021/000450

(22) 国際出願日： 2021年1月8日(08.01.2021)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(71) 出願人: 株式会社京都セミコンダクター (**KYOTO SEMICONDUCTOR CO., LTD.**) [JP/JP]; 〒6128362 京都府京都市伏見区西大手町３０７番地２１ Kyoto (JP).

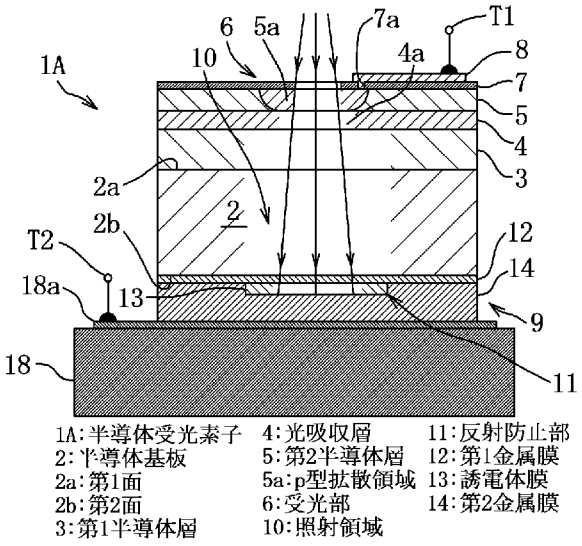
(72) 発明者: 磯村 尚友 (**ISOMURA Takatomo**); 〒6128362 京都府京都市伏見区西大手町３０７番地２１ 株式会社京都セミコンダクター内 Kyoto (JP). 大村 悦司 (**OMURA Etsuji**); 〒6128362 京都府京都市伏見区西大手町３０７番地２１ 株式会社京都セミコンダクター内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 岡村 俊雄 (**OKAMURA Toshio**); 〒5300047 大阪府大阪市北区西天満４丁目４番１２号 近藤ビル５階 岡村特許事務所 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) **Title:** SEMICONDUCTOR LIGHT-RECEIVING ELEMENT

(54) 発明の名称： 半導体受光素子



1A Semiconductor light-receiving element
2 Semiconductor substrate
2a First surface
2b Second surface
3 First semiconductor layer
4 Light-absorbing layer
5 Second semiconductor layer
5a p-type diffusion region
6 Light-receiving part
10 Irradiated region
11 Antireflection part
12 First metal film
13 Dielectric film
14 Second metal film

(57) **Abstract:** [Problem] To provide a semiconductor light-receiving element configured, with a simple structure, so as to prevent light that has penetrated a light-absorbing layer from being incident again. [Solution] A semiconductor light-receiving element (1A, 1B) comprises a light-receiving part (6) having: a semiconductor substrate (2) which is transparent with respect to incident light in an infrared light region for optical communication; and a light-absorbing layer (4) which is formed on a first surface (2a) side of the semiconductor substrate (2) for absorbing the incident light, wherein, on a second surface (2b) side facing the first surface (2a) of the semiconductor substrate (2), an antireflection part (11, 21) is provided in an irradiated region (10) that incident light, which has been incident on the light-receiving part (6) from

WO 2022/149253 A1

[続葉有]

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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

the first surface (2a) side and has penetrated the light-absorbing layer (4), reaches, and the antireflection part (11, 21) is formed by laminating, on the second surface (2b) of the semiconductor substrate (2), a first metal film (12) in which the real and imaginary parts of the complex refractive index are each 3 to 5, inclusive, a dielectric film (13) with a refractive index of 2 or less, and a second metal film (14).

(57) 要約:【課題】簡単な構造で光吸収層を透過した光が再入射しないように構成した半導体受光素子を提供すること。【解決手段】光通信用の赤外光領域の入射光に対して透明な半導体基板(2)と、入射光を吸収するために半導体基板(2)の第１面(2a)側に形成された光吸収層(4)を有する受光部(6)を備えた半導体受光素子(1A,1B)において、半導体基板(2)の第１面(2a)に対向する第２面(2b)側には、第１面(2a)側から受光部(6)に入射して光吸収層(4)を透過した入射光が到達する照射領域(10)に反射防止部(11,21)を備え、この反射防止部(11,21)は、半導体基板(2)の第２面(2b)に、複素屈折率の実部及び虚部が夫々３以上且つ５以下である第１金属膜(12)と、屈折率が２以下の誘電体膜(13)と、第２金属膜(14)を積層して形成されている。

明　細　書

発明の名称 ： 半導体受光素子

技術分野

[0001] 本発明は光計測、光通信に用いられる赤外光を受光する半導体受光素子に関し、特に光パルスを受光し終えた後の立下り応答特性を向上させた半導体受光素子に関する。

背景技術

[0002] 従来から、光通信に用いられる光ファイバケーブルの損失状態、欠陥位置を測定する光パルス試験器（Optical Time Domain Reflectometer：OTDR）が広く利用されている。この光パルス試験器は、敷設されている光ファイバケーブルの一端からパルス光を入射し、このパルス光が光ファイバケーブル内を伝搬するときに生じるレイリー散乱光のうちの入射側に戻る後方散乱光を受光する。そして、後方散乱光の量（強度）に基づいて損失を測定し、パルス光を入射してから後方散乱光を受光するまでの時間に基づいて光パルス試験器からの距離を測定する。

[0003] 光パルス試験器と測定対象の光ファイバケーブルの一端を接続した接続点では、光ファイバケーブルにパルス光が入射する際に、フレネル反射が生じることが避けられない。そのため、光パルス試験器からパルス光を出射したときに、この接続点でのフレネル反射光が最初に光パルス試験器に受光され、その後で後方散乱光が受光される。

[0004] この後方散乱光は、フレネル反射光と比べて光強度が極めて小さい。それ故、パルス光のパルス幅に相当するフレネル反射光の受光時間と、光パルス試験器の受光素子が、フレネル反射光の受光が終わってから後方散乱光を検知可能になるまでの応答時間（立下り時間）が経過するまでは、後方散乱光を検知することができない。従って、後方散乱光を検知することができない時間に相当する光パルス試験器からの光の往復距離内に欠陥が存在していても、この欠陥を検出することができないデッドゾーンが生じる。

[0005] デッドゾーンを小さくするために、受光素子の立下り時間を短縮することが要求されている。例えば特許文献１のように、受光素子の立下り時間を短縮するために、受光部の第１光吸収層を透過した光を第２光吸収層で吸収することにより、第１光吸収層に再入射する光を減少させる半導体受光素子が知られている。反射して第１光吸収層に再入射する光が少ないので、第１光吸収層を光が透過し終わると光電流が急激に減少し、立下り時間が短縮される。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開平８－８４５６号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 上記特許文献１の半導体受光素子は、入射した光を電気信号に変換するための第１光吸収層と、第１光吸収層を透過した光を吸収することにより第１光吸収層に再入射しないようにするための第２光吸収層を有する。そのため、構造が複雑になると共に、結晶成長させるため形成することが容易ではない２つの光吸収層を別々に形成する必要があるので、製造コストが上昇してしまう課題がある。

