

(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
2013年9月12日(12.09.2013)



(10) 国際公開番号
WO 2013/132852 A1

- (51) 国際特許分類:
G01J 1/06 (2006.01) *A61B 5/0245* (2006.01)
G01J 3/26 (2006.01) *A61B 5/1455* (2006.01)
H01L 27/14 (2006.01) *G01N 21/27* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/001423
- (22) 国際出願日: 2013年3月6日(06.03.2013)
- (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 2012-049983 2012年3月7日(07.03.2012) JP
- (71) 出願人: セイコーエプソン株式会社 (SEIKO EPSON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1630811 東京都新宿区西新宿二丁目4番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 植松 彰(UEMATSU, Akira); 〒3928502 長野県諏訪市大和3丁目3番5号セイコーエプソン株式会社内 Nagano (JP). 寺島 義幸(TERASHIMA, Yoshiyuki); 〒3928502 長野県諏訪市大和3丁目3番5号セイコーエプソン株式会社内 Nagano (JP). 佐藤 陽一(SATO, Yoichi); 〒3928502 長野県諏訪市大和3丁目3番5号セイコーエプソン株式会社内 Nagano (JP). 松尾 篤(MATSUO, At-

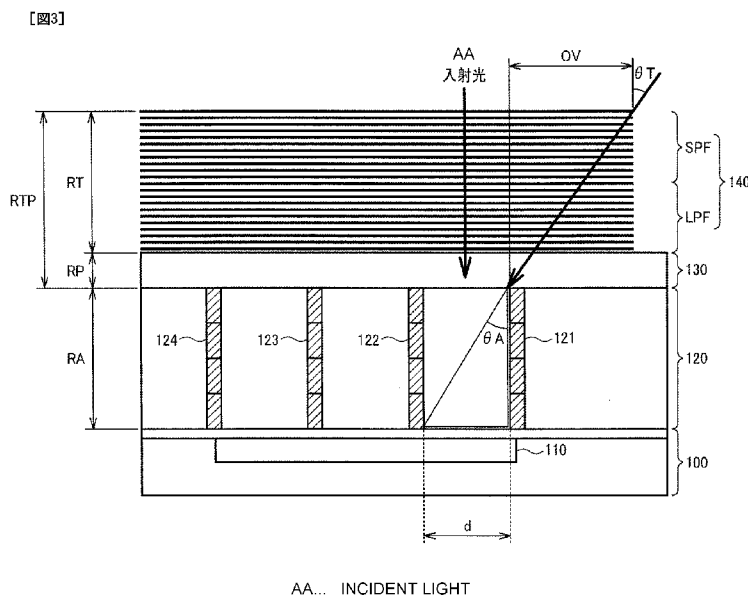
sushi); 〒3928502 長野県諏訪市大和3丁目3番5号セイコーエプソン株式会社内 Nagano (JP).

- (74) 代理人: 上柳 雅誉, 外(KAMIYANAGI, Masataka et al.); 〒3990785 長野県塩尻市広丘原新田80セイコーエプソン株式会社 知的財産本部内 Nagano (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, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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, 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,

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL SENSOR AND ELECTRONIC DEVICE

(54) 発明の名称: 光学センサー及び電子機器



(57) Abstract: Provided is an optical sensor and an electronic device for suppressing a decline in light-dispersion characteristics. The optical sensor includes a light-receiving element, an optical filter (140) through which light of a specified wavelength among incident light passes onto the light-receiving region of the light-receiving element, and an angle-limiting filter (120) for limiting the incidence angle of incident light passing through the optical filter (140). Taking θA to be the limit angle of the angle-limiting filter (120) and the RTP as the height from the top surface of the angle-limiting filter (120) to the top surface of the optical filter (140), then if the distance from the edge of the optical filter (140) in plan view in relation to the top surface of the angle-limiting filter (120) to the edge of an opening of the angle-limiting filter (120) is defined as an overlap distance (OV), then $\tan^{-1}(OV/RTP) > \theta A$ is fulfilled.

(57) 要約: 分光特性の低下を抑制する光学センサー及び電子機器等を提供すること。光学センサーは、受光素子と、受光素子の受光領域に対す

る入射光のうちの特定波長の光を透過する光学フィルター140と、光学フィルター140を透過した入射光の入射角度を制限する角度制限フィルター120と、を含む。角度制限フィルター120の制限角度を θA とし、角度制限フィルター120の上面から光学フィルターの上面までの高さをRTPとする場合に、角度制限フィルター120の上面に対する平面視における、光学フィルター140の端から角度制限フィルター120の開口の端までの距離をオーバーラップ距離OVとする場合に、 $\tan^{-1}(OV/RTP) > \theta A$ を満たす。

WO 2013/132852 A1



NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI 添付公開書類:

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
NE, SN, TD, TG).

明 細 書

発明の名称： 光学センサー及び電子機器

技術分野

[0001] 本発明は、光学センサー及び電子機器等に関する。

背景技術

[0002] 例えば特許文献1には、光学センサーの一種であるイメージセンサーが光吸収膜（遮光物質）を有し、隣接する光電変換素子（受光素子）間の光のクロストークを防止する技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2006-13520号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] さて、受光素子への入射光の入射角度を制限する角度制限フィルターを、例えば上述のような遮光物質で形成し、その角度制限フィルターの上に更に分光フィルターを形成した光学センサーが考えられる。例えば、分光フィルターの分光特性を向上させるために角度制限フィルターが用いられる。このように角度制限フィルターの上に分光フィルターを形成する場合、分光フィルターの側面から入射する光が角度制限フィルターを通過してしまうと、分光特性が低下するという課題がある。

[0005] 本発明の幾つかの態様によれば、分光特性の低下を抑制する光学センサー及び電子機器等を提供できる。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の一態様は、受光素子と、前記受光素子の受光領域に対する入射光のうちの特定波長の光を透過する光学フィルターと、前記光学フィルターを透過した前記入射光の入射角度を制限する角度制限フィルターと、を含み、前記角度制限フィルターの制限角度を θA とし、前記角度制限フィルターの

上面から前記光学フィルターの上面までの高さを RTP とする場合に、前記角度制限フィルターの前記上面に対する平面視における、前記光学フィルターの端から前記角度制限フィルターの開口の端までの距離をオーバーラップ距離 OV とする場合に、 $\tan^{-1}(OV/RTP) > \theta A$ を満たす光学センサーに関係する

。

[0007] 本発明の一態様によれば、光学フィルターの端から角度制限フィルターの開口の端までの距離であるオーバーラップ距離 OV は、 $\tan^{-1}(OV/RTP) > \theta A$ を満たす。これにより、分光特性の低下を抑制することが可能になる。

[0008] また本発明の一態様では、前記角度制限フィルターの前記開口の幅を d とし、前記角度制限フィルターの高さを RA とする場合に、前記制限角度は、 $\theta A = \tan^{-1}(d/RA)$ であってもよい。

[0009] このようにすれば、角度制限フィルターの開口幅と高さを調整することで制限角度を設定でき、設定した制限角度に対して $\tan^{-1}(OV/RTP) > \theta A$ を満たすオーバーラップ距離を設定できる。

[0010] また本発明の一態様では、前記角度制限フィルターと前記光学フィルターとの間に形成される保護膜を含み、前記保護膜の高さを RP とし、前記光学フィルターの高さを RT とする場合に、前記角度制限フィルターの上面から前記光学フィルターの上面までの高さは、 $RTP = RP + RT$ であってもよい。

[0011] なお本発明の一態様ではこれに限定されず、例えば保護膜を設けない場合、 $RTP = RT$ であってもよい。あるいは角度制限フィルターと光学フィルターとの間に厚さ RP' の他の層を更に設ける場合、 $RTP = RP + RP' + RT$ であってもよい。

[0012] また本発明の一態様では、前記入射光の波長を λ とし、前記角度制限フィルターの高さを RA とし、前記角度制限フィルターの開口の幅を d とする場合に、 $d^2/(\lambda \times RA) \geq 2$ を満たしてもよい。

- [0013] このようにすれば、 $d^2 / (\lambda \times R A) \geq 2$ の条件を満たすサイズで角度制限フィルターを形成できる。これにより、受光素子に到達する光の入射角度を制限する制限角度を、高精度に制御することが可能になる。
- [0014] また本発明の一態様では、前記制限角度は、 $\theta A = \tan^{-1} (d / R A) < 60^\circ$ を満たしてもよい。
- [0015] 角度制限フィルターが無い場合であっても 60° の制限角度が得られるため、 $\tan^{-1} (d / R A) < 60^\circ$ を満たす制限角度を設定することで、角度制限フィルターの角度制限を有効にすることができる。
- [0016] また本発明の一態様では、光学センサーは、前記入射光を分光するための分光センサーであってもよい。
- [0017] また本発明の一態様では、光学センサーは、前記入射光の照度を測定するための照度センサーであってもよい。
- [0018] また本発明の一態様では、光学センサーは、光源の仰角を測定するための仰角センサーであってもよい。
- [0019] また本発明の他の態様は、上記のいずれかに記載の光学センサーを含む電子機器に関する。

図面の簡単な説明

- [0020] [図1]光学センサーの比較例。
- [図2]図2 (A) は、光学センサーの比較例の分光特性例。図2 (B) は、ショートパスフィルターとロングパスフィルターの分光特性例。
- [図3]本実施形態の光学センサーの構成例。
- [図4]本実施形態の光学センサーの分光特性例。
- [図5]図5 (A) ～図5 (C) は、光到達率の角度特性の比較例。
- [図6]図6 (A) ～図6 (C) は、本実施形態における光到達率の角度特性例。
- [図7]図7 (A) 、図7 (B) は、本実施形態における光到達率の開口幅特性例。
- [図8]分光センサーの構成例の平面視図。

[図9]分光センサーの構成例の断面図。

[図10]図10(A)、図10(B)は、光バンドパスフィルターの透過波長帯域についての説明図。

[図11]光学センサーの製造方法例。

[図12]電子機器の構成例。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお以下に説明する本実施形態は特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではなく、本実施形態で説明される構成の全てが本発明の解決手段として必須であるとは限らない。

[0022] 1. 比較例

図1に、本実施形態の光学センサーの比較例を示す。図1の光学センサーは、受光素子（フォトセンサー）用の不純物領域110が形成された半導体基板100と、半導体基板100上に配線プロセスにより遮光物質121～124が形成された角度制限フィルター120と、角度制限フィルター120上に形成される保護膜130と、保護膜130上に形成されるバンドパスフィルター140を含む。

[0023] バンドパスフィルター140は、例えば薄膜が積層された薄膜フィルターである。薄膜フィルターは入射角度に応じて透過波長が異なるため、入射角度が制限されないと、不純物領域110と半導体基板100により形成される受光素子が検出する波長帯域は、ブロードになる。図1の比較例では、受光素子に入射する光は、角度制限フィルター120により入射角度が制限されるため、受光素子が検出する波長帯域を狭くすることが可能である。

[0024] さて、バンドパスフィルター140を構成する薄膜フィルターは、積層された全ての層を入射光が通過して初めて設計通りの特性が発揮されるものである。即ち、図1に示す光線LYのように、バンドパスフィルター140の壁面から入射して積層の一部のみを通過した光は、設計通りの帯域制限特性を持っていない。このような光が角度制限フィルター120を通過して受光

素子に検出されると、光学センサーの帯域制限特性が低下するという課題がある。

[0025] 例えば図2（A）に、光線LYが受光素子に到達した場合の分光特性例を示す。図1に示すように、バンドパスフィルター140が例えばショートパスフィルターSPFとロングパスフィルターLPFにより構成されているとする。図2（B）のF1に示すように、ショートパスフィルターSPFは、所定波長 λ_S よりも短波長側の帯域を透過する薄膜フィルターであり、F2に示すように、ロングパスフィルターLPFは、所定波長 λ_L よりも長波長側の帯域を透過する薄膜フィルターである。これらのフィルターSPF、LPFを通過することで入射光の帯域が $\lambda_L \sim \lambda_S$ の波長範囲に制限される。

[0026] この場合に、バンドパスフィルター140の壁面から入射した光線LYが、ショートパスフィルターSPFの一部しか通過しなかったとする。そうすると、ショートパスフィルターSPFの帯域制限特性が低下し、長波長側の光も通過することになる。図2（A）のG1に示すように、バンドパスフィルター140全体で見ると、長波長側の光が受光素子に届くため長波長側の阻止域が持ち上がり、阻止率が低下してしまうことになる。

