

(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
2021年9月16日(16.09.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/181818 A1

(51) 国際特許分類:

G01J 3/02 (2006.01) *G02B 5/20* (2006.01)
G01J 3/18 (2006.01) *H01L 27/146* (2006.01)
G01J 3/36 (2006.01) *H04N 9/07* (2006.01)
G02B 1/118 (2015.01)

ニーセミコンダクタソリューションズ
株式会社内 Kanagawa (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/047960

(22) 国際出願日: 2020年12月22日(22.12.2020)

(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 2020-039487 2020年3月9日(09.03.2020) JP

(71) 出願人: ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社(SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) [JP/JP]; 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目1番1号 Kanagawa (JP).

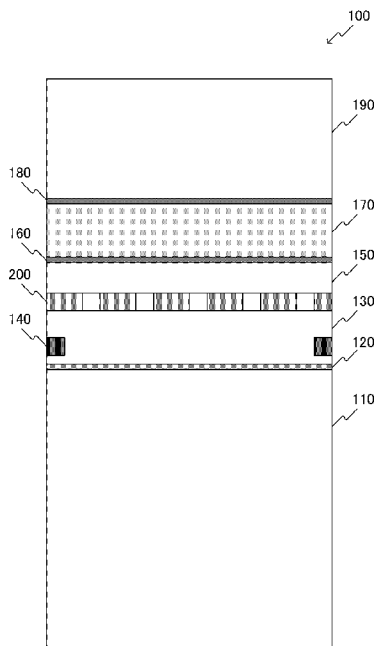
(72) 発明者: 戸田 淳(TODA, Atsushi); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目1番1号 ソ

(74) 代理人: 丸島 敏一(MARUSHIMA, Toshikazu); 〒1600022 東京都新宿区新宿3-3-2 京王新宿三丁目第二ビル 5F クラフト国際特許事務所 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, 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, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: SOLID-STATE IMAGING ELEMENT AND ELECTRONIC DEVICE

(54) 発明の名称: 固体撮像素子および電子機器



(57) Abstract: In a solid-state imaging element, an optical spectrum with high spectral accuracy is obtained. The solid-state imaging element comprises a semiconductor substrate and a filter. A photodiode is formed on the semiconductor substrate. The filter is included in a multilayer structure laminated on the light receiving surface side of the semiconductor substrate. In the filter, a periodic pattern array is rotated according to the incident direction of a main ray. For example, a propagation type surface plasmon resonance filter or a localized surface plasmon resonance filter is used as the filter.

(57) 要約: 固体撮像素子において、分光精度の高い分光スペクトルを得る。固体撮像素子は、半導体基板とフィルタとを備える。半導体基板には、フォトダイオードが形成される。フィルタは、半導体基板の受光面側に積層される多層構造に含まれる。フィルタは、主光線の入射方向に従って、周期パターン配列を回転させたものである。フィルタとしては、例えば、伝播型表面プラズモン共鳴フィルタや、局在型表面プラズモン共鳴フィルタが用いられる。

(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))

明 細 書

発明の名称： 固体撮像素子および電子機器

技術分野

[0001] 本技術は、固体撮像素子に関する。詳しくは、周期パターン配列を有するフィルタを備える固体撮像素子および電子機器に関する。

背景技術

[0002] 従来、マルチ分光を検知することができる固体撮像素子として、例えば、表面プラズモン共鳴フィルタなどのフィルタを用いて、光の3原色以上の多帯域で複数の分光を行う技術が知られている。例えば、所定の周期間隔で凹凸構造を持つ導体金属の構造体であるプラズモン共鳴体により構成されるフィルタを備えた撮像素子が開示されている（例えば、特許文献1参照。）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2012-059865号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上述の従来技術では、周期パターン配列を有するフィルタを備えることにより、複数の分光を行うことができる。しかしながら、上述の従来技術では、像面に主光線が入射する場合、入射方向によって分光形状が変化するため、マルチ分光の波長精度が劣化するおそれがある。この場合、像高だけでなく、その像面位置によって分光特性が変化するため、マルチ分光としては信号処理後の半値幅が増加し、または、ピーク波長のシフトが起こることにより、マルチ分光としての精度劣化を引き起こすおそれがある。

[0005] 本技術はこのような状況に鑑みて生み出されたものであり、固体撮像素子において、分光精度の高い分光スペクトルを得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本技術は、上述の問題点を解消するためになされたものであり、その第1

の側面は、フォトダイオードが形成される半導体基板と、上記半導体基板の受光面側に積層される多層構造に含まれて主光線の入射方向に従って周期パターン配列を回転させたフィルタとを具備する固体撮像素子および電子機器である。これにより、主光線の入射方向による分光形状の変化を吸収するという作用をもたらす。

[0007] また、この第1の側面において、上記フィルタは、所定の画素群を単位としてその画素群に含まれる少なくとも1つの画素において上記主光線の入射方向と上記周期パターン配列の回転角度とが一致するようにしてもよい。これにより、主光線の入射方向による分光形状の変化を画素毎に吸収するという作用をもたらす。

[0008] また、この第1の側面において、上記フィルタは、撮像面の中心から見た上記主光線の入射方向と上記周期パターン配列の回転角度とが一致するようにしてもよい。これにより、主光線の入射方向による分光形状の変化を吸収するという作用をもたらす。

[0009] また、この第1の側面において、上記フィルタは、上記主光線の入射方向に応じて上記周期パターン配列の周期ピッチが異なるようにしてもよい。これにより、分光のピーク波長の長波長シフトを補正するという作用をもたらす。

[0010] また、この第1の側面において、上記フィルタは、上記主光線の入射方向の角度の余弦に比例するように周期が異なるようにしてもよい。これにより、分光のピーク波長の長波長シフトを近似的に補正するという作用をもたらす。

[0011] また、この第1の側面において、上記フィルタは、プラズモン共鳴フィルタであってもよい。この場合において、上記フィルタは、伝播型表面プラズモン共鳴フィルタであってもよく、また、局在型表面プラズモン共鳴フィルタであってもよい。

[0012] また、この第1の側面において、上記フィルタよりも上層の最表面に配置されるモスアイ構造をさらに具備してもよい。これにより、表面反射を減少

させるという作用をもたらす。

[0013] また、この第1の側面において、上記フィルタは、光の3原色以上の多帯域で複数の分光を行うことが想定される。これにより、複数の分光を用いたアプリケーションに応用するという作用をもたらす。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本技術の実施の形態における固体撮像素子100のデバイス構造の一例を示す断面図である。

[図2]本技術の実施の形態における固体撮像素子100の主光線の入射方向の一例を示す図である。

[図3]本技術の実施の形態における伝播型表面プラズモン共鳴フィルタの表面形状の一例を示す図である。

[図4]表面プラズモン共鳴フィルタの分光特性の第1の例を示す図である。

[図5]表面プラズモン共鳴フィルタの分光特性の第2の例を示す図である。

[図6]表面プラズモン共鳴フィルタの分光特性の第3の例を示す図である。

[図7]本技術の実施の形態における伝播型表面プラズモン共鳴フィルタのパターンの一例を示す図である。

[図8]本技術の実施の形態における伝播型表面プラズモン共鳴フィルタのパターンの他の例を示す図である。

[図9]本技術の実施の形態におけるフィルタ200の単位格子の例を示す図である。

[図10]本技術の実施の形態における局在型表面プラズモン共鳴フィルタの表面形状の一例を示す図である。

[図11]本技術の実施の形態における表面プラズモン共鳴フィルタの回折格子による表面プラズモン励起を示す図である。

[図12]本技術の実施の形態における表面プラズモン共鳴フィルタの表面プラズモンの共鳴条件を示す図である。

[図13]表面プラズモン共鳴フィルタの補正前後の分光特性の第1の例を示す図である。

[図14]表面プラズモン共鳴フィルタの補正前後の分光特性の第2の例を示す図である。

[図15]表面プラズモン共鳴フィルタの補正前後の分光特性の第3の例を示す図である。

[図16]本技術の実施の形態におけるフィルタ200のパターン配列の例を示す図である。

[図17]本技術の実施の形態における固体撮像素子100のデバイス構造の変形例を示す断面図である。

[図18]本技術の実施の形態におけるモスアイ構造300の製造方法の第1の例を示す図である。

[図19]本技術の実施の形態におけるモスアイ構造300の製造方法の第2の例を示す図である。

[図20]本技術の実施の形態におけるモスアイ構造300を備える固体撮像素子100の分光特性の例を示す図である。

[図21]本技術の実施の形態における固体撮像素子100の農作物等育成への応用例を示す図である。

[図22]本技術の実施の形態における固体撮像素子100の人肌検知への応用例を示す図である。

[図23]本技術の実施の形態における固体撮像素子100の適用例である電子機器の構成例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、本技術を実施するための形態（以下、実施の形態と称する）について説明する。説明は以下の順序により行う。

1. 実施の形態
2. 変形例
3. 応用例
4. 適用例

[0016] <1. 実施の形態>

[デバイス構造]

図1は、本技術の実施の形態における固体撮像素子100のデバイス構造の一例を示す断面図である。

[0017] 固体撮像素子100は、複数の画素がアレイ状に配置されたものである。

この固体撮像素子のデバイス構造は、半導体基板110に、反射防止膜120と、シリコン酸化膜130と、遮光膜140と、フィルタ200と、シリコン酸化膜150と、シリコン窒化膜160と、シリコン窒化膜170と、シリコン窒化膜180と、シリコン酸化膜190とを積層した多層構造を備える。半導体基板110には、PN接合のフォトダイオードが画素ごとに形成される。

[0018] 反射防止膜120は、半導体基板110の表面における光の反射を防止するものであり、例えば、酸化ハフニウムや窒化シリコンなどが半導体基板110の表面に成膜されることにより構成される。

[0019] シリコン酸化膜130、150および190は、絶縁性を備えた絶縁膜であり、例えば、 SiO_2 により形成される。

[0020] 遮光膜140は、画素間の光の漏れを遮光して、隣接画素への混色を防止するものである。この遮光膜140は、例えば、Wにより形成される。

[0021] フィルタ200は、分光を行うための光学素子である。この実施の形態では、フィルタ200としてプラズモン共鳴フィルタを利用することを想定する。

[0022] シリコン窒化膜160および180は、反射防止のための層であり、例えば、 SiON により形成される。

[0023] シリコン窒化膜170は、フィルタ200を酸化から保護するためのパッシベーション膜である。このシリコン窒化膜170は、例えば、 Si_3N_4 により形成される。