[0008] 本発明の目的は、簡単な構造で光吸収層を透過した光が再入射しないように構成した半導体受光素子を提供することである。

課題を解決するための手段

[0009] 請求項１の発明の半導体受光素子は、光通信用の赤外光領域の入射光に対して透明な半導体基板と、前記入射光を吸収するために前記半導体基板の第１面側に形成された光吸収層を有する受光部を備えた半導体受光素子において、前記半導体基板の前記第１面に対向する第２面側には、前記第１面側から前記受光部に入射して前記光吸収層を透過した入射光が到達する照射領域に反射防止部を備え、前記反射防止部は、前記半導体基板の前記第２面に、

複素屈折率の実部及び虚部が夫々３以上且つ５以下である第１金属膜と、屈折率が２以下の誘電体膜と、第２金属膜が積層されて形成されたことを特徴としている。

[0010] 上記構成によれば、半導体受光素子の光吸収層を有する受光部は、光通信に使用される赤外光領域の光を受光する。そして、光吸収層を透過した光が到達する照射領域に、上記の範囲内の複素屈折率を有する第１金属膜と屈折率が２以下の誘電体膜と第２金属膜が積層されて形成された反射防止部を備えている。従って、反射防止部によって、光吸収層を透過した光の反射を防止することができるので、簡単な構造で反射した光の受光部へ再入射を防ぐことができる。それ故、半導体受光素子の立下り時間が短縮される。

[0011] 請求項２の発明の半導体受光素子は、請求項１の発明において、前記誘電体膜と前記第２金属膜の間に、複素屈折率の実部及び虚部が夫々３以上且つ５以下であると共に前記第１金属膜よりも薄い第３金属膜を有することを特徴としている。

上記構成によれば、簡単な構造で反射した光の受光部へ再入射を防ぐことができると共に、第３金属膜によって誘電体膜と第２金属膜の間の密着性を向上させることができる。それ故、誘電体膜と第２金属膜の剥離によって空隙が形成されて反射防止部の反射機能が低下することを防止することができる。

[0012] 請求項３の発明の半導体受光素子は、請求項１又は２の発明において、前記第１金属膜はチタン、クロム、タングステンのうちの１種の元素を主成分とすることを特徴としている。

上記構成によれば、光通信用の赤外光領域において入射光の反射率が低い反射防止部を形成することができる。

[0013] 請求項４の発明の半導体受光素子は、請求項１～３の何れか１項の発明において、前記第２金属膜は金を主成分とすることを特徴としている。

上記構成によれば、反射防止部を半導体受光素子の１つの電極として兼用することができるので、簡単な構造の半導体受光素子を形成することができ

る。

発明の効果

[0014] 本発明の半導体受光素子によれば、簡単な構造で光吸収層を透過した光が再入射しないように反射を防止することができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]本発明の実施例１に係る半導体受光素子の構造を示す断面図である。

[図2]実施例１の反射防止部の第１金属膜がＴｉ膜の場合の反射率を示す図である。

[図3]反射防止部の第１金属膜の複素屈折率下限値における反射率を示す図である。

[図4]反射防止部の第１金属膜の複素屈折率上限値における反射率を示す図である。

[図5]光通信用の赤外光領域の光に対する金属材料の複素屈折率を示す図である。

[図6]実施例１の反射防止部の第１金属膜がW膜の場合の反射率を示す図である。

[図7]実施例１の反射防止部の第１金属膜がＡｕ膜の場合の反射率を示す図である。

[図8]実施例１の反射防止部の第１金属膜がＡｌ膜の場合の反射率を示す図である。

[図9]実施例１の反射防止部の第１金属膜がＰｔ膜の場合の反射率を示す図である。

[図10]実施例１の反射防止部の誘電体膜がＳｉＮ膜の場合の反射率を示す図である。

[図11]本発明の実施例２に係る半導体受光素子の構造を示す断面図である。

[図12]実施例２の反射防止部の第１、３金属膜がＴｉ膜の場合の反射率を示す図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、本発明を実施するための形態について実施例に基づいて説明する。

実施例 1

[0017] 半導体受光素子１Ａは、光通信用の赤外光領域（波長λが１１００～１６００ｎｍの領域）の入射光を受光する例えばＰＩＮフォトダイオード又はアバランシェフォトダイオードを備えている。ここでは、図１のようにＰＩＮフォトダイオードを備えた半導体受光素子１Ａの例を説明する。

[0018] 半導体受光素子１Ａは、光通信用の赤外光領域の入射光に対して透明な半導体基板２として例えばｎ－ＩｎＰ基板の第１面２ａ側に、第１半導体層３としてｎ－ＩｎＰ層、入射光を吸収する光吸収層４としてＩｎＧａＡｓ層、第２半導体層５としてｎ－ＩｎＰ層を有する。第２半導体層５には、例えばＺｎが選択的にドープされたｐ型拡散領域５ａを有する。光吸収層４のｐ型拡散領域５ａに接する領域が光吸収領域４ａに相当し、ｐ型拡散領域５ａと光吸収領域４ａと第１半導体層３によりフォトダイオード（受光部６）が形成されている。第１、第２半導体層３，５、光吸収層４の厚さは夫々適宜設定され、例えば１～５μｍの厚さに形成されている。

[0019] 第２半導体層５の表面は、ｐ型拡散領域５ａに連通する開口部７ａを有する保護膜７（例えばＳｉＮ膜、ＳｉＯ２膜等）に覆われている。この開口部７ａからｐ型拡散領域５ａに接続するアノード電極８が形成されている。ｐ型拡散領域５ａの大きさ、形状は夫々適宜設定され、例えば直径が１０～２００μｍの円形に形成されている。

[0020] 半導体基板２の第１面２ａに対向する第２面２ｂ側には、半導体基板２に対して第１面２ａ側から入射するように受光部６に入射して光吸収層４（光吸収領域４ａ）を透過した入射光が到達する照射領域１０に、反射防止部１１を備えている。この反射防止部１１は、光吸収層４（光吸収領域４ａ）を透過した入射光が反射して再び受光部６に入射することを防ぐためのものである。

[0021] 反射防止部１１は、半導体基板２の第２面２ｂ側に第１金属膜１２と誘電体膜１３と第２金属膜１４が積層されて形成されている。第１金属膜１２は

、例えば蒸着により形成された厚さが３０ｎｍのチタン膜（Ｔｉ膜）である。誘電体膜１３は、例えば化学気相成長法によって形成された厚さが３００ｎｍのシリコン酸化膜（ＳｉＯ２膜）であり、照射領域１０を覆うように選択的に形成されている。第２金属膜１４は、例えば蒸着により形成された厚さが６００ｎｍの金膜（Ａｕ膜）である。

[0022] 第１金属膜１２は半導体基板２に接続されると共に、反射防止部１１の外側で第２金属膜１４に接続され、第１金属膜１２と第２金属膜１４によってカソード電極９が形成されている。カソード電極９は、マウント基板１８に形成された配線１８ａに例えば図示外の導電性ペーストによって接続、固定される。また、アノード電極８は、マウント基板１８に形成された図示外の別の配線に例えばボンディングワイヤによって接続される。そして、これらの配線の端子部分Ｔ１，Ｔ２から受光部６で生成された光電流が外部に取り出される。

[0023] 半導体受光素子１Ａの立下り時間短縮のためには、光吸収領域４ａを透過した入射光が、反射して光吸収領域４ａに再入射することを防ぐ必要がある。そのため、照射領域１０に形成された反射防止部１１の反射率は低い程好ましく、例えば１％以下であることが要求されている。