[0027] 2. 光学センサー

図3に、バンドパスフィルターの阻止率が低下するという課題を解決する光学センサーの構成例を示す。

[0028] 図3の光学センサーは、受光素子用の不純物領域110が形成された半導体基板100と、半導体基板100上に配線プロセスにより遮光物質121～124が形成された角度制限フィルター120と、角度制限フィルター120上に形成される保護膜130と、保護膜130上に形成されるバンドパスフィルター140（広義には光学フィルター）を含む。ここで、「半導体基板100上」等の「上」とは、半導体基板100の平面に垂直な方向のうち、角度制限フィルター120等が形成される側の方向を表す。

[0029] バンドパスフィルター140は、保護膜130の上に形成されたロングパスフィルターLPFと、ロングパスフィルターLPFの上に形成されたショ

ートパスフィルターS P Fにより構成される。ロングパスフィルターL P FとショートパスフィルターS P Fは薄膜が積層された薄膜フィルターであり、例えば図2（B）で説明した分光特性を有する。なお、ロングパスフィルターL P FとショートパスフィルターS P Fの上下は入れ替わってもよい。

[0030] 不純物領域110は、第1導電型（例えばn型）の不純物領域であり、半導体基板100は、第2導電型（例えばp型）の不純物領域である。これら不純物領域110と半導体基板100のp n接合により受光素子が形成される。受光素子は、例えばフォトダイオードである。

[0031] 角度制限フィルター120は、半導体プロセスの配線プロセスにより形成される。角度制限フィルター120の上面から受光素子に対して直線的に入射する光を想定した場合、入射角度が θA よりも小さい場合には、その入射光は受光素子に直接的に到達する。入射角度が θA よりも大きい場合には、その入射光は遮光物121～124で遮光され、直接的には受光素子に到達しない。このような角度 θA を制限角度（制御角度）と呼ぶ。なお、入射角度が θA より大きい場合であっても、光の回折や反射などによる光が間接的に受光素子に到達することはあり得る。このような遮光により、制限角度 θA よりも入射角度が大きい入射光が、受光素子に直接的に到達することを阻止できる。遮光物質121～124は、少なくともバンドパスフィルター140の透過帯域の光を遮光する物質である。具体的には遮光物質121～124は、金属配線に用いられる金属層（例えばアルミ配線層）である。角度制限フィルター120の上に積層される保護膜130は、少なくともバンドパスフィルター140の透過帯域の光を透過する物質で形成される。具体的には、保護膜130は、半導体プロセスの絶縁層（例えばS i O₂層）により形成される。

[0032] なお、本実施形態の光学センサーのより詳細な構成や形成プロセスについては、図5（A）～図11で後述する。

[0033] 図3に示すように、バンドパスフィルター140の高さをR Tとし、保護膜の高さをR Pとし、角度制限フィルター120の高さをR Aとする。例え

ば $R_T = 5 \text{ } \mu\text{m}$ 、 $R_P = 1 \text{ } \mu\text{m}$ 、 $R_A = 5 \text{ } \mu\text{m}$ である。ここで、「高さ」とは、半導体基板 100 の平面に垂直な方向における高さ（又は厚さ）であり、例えばバンドパスフィルター 140 であれば、バンドパスフィルター 140 の下面から上面までの距離に相当する。

[0034] また、角度制限フィルター 120 の開口の幅を d とする。例えば $d = 3 \text{ } \mu\text{m}$ である。ここで、角度制限フィルター 120 の「開口」とは、入射光が入射する側の面において遮光物質が存在しない領域であり、角度制限フィルター 120 に対する平面視において入射光が入射する領域である。なお開口の外周は必ずしも遮光物質で閉じている必要はなく、開口の外周に沿って断続的に遮光物質が配されてもよい。また、「開口の幅」とは、遮光物質の壁面から、その壁面に向かい合う遮光物質の壁面までの距離であり、例えば開口が矩形である場合には、その矩形の辺の長さに相当する。「遮光物質の壁面」とは、開口に充填された物質（例えば SiO_2 ）と遮光物質との境界面であり、半導体基板 100 の平面に交差する（狭義には垂直な）面である。

[0035] 角度制限フィルター 120 の高さ R_A 、開口の幅 d より、制限角度は $\theta_A = \tan^{-1}(d/R_A)$ である。例えば $R_A = 5 \text{ } \mu\text{m}$ 、 $d = 3 \text{ } \mu\text{m}$ の場合、 $\theta_A = 31^\circ$ である。制限角度 θ_A よりも入射角度が大きい光は遮光され、受光素子には入射しない。この制限角度 θ_A に対して、角度制限フィルター 120 とバンドパスフィルター 140 とのオーバーラップ距離 OV は、下式（1）を満たすように設定される。ここで、「制限角度」等の「角度」とは、半導体基板 100 の平面に垂直な方向に対する角度のことである。

$$\theta_A = \tan^{-1}(d/R_A) < \theta_T = \tan^{-1}(OV/(R_T + R_P)) \quad (1)$$

[0036] 図 3 に示すように、角度制限フィルター 120 のうち最も外側の開口端に到達する入射光のうち、角度 $\theta_T = \tan^{-1}(OV/(R_T + R_P))$ よりも大きな入射角度の光は、バンドパスフィルター 140 の壁面を通過した光である。即ち、上式（1）のように制限角度 θ_A を角度 θ_T よりも小さい角度に設定することで、バンドパスフィルター 140 の壁面を通過した光を遮光

することができる。ここで、「オーバーラップ距離」とは、半導体基板 100 に対する平面視において、バンドパスフィルター 140 の形成領域と非形成領域の境界（バンドパスフィルター 140 の壁面）から、角度制限フィルター 120 のうち最も外側の開口端までの距離のことである。また、「最も外側の開口端」とは、半導体基板 100 に対する平面視において、角度制限フィルター 120 の最も外側に形成された開口の内壁面に相当する。

[0037] 図 4 に、本実施形態の光学センサーの分光特性例を示す。本実施形態の光学センサーでは、バンドパスフィルター 140 の壁面を通過した光が受光素子に入射しないため、バンドパスフィルター 140 の本来の特性を発揮することができる。即ち、図 4 に示すように、透過帯域 T B に比べて阻止域 K B 1、K B 2 の光強度が十分に小さくなり、上述の比較例と比べて帯域制限特性が低下しない。

[0038] なお上記では、光学フィルターがバンドパスフィルターであり、バンドパスフィルター 140 がショートパスフィルター S P F とロングパスフィルター L P F により構成される場合を例に説明したが、本実施形態はこれに限定されない。例えば光学フィルターはバンドパスフィルター以外の分光特性を有するフィルターであってもよい。また、バンドパスフィルター 140 は、ショートパスフィルター S P F とロングパスフィルター L P F が別々に積層されたものでなくともよい。

[0039] 以上の実施形態によれば、図 3 に示すように、光学センサーは、受光素子と、受光素子の受光領域に対する入射光のうちの特定波長の光を透過する光学フィルター 140 と、光学フィルター 140 を透過した入射光の入射角度を制限する角度制限フィルター 120 と、を含む。角度制限フィルター 120 の制限角度を θA とし、角度制限フィルター 120 の上面（開口面、入射面）から光学フィルターの上面（入射面）までの高さを R T P とする場合に、角度制限フィルター 120 の上面に対する平面視において光学フィルター 140 の端から角度制限フィルターの開口の端までの距離であるオーバーラップ距離 O V は、 $\tan^{-1}(O V / R T P) > \theta A$ を満たす。

[0040] ここで、「角度制限フィルター１２０の上面」とは、半導体プロセスにより形成された角度制限フィルター１２０の層の上側の面であり、角度制限フィルター１２０の層と、角度制限フィルター１２０の上に形成された層（例えば保護膜１３０）との境界面である。また、「光学フィルター１４０の上面」とは、積層された光学フィルター１４０の上側の面である。「上」とは、半導体基板１００の平面から離れていく方向であり、半導体基板１００の平面の法線方向のうち、角度制限フィルター１２０等が形成される側の法線方向である。また、「受光領域」とは、受光素子を構成する不純物領域１１０において、角度制限フィルター１２０を通過した入射光が到達しうる領域である。

[0041] このようにすれば、図３等で説明したように、角度制限フィルター１２０を通過する光は、光学フィルター１４０の上面から入射して光学フィルター１４０の全層を通過した光となる。これにより、図４等で説明したように、光学フィルター１４０の一部の層のみを通過した光によって阻止域ＫＢ１、ＫＢ２の阻止率が低下してしまうことを防止できる。

[0042] また本実施形態では、角度制限フィルター１２０の開口の幅を d とし、角度制限フィルター１２０の高さを RA とする場合に、制限角度は、 $\theta A = \tan^{-1}(d/RA)$ である。

[0043] このようにすれば、角度制限フィルター１２０の開口幅 d と高さ RA を調整することで制限角度 θA を設定でき、その制限角度 θA に対して $\tan^{-1}(OV/ RTP) > \theta A$ を満たすオーバーラップ距離 OV を設定することができる。

[0044] また本実施形態では、角度制限フィルター１２０と光学フィルター１４０との間に形成される保護膜１３０を含み、保護膜１３０の高さ（厚さ）を RP とし、光学フィルター１４０の高さ（厚さ）を RT とする場合に、角度制限フィルター１２０の上面から光学フィルター１４０の上面までの高さは、 $RTP = RP + RT$ である。

[0045] なお図３では $RTP = RP + RT$ である場合を例に説明したが、本実施形

態ではこれに限定されない。例えば、保護膜 130 を省略し、 $RTP = RT$ であってもよい。あるいは、角度制限フィルター 120 と光学フィルター 140 との間に厚さ RP' の他の層を更に設け、 $RTP = RP + RP' + RT$ であってもよい。

[0046] 3. 角度制限フィルターの開口幅、高さ

次に、角度制限フィルター 120 の開口幅 d や高さ RA を設定する手法について説明する。本実施形態では、以下に述べる手法で設定した開口幅 d や高さ RA に対して、上式 (1) を満たすオーバーラップ距離 OV を設定する。なお以下では、角度制限フィルター 120 の高さ RA を R と表し、制限角度 θA を θ と表す。

[0047] 本実施形態では、下式 (2) を満たすように角度制限フィルターの開口幅 d 及び高さ R を設定する。これにより、実測の制限角度を開口幅 d や高さ R の調整で制御できる角度制御性や、角度制限フィルターの開口に入射する光量と受光素子に到達する光量との比率である光到達率を、向上できる。この点について、図 5 (A) ~ 図 7 (B) を用いて詳細に説明する。

$$d^2 / (\lambda \times R) \geq 2 \quad (2)$$

[0048] まず図 5 (A) ~ 図 5 (C) に、比較例として、 $d^2 / (\lambda \times R) < 2$ の場合における光到達率特性を示す。図 5 (A) ~ 図 5 (C) は、波長 $\lambda = 0.5 \mu m$ 、高さ $R = 5 \mu m$ において、入射光の入射角度を変化させた場合における光到達率の測定値である。

[0049] 図 5 (A) には、角度制限フィルターが無いときの入射角度 0° の光到達率を 1 とした場合における光到達率特性を示す。図 5 (A) の A1 に示すように、角度制限フィルターが無い場合には、入射角度 (入射角度の絶対値) が増加するに従って光到達率が緩やかに減衰する。A2 に示すように、制限角度 $\theta = 15^\circ$ 、開口幅 $d = 1.34 \mu m$ の場合には、光到達率の最大値は 0.23 である。A3 に示すように、制限角度 $\theta = 20^\circ$ 、開口幅 $d = 1.82 \mu m$ の場合には、光到達率の最大値は 0.45 である。

[0050] このように、比較例の角度制限フィルターでは、光到達率が 50% を切っ

ており、入射光が暗いときにはセンサー感度が不足する可能性がある。

[0051] 図5 (B) には、図5 (A) の光到達率特性を、入射角度 0° において1に正規化したものを示す。なお以下では、光到達率が、入射角度 0° における光到達率の $1/2$ になる場合の入射角度を制限角度 θ として説明するが、本実施形態ではこれに限定されず、光到達率が他の比になる場合の入射角度により θ を定義してもよい。