[0024] なお、これらの構造の上に、入射光を集光するためのOCL (On Chip Lens) を備えてもよい。

[0025] [分光特性]

図2は、本技術の実施の形態における固体撮像素子100の主光線の入射方向の一例を示す図である。

[0026] 像面に主光線が入射する場合、像高が高くなるにつれて、固体撮像素子100の受光面の中心Oに対して垂直に入射する光の主光線40に対する傾きが大きくなる。これにより、光の主光線41がレンズ400を介して固体撮像素子100の受光面に入射する角度（Chief Ray Angle : CRA） θ が大きくなる。プラズモン共鳴フィルタでは、この入射角 θ によって分光形状が変化することが知られている。

[0027] 図3は、本技術の実施の形態における伝播型表面プラズモン共鳴フィルタの表面形状の一例を示す図である。

[0028] プラズモン共鳴フィルタの一種である伝播型表面プラズモン共鳴フィルタでは、金属膜に複数の孔が周期的に設けられた構成を備える。複数の孔は、回折格子として機能し、孔の周期や孔径を制御することによって、分光特性を制御することが可能である。

[0029] ここでは、孔の配置として菱形を単位格子とした場合において説明する。この場合、ある孔を基準として近傍の孔の方向をX方向とする。すなわち、1つを基準として1周期60度毎にX方向となる。一方、X方向の中間の方向をY方向とする。Y方向についても同様に、1つを基準として1周期60度毎にY方向となる。このとき、同じ角度の斜め入射でも、X方向とY方向とで異なる分光となる。このことは、入射方向によって分光形状が変化することを意味する。

[0030] すなわち、像高だけでなく、その像面位置によって分光特性が変化するために、光の3原色以上の多帯域で分光を行うマルチ分光としては信号処理後の半値幅が増加し、または、ピーク波長のシフトが起こるという現象が生じる。これにより、マルチ分光としての精度劣化が生じるおそれがある。

[0031] 図4乃至図6は、表面プラズモン共鳴フィルタの分光特性の例を示す図である。

[0032] フィルタ条件は、何れも周期 $S0 = 350\text{ nm}$ 、孔径 $\Phi = 210\text{ nm}$ であ

る。入射角度 θ は、図4が25度、図5が30度、図6が35度である。また、比較のために、像高ゼロの角度 $\theta = 0$ 度の垂直入射のときの分光特性も同時に示している。

[0033] これらの結果から、垂直入射に比べて、斜め入射することにより主ピークが長波長側にシフトすることが示されている。また、X方向とY方向の入射方向でも分光が変化しているが、角度が大きくなるほど、主ピーク強度が低下するとともに、X方向とY方向の入射方向の違いによる分光の乖離が大きくなる傾向がある。

[0034] [フィルタ配列]

図7は、本技術の実施の形態における伝播型表面プラズモン共鳴フィルタのパターンの一例を示す図である。

[0035] 伝播型表面プラズモン共鳴フィルタは、金属210の膜に複数の孔220が周期的に設けられた構成を備える。金属210としては、例えば、AlCuが想定されるが、純Al、Au、Ag等の金属であってもよい。この伝播型表面プラズモン共鳴フィルタの厚みは、例えば150nm程度である。

[0036] また、この伝播型表面プラズモン共鳴フィルタの上下層および孔220の中には、酸化膜等の誘電体が存在してもよい。また、孔220の構造をここでは円形としているが、正方形、長方形、六方形など、何れの形状であってもよい。

[0037] ここでは、伝播型表面プラズモン共鳴フィルタの孔220の配列として菱形格子を単位格子とする。そして、撮像面の各画素に対して、主光線の入射方向と菱形格子の配列の位置関係が常に一定になるように回転させて配列させる。すなわち、単位格子の周期パターン配列を、主光線の入射方向に従って回転させた配置を備える。これにより、撮像面の中心から見て、主光線の入射方向と周期パターン配列の回転角度とが一致する。このように各画素のフィルタ配列の方位を撮像面に対して少しずつ回転させて変化させることにより、像面位置や主光線の入射方向によらず一定になるマルチ分光の分光特性が得られる。

[0038] 図8は、本技術の実施の形態における伝播型表面プラズモン共鳴フィルタのパターンの他の例を示す図である。

[0039] 上の例では菱形配列について説明したが、この例のように、正方形配列であっても、同様に方位を回転させることにより、常に一定になるマルチ分光の分光特性を得ることができる。

[0040] 図9は、本技術の実施の形態におけるフィルタ200の単位格子の例を示す図である。

[0041] 同図におけるaは、単位格子が正方形配列である場合の例を示す。同図におけるbは、単位格子が長方形配列である場合の例を示す。同図におけるcは、単位格子が平行四辺形配列である場合の例を示す。

[0042] これらの配列およびその他の配列でも、全ての配列において、主光線の入射方向と配列の関係を一致させることによって、同様の効果が得られる。

[0043] 図10は、本技術の実施の形態における局在型表面プラズモン共鳴フィルタの表面形状の一例を示す図である。

[0044] 上述の説明では伝播型表面プラズモン共鳴フィルタへの適用例について説明したが、この実施の形態は局在型表面プラズモン共鳴フィルタに適用してもよい。局在型表面プラズモン共鳴フィルタでは、誘電体230に金属240が点在した構造を備える。誘電体230としては、例えば、 SiO_2 が想定される。この場合、金属240の配列を単位格子とする。そして、伝播型表面プラズモン共鳴フィルタと同様に、単位格子の周期パターン配列を、主光線の入射方向に従って回転させた配置を備える。

[0045] このように、本技術の実施の形態によれば、フィルタの単位格子の周期パターン配列を、主光線の入射方向に従って回転させることにより、像面位置や主光線の入射方向によらず一定になるマルチ分光の分光特性を得ることができる。

[0046] <2. 変形例>

[補正]

上述の実施の形態では、フィルタの単位格子の周期パターン配列を主光線

の入射方向に従って回転させることにより、分光特性の改善を図っていた。これに対し、さらに、像高が高くなるにつれて同時に孔の周期を短くして、分光のピーク波長の長波長シフトを補正してもよい。

[0047] 図 1 1 は、本技術の実施の形態における表面プラズモン共鳴フィルタの回折格子による表面プラズモン励起を示す図である。

[0048] 回折格子が存在する場合の表面プラズモンの波数 k_{sp} の構造条件は、入射光の波数の X 成分 $k_0 \sin \theta$ と回折格子の波数 $2\pi m/S$ から、次式により表される。

$$k_{sp} = -k_0 \sin \theta + 2\pi m/S \quad \text{式 (1)}$$

ここで、 k_0 は入射光の波数であり、 θ は入射光の角度である。また、 m は次数で、 S は回折格子の周期である。

[0049] さらに、金属とその周辺媒質で決まる表面プラズモンの波数 k_{sp} の物性条件は、次式により表される。

$$k_{sp} = (\omega/c) \left((\epsilon_1 \epsilon_2) / (\epsilon_1 + \epsilon_2) \right)^{1/2} \quad \text{式 (2)}$$

ここで c は光速であり、 ω はプラズマ周波数である。また、 ϵ_1 および ϵ_2 は、それぞれ金属および周辺媒質の誘電率である。

[0050] 図 1 2 は、本技術の実施の形態における表面プラズモン共鳴フィルタの表面プラズモンの共鳴条件を示す図である。

[0051] 同図において、横軸は波数 k_x であり、縦軸はプラズマ周波数 ω である。垂直または斜めの線が式 (1) の構造条件である。曲線が式 (2) の物性条件である。なお、この表面プラズモンの曲線は、

$$\omega = \omega_p / 2^{1/2}$$

に漸近する。ここで、 ω_p は、プラズマ周波数であり、真空の誘電率 ϵ_0 で決まる角振動数 $\omega_p = (ne / \epsilon_0 * m)^{1/2}$ となる。

[0052] 表面プラズモンの共鳴条件のためには、上の式 (1) と式 (2) を満たす交点の条件が必要となる。ここで、垂直入射のときに比べて、斜入射のときに式 (1) の左項の波数成分 $k_0 \sin \theta$ ほど減少するため、結果として長波長シフトする。これを補正するためには、図のようにフィルタの孔の周期 S

を変化させる。 S' をその補正周期とすると、厳密には

$$S' = \{1 / (1 + \sin \theta)\} \times S$$

となる。このとき、近似的に

$$S' = \cos \theta \times S$$

としてもよい。すなわち、表面プラズモン共鳴フィルタは、主光線の入射方向の角度の余弦に比例するように、その周期が異なる。

[0053] 図13乃至図15は、表面プラズモン共鳴フィルタの補正前後の分光特性の例を示す図である。フィルタ条件は、何れも周期 $S_0 = 350 \text{ nm}$ 、孔径 $\Phi = 210 \text{ nm}$ である。

[0054] 図13におけるaは、補正していない場合の角度 $\theta = 25$ 度で斜めに光入射したときの分光特性である。なお、角度 $\theta = 0$ 度 (Ref.) の垂直入射の分光特性も同時にプロットしている。

[0055] 図13におけるbは、角度 $\theta = 25$ 度で光入射に対して各像面に対して主光線のフィルタ配列に対する入射方向をX方向だけ、または、Y方向だけの2通りに限って補正して、かつ、周期 S を同時に補正した分光特性と、角度 $\theta = 0$ 度 (Ref.) の垂直入射の分光特性 (補正無) を示す。このときの周期補正 S は、

$$S = S_0 \times \cos (25 \text{ 度}) = 317 \text{ nm}$$

となる。この結果から、補正処理の分光では主ピークの波長が、垂直入射のピーク波長にほぼ一致していることが分かる。

[0056] 同様に、図14は、入射角度 $\theta = 30$ 度で光を斜入射したときの同様な補正 ($S = 300 \text{ nm}$) の有無の分光特性を示す。また、図15は、入射角度 $\theta = 35$ 度で光を斜入射したときの同様な補正 ($S = 287 \text{ nm}$) の有無の分光特性を示す。これらの結果から、像高の高い主光線の入射角度 $\theta = 30 \sim 35$ 度でも、補正後の分光では主ピークの波長がほぼ撮像面中心 (像高ゼロの垂直入射) のピーク波長に一致し、ピーク波長の補正ができていることが分かる。なお、パターンを回転させることにより、X方向のみまたはY方向のみの何れかの分光に統一することが可能である。また、X方向およびY