[0024] 図２は、半導体受光素子１Ａの第１金属膜１２としてＴｉ膜の膜厚と、誘電体膜１３としてＳｉＯ２膜の膜厚を夫々パラメータとして、波長λが１５５０ｎｍの赤外光に対する反射防止部１１の反射率についてシミュレーションした結果を等高線プロットした図である。Ｔｉ膜の膜厚が３０ｎｍ程度、且つＳｉＯ２膜の膜厚が３００ｎｍ程度のときに反射率が０．１％程度になるので、低反射率の反射防止部１１が形成される。また、Ｔｉ膜の膜厚が２６～３５ｎｍ且つＳｉＯ２膜の膜厚が２２０～３４０ｎｍの場合に、反射率が概ね１％以下になるので、許容できる膜厚の範囲が広く、低反射率の反射防止部１１を安定して形成することができる。

[0025] 光通信用の波長λが１１００～１６００ｎｍの領域の赤外光に対して、Ｔｉ膜は、複素屈折率ｎの実部（Ｒｅ［ｎ］）が３．４～３．６、複素屈折率

ｎの虚部（Ｉｍ［ｎ］）が３．４～３．６である。ＳｉＯ２膜はこの領域の赤外光に対し屈折率が１．４５～１．４４である。

[0026] 第１金属膜１２としてＴｉ膜以外の金属材料が好ましい場合もある。そのため、本発明者は、低反射率の反射防止部１１を形成することが可能な第１金属膜１２を特定するために、第１金属膜１２の複素屈折率ｎのＲｅ［ｎ］と、Ｉｍ［ｎ］をパラメータとして、図２と同様の反射率のシミュレーションを行った。その結果、許容できる膜厚の範囲が広く、低反射率の反射防止部１１を安定して形成することができる第１金属膜１２の複素屈折率ｎのＲｅ［ｎ］とＩｍ［ｎ］の範囲を特定することができた。

[0027] 図３は、第１金属膜１２の複素屈折率ｎのＲｅ［ｎ］を３、Ｉｍ［ｎ］を３とした場合に、反射防止部１１の反射率を等高線プロットしたものである。また、図４は、第１金属膜１２の複素屈折率ｎのＲｅ［ｎ］を５、Ｉｍ［ｎ］を５とした場合に、反射防止部１１の反射率を等高線プロットしたものである。

[0028] 反射率が低くなる第１金属膜１２の膜厚範囲及び誘電体膜１３としてＳｉＯ２膜の膜厚範囲は図２と異なるが、図３、図４の何れの場合も反射率が概ね１％以下になる許容できる膜厚の範囲が広く、低反射率の反射防止部１１を安定して形成することができる。図示を省略するが、第１金属膜１２の複素屈折率ｎのＲｅ［ｎ］が３～５且つＩｍ［ｎ］が３～５であれば、反射率を１％以下にすることが可能な膜厚の範囲が広く、低反射率の反射防止部１１を安定して形成することができる。

[0029] 以上の検討から、複素屈折率ｎのＲｅ［ｎ］及びＩｍ［ｎ］が夫々下限値として３以上且つ上限値として５以下の金属材料を用いた金属膜を反射防止部１１の第１金属膜１２にすることによって、低反射率の反射防止部１１が得られることが判明した。次に、複素屈折率ｎのＲｅ［ｎ］及びＩｍ［ｎ］が夫々３以上且つ５以下の金属材料について、光通信に用いられる波長λが１１００～１６００ｎｍの領域の赤外光に対して検討した結果を図５に示す。

[0030] 図５は、波長λが１１００～１６００ｎｍの赤外光に対する種々の金属材料の複素屈折率をプロットしたものである。複素屈折率ｎのＲｅ［ｎ］及びＩｍ［ｎ］が夫々３以上且つ５以下の領域が、ターゲット領域ＴＡとして示されている。Ｔｉの場合は、波長λが１１００～１６００ｎｍの赤外光に対してターゲット領域ＴＡ内に入る。クロム（Ｃｒ）の場合は、波長λが１１００～１５８０ｎｍの赤外光に対してターゲット領域ＴＡ内に入る。タングステン（W）の場合は、波長λが１１００～１４５０ｎｍの赤外光に対してターゲット領域ＴＡ内に入る。

[0031] 図６は波長λが１３０５ｎｍの赤外光に対して第１金属膜１２がW膜の場合の反射率を示している。W膜の膜厚が２２＋／－４ｎｍ程度、誘電体膜１３としてＳｉＯ２膜の膜厚が３１０＋／－３０ｎｍ程度のときに、低反射率の反射防止部１１を形成することができる。尚、図示を省略するが、第１金属膜１２がＣｒ膜の場合も同様に、低反射率の反射防止部１１を形成することができる。

[0032] 図５のターゲット領域ＴＡ外には、Ｔｉ、Ｃｒ、W以外の他の金属材料の複素屈折率がプロットされている。波長λが１５５０ｎｍの赤外光に対して、図７のように第１金属膜１２を金膜（Ａｕ膜）とした場合、図８のように第１金属膜１２をアルミニウム膜（ＡｌＩ膜）とした場合には、低反射率となるＳｉＯ２膜の膜厚の範囲が、ターゲット領域ＴＡ内の金属材料と比べて狭い。また、ＳｉＯ２膜の膜厚とＡｕ膜の膜厚との組み合わせが反射率に大きく影響する。

[0033] そのため、ターゲット領域ＴＡ外の金属材料の第１金属膜１２と誘電体膜１３の精密な膜厚制御が要求され、ターゲット領域ＴＡ内の金属材料と比べて、低反射率の反射防止部１１を安定して形成することが困難である。また、第１金属膜１２がＡｌＩ膜の場合には、この膜厚が１０ｎｍ程度で低反射率になるが、ターゲット領域ＴＡ内の金属材料と比べて膜厚が薄いことも、低反射率の反射防止部を安定して形成することが困難な要因の１つである。

[0034] 図９のように第１金属膜１２を白金膜（Ｐｔ膜）とした場合には、Ｐｔ膜

の膜厚が１０ｎｍ程度のときに低反射率になる。しかし、ターゲット領域ＴＡ内の金属材料と比べて膜厚が薄く且つ許容される膜厚範囲も＋／－２ｎｍ程度と狭いので、ターゲット領域ＴＡ内の金属材料と比べて、低反射率の反射防止部１１を安定して形成することが困難である。

[0035] 反射防止部１１の誘電体膜１３は、ＳｉＯ２膜だけでなくＳｉＮ膜を用いることもできる。ＳｉＮ膜の屈折率は１．９９程度であり、ＳｉＯ２膜の屈折率１．４４よりも大きい。この場合でも、例えば図１０に示すように、Ｔｉ膜の膜厚が３０＋／－５ｎｍの範囲内且つＳｉＮの膜厚が１９５＋／－３０ｎｍの範囲内で１％以下の反射率の反射防止部１１が形成される。反射率が概ね１％以下になる許容できる膜厚の範囲が広いので、低反射率の反射防止部１１を安定して形成することができる。

実施例 2

[0036] 上記実施例１を部分的に変更した半導体受光素子１Ｂについて説明する。実施例１と同等の部分には実施例１と同じ符号を付して説明を省略する。

[0037] 図１１に示すように、半導体受光素子１Ｂは、光通信用の赤外光領域の入射光に対して透明な半導体基板２の第１面２ａ側に、第１半導体層３と、光吸収層４と、第２半導体層５を有する。第２半導体層５はｐ型拡散領域５ａを有する。光吸収層４のｐ型拡散領域５ａに接する領域が光吸収領域４ａに相当し、ｐ型拡散領域５ａと光吸収領域４ａと第１半導体層３によりフォトダイオード（受光部６）が形成されている。