[0052] 図5 (B) のB1に角度制限フィルターが無い場合の測定値を示し、B2には、設計上の制限角度が $\theta = 15^\circ$ の場合の測定値を示し、B3には、設計上の制限角度が $\theta = 20^\circ$ の場合の測定値を示す。ここで、「設計上の制限角度」とは、 $\theta = \tan^{-1}(d/R)$ である。B2、B3に示すように、実際に測定された制限角度はいずれも 22° 程度であり、設計上の制限角度が得られておらず、角度制御性が悪いことがわかる。

[0053] 図5 (C) は、上記の測定値をまとめたものである。図5 (C) に示すように、 $\theta = 15^\circ$ 、 20° いずれの場合も $d^2/(\lambda \times R) < 2$ であり、この範囲では角度制御性や光到達率が十分に得られないことがわかる。

[0054] 次に、図6 (A) ~図6 (C) に、上式 (2) の $d^2/(\lambda \times R) \geq 2$ を満たす場合の光到達率特性を示す。図6 (A) ~図6 (C) は、波長 $\lambda = 0.5 \mu\text{m}$ 、高さ $R = 5 \mu\text{m}$ において、入射光の入射角度を変化させた場合における光到達率の測定値である。

[0055] 図6 (A) には、角度制限フィルターが無いときの入射角度 0° の光到達率を1とした場合における光到達率特性を示す。図6 (A) のC1に示すように、角度制限フィルターが無い場合の特性は比較例と変わらない。C2に示すように、制限角度 $\theta = 25^\circ$ 、開口幅 $d = 2.33 \mu\text{m}$ の場合には、光到達率の最大値は0.54である。C3に示すように、制限角度 $\theta = 30^\circ$ 、開口幅 $d = 2.89 \mu\text{m}$ の場合には、光到達率の最大値は0.64である。このように、上式 (2) の $d^2/(\lambda \times R) \geq 2$ を満たすことで、光到達率の最大値（入射角度 0° のときの光到達率）が50%よりも大きくなるため、入射光が暗いときでも十分なセンサー感度を得ることが可能である。

[0056] 図6 (B) には、図6 (A) の光到達率特性を、入射角度 0° において1に正規化したものを示す。図6 (B) のD1に角度制限フィルターが無い場合の測定値を示し、D2には、設計上の制限角度が $\theta = 25^\circ$ の場合の測定値を示し、D3には、設計上の制限角度が $\theta = 30^\circ$ の場合の測定値を示す。設計上の制限角度は、 $\theta = \tan^{-1}(d/R)$ である。D2、D3に示すように、実際に測定された制限角度（光到達率が0.5になる制限角度）は、それぞれ $24^\circ \sim 25^\circ$ 、 $28^\circ \sim 29^\circ$ である。これらの制限角度は、設計上の制限角度とほぼ一致しており、所望の角度制御性が得られていることが分かる。

[0057] 図6 (C) は、上記の測定値をまとめたものである。図6 (C) に示すように、 $\theta = 25^\circ$ 、 30° いずれの場合も上式 (2) の $d^2/(\lambda \times R) \geq 2$ の条件を満たしており、この範囲では角度制御性や光到達率が十分に得られていることが分かる。このように、角度制御性が向上することで、例えば光学センサーが分光センサーである場合には、所望の波長分解能が実現できる。また比較例に比べて光到達率が大きくなることで、光量が少なくても高感度にセンシング可能になる。

[0058] 例えば、上述した比較例の $\theta = 15^\circ$ の角度制限フィルターを $d^2/(\lambda \times R) \geq 2$ の範囲で設計すれば、下式 (3) に示すように $d = 4.02 \mu\text{m}$ 、 $R = 15 \mu\text{m}$ とすればよい。また $\theta = 20^\circ$ の角度制限フィルターは、下式 (4) に示すように $d = 3.64 \mu\text{m}$ 、 $R = 10 \mu\text{m}$ とすればよい。

$$d^2/(\lambda \times R) = 4.02^2/(0.5 \times 15) = 2.15 \geq 2 \quad (3)$$

$$d^2/(\lambda \times R) = 3.64^2/(0.5 \times 10) = 2.65 \geq 2 \quad (4)$$

次に、上式 (2) の条件と最大光到達率の関係についてより詳細に説明する。図7 (A) に、入射角度 0° の入射光の光到達率特性を示す。図7 (A) のE1には、波長 $\lambda = 0.5 \mu\text{m}$ 、高さ $R = 5 \mu\text{m}$ において、開口幅 d を変化させた場合の測定値を示す。E2には、波長 $\lambda = 0.9 \mu\text{m}$ 、高さ $R =$

5 μm において、開口幅 d を変化させた場合の測定値を示す。

[0059] E 1 に示す特性では、開口幅 $d = 2.3 \mu\text{m}$ 近傍において接線の傾きが急激に変化する。以下ではこの点を境界点と呼ぶ。境界点よりも開口幅 d が小さくなると、光到達率が急速に低下することが分かる。即ち、境界点までの $d \leq 2.3 \mu\text{m}$ の範囲を第 1 の特性領域 R_1 とすると、第 1 の特性領域 R_1 では一定（ほぼ一定）の第 1 の傾きで光到達率が上昇する。境界点以降の $2.3 \mu\text{m} \leq d \leq 8 \mu\text{m}$ の範囲を第 2 の特性領域 R_2 とすると、第 2 の特性領域 R_2 では第 1 の傾きよりも小さい一定（ほぼ一定）の第 2 の傾きで光到達率が変化する。

[0060] E 2 に示す特性では、境界点は $d = 3 \mu\text{m}$ であり、第 1 の特性領域は $d \leq 3 \mu\text{m}$ であり、第 2 の特性領域は $3 \mu\text{m} \leq d \leq 8 \mu\text{m}$ である。E 2 に示す特性においても、境界点よりも開口幅 d が小さくなると、光到達率が低下して 0.5 を下回ることが分かる。

[0061] 図 7 (B) に示すように、上記の境界点は、 $d^2 / (\lambda \times R) = 2$ とした場合の d の値に一致（ほぼ一致）する。即ち、境界点よりも開口幅 d が大きくなるように角度制限フィルターを形成することで $d^2 / (\lambda \times R) \geq 2$ の条件を満たし、角度制御性や光到達率を向上できることがわかる。このように、本実施形態では開口幅 d に対する光到達率特性からも角度制限フィルターのサイズを決定することができる。

[0062] なお本実施形態では、境界点である $d^2 / (\lambda \times R) = 2$ の近傍となるように角度制限フィルターを構成することが望ましい。境界点では角度制限フィルターの高さ R を最小限にして光学センサーを小型化できる。即ち、制限角度 $\theta = \tan^{-1}(d/R)$ であるため θ が決まればアスペクト比 d/R は固定される。従って、 $d^2 / (\lambda \times R) \geq 2$ を満たす範囲で d が最小となる境界点では R も最小にすることができる。

[0063] 以上の実施形態によれば、上式 (2) で説明したように、入射光の波長を λ とし、角度制限フィルターの高さを R ($= R_A$) とし、角度制限フィルターの開口の幅を d とする場合に、 $d^2 / (\lambda \times R) \geq 2$ を満たす。

[0064] これにより、入射光の入射制限角度 θ を高精度に制御することが可能になる。また、光到達率を向上することが可能になる。即ち、図5 (C) に示す $d^2/\lambda R < 2$ での測定値に比べて、図6 (C) に示す $d^2/\lambda R \geq 2$ での測定値では所望の制限角度を実現でき、また光到達率を高くできる。

[0065] また本実施形態では、角度制限フィルターの制限角度 θ ($=\theta_A$) は $\theta = \tan^{-1}(d/R) < 60^\circ$ を満たす。

[0066] さて、角度制限フィルターが無い場合に、強度 L_i の入射光が入射角度 α で受光素子に入射したとする。この場合、受光素子の受光面における光強度 L_p は $L_p = L_i \times \cos \alpha$ で表される。

[0067] $L_p = L_i \times \cos \alpha$ は、 $\alpha = 60^\circ$ において $L_p/L_i = 1/2$ であり、制限角度が 60° であることに等しい。即ち、光到達率が $1/2$ となる入射角度を制限角度 θ と定義する場合には、角度制限フィルターがなくても制限角度 $\theta = 60^\circ$ となる。そのため、仮に制限角度 $\theta > 60^\circ$ の角度制限フィルターがあったとしても制限角度は $\theta = 60^\circ$ となり、角度制限フィルターの角度制御性は失われてしまう。この点、本実施形態によれば、制限角度が $\theta < 60^\circ$ に設定されるため、角度制限フィルターの角度制御性を発揮させることができる。

[0068] 4. 光学センサー

上述した本実施形態の光学センサーの詳細な構成例について説明する。なお以下では光学センサーが、測定対象物に対して複数の波長帯域で分光測定を行う分光センサーである場合を例に説明するが、後述するように本実施形態はこれに限定されない。

[0069] 図8に、分光センサーが形成される半導体基板10に対する平面視図を示す。図8は、半導体基板10の平面に垂直な方向から見た平面視において、回路20や角度制限フィルター41等が形成される表面側から見た平面視図である。後述のように角度制限フィルター41、42の上には多層膜フィルターが形成されるが、図8では、簡単のために図示を省略する。

[0070] 図8に示す分光センサーは、半導体基板10、回路20、第1のフォトダ

イオード 3 1（広義には、第 1 の受光素子、第 1 の受光素子用の不純物領域）、第 2 のフォトダイオード 3 2（広義には、第 2 の受光素子、第 2 の受光素子用の不純物領域）、第 1 の角度制限フィルター 4 1、第 2 の角度制限フィルター 4 2 を含む。

[0071] 半導体基板 1 0 は、例えば P 型や N 型のシリコン基板（シリコンウエハ）により構成される。この半導体基板 1 0 の上には、回路 2 0、フォトダイオード 3 1、3 2、角度制限フィルター 4 1、4 2 が半導体プロセスにより形成される。

[0072] 角度制限フィルター 4 1、4 2 は、例えば平面視において格子状に形成され、フォトダイオード 3 1、3 2 に対する入射光の入射角度を制限する。回路 2 0 は、例えばフォトダイオード 3 1、3 2 からの出力信号を処理するアンプ、A/D 変換回路等により構成される。

[0073] なお、本実施形態の分光センサーは図 8 の構成に限定されず、その構成要素の一部（回路 2 0）を省略したり、他の構成要素を追加したりする等の種々の変形実施が可能である。例えば、フォトダイオードや角度制限フィルターは、上述のように 2 つであってもよく、1 または複数個形成されてもよい。また、角度制限フィルター 4 1、4 2 は、上述のように平面視において格子状であってもよく、他の形状であってもよい。

[0074] 図 9 に、分光センサーの断面図を示す。図 9 は、図 8 に示す A A 断面における断面図である。図 9 に示す分光センサーは、半導体基板 1 0、フォトダイオード 3 1、3 2、角度制限フィルター 4 1、4 2、傾斜構造体 5 0（角度構造体）、第 1 の光バンドパスフィルター 6 1（第 1 の多層膜フィルター、第 1 の誘電体フィルター）、第 2 の光バンドパスフィルター 6 2（第 2 の多層膜フィルター、第 2 の誘電体フィルター）を含む。

[0075] 半導体基板 1 0 にフォトダイオード 3 1、3 2 が形成される。後述するように、このフォトダイオード 3 1、3 2 は、イオン注入等により不純物領域が形成されることで形成される。例えば、フォトダイオード 3 1、3 2 は、P 基板上に形成された N 型不純物領域と、P 基板との間の PN 接合により実

現される。あるいは、ディープNウェル（N型不純物領域）上に形成されたP型不純物領域と、ディープNウェルとの間のPN接合により実現される。

[0076] 角度制限フィルター41、42は、フォトダイオード31、32により検出される波長に対して遮光性のある遮光物質（例えば、光吸収物質または光反射物質）により形成される。具体的には、角度制限フィルター41、42は、半導体プロセスの配線形成工程により形成され、例えばタングステン（広義には光吸収物質）プラグ等の導電性プラグにより形成される。また、角度制限フィルター41、42は、アルミ（広義には光反射物質）配線層等の導電層を含んで形成されてもよい。