方向の中間の任意の方向であってもよい。

[0057] [繰り返しパターン配列]

図16は、本技術の実施の形態におけるフィルタ200のパターン配列の例を示す図である。

[0058] この例では、 4×4 画素において各画素の孔の周期と孔径を変えて16分光を配置し、さらに16分光を1周期のユニットとして繰り返しパターンで配列している。ここでは 4×4 画素の例を示したが、繰り返しパターンは任意の n (n は整数)の $n \times n$ 画素であってもよい。また、縦横比が異なるように、任意の m (m は整数)を想定して $m \times n$ 画素の繰り返しパターンであってもよい。

[0059] このような複数の分光に信号処理を施すことによって、マルチ分光の画像を得ることができる。このマルチ分光による信号から、後述するように、農業や生体検知などの様々なアプリケーションに応用することができる。

[0060] [モスアイ構造]

上述の実施の形態において、表面をモスアイ (Moth Eye) 構造としてもよい。これにより表面反射を減少させて、表面反射波との光干渉での分光の振動 (リップル) が無くなり、よりマルチ分光としての精度を向上させることができる。

[0061] 図17は、本技術の実施の形態における固体撮像素子100のデバイス構造の変形例を示す断面図である。

[0062] この変形例のデバイス構造は、上述の実施の形態の構造の表面にモスアイ構造300を備える。このモスアイ構造300は、フィルタ200よりも上層側の表面における反射率を1%以下に抑制する。これにより、モスアイ構造300は、フィルタ200よりも上層での干渉効果を弱めることができる。

[0063] 図18は、本技術の実施の形態におけるモスアイ構造300の製造方法の第1の例を示す図である。

[0064] モスアイ構造300を製造するためには、波長以下の微細加工が必要であ

る。そこで、ここではナノインプリント技術を用いた製造方法について説明する。まず、鋳型であるモールド30を予め準備する。例えば、電子線リソグラフィーによるレジストで波長オーダより小さいパターンで、例えばシリコン基板をドライエッチングで加工してモールドとしてもよい。

[0065] そして、基板310上に、例えば紫外線硬化性の樹脂320をスピンコートで塗布する。さらに、モールドを押し当てた状態で紫外線を照射して樹脂320を固める。次に、モールドを剥離すれば、樹脂320にモスアイ構造が転写される。

[0066] 図19は、本技術の実施の形態におけるモスアイ構造300の製造方法の第2の例を示す図である。

[0067] この第2の例では、半導体基板110からシリコン酸窒化膜180までの構造体とは別個に、樹脂基板301の表面上にモスアイ構造300を形成し、これを貼り合わせるにより固体撮像素子100を製造することができる。

[0068] 図20は、本技術の実施の形態におけるモスアイ構造300を備える固体撮像素子100の分光特性の例を示す図である。

[0069] このグラフは、モスアイ構造300を備える固体撮像素子100に対して上側から光を入射したときの分光感度特性を、3次元のFDTD (Finite-Difference Time-Domain) 法でシミュレーションした結果を示している。このようにモスアイ構造を採用することにより、リップルが低減され、マルチ分光としての精度を向上させることができる。

[0070] <3. 応用例>

[農作物等育成]

図21は、本技術の実施の形態における固体撮像素子100の農作物等育成への応用例を示す図である。

[0071] 同図は、植物状態による反射率の分光特性を示している。このような植生の分布状況や活性度を示す指標は、NDVI (Normalized Difference Vegetation Index: 正規化差植生指標) と称される。同図より、波長600~80

0 nmの範囲において植生状態によって大きく反射率が変化することにより、健康な植物、弱った植物、および枯れた植物で反射率が異なることが分かる。例えば、この反射率は主に植物の葉からのものである。そして、これらの結果から、少なくとも波長600～800 nmを挟んで、または、波長600～800 nmにおいて、2つ以上の波長のマルチな分光特性を取得することで、植物の植生状態を感知することができる。

[0072] 例えば、波長600～700 nm域を検出する固体撮像素子と、波長700～800 nm域を検出する固体撮像素子との2つを用いて、2つの信号値の関係から植生状態を感知することができる。また、波長400～600 nm域を検出する固体撮像素子と、波長800～1000 nm域を検出する固体撮像素子との2つを用いて、2つの信号値の関係から植生状態を感知することができる。さらに、検出精度の向上を図るために、3つ以上の固体撮像素子を用いて、3つ以上の複数の波長域を検出して、それらの信号値の関係から植生状態を感知してもよい。

[0073] したがって、このような波長域を検出可能な固体撮像素子を、例えば、ドローン等の小型無人航空機に搭載して、上空から農作物の育成状態を観測して、作物の育成を進めることができる。

[0074] [人肌検知]

図22は、本技術の実施の形態における固体撮像素子100の人肌検知への応用例を示す図である。

[0075] 同図は人肌の反射率の分光スペクトル特性であり、同図から波長450～650 nmの範囲において反射率が大きく変化することが分かる。これらの変化から、被写体為人肌かどうかの認証が可能となる。例えば、波長450 nm、550 nm、および、650 nmの3分光を検知することにより、被写体為人肌かどうかの認証が可能となる。例えば、被写体為人肌でない別の材料の場合、反射率の分光特性が変わるため、人肌と区別することができる。

[0076] したがって、このような波長域を検出可能な固体撮像素子を、例えば、生

体認証装置に搭載することで、顔や指紋、虹彩などの偽造防止に応用することができ、より精度の高い生体認証が可能となる。

[0077] <4. 適用例>

[電子機器]

図23は、本技術の実施の形態における固体撮像素子100の適用例である電子機器の構成例を示す図である。

[0078] 電子機器は、レンズ400、固体撮像素子100、信号処理回路510、モニタ530、および、メモリ520を備える。この電子機器は、静止画像および動画像を撮像可能である。

[0079] レンズ400は、少なくとも1枚のレンズを備え、被写体からの入射光を固体撮像素子100に導いて、固体撮像素子100の受光面に結像させる。

[0080] 固体撮像素子100には、レンズ400を介して受光面に結像される像に応じて、一定期間、電荷が蓄積される。そして、固体撮像素子100に蓄積され電荷に応じた信号が信号処理回路510に供給される。

[0081] 信号処理回路510は、固体撮像素子100から出力された画素信号に対して各種の信号処理を施す。信号処理回路510が信号処理を施すことにより得られた画像データは、モニタ530に供給されて表示され、または、メモリ530に供給されて記憶される。

[0082] このような電子機器において、固体撮像素子100に上述の実施の形態のフィルタ200を使用することにより、像面位置や主光線の入射方向によらず一定になるマルチ分光の分光特性を得ることができる。

[0083] なお、上述の実施の形態は本技術を具現化するための一例を示したものであり、実施の形態における事項と、特許請求の範囲における発明特定事項とはそれぞれ対応関係を有する。同様に、特許請求の範囲における発明特定事項と、これと同一名称を付した本技術の実施の形態における事項とはそれぞれ対応関係を有する。ただし、本技術は実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において実施の形態に種々の変形を施すことにより具現化することができる。

[0084] なお、本明細書に記載された効果はあくまで例示であって、限定されるものではなく、また、他の効果があってもよい。

[0085] なお、本技術は以下のような構成もとることができる。

(1) フォトダイオードが形成される半導体基板と、

前記半導体基板の受光面側に積層される多層構造に含まれて主光線の入射方向に従って周期パターン配列を回転させたフィルタと
を具備する固体撮像素子。

(2) 前記フィルタは、所定の画素群を単位としてその画素群に含まれる少なくとも1つの画素において前記主光線の入射方向と前記周期パターン配列の回転角度とが一致する

前記(1)に記載の固体撮像素子。

(3) 前記フィルタは、撮像面の中心から見た前記主光線の入射方向と前記周期パターン配列の回転角度とが一致する

前記(1)または(2)に記載の固体撮像素子。

(4) 前記フィルタは、前記主光線の入射方向に応じて前記周期パターン配列の周期ピッチが異なる

前記(1)から(3)のいずれかに記載の固体撮像素子。

(5) 前記フィルタは、前記主光線の入射方向の角度の余弦に比例するように周期が異なる

前記(1)から(4)のいずれかに記載の固体撮像素子。

(6) 前記フィルタは、プラズモン共鳴フィルタである

前記(1)から(5)のいずれかに記載の固体撮像素子。

(7) 前記フィルタは、伝播型表面プラズモン共鳴フィルタである

前記(1)から(6)のいずれかに記載の固体撮像素子。

(8) 前記フィルタは、局在型表面プラズモン共鳴フィルタである

前記(1)から(6)のいずれかに記載の固体撮像素子。

(9) 前記フィルタよりも上層の最表面に配置されるモスアイ構造をさらに具備する

前記（１）から（８）のいずれかに記載の固体撮像素子。

（１０）前記フィルタは、光の３原色以上の多帯域で複数の分光を行う

前記（１）から（９）のいずれかに記載の固体撮像素子。

（１１）フォトダイオードが形成される半導体基板と、前記半導体基板の受光面側に積層される多層構造に含まれて主光線の入射方向に従って周期パターン配列を回転させたフィルタとを備える固体撮像素子を具備する電子機器。

（１２）前記フィルタは、光の３原色以上の多帯域で複数の分光を行い、前記複数の分光の分布に応じて分析を行うための前記（１１）に記載の電子機器。

符号の説明

- [0086] ３０ モールド
- １００ 固体撮像素子
- １１０ 半導体基板
- １２０ 反射防止膜
- １３０、１５０、１９０ シリコン酸化膜
- １４０ 遮光膜
- １６０、１８０ シリコン酸窒化膜
- １７０ シリコン窒化膜
- ２００ フィルタ
- ２１０、２４０ 金属
- ２２０ 孔
- ２３０ 誘電体
- ３００ モスアイ構造
- ４００ レンズ