[0038] 半導体基板２の第２面２ｂ側には、第１面２ａ側から受光部６に入射して光吸収層４（光吸収領域４ａ）を透過した入射光が到達する照射領域１０に反射防止部２１を備えている。この反射防止部２１は、光吸収層４（光吸収領域４ａ）を透過した入射光が反射して再び受光部６に入射することを防ぐためのものである。

[0039] 反射防止部２１は、第１金属膜１２、誘電体膜１３、第２金属膜１４、第３金属膜２２を有する。第１金属膜１２は、例えば厚さが２７ｎｍのＴｉ膜である。誘電体膜１３は、例えば厚さが２７０ｎｍのＳｉＯ２膜であり、照

射領域１０に選択的に形成されている。第２金属膜１４は、例えば厚さが６００ｎｍのＡｕ膜である。第３金属膜２２は、例えば厚さが３ｎｍのＴｉ膜であり、誘電体膜１３と第２金属膜１４との間の密着性を向上させるために、誘電体膜１３の形成後且つ第２金属膜１４の形成前に形成される。この第３金属膜２２は、誘電体膜１３と同じ領域に選択的に形成されてもよい。

[0040] 第１金属膜１２は半導体基板２に接続されると共に、反射防止部２１の外側で第３金属膜２２を介して第２金属膜１４に接続され、第１金属膜１２と第３金属膜２２と第２金属膜１４によってカソード電極１９が形成されている。カソード電極１９は、マウント基板１８に形成された配線１８ａに例えば図示外の導電性ペーストによって接続、固定される。また、アノード電極８は、マウント基板１８に形成された図示外の別の配線に例えばボンディングワイヤによって接続される。そして、これらの配線の端子部分Ｔ１，Ｔ２から、受光部６で生成された光電流が外部に取り出される。

[0041] 図１２は、半導体受光素子１Ｂの第１金属膜１２としてＴｉ膜の膜厚と、誘電体膜１３としてＳｉＯ２膜の膜厚を夫々パラメータとして、波長λが１５５０ｎｍの赤外光に対する反射防止部２１の反射率についてシミュレーションした結果を等高線プロットした図である。Ｔｉ膜の膜厚が２７ｎｍ程度、且つＳｉＯ２膜の膜厚が２７０ｎｍ程度のときに反射率が０．１％程度になって、非常に反射率が低い反射防止部２１が形成される。また、Ｔｉ膜の膜厚が２２～３４ｎｍ且つＳｉＯ２膜の膜厚が２００～３３０ｎｍの場合に、反射率が概ね１％以下になるので、許容できる膜厚の範囲が広く、低反射率の反射防止部２１を安定して形成することができる。

[0042] 上記半導体受光素子１Ａ，１Ｂの作用、効果について説明する。

半導体受光素子１Ａ，１Ｂの光吸収層４を有する受光部６は、光通信に使用される波長域（λ＝１１００～１６００ｎｍ）の光を受光する。そして、光吸収層４（光吸収領域４ａ）を透過した光が到達する照射領域１０に、特定の範囲内の複素屈折率として複素屈折率ｎの実部（Ｒｅ［ｎ］）及び虚部（Ｉｍ［ｎ］）が夫々３以上且つ５以下の第１金属膜１２と、屈折率が２以

下の誘電体膜１３と、第２金属膜１４が積層されて形成された反射防止部１１，２１を備えている。

[0043] 従って、反射防止部１１によって光吸収層４の光吸収領域４ａを透過した光の反射を防止することができるので、簡単な構造で反射した光の受光部６へ再入射を防ぐことができる。それ故、半導体受光素子１Ａ，１Ｂの立下り時間が短縮される。

[0044] また、半導体受光素子１Ｂは、誘電体膜１３と第２金属膜１４の間に、複素屈折率ｎの実部（Ｒｅ［ｎ］）及び虚部（Ｉｍ［ｎ］）が夫々３以上且つ５以下であると共に第１金属膜１２よりも薄い第３金属膜２２を有する。従って、第３金属膜２２によって誘電体膜１３と第２金属膜１４の間の密着性を向上させることができる。それ故、誘電体膜１３と第２金属膜１４の剥離によってこれらの間に空隙が形成されて反射防止部２１の反射機能が低下することを防止することができる。

[0045] 第１金属膜１２はチタン、クロム、タングステンのうちの１種の元素を主成分としている。チタン、クロム、タングステンは、光通信に使用される波長域の光に対して、複素屈折率ｎの実部（Ｒｅ［ｎ］）及び虚部（Ｉｍ［ｎ］）が夫々３以上且つ５以下の金属材料なので、光通信用の波長域の入射光に対して反射率が低い反射防止部１１，２１を形成することができる。

[0046] 第２金属膜１４は金を主成分とするＡｕ膜である。それ故、反射防止部１１，２１を半導体受光素子１Ａ，１Ｂの１つの電極（カソード電極９，１９）として兼用することができるので、簡単な構造の半導体受光素子１Ａ，１Ｂを形成することができる。

[0047] その他、当業者であれば、本発明の趣旨を逸脱することなく、上記実施形態に種々の変更を付加した形態で実施可能であり、本発明はその種の変更形態も包含するものである。

符号の説明

[0048] １Ａ，１Ｂ ：半導体受光素子

２ ：半導体基板

２ａ　：第１面

２ｂ　：第２面

３　　：第１半導体層

４　　：光吸収層

４ａ　：光吸収領域

５　　：第２半導体層

５ａ　：ｐ型拡散領域

６　　：受光部

７　　：保護膜

７ａ　：開口部

８　　：アノード電極

９，１９　：カソード電極

１０　：照射領域

１１，２１　：反射防止部

１２　：第１金属膜

１３　：誘電体膜

１４　：第２金属膜

１８　：マウント基板

１８ａ：配線

２２　：第３金属膜

Ｔ１，Ｔ２　：端子部分

請求の範囲

[請求項1] 光通信用の赤外光領域の入射光に対して透明な半導体基板と、前記入射光を吸収するために前記半導体基板の第１面側に形成された光吸収層を有する受光部を備えた半導体受光素子において、

前記半導体基板の前記第１面に対向する第２面側には、前記第１面側から前記受光部に入射して前記光吸収層を透過した入射光が到達する照射領域に反射防止部を備え、

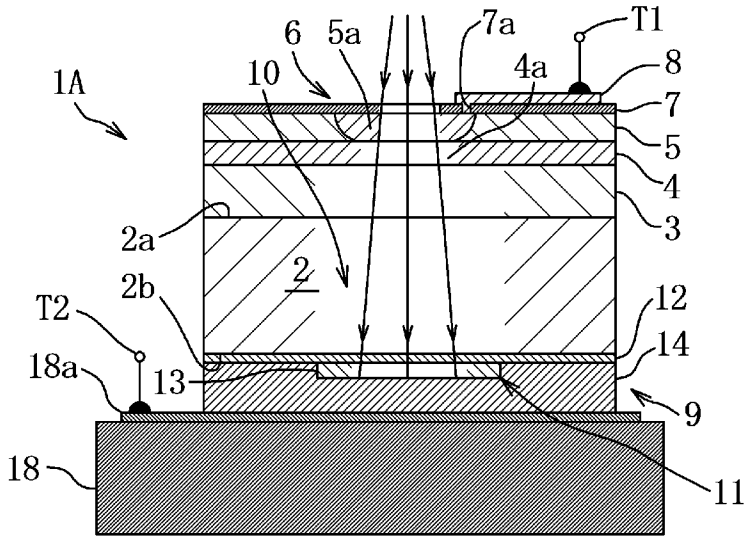
前記反射防止部は、前記半導体基板の前記第２面に、複素屈折率の実部及び虚部が夫々３以上且つ５以下である第１金属膜と、屈折率が２以下の誘電体膜と、第２金属膜が積層されて形成されたことを特徴とする半導体受光素子。