[0077] 角度制限フィルター41、42の底辺の開口幅と高さのアスペクト比は、光バンドパスフィルター61、62の透過波長帯域（例えば図10（B）で後述するBW1、BW2）に応じて設定される。角度制限フィルター41、42の開口部（中空部）は、フォトダイオード31、32により検出される波長に対して透明な物質により形成され、例えば、 SiO_2 （シリコン酸化膜）等の絶縁層により形成（充填）される。

[0078] 傾斜構造体50は、角度制限フィルター41、42の上に形成され、光バンドパスフィルター61、62の透過波長に応じて異なる傾斜角の傾斜面を有する。具体的には、フォトダイオード31の上には、半導体基板10の平面に対する傾斜角 θ_1 の傾斜面が複数形成され、フォトダイオード32の上には、 θ_1 とは異なる傾斜角 θ_2 の傾斜面が複数形成される。後述するように、この傾斜構造体50は、例えば SiO_2 等の絶縁膜をエッチングまたはCMP、グレースケールリソグラフィー技術等により加工することで形成される。

[0079] 光バンドパスフィルター61、62は、傾斜構造体50の上に積層された多層薄膜70により形成される。光バンドパスフィルター61、62の透過波長帯域は、傾斜構造体50の傾斜角 θ_1 、 θ_2 と、角度制限フィルター41、42の入射光制限角度（アスペクト比）により決まる。光バンドパスフィルター61、62は、傾斜角度に応じて透過波長が異なる構成のため、透

過波長毎に別個の工程で積層するのではなく、同一の多層膜形成工程により積層される。

[0080] なお上記では、光学センサーが分光センサーである場合について説明したが、本実施形態はこれに限定されない。例えば、本実施形態の光学センサーを照度センサーや、仰角センサーに適用してもよい。

[0081] ここで、照度センサーとは、自然光や照明光の照度（ルクス、またはルーメン／平方メートル）を測定する光学センサーである。本実施形態では、角度制限フィルターにより入射角度が制限されるため、測定対象以外からの不要な光の入射を制限できる。例えば、自動車の前照灯を進行方向の明るさに応じて自動的に点灯するシステムに本実施形態を適用することが考えられる。例えばトンネル進入時に、不要な光に反応しなくなるため、適切な自動点灯が可能になる。

[0082] また、仰角センサーとは、太陽や照明光源の方向と基準面との間の成す角度である仰角を測定する光学センサーである。基準面は、例えば水平面である。本実施形態では、角度制限フィルターにより入射角度が制限されるため、仰角の測定ができる。例えば、太陽光発電システムに本実施形態を適用することが考えられる。この場合、太陽の方向を高精度に測定し、その方向に太陽電池パネルを向けることで高効率な発電が可能になる。

[0083] さて従来の光学センサーでは、小型化が困難であるという課題がある。例えば、連続スペクトルを取得する分光センサーでは、連続スペクトルを生成するためのプリズム等を設けたり、光路長を確保したりする必要があるため、装置が大型化してしまう。そのため、多数のセンサーを設置したり、センサーを検査対象物に常時設置したりしておくこと等が困難となってしまう。

[0084] この点本実施形態によれば、フォトダイオード（受光素子）は、半導体基板 10 上に形成された、フォトダイオード用の不純物領域 31、32（受光素子用の不純物領域）により形成される。

[0085] また本実施形態では、角度制限フィルター 41、42 は、フォトダイオード用の不純物領域 31、32 の上に半導体プロセスによって形成された遮光

物質によって形成される。

[0086] このようにすれば、光学センサーの各構成要素を半導体プロセスにより構成できるため、光学センサーの小型化等が可能になる。即ち、フォトダイオード31、32や角度制限フィルター41、42を半導体プロセスにより形成することで、容易に微細加工を行い、小型化することができる。また、部材を貼り合わせて構成する場合と比べて、透過波長選択性を向上できる。また、角度制限フィルターとして光ファイバーを用いた場合に比べて、制限角度（開口数）の減少による透過光の減少を抑制し、波長選択性を向上できる。

[0087] ここで、半導体プロセスとは、半導体基板にトランジスターや、抵抗素子、キャパシター、絶縁層、配線層等を形成するプロセスである。例えば、半導体プロセスは、不純物導入プロセスや、薄膜形成プロセス、フォトリソグラフィプロセス、エッチングプロセス、平坦化プロセス、熱処理プロセスを含むプロセスである。

[0088] また、フォトダイオードの受光領域とは、角度制限フィルター41、42を通過した入射光が入射される、フォトダイオード用の不純物領域31、32上の領域である。例えば図8において、格子状の角度制限フィルター41、42の各開口に対応する領域である。あるいは、図9において、角度制限フィルター41、42を形成する遮光物質に囲まれた領域（例えば、領域LRA）である。

[0089] また、遮光物質とは、光吸収物質または光反射物質である。光吸収物質は例えばタングステンであり、光反射物質は例えばアルミである。

[0090] なお、角度制限フィルター41、42は、受光領域の外周に沿って閉じている場合に限らず、外周に沿って非連続的な部分があったり、外周に沿って断続的に配置されたりしてもよい。

[0091] また本実施形態では、光バンドパスフィルター61、62は、半導体基板10に対して、透過波長に応じた角度 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ で傾斜する多層薄膜により形成される。より具体的には、光バンドパスフィルター61、62は、透過

波長が異なる複数組の多層薄膜により形成される。例えば、図9に示すように、傾斜角 θ_1 の複数の多層薄膜が連続して配列されることで1組の多層薄膜が形成される。あるいは、異なる傾斜角 θ_1 、 θ_2 の多層薄膜が隣接して配置され、この傾斜角 θ_1 、 θ_2 の多層薄膜が繰り返し配置され、同じ傾斜角（例えば θ_1 ）の複数の多層薄膜により1組の多層薄膜が形成されてもよい。

[0092] このようにすれば、透過波長に応じた角度 θ_1 、 θ_2 で傾斜する多層薄膜により光バンドパスフィルター61、62を形成できる。これにより、透過波長に応じた膜厚の多層薄膜を透過波長毎に別個の工程で積層する必要がなくなり、多層薄膜の形成工程を簡素化できる。

[0093] また本実施形態では、角度制限フィルター41、42の上に設けられた傾斜構造体50を含む。そして、傾斜構造体50は、半導体基板10に対して、光バンドパスフィルター61、62の透過波長に応じた角度 θ_1 、 θ_2 で傾斜する傾斜面を有し、多層薄膜がその傾斜面の上に形成される。

[0094] このようにすれば、傾斜構造体50の傾斜面に多層薄膜を形成することで、光バンドパスフィルター61、62の透過波長に応じた角度 θ_1 、 θ_2 で傾斜する多層薄膜を形成できる。

[0095] 5. 光バンドパスフィルターの透過波長帯域

上述のように、光バンドパスフィルターの透過波長帯域は、多層薄膜の傾斜角度と角度制限フィルターの制限角度により設定される。この点について、図10(A)、図10(B)を用いて具体的に説明する。なお、説明を簡単にするために、以下では光バンドパスフィルター61、62の多層薄膜の膜厚が同じ場合を例に説明するが、本実施形態では、光バンドパスフィルター61、62の多層薄膜の膜厚が傾斜角 θ_1 、 θ_2 に応じて異なってもよい。例えば、薄膜のデポジションにおいて、半導体基板に対して垂直な方向に薄膜を成長させた場合、光バンドパスフィルター61、62の多層薄膜の膜厚が $\cos \theta_1$ 、 $\cos \theta_2$ に比例してもよい。

[0096] 図10(A)に示すように、光バンドパスフィルター61、62の多層薄

膜は、厚さ $d_1 \sim d_3$ ($d_2 < d_1$ 、 $d_3 < d_1$) の薄膜により形成される。厚さ d_1 の薄膜の上下に、厚さ d_2 、 d_3 の薄膜が交互に複数層積層される。厚さ d_2 の薄膜は、厚さ d_1 、 d_3 の薄膜とは異なる屈折率の物質により形成される。なお、図 10 (A) では、簡単のために、厚さ d_2 、 d_3 の薄膜の層数を省略したが、実際には、厚さ d_1 の薄膜の上下に数十層～数百層の薄膜が積層される。また、図 10 (A) では、簡単のために厚さ d_1 の薄膜を 1 層としたが、実際には複数層形成される場合が多い。

[0097] 光バンドパスフィルター 61 の多層薄膜は、フォトダイオード 31 の受光面に対して傾斜角 θ_1 を有するため、受光面に対して垂直な光線は、光バンドパスフィルター 61 の多層薄膜に対して θ_1 の角度で入射する。そして、角度制限フィルター 41 の制限角度を $\Delta\theta$ とすると、光バンドパスフィルター 61 の多層薄膜に対して $\theta_1 - \Delta\theta \sim \theta_1 + \Delta\theta$ で入射する光線がフォトダイオード 31 の受光面に到達する。同様に、フォトダイオード 32 の受光面には、光バンドパスフィルター 62 の多層薄膜に対して $\theta_2 - \Delta\theta \sim \theta_2 + \Delta\theta$ で入射する光線が到達する。

[0098] 図 10 (B) に示すように、光バンドパスフィルター 61 の透過波長帯域 BW_1 は、 $\lambda_1 - \Delta\lambda \sim \lambda_1 + \Delta\lambda$ である。このとき、入射角度 θ_1 の光線に対する透過波長 $\lambda_1 = 2 \times n \times d_1 \times \cos \theta_1$ である。ここで、 n は厚さ d_1 の薄膜の屈折率である。また、 $\lambda_1 - \Delta\lambda = 2 \times n \times d_1 \times \cos (\theta_1 + \Delta\theta)$ 、 $\lambda_1 + \Delta\lambda = 2 \times n \times d_1 \times \cos (\theta_1 - \Delta\theta)$ である。入射角度 θ_1 の光線に対する透過波長の半値幅 HW (例えば $HW < BW_1$) は、多層膜の積層数により決まる。フォトダイオード 31 の受光量は、受光面に垂直となる入射角 θ_1 で最大であり、制限角度でゼロとなるため、入射光全体での受光量は点線でしめす曲線により表されることとなる。光バンドパスフィルター 62 の透過波長帯域 BW_2 も同様に、 $\lambda_2 - \Delta\lambda \sim \lambda_2 + \Delta\lambda$ である。例えば $\theta_2 > \theta_1$ の場合、 $\lambda_2 = 2 \times n \times d_1 \times \cos \theta_2 < \lambda_1 = 2 \times n \times d_1 \times \cos \theta_1$ である。

[0099] なお、角度制限フィルター 41、42 の制限角度は例えば $\Delta\theta \leq 30^\circ$ に

設定される。望ましくは、角度制限フィルター41、42の制限角度は例えば $\Delta\theta \leq 20^\circ$ である。

[0100] 6. 製造方法

図11を用いて、傾斜構造体を半導体プロセスにより形成する場合の本実施形態の分光センサーの製造方法の例について説明する。なお、より詳細な製造方法については、例えば特開2011-203247に記載されている。

[0101] まず図11のS1に示すように、P型基板上にN型拡散層（フォトダイオードの不純物領域）を形成し、P型基板上にP型拡散層を形成する。このN型拡散層がフォトダイオードのカソードとなり、P型拡散層（P型基板）がアノードとなる。

[0102] 次にS2に示すように、絶縁膜を形成し、絶縁膜にコンタクトホールを形成し、コンタクトホールの埋め込みを行い、第1AL配線を形成する。次に、上記と同様の工程によりビアコンタクトと第2AL配線を形成し、この工程を必要回数繰り返す。図11には、第3AL配線まで形成した場合の例を図示する。次に、絶縁膜を形成し、CMPによる絶縁膜の平坦化工程を行う。以上の配線形成工程により、角度制限フィルターを構成するAL配線やタングステンプラグが積層される。

[0103] 次にS3に示すように、デポジションした SiO_2 の異方性ドライエッチングにより、段差または粗密パターンを有する絶縁膜を形成し、その絶縁膜に対してCMPによる研磨の工程を行い、傾斜構造体の傾斜面を形成する。

[0104] 次にS4に示すように、 TiO_2 （チタン酸化膜）のスパッタリングと SiO_2 のスパッタリングを交互に行い、傾斜面に多層薄膜を形成する。 TiO_2 膜は高屈折率の薄膜であり、 SiO_2 膜は低屈折率の薄膜である。

[0105] なお上記では、配線プロセスにより角度制限フィルターを形成する場合を例に説明したが、本実施形態ではこれに限定されず、例えば半導体基板を裏面から掘削することで角度制限フィルターを形成してもよい（例えば特開2011-205088）。また、上記では傾斜構造体を半導体プロセスによ