請求の範囲

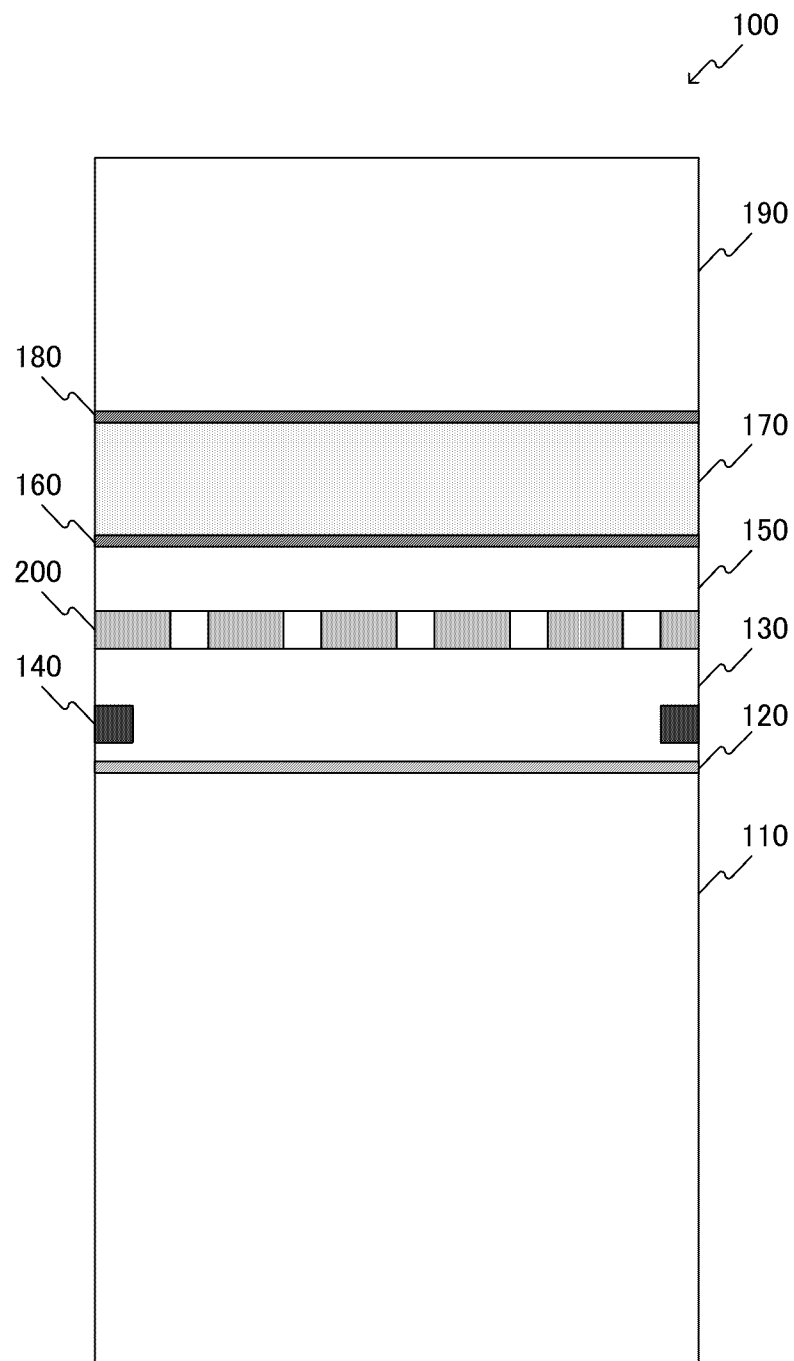
- [請求項1] フォトダイオードが形成される半導体基板と、
 前記半導体基板の受光面側に積層される多層構造に含まれて主光線の入射方向に従って周期パターン配列を回転させたフィルタと
 を具備する固体撮像素子。
- [請求項2] 前記フィルタは、所定の画素群を単位としてその画素群に含まれる少なくとも1つの画素において前記主光線の入射方向と前記周期パターン配列の回転角度とが一致する
 請求項1記載の固体撮像素子。
- [請求項3] 前記フィルタは、撮像面の中心から見た前記主光線の入射方向と前記周期パターン配列の回転角度とが一致する
 請求項1記載の固体撮像素子。
- [請求項4] 前記フィルタは、前記主光線の入射方向に応じて前記周期パターン配列の周期ピッチが異なる
 請求項1記載の固体撮像素子。
- [請求項5] 前記フィルタは、前記主光線の入射方向の角度の余弦に比例するように周期が異なる
 請求項1記載の固体撮像素子。
- [請求項6] 前記フィルタは、プラズモン共鳴フィルタである
 請求項1記載の固体撮像素子。
- [請求項7] 前記フィルタは、伝播型表面プラズモン共鳴フィルタである
 請求項1記載の固体撮像素子。
- [請求項8] 前記フィルタは、局在型表面プラズモン共鳴フィルタである
 請求項1記載の固体撮像素子。
- [請求項9] 前記フィルタよりも上層の最表面に配置されるモスアイ構造をさらに具備する
 請求項1記載の固体撮像素子。
- [請求項10] 前記フィルタは、光の3原色以上の多帯域で複数の分光を行う

請求項 1 記載の固体撮像素子。

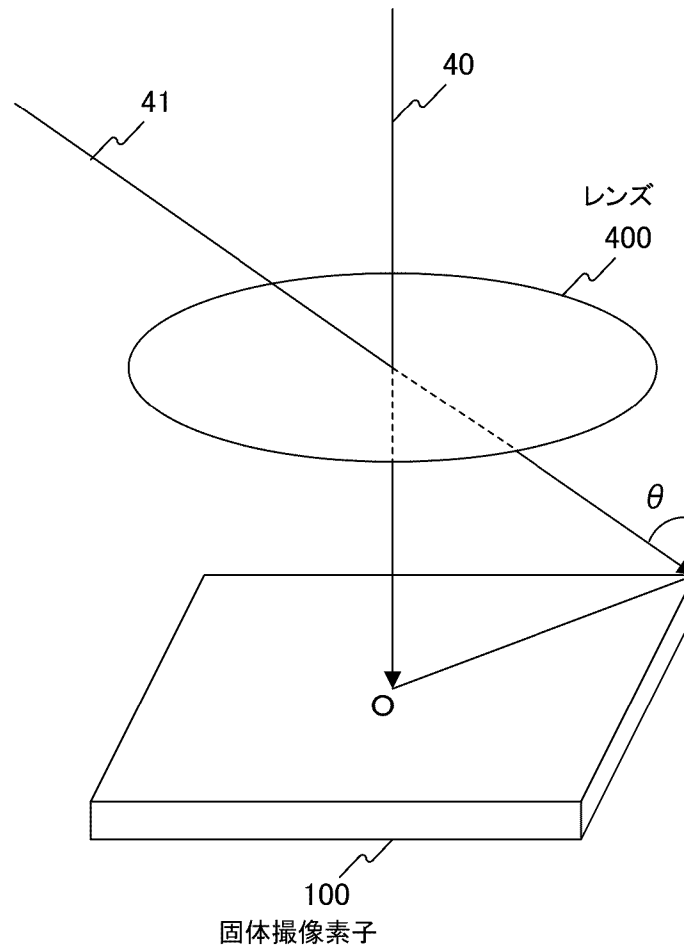
[請求項11] フォトダイオードが形成される半導体基板と、前記半導体基板の受光面側に積層される多層構造に含まれて主光線の入射方向に従って周期パターン配列を回転させたフィルタとを備える固体撮像素子を具備する電子機器。

[請求項12] 前記フィルタは、光の 3 原色以上の多帯域で複数の分光を行い、前記複数の分光の分布に応じて分析を行うための請求項 1 1 記載の電子機器。

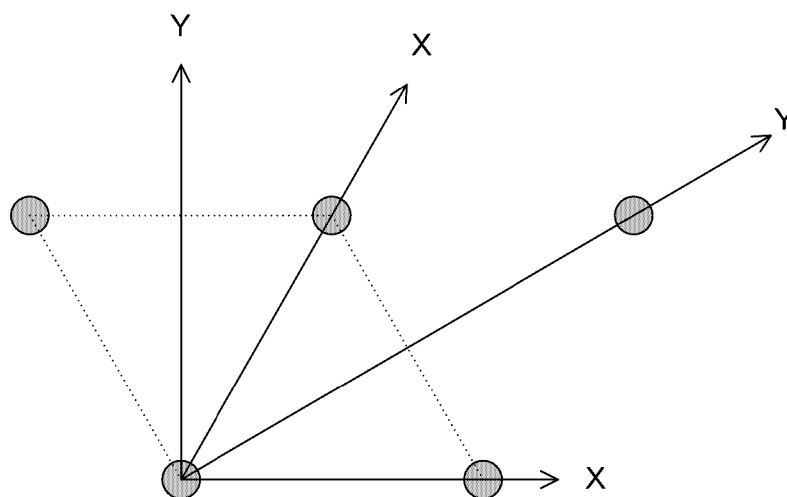
[図1]