[請求項2] 前記誘電体膜と前記第２金属膜の間に、複素屈折率の実部及び虚部が夫々３以上且つ５以下であると共に前記第１金属膜よりも薄い第３金属膜を有することを特徴とする請求項１に記載の半導体受光素子。

[請求項3] 前記第１金属膜はチタン、クロム、タングステンのうちの１種の元素を主成分とすることを特徴とする請求項１又は２に記載の半導体受光素子。

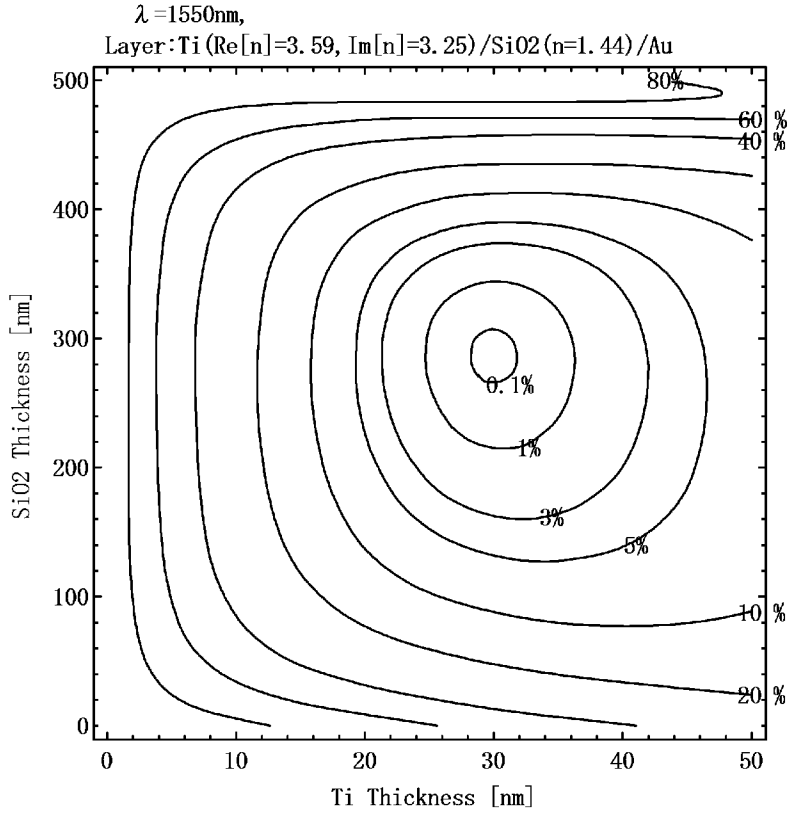
[請求項4] 前記第２金属膜は金を主成分とすることを特徴とする請求項１～３の何れか１項に記載の半導体受光素子。

[図1]

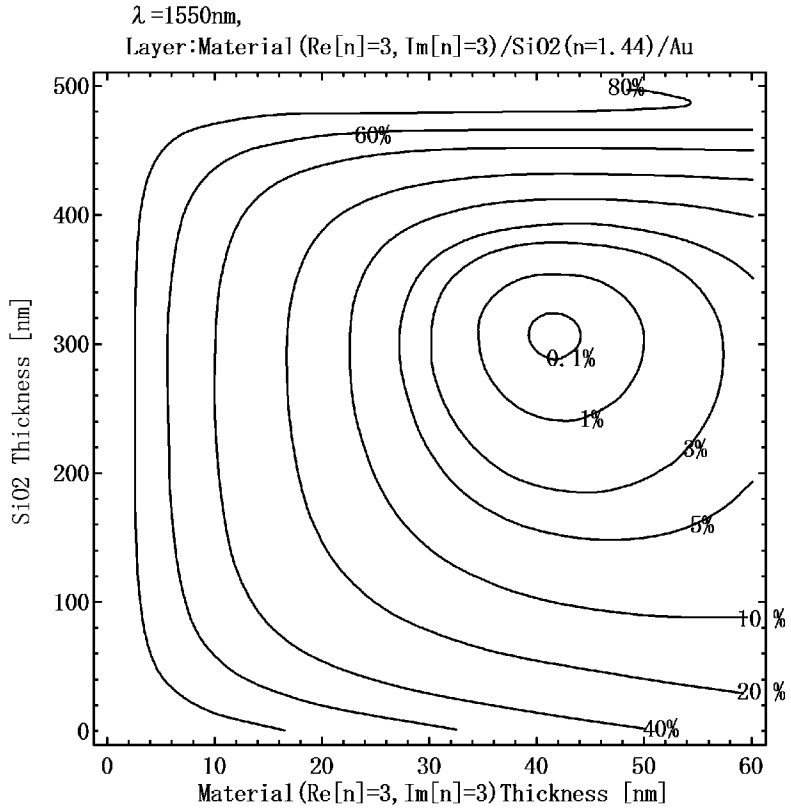


1A:半導体受光素子
2:半導体基板
2a:第1面
2b:第2面
3:第1半導体層
4:光吸収層
5:第2半導体層
5a:p型拡散領域
6:受光部
10:照射領域
11:反射防止部
12:第1金属膜
13:誘電体膜
14:第2金属膜

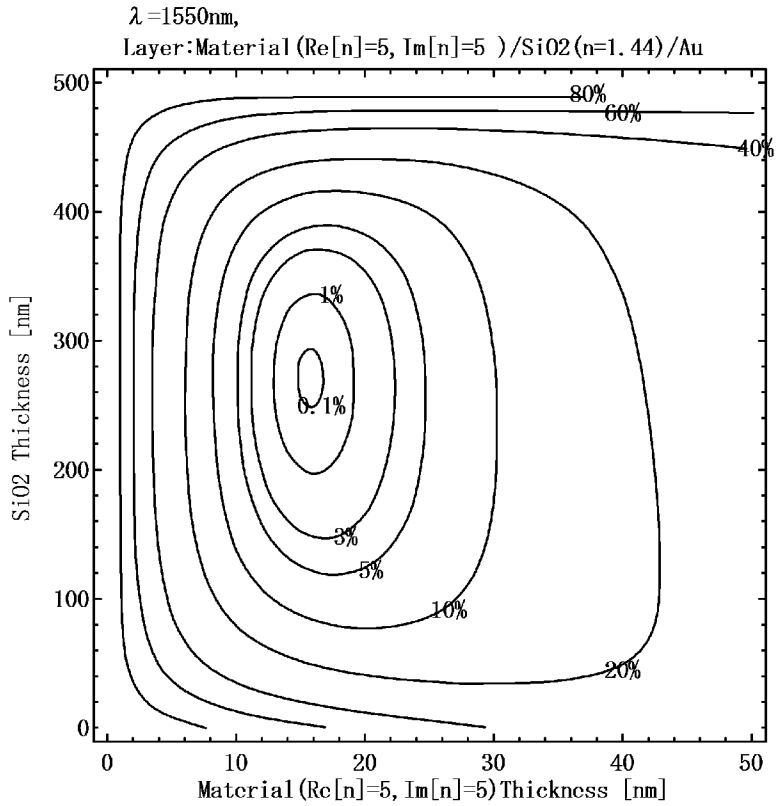
[図2]