り角度制限フィルターと一体に形成する場合を例に説明したが、本実施形態ではこれに限定されず、例えば金型等により傾斜構造体を別体に形成し、その傾斜構造体を角度制限フィルターの上に貼り合わせてもよい（例えば特開 2011-203247）。

[0106] 7. 電子機器

図 12 に、本実施形態の光学センサーを含む電子機器の構成例を示す。例えば、電子機器として、脈拍計、パルスオキシメーター、血糖値測定器、果実糖度計などが想定される。なお本実施形態は図 12 の構成に限定されず、例えば LED 950 を省略して仰角測定装置や照度計等に用いてもよい。

[0107] 図 12 に示す電子機器は、光学センサー装置 900、マイクロコンピューター 970（CPU）、記憶装置 980、表示装置 990 を含む。光学センサー装置 900 は、LED 950（光源）、LED ドライバー 960、光学センサー 910 を含む。光学センサー 910 は、例えば 1 チップの IC に集積され、フォトダイオード 920、検出回路 930、A/D 変換回路 940 を含む。

[0108] LED 950 は、例えば白色光を観察対象に照射する。光学センサー装置 900 は、観察対象からの反射光や透過光を分光し、各波長の信号を取得する。マイクロコンピューター 970 は、LED ドライバー 960 の制御や、光学センサー 910 からの信号の取得を行う。マイクロコンピューター 970 は、取得した信号に基づく表示を表示装置 990（例えば液晶表示装置）に表示したり、取得した信号に基づくデータを記憶装置 980（例えばメモリーや、磁気ディスク）に記憶したりする。

[0109] なお、上記のように本実施形態について詳細に説明したが、本発明の新規事項および効果から実体的に逸脱しない多くの変形が可能であることは当業者には容易に理解できるであろう。従って、このような変形例はすべて本発明の範囲に含まれるものとする。例えば、明細書又は図面において、少なくとも一度、より広義又は同義な異なる用語と共に記載された用語は、明細書又は図面のいかなる箇所においても、その異なる用語に置き換えることがで

きる。また光学センサー、電子機器等の構成、動作も本実施形態で説明したものに限定に限定されず、種々の変形実施が可能である。

符号の説明

[0110] 10 半導体基板、20 回路、31 第1のフォトダイオード、32 第2のフォトダイオード、41 第1の角度制限フィルター、42 第2の角度制限フィルター、50 傾斜構造体、61 第1の光バンドパスフィルター、62 第2の光バンドパスフィルター、70 多層薄膜、100 半導体基板、110 不純物領域、120 角度制限フィルター、130 保護膜、140 バンドパスフィルター（光学フィルター）、900 光学センサー装置、910 光学センサー、920 フォトダイオード、930 検出回路、940 A/D変換回路、950 LED、960 LEDドライバー、970 マイクロコンピュータ、980 記憶装置、990 表示装置、BW1, BW2 透過波長帯域、d 開口幅、HW 半値幅、LPF ロングパスフィルター、OV オーバーラップ距離、R1 第1の特性領域、R2 第2の特性領域、SPF ショートパスフィルター、 θ , θ_A 制限角度、 θ_1 , θ_2 傾斜角、 θ_T 角度、 λ 波長、 λ_1 , λ_2 透過波長。

請求の範囲

[請求項1]

受光素子と、

前記受光素子の受光領域に対する入射光のうちの特定波長の光を透過する光学フィルターと、

前記光学フィルターを透過した前記入射光の入射角度を制限する角度制限フィルターと、

を含み、

前記角度制限フィルターの制限角度を θA とし、前記角度制限フィルターの上面から前記光学フィルターの上面までの高さを RTP とする場合に、

前記角度制限フィルターの前記上面に対する平面視における、前記光学フィルターの端から前記角度制限フィルターの開口の端までの距離をオーバーラップ距離 OV とする場合に、 $\tan^{-1}(OV/RTP) > \theta A$ を満たすことを特徴とする光学センサー。

[請求項2]

請求項1において、

前記角度制限フィルターの前記開口の幅を d とし、前記角度制限フィルターの高さを RA とする場合に、

前記制限角度は、 $\theta A = \tan^{-1}(d/RA)$ であることを特徴とする光学センサー。

[請求項3]

請求項1又は2において、

前記角度制限フィルターと前記光学フィルターとの間に形成される保護膜を含み、

前記保護膜の高さを RP とし、前記光学フィルターの高さを RT とする場合に、

前記角度制限フィルターの上面から前記光学フィルターの上面までの高さは、 $RTP = RP + RT$ であることを特徴とする光学センサー。

[請求項4]

請求項1乃至3のいずれかにおいて、

前記入射光の波長を λ とし、前記角度制限フィルターの高さを RA とし、前記角度制限フィルターの開口の幅を d とする場合に、

$$d^2 / (\lambda \times RA) \geq 2$$

を満たすことを特徴とする光学センサー。

[請求項5] 請求項1乃至4のいずれかにおいて、
前記制限角度は、

$$\theta A = \tan^{-1}(d / RA) < 60^\circ$$

を満たすことを特徴とする光学センサー。

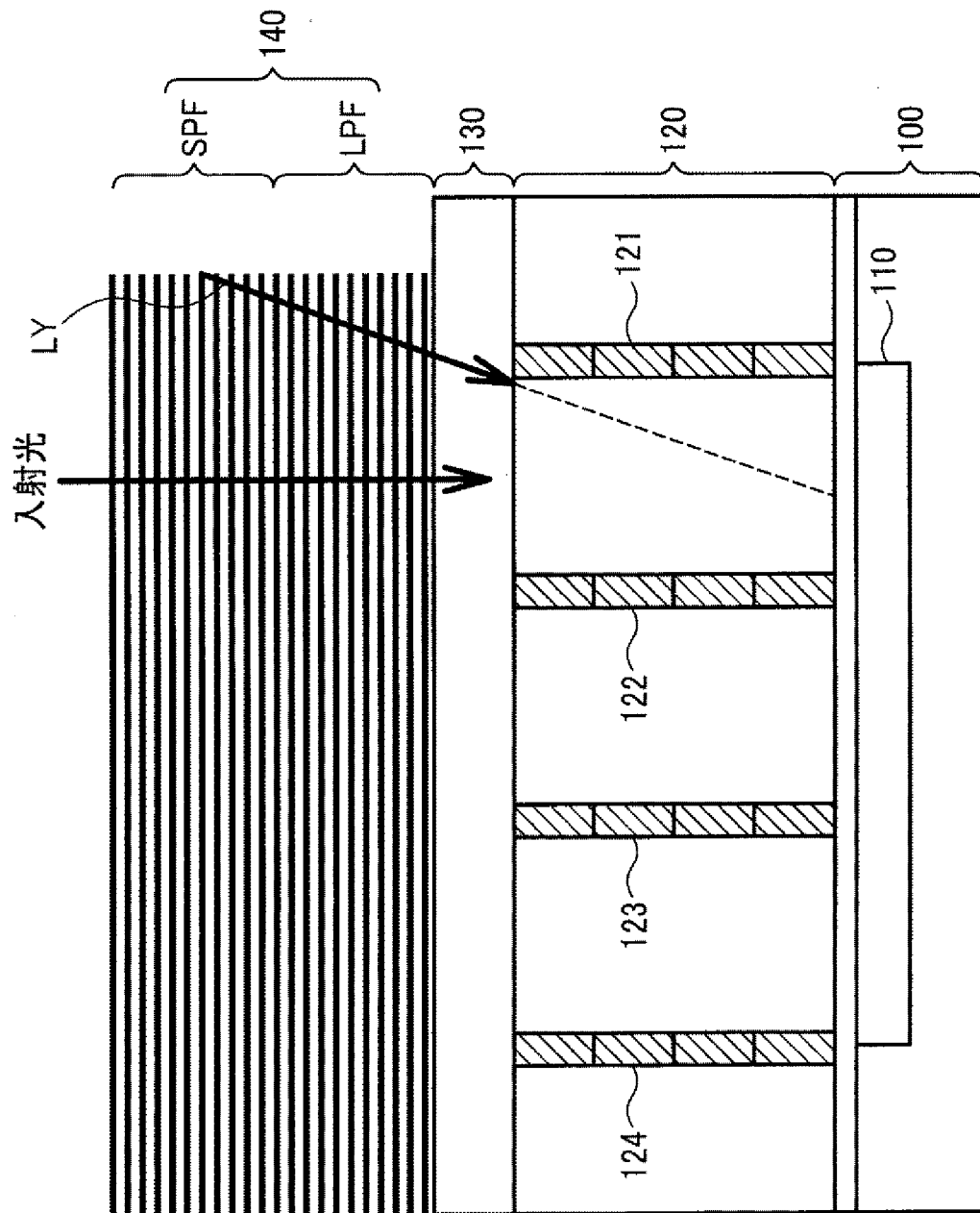
[請求項6] 請求項1乃至5のいずれかにおいて、
前記入射光を分光するための分光センサーであることを特徴とする光学センサー。

[請求項7] 請求項1乃至5のいずれかにおいて、
前記入射光の照度を測定するための照度センサーであることを特徴とする光学センサー。

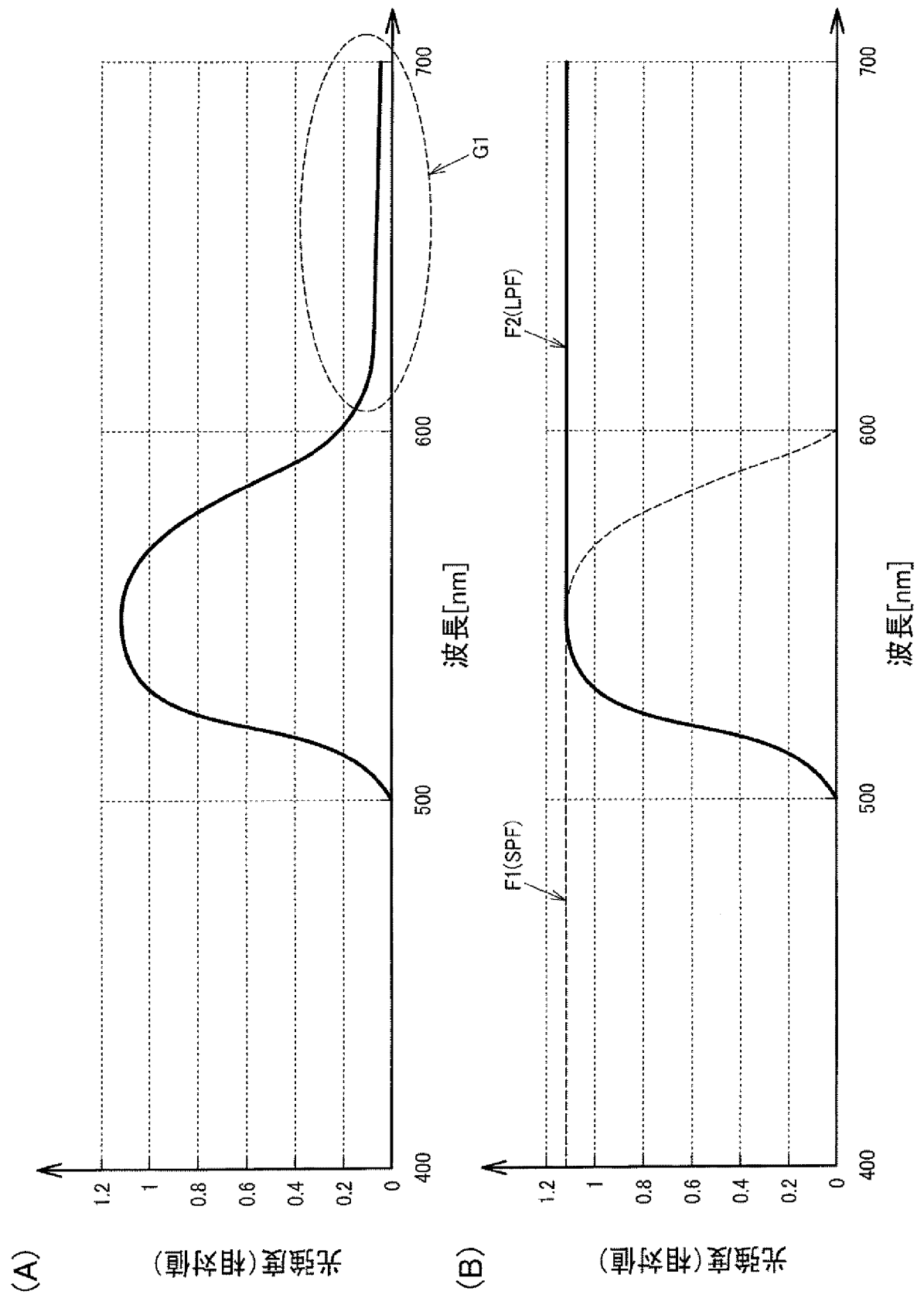
[請求項8] 請求項1乃至5のいずれかにおいて、
光源の仰角を測定するための仰角センサーであることを特徴とする光学センサー。