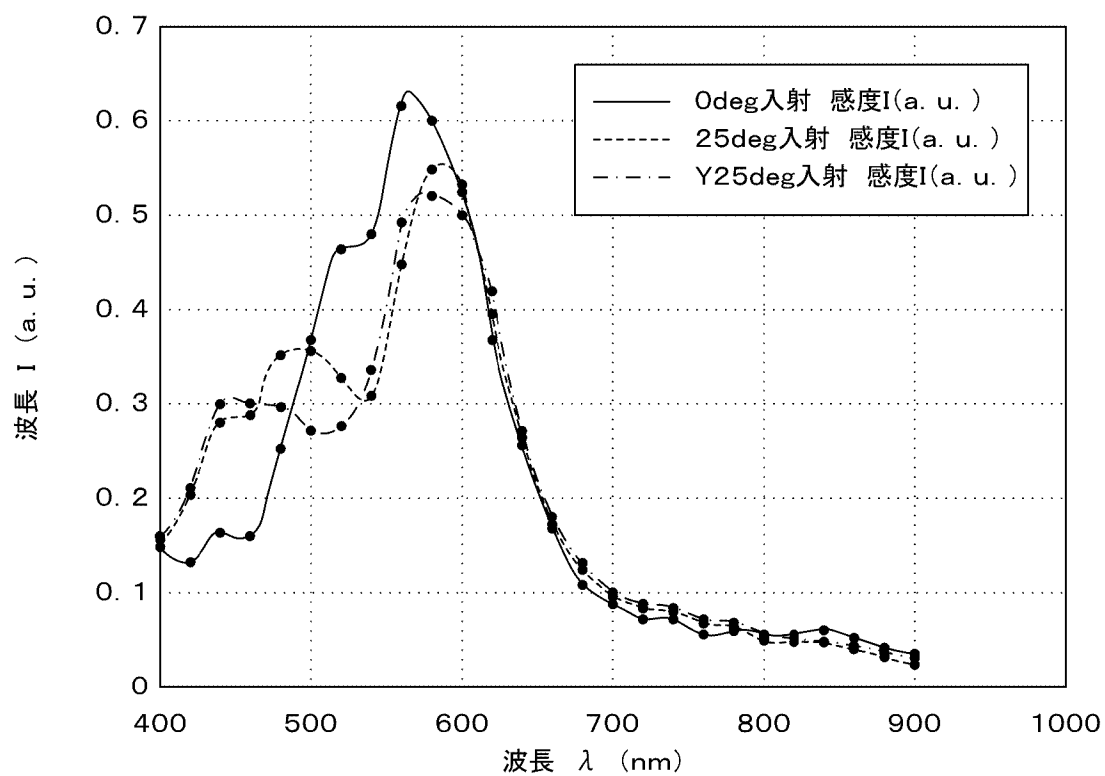
[図2]



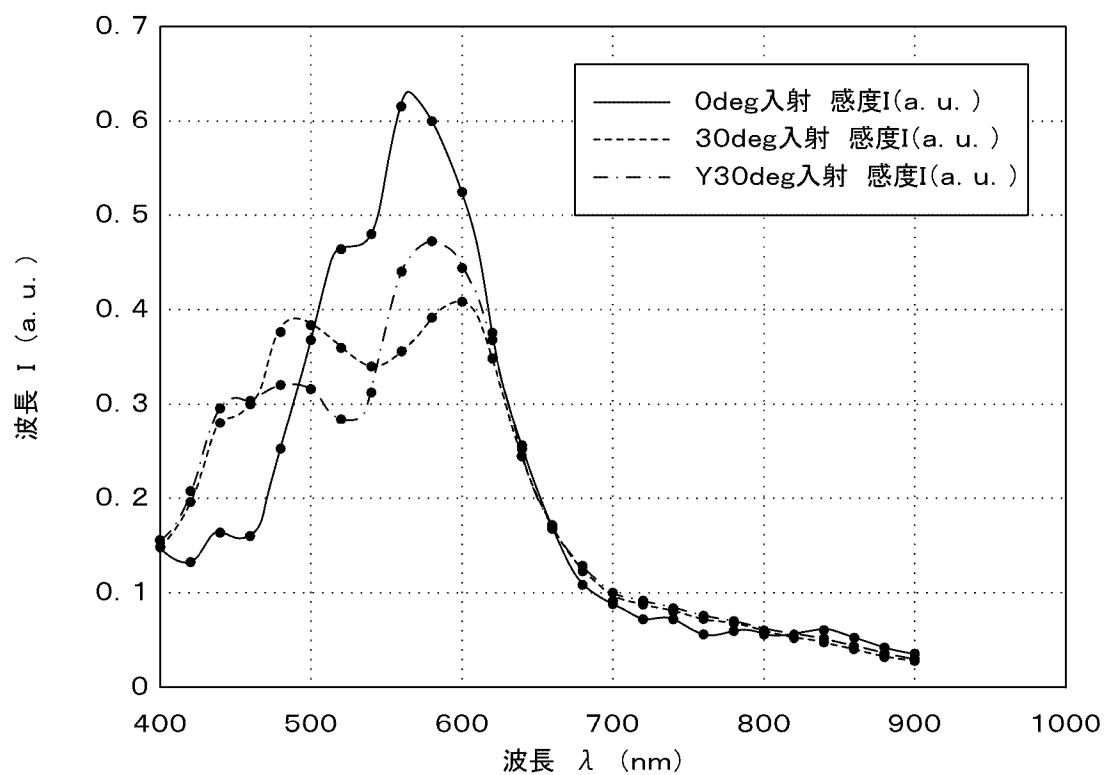
[図3]



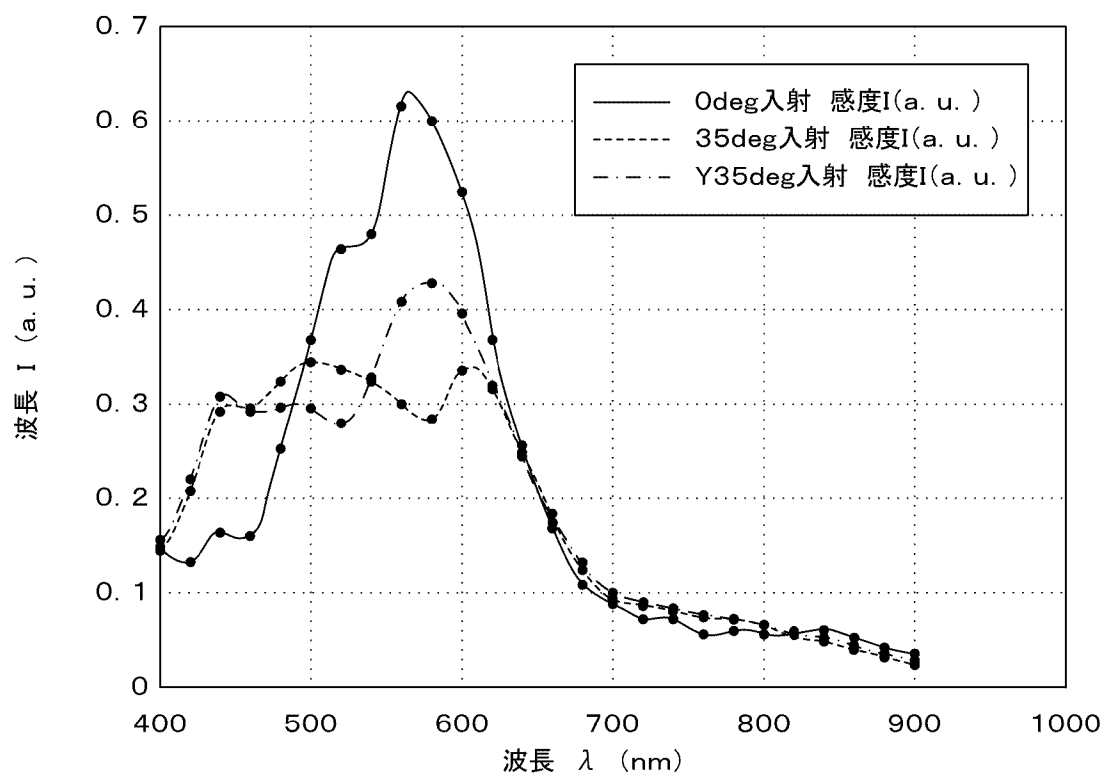
[図4]



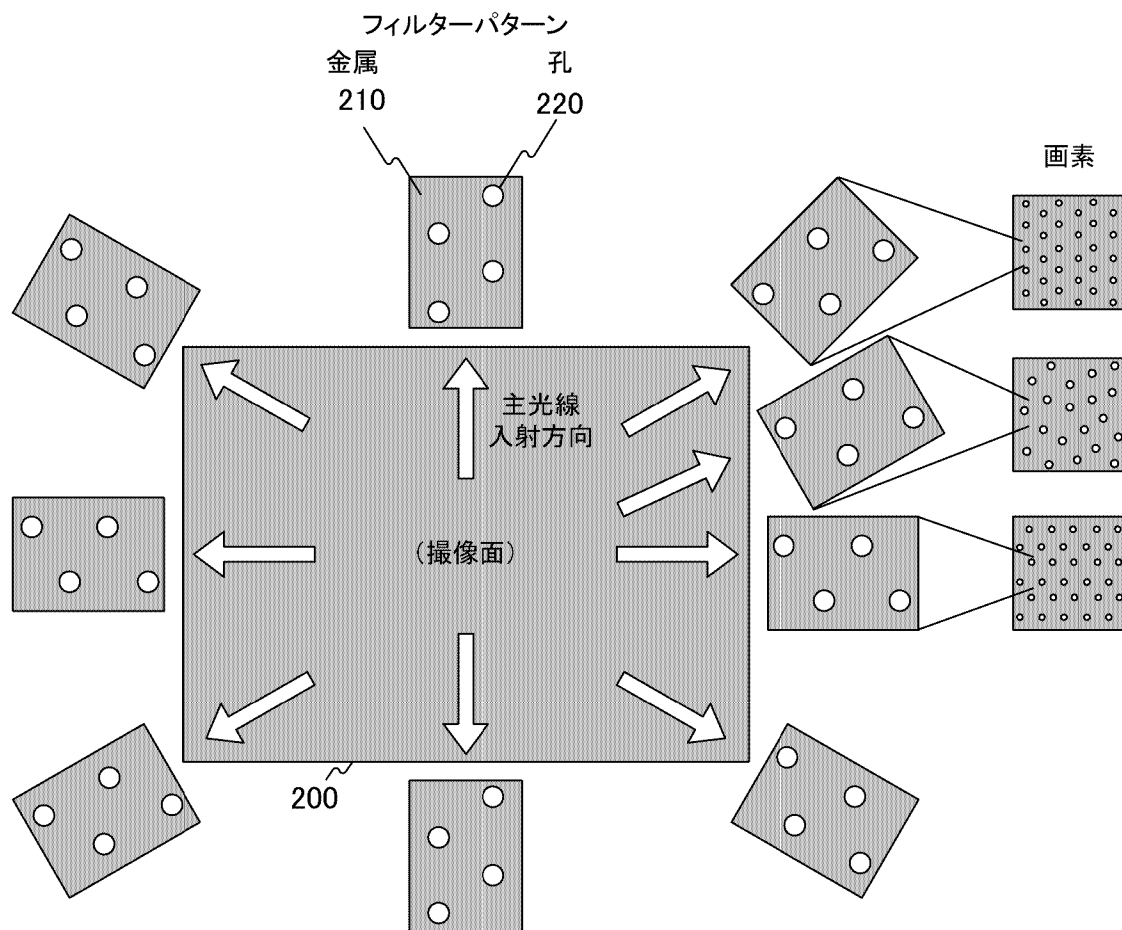
[図5]