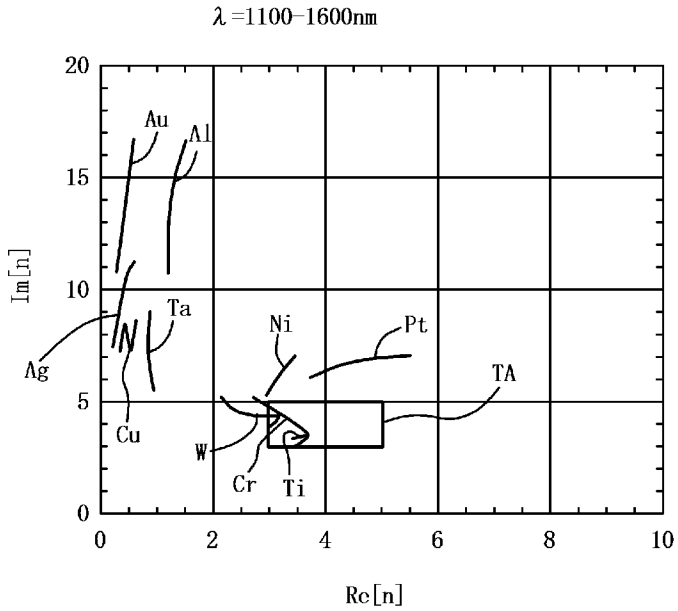
[図3]


λ=1550nm,
Layer:Material(Re[n]=3, Im[n]=3)/SiO2(n=1.44)/Au
SiO2 Thickness [nm]
Material(Re[n]=3, Im[n]=3)Thickness [nm]
80%
60%
40%
20%
10%
5%
3%
1%
0.1%
0
100
200
300
400
500
0
10
20
30
40
50
60

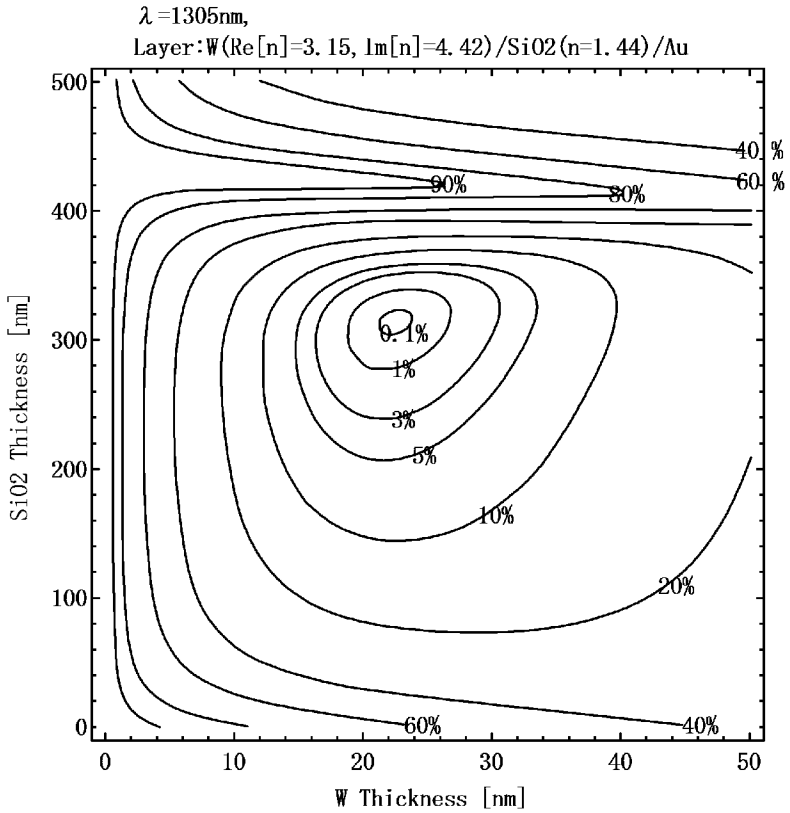
[図4]


λ=1550nm,
Layer:Material(Re[n]=5, Im[n]=5)/SiO2(n=1.44)/Au
SiO2 Thickness [nm]
Material(Re[n]=5, Im[n]=5)Thickness [nm]
80%
60%
40%
20%
10%
5%
3%
1%
0.1%
0
100
200
300
400
500
0
10
20
30
40
50

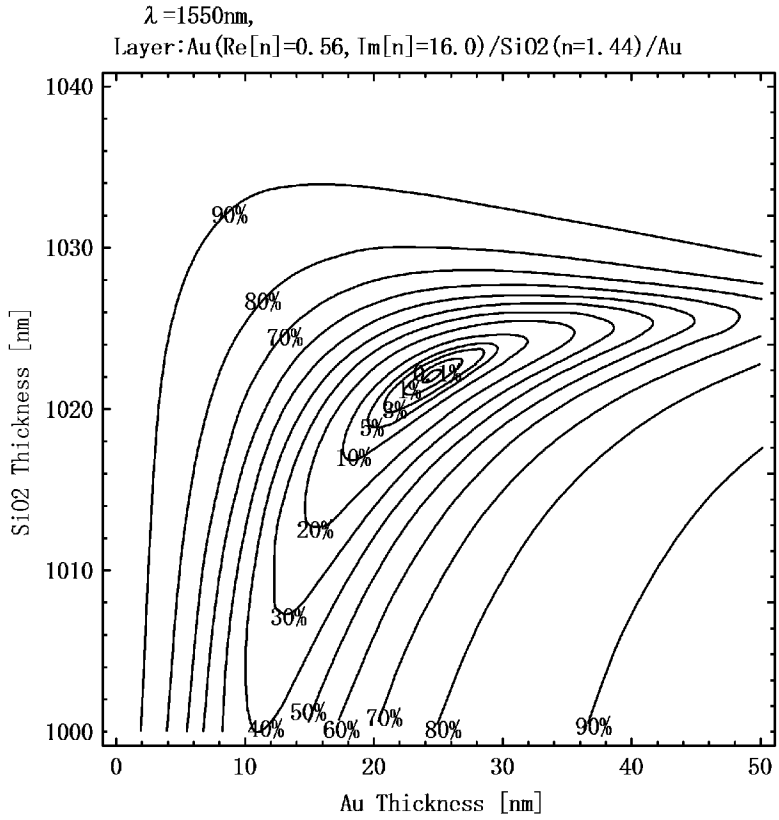
[図5]


λ=1100-1600nm
Au
Al
Ta
Ag
Cu
Ni
Pt
TA
W
Cr
Ti
Im[n]
Re[n]
0
5
10
15
20
0
2
4
6
8
10