[請求項9] 請求項1乃至8のいずれかに記載の光学センサーを含むことを特徴とする電子機器。

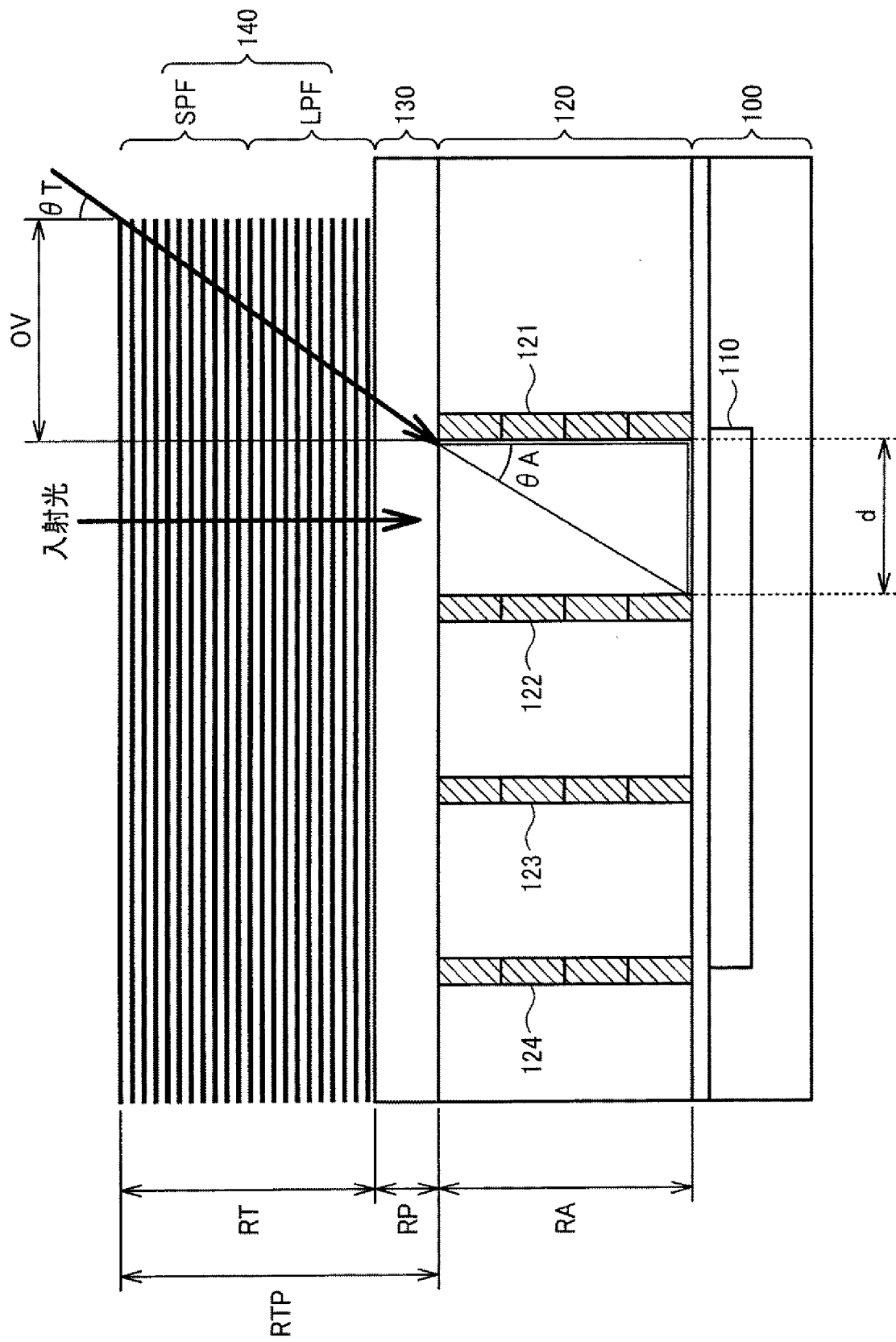
[図1]



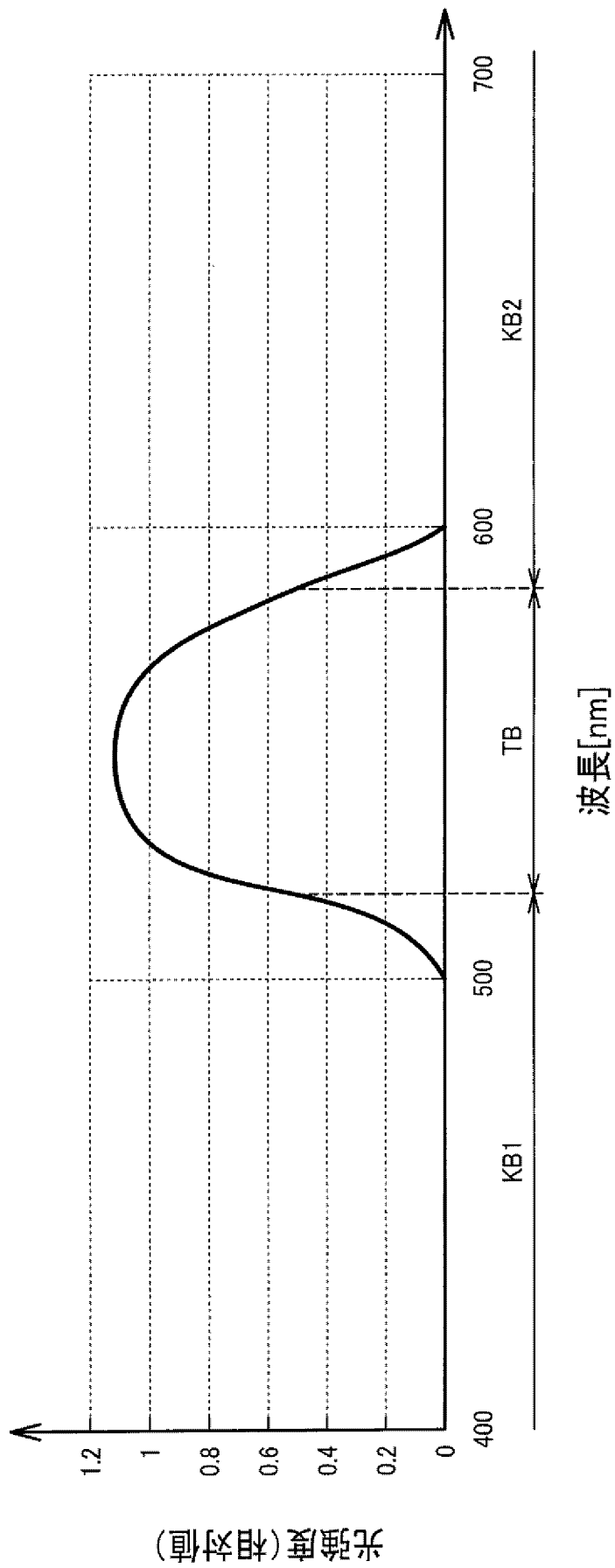
[図2]



[図3]

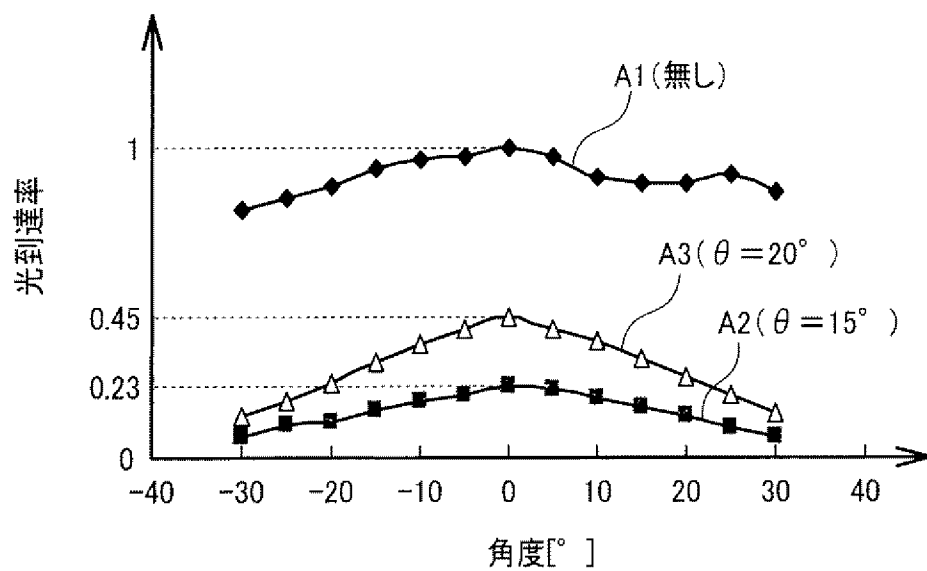


[図4]

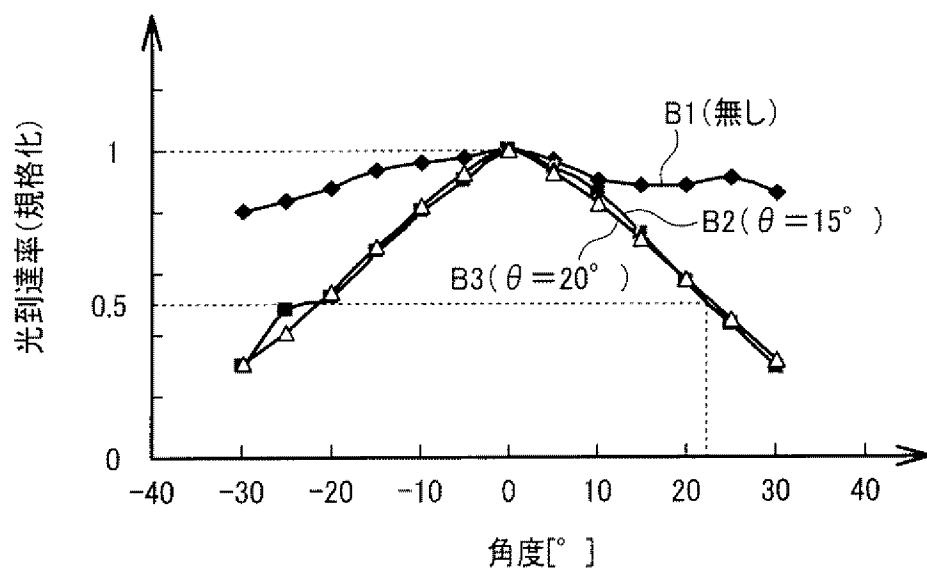


[図5]

(A)



(B)

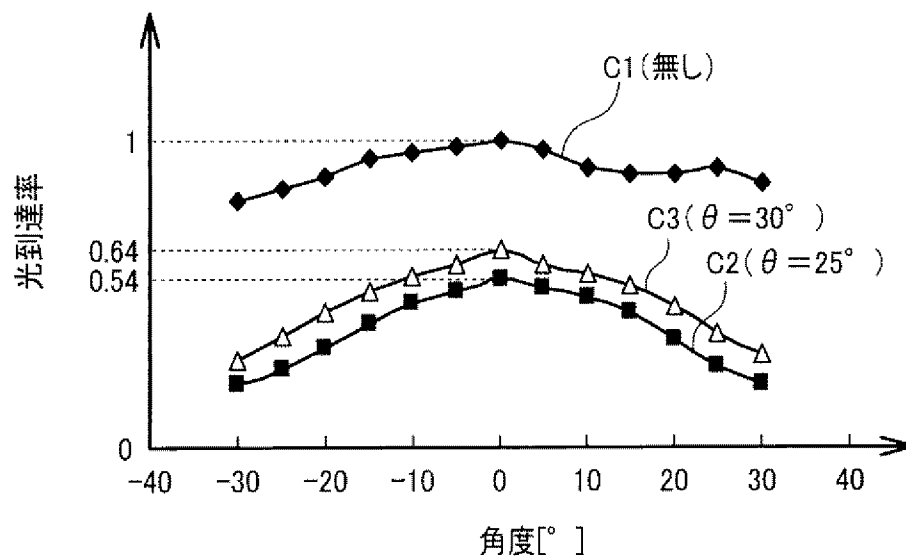


(C)