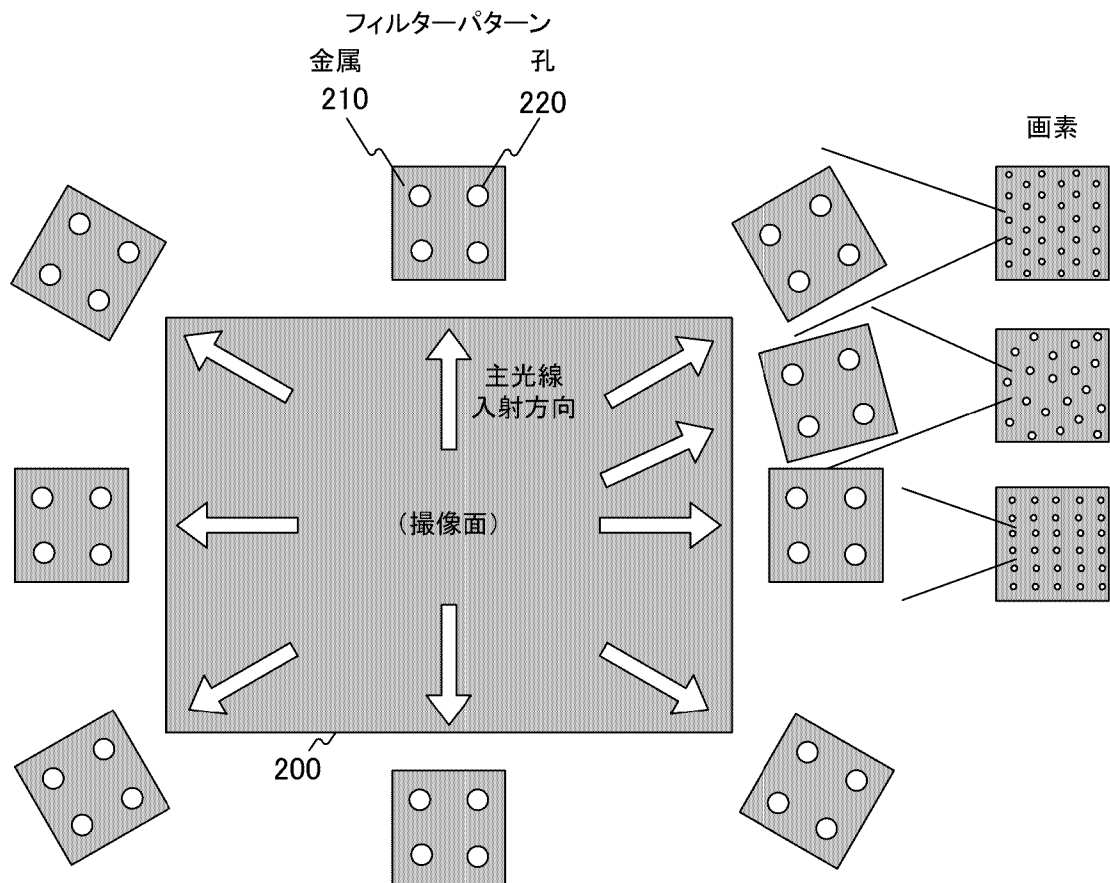
[図6]



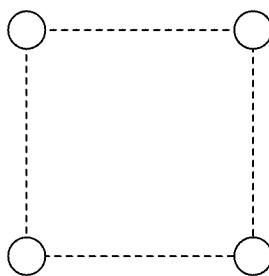
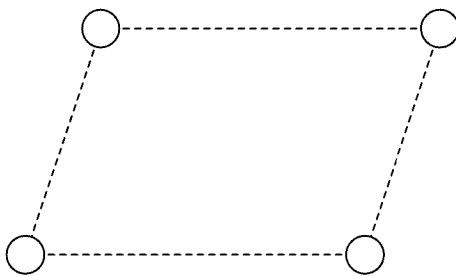
[図7]



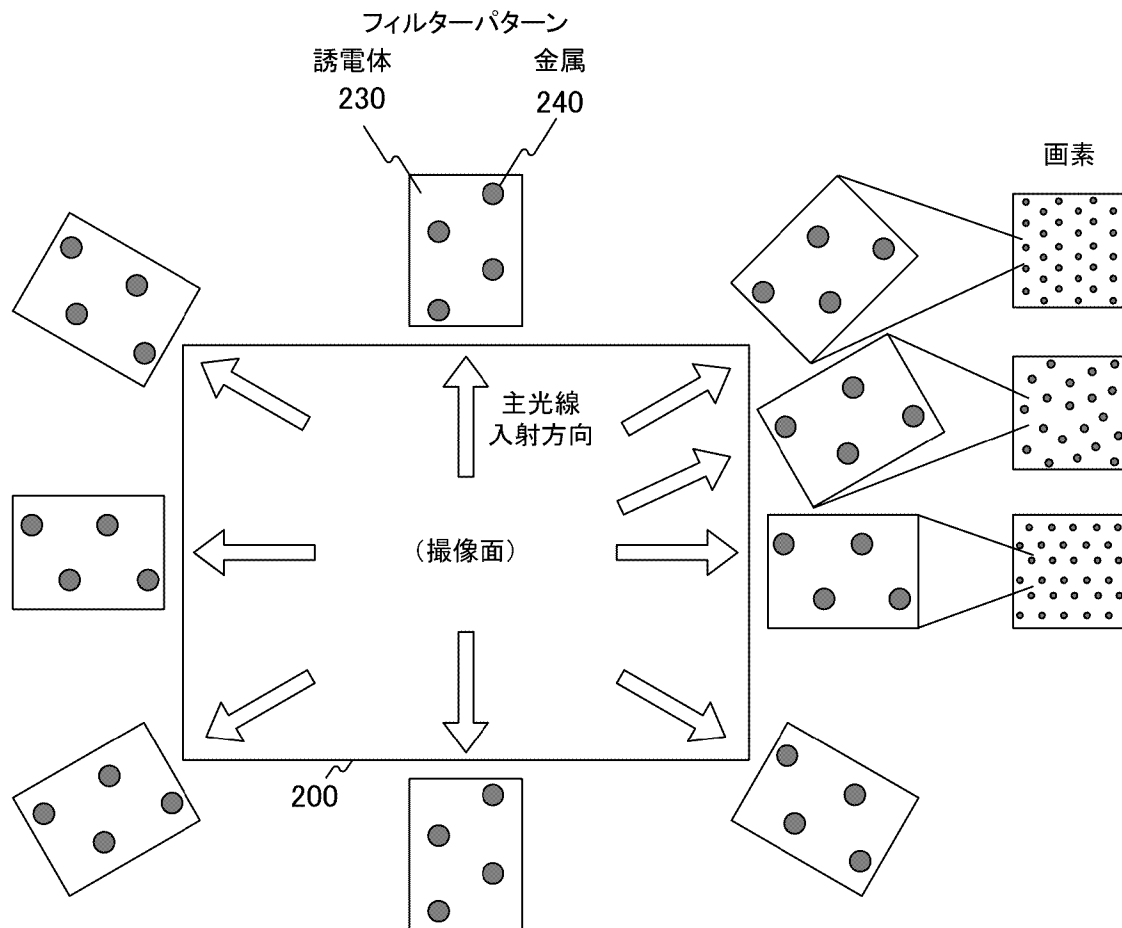
[図8]



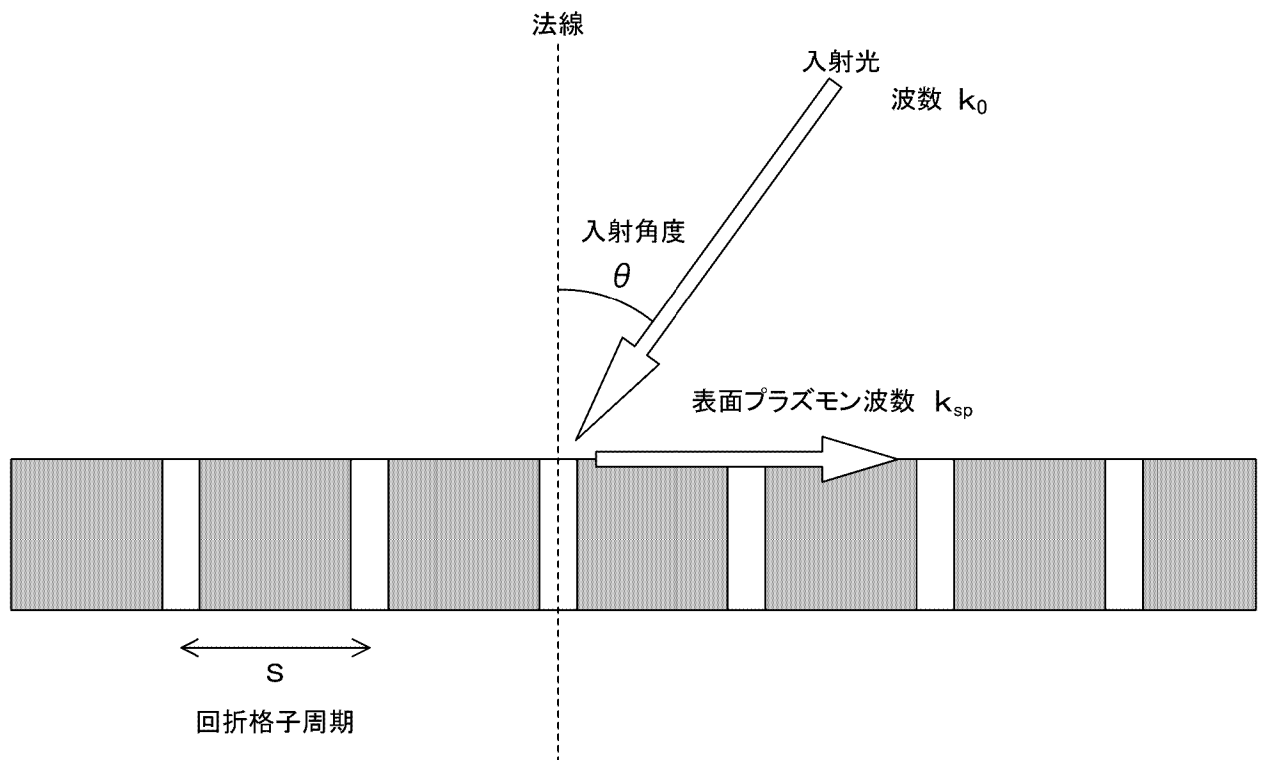
[図9]