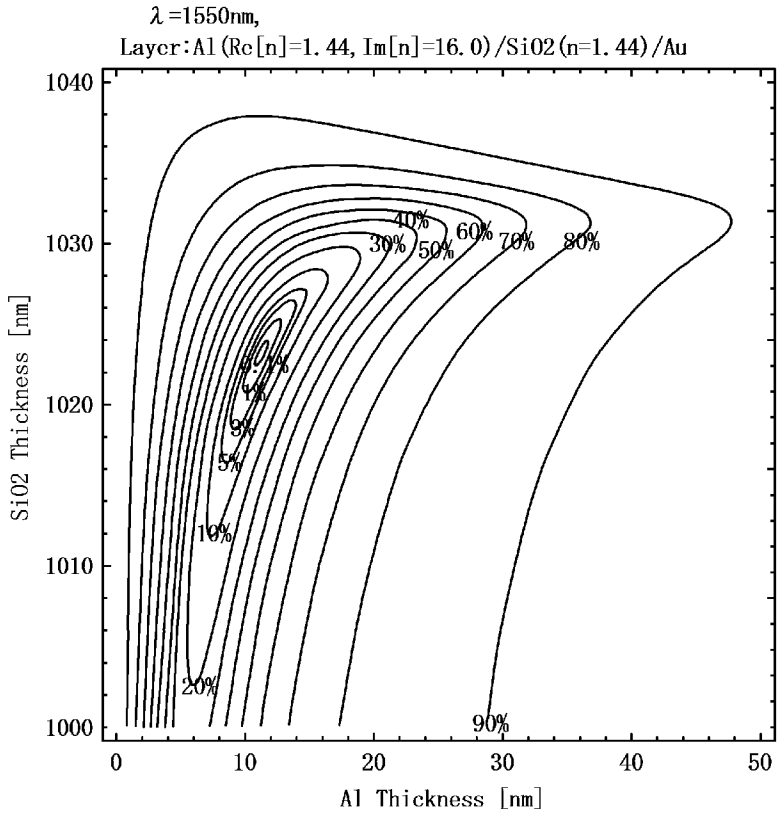
[図6]


λ=1305nm,
Layer:W(Re[n]=3.15, Im[n]=4.42)/SiO2(n=1.44)/Au
SiO2 Thickness [nm]
W Thickness [nm]
40 %
60 %
90%
80%
0.1%
1%
3%
5%
10%
20%
60%
40%
0
100
200
300
400
500
0
10
20
30
40
50

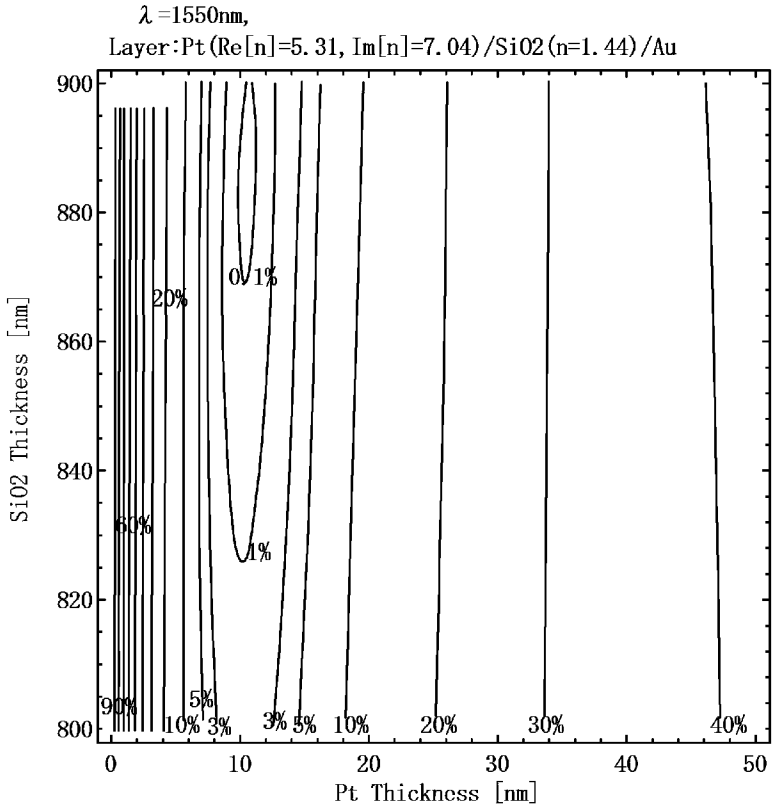
[図7]


λ=1550nm,
Layer:Au(Re[n]=0.56, Im[n]=16.0)/SiO2(n=1.44)/Au
SiO2 Thickness [nm]
Au Thickness [nm]
1040
1030
1020
1010
1000
0
10
20
30
40
50
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
5%
3%
1%

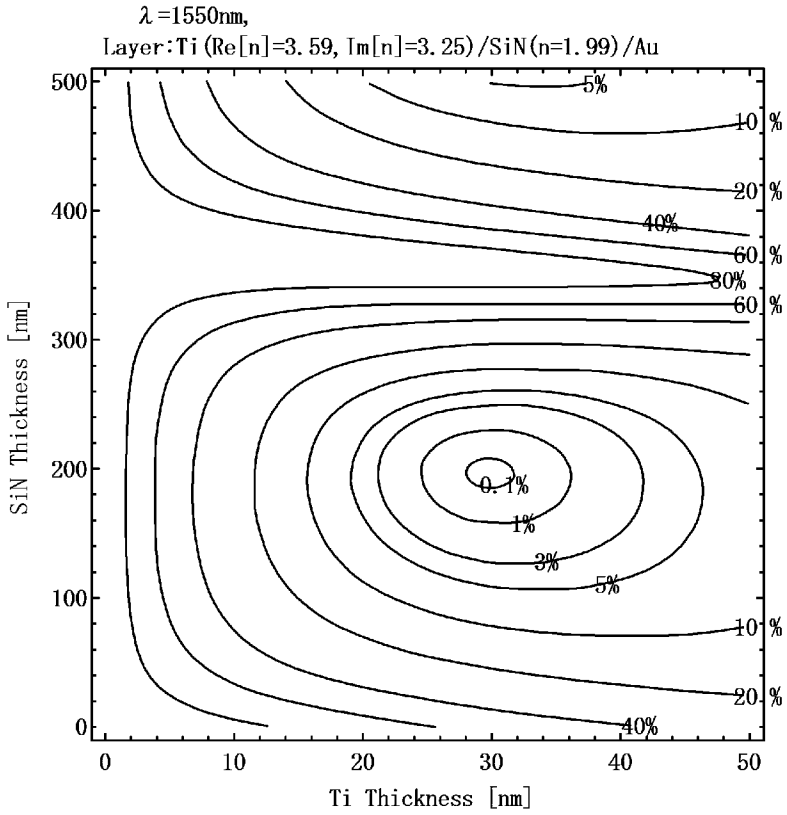
[図8]


λ=1550nm,
Layer:Al(Re[n]=1.44, Im[n]=16.0)/SiO2(n=1.44)/Au
SiO2 Thickness [nm]
Al Thickness [nm]
1040
1030
1020
1010
1000
0
10
20
30
40
50
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
5%
3%
1%