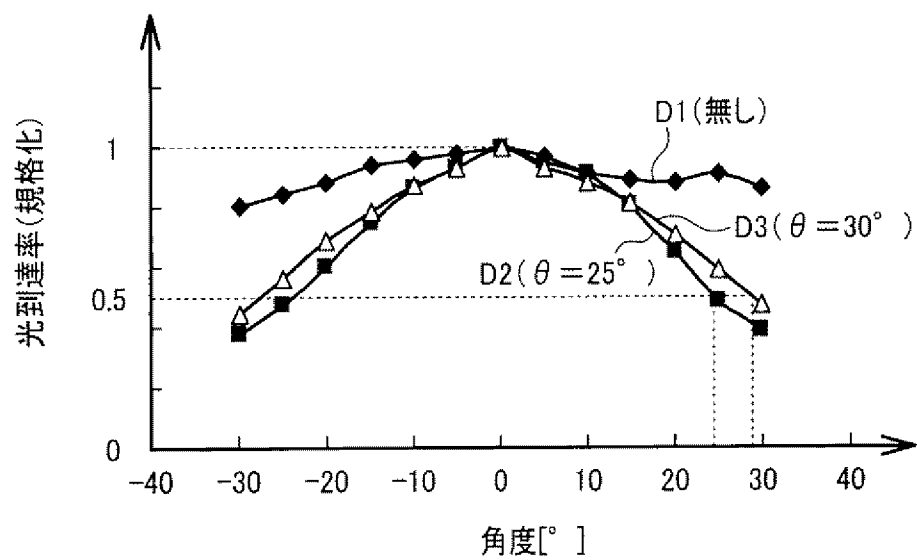
$d^2 / \lambda R$	0.72	1.32
θ (d)	15°	20°
半値角	$22.5^\circ \sim 23^\circ$	$21^\circ \sim 22.5^\circ$
光到達率	22.9%	44.8%

[図6]

(A)



(B)

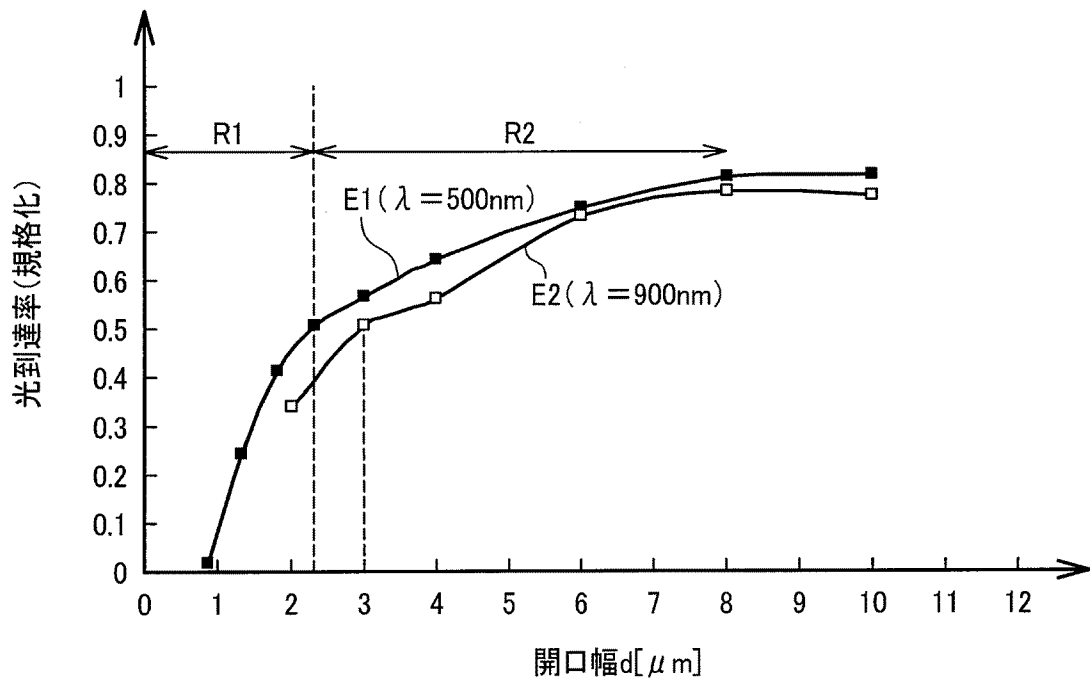


(C)

$d^2 / \lambda R$	2.17	3.34
θ (d)	25°	30°
半値角	$24^\circ \sim 25^\circ$	$28^\circ \sim 29^\circ$
光到達率	54.4%	64.1%

[図7]

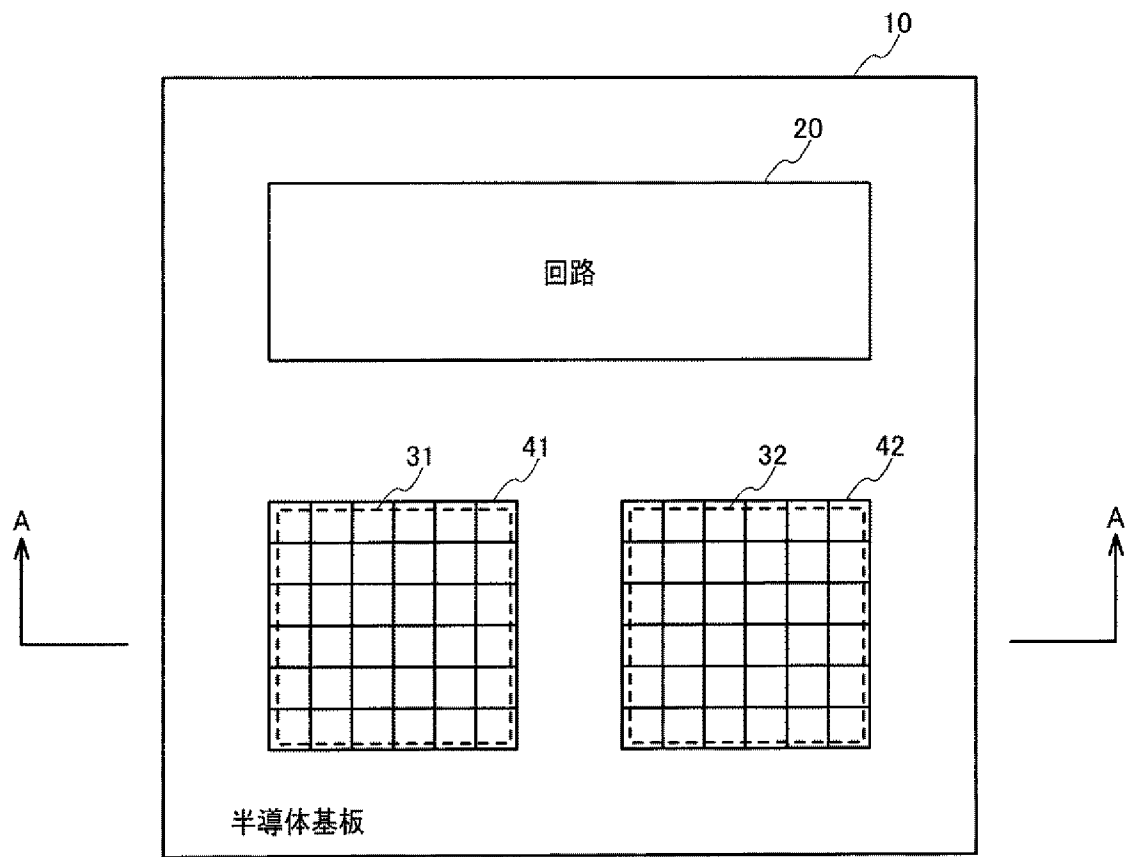
(A)



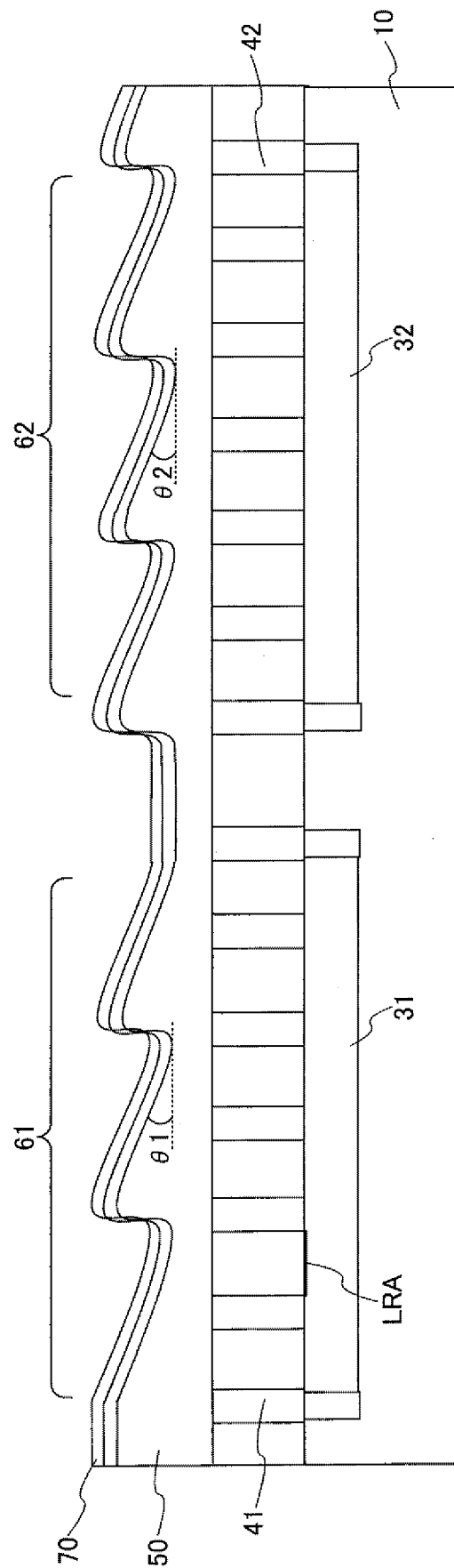
(B)

波長 λ	500nm	900nm
$d = \sqrt{2\lambda R}$ ($d^2/\lambda R = 2$)	$2.25 \mu\text{m}$	$3.0 \mu\text{m}$
境界点	$2.3 \mu\text{m}$	$3.0 \mu\text{m}$

[図8]

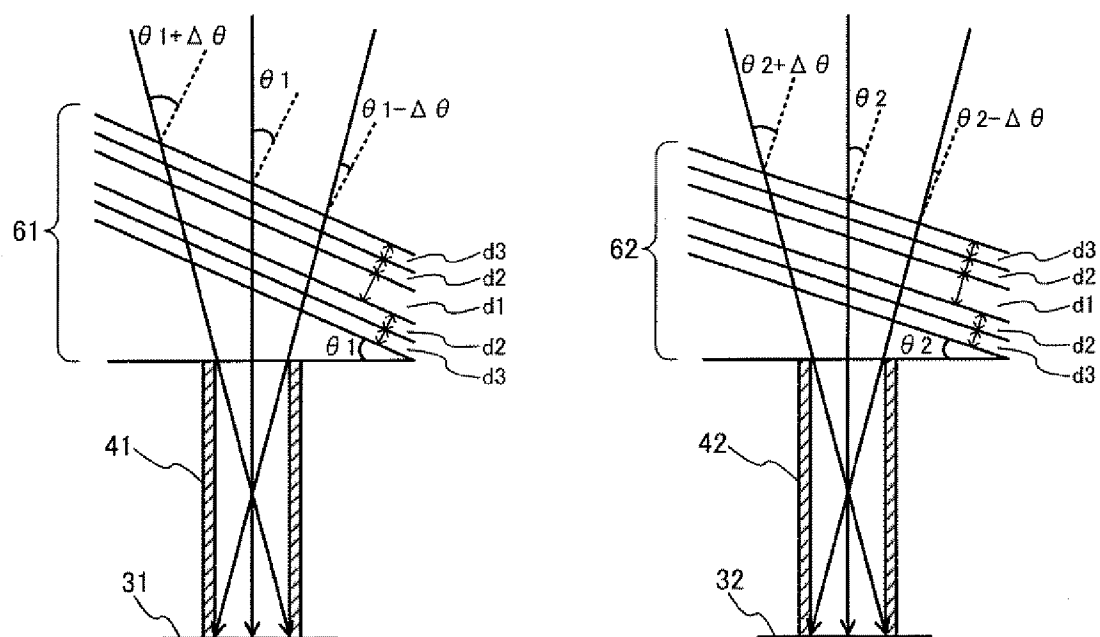


[図9]