abc

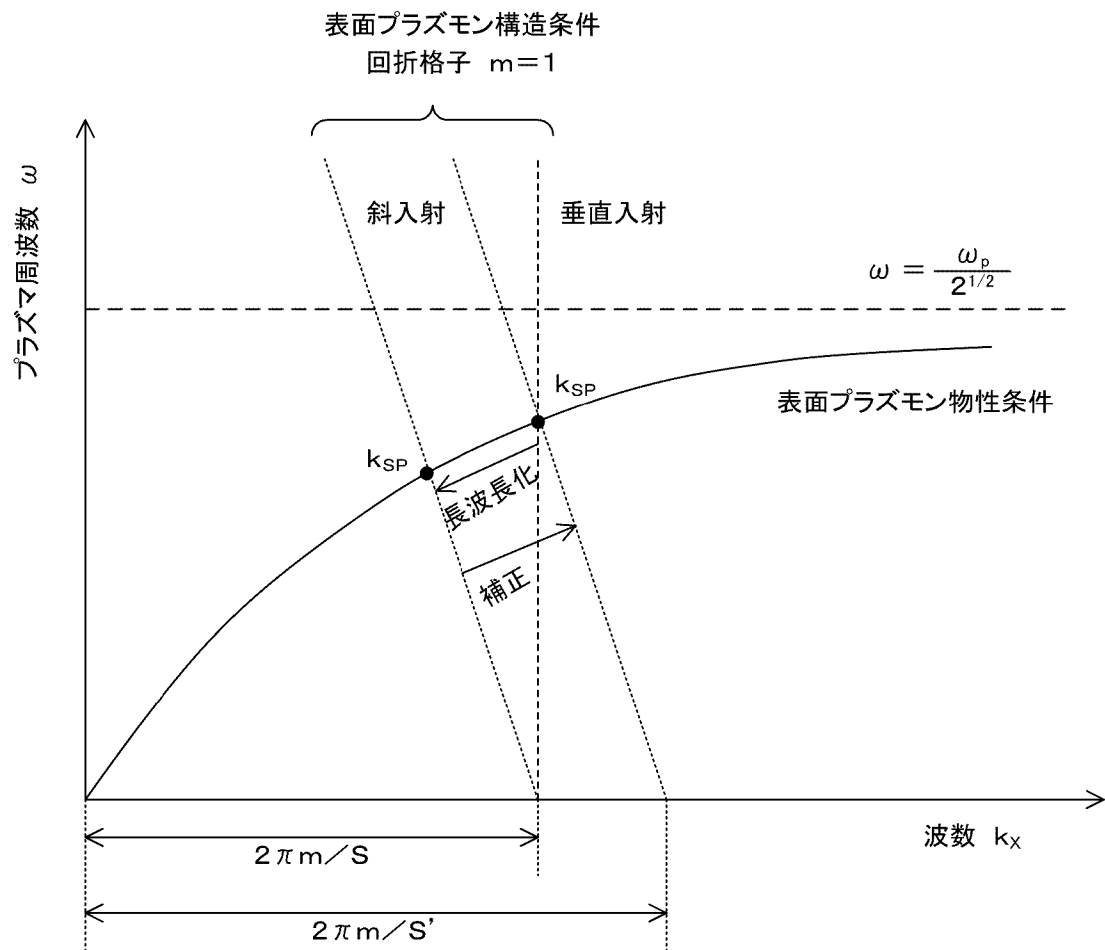
[図10]



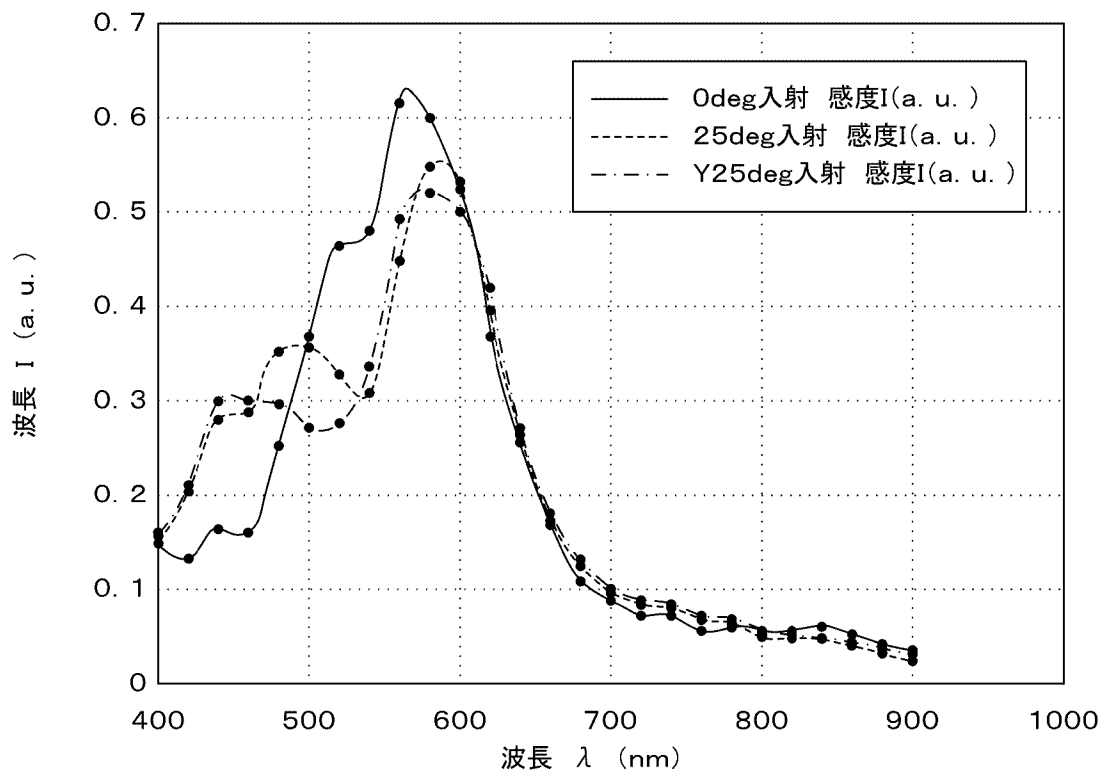
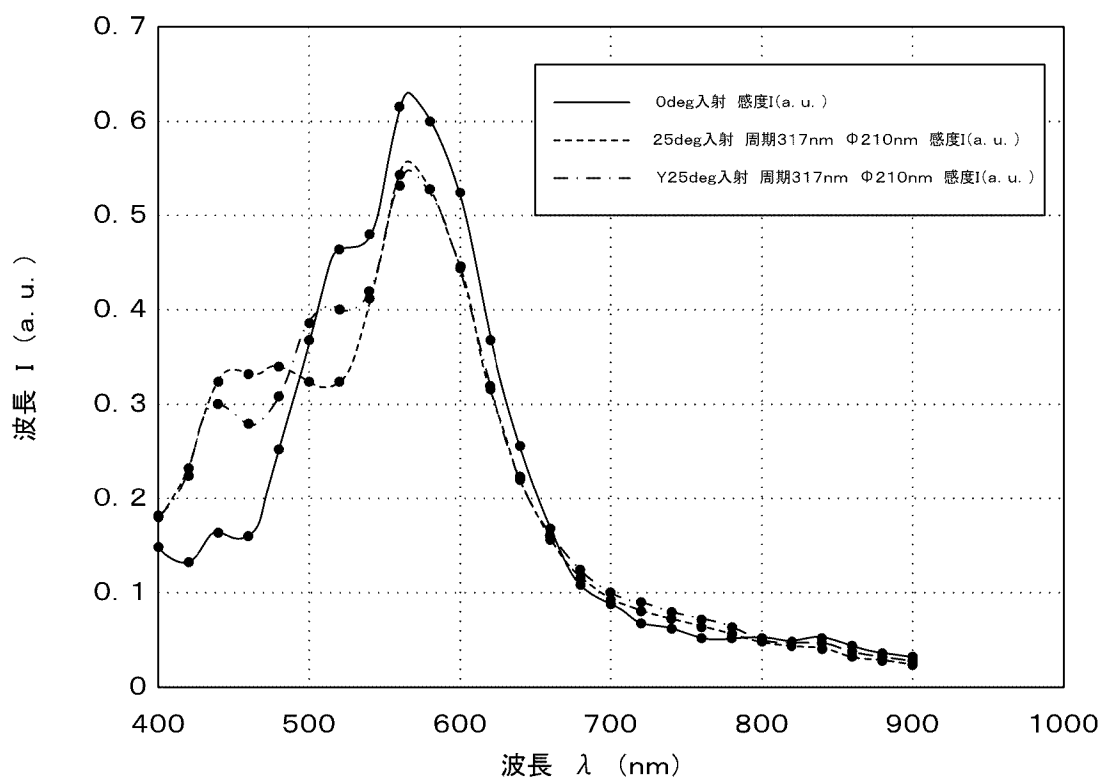
[図11]