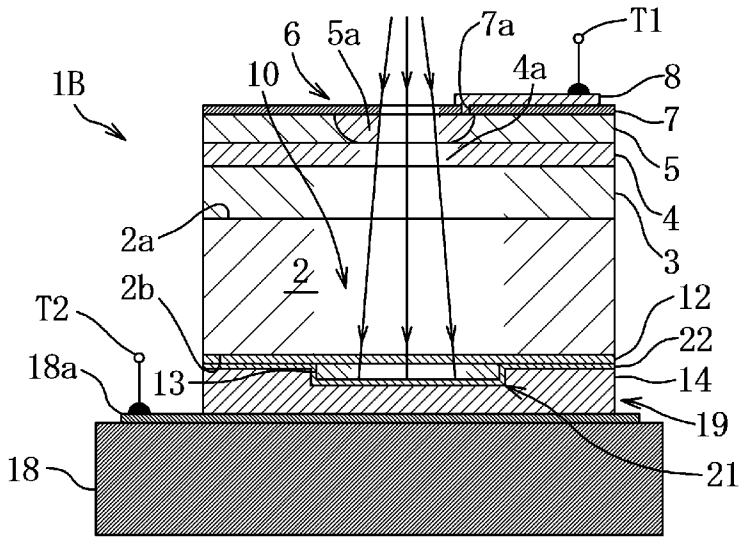
[図9]


λ=1550nm,
Layer:Pt(Re[n]=5.31, Im[n]=7.04)/SiO2(n=1.44)/Au
SiO2 Thickness [nm]
Pt Thickness [nm]
900
880
860
840
820
800
0
10
20
30
40
50
0.1%
20%
60%
1%
90%
5%
10%
3%
3%
5%
10%
20%
30%
40%

[図10]

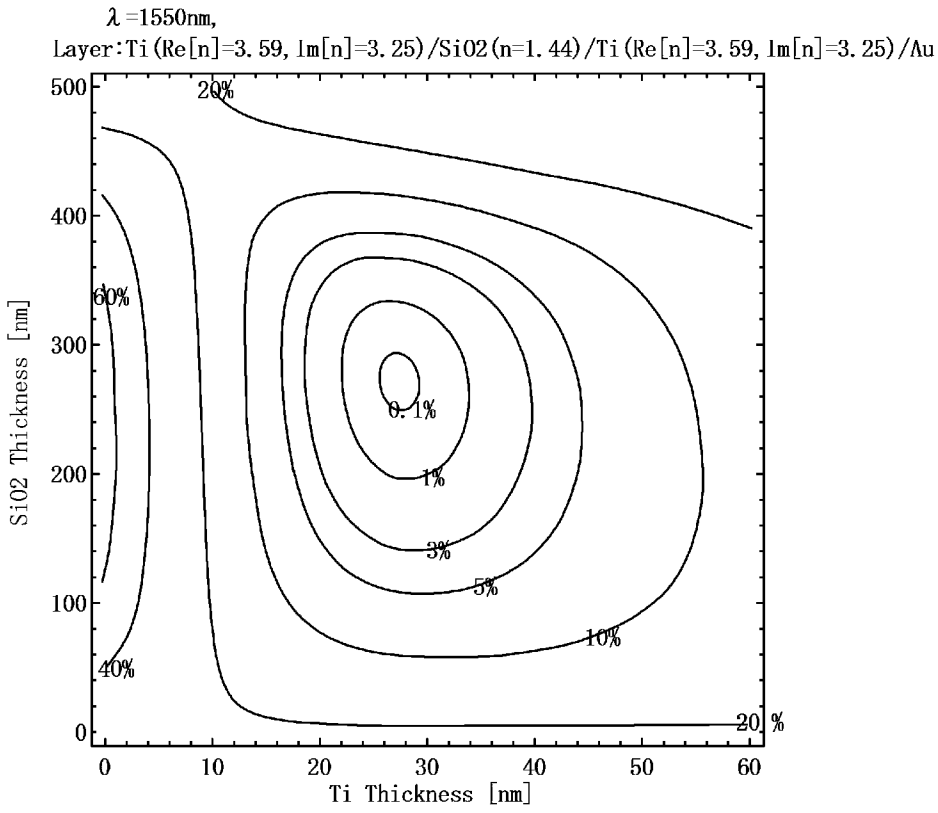

λ=1550nm,
Layer:Ti(Re[n]=3.59, Im[n]=3.25)/SiN(n=1.99)/Au
SiN Thickness [nm]
Ti Thickness [nm]
500
400
300
200
100
0
0
10
20
30
40
50
5%
10%
20%
40%
60%
80%
60%
0.1%
1%
3%
5%
10%
20%
40%

[図11]



1B:半導体受光素子
2:半導体基板
2a:第1面
2b:第2面
3:第1半導体層
4:光吸収層
5:第2半導体層
5a:p型拡散領域
6:受光部
10:照射領域
12:第1金属膜
13:誘電体膜
14:第2金属膜
21:反射防止部
22:第3金属膜

[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/000450

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. H01L31/02(2006.01)i
FI: H01L31/02A

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)
Int.Cl. H01L31/02-31/0392, 31/08-31/119

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021
Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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 A	WO 2015/079763 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 04 June 2015 (2015-06-04), paragraphs [0001], [0002], [0039], [0048], [0053], [0059], fig. 1, 6	1, 3 2, 4
Y	US 2015/0228680 A1 (OMNIVISION TECHNOLOGIES, INC.) 13 August 2015 (2015-08-13), paragraphs [0063]-[0065]	1, 3
A	JP 04-218961 A (FUJITSU LIMITED) 10 August 1992 (1992-08-10), paragraphs [0015], [0025]	1-4
A	JP 51-73453 A (CANON INC.) 25 June 1976 (1976-06-25), entire text, all drawings	1-4

☐ 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	Date of mailing of the international search report
16 March 2021	30 March 2021
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
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/000450

WO 2015/079763 A1	04 June 2015	US 2016/0380137 A1 paragraphs [0001], [0002], [0045], [0054], [0059], [0066], fig. 1, 6
US 2015/0228680 A1	13 August 2015	CN 103794614 A TW 201417249 A
JP 04-218961 A	10 August 1992	(Family: none)
JP 51-73453 A	25 June 1976	US 4294890 A DE 2557543 A1

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/000450

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H01L 31/02(2006.01)i
FI: H01L31/02 A

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））

H01L31/02-31/0392, 31/08-31/119

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	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１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	WO 2015/079763 A1 (住友電気工業株式会社) 04.06.2015 (2015-06-04) 段落[0001]-[0002], [0039], [0048], [0053], [0059], 図1,6	1,3
A		2,4
Y	US 2015/0228680 A1 (OMNIVISION TECHNOLOGIES, INC.,) 13.08.2015 (2015-08-13) 段落[0063]-[0065]	1,3
A	JP 04-218961 A (富士通株式会社) 10.08.1992 (1992-08-10) 段落[0015], [0025]	1-4
A	JP 51-73453 A (キヤノン株式会社) 25.06.1976 (1976-06-25) 全文, 全図	1-4

☐ 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抵触するものではなく、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	国際調査報告の発送日
16.03.2021	30.03.2021

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
吉岡　一也 2K 4742
電話番号 03-3581-1101 内線 3255

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2021/000450

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2015/079763 A1	04.06.2015	US 2016/0380137 A1 段落[0001]-[0002], [0045], [0054], [0059], [0066], 図1,6	
US 2015/0228680 A1	13.08.2015	CN 103794614 A TW 201417249 A	
JP 04-218961 A	10.08.1992	（ファミリーなし）	
JP 51-73453 A	25.06.1976	US 4294890 A DE 2557543 A1	