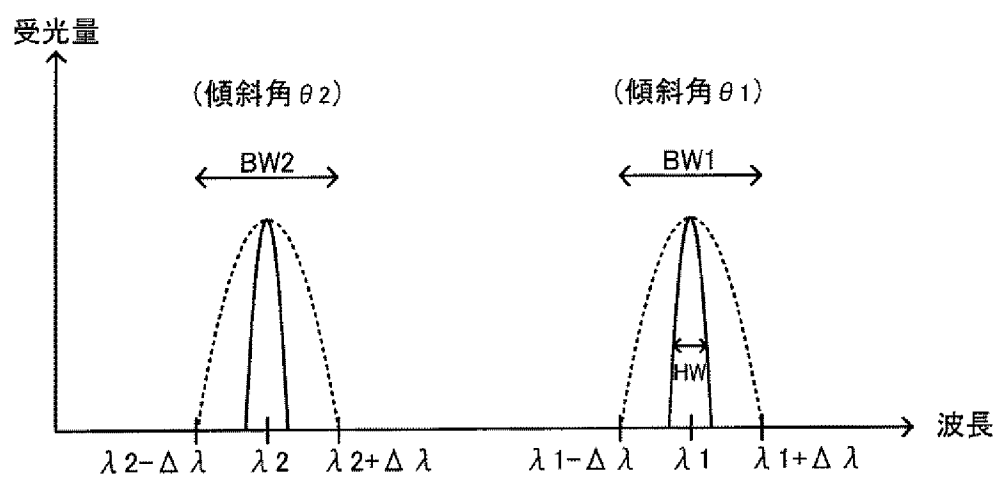


[図10]

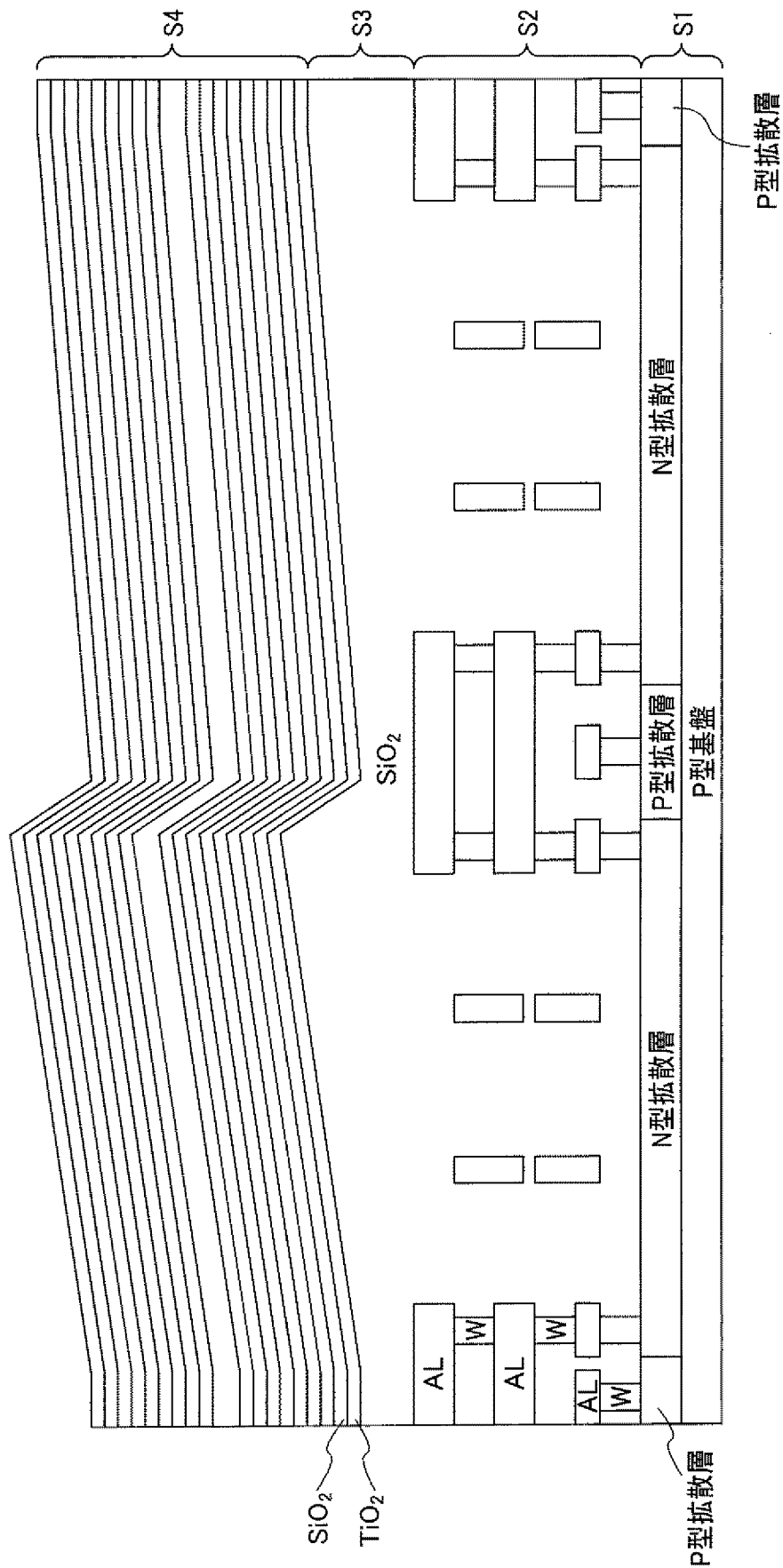
(A)



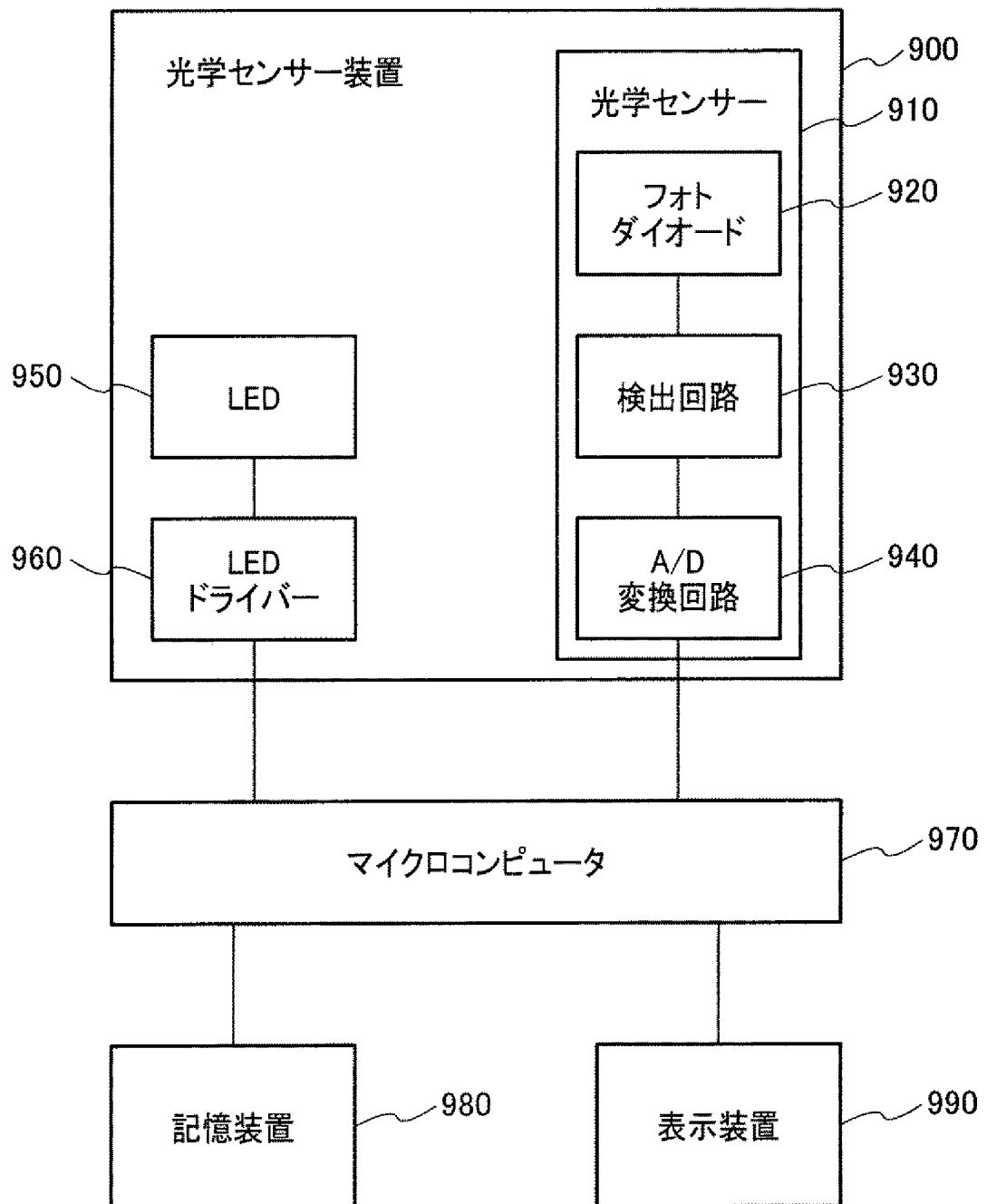
(B)



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/001423

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01J1/06(2006.01)i, G01J3/26(2006.01)i, H01L27/14(2006.01)i, A61B5/0245(2006.01)n, A61B5/1455(2006.01)n, G01N21/27(2006.01)n

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)

G01J1/00-1/60, G01J3/00-3/51, H01L27/14-27/148, G01N21/00-21/61

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2011-203247 A (Seiko Epson Corp.), 13 October 2011 (13.10.2011), paragraphs [0059], [0095] to [0096]; fig. 4 (Family: none)	1-9
Y	WO 2009/148134 A1 (Asahi Kasei EMD Corp.), 10 December 2009 (10.12.2009), paragraph [0063]; fig. 2B & US 2011/0090505 A1 & EP 2284904 A1 & CN 102057495 A	1-9
P, A	JP 2012-194054 A (Seiko Epson Corp.), 11 October 2012 (11.10.2012), claim 1 & US 2012/0236297 A1	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
08 April, 2013 (08.04.13)

Date of mailing of the international search report
16 April, 2013 (16.04.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese 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 (I P C))

Int.Cl. G01J1/06(2006.01)i, G01J3/26(2006.01)i, H01L27/14(2006.01)i, A61B5/0245(2006.01)n,
A61B5/1455(2006.01)n, G01N21/27(2006.01)n

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. G01J1/00-1/60, G01J3/00-3/51, H01L27/14-27/148, G01N21/00-21/61

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 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2011-203247 A (セイコーエプソン株式会社) 2011. 10. 13, [0059], [0095]-[0096], 図 4 (ファミリーなし)	1-9
Y	WO 2009/148134 A1 (旭化成エレクトロニクス株式会社) 2009. 12. 10, [0063], 図 2B & US 2011/0090505 A1 & EP 2284904 A1 & CN 102057495 A	1-9
PA	JP 2012-194054 A (セイコーエプソン株式会社) 2012. 10. 11, 【請求項 1】 & US 2012/0236297 A1	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

0 8 . 0 4 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

1 6 . 0 4 . 2 0 1 3

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 1 0 0 - 8 9 1 5
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)

森口 正治

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 2

2 W

4 8 4 2