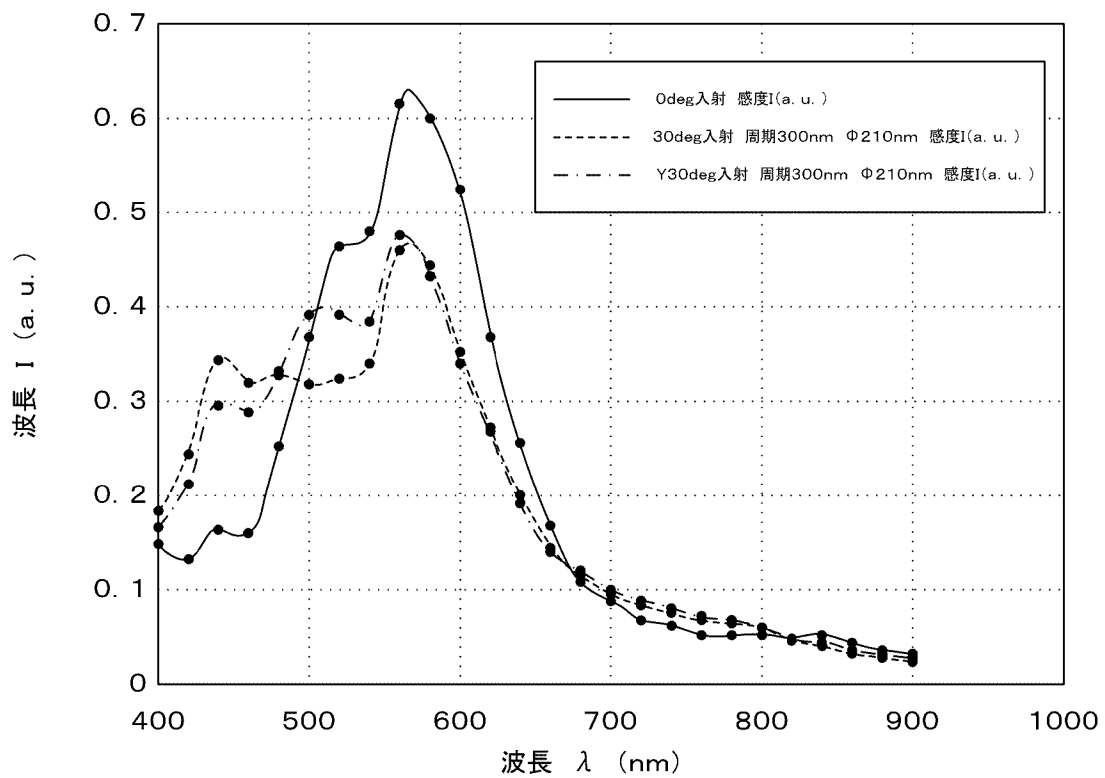
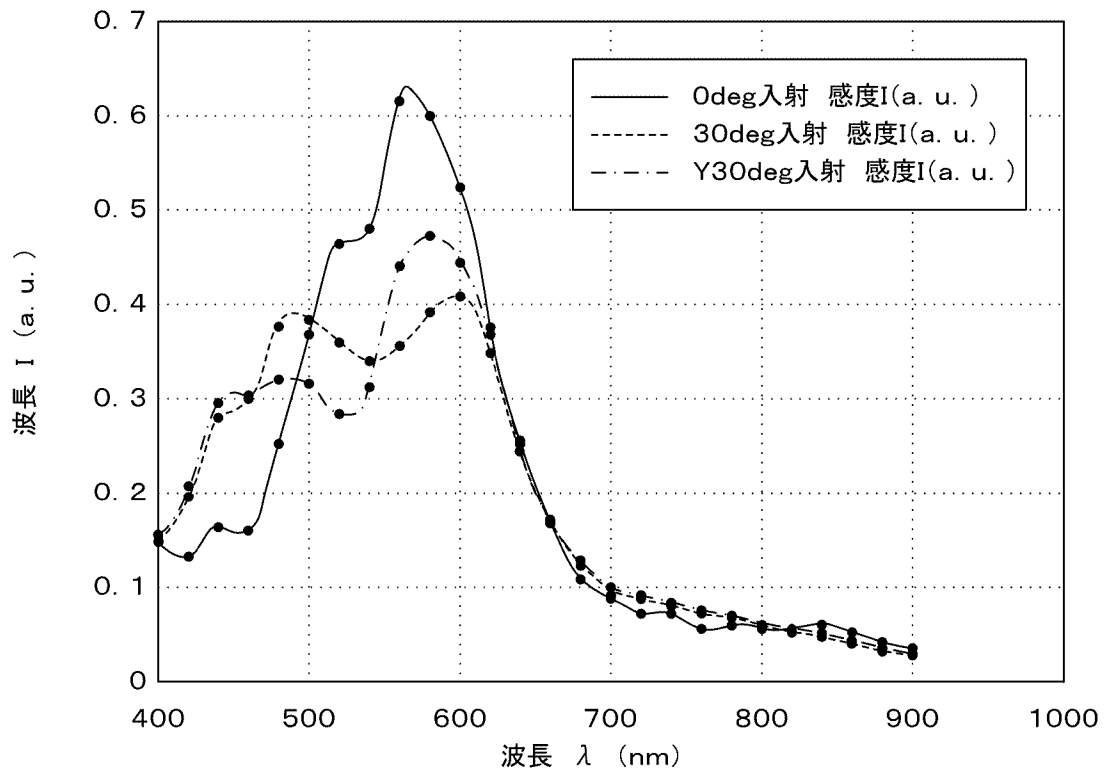
[図12]



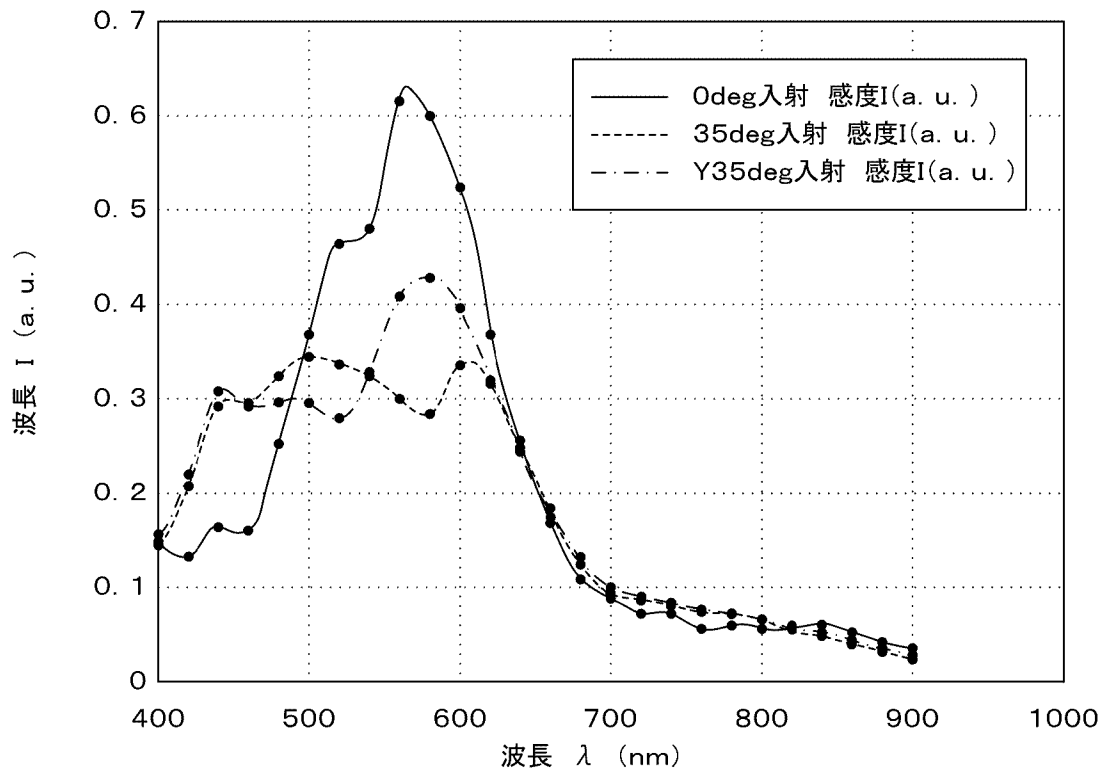
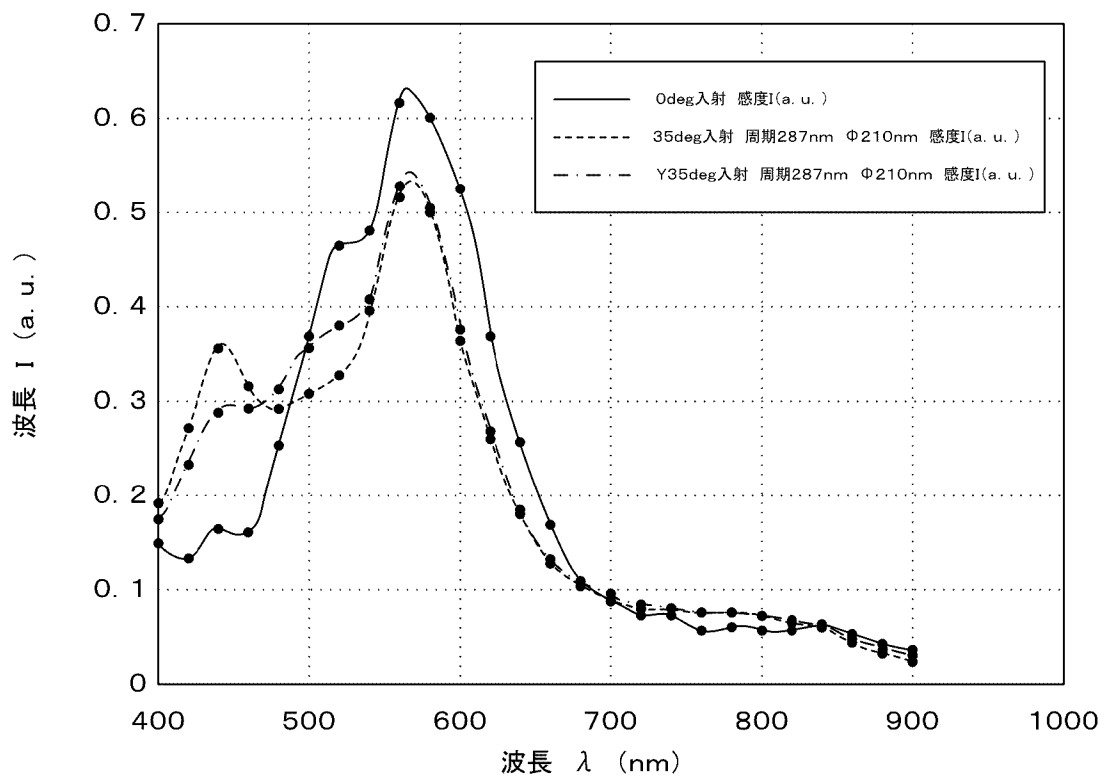
[図13]

ab

[図14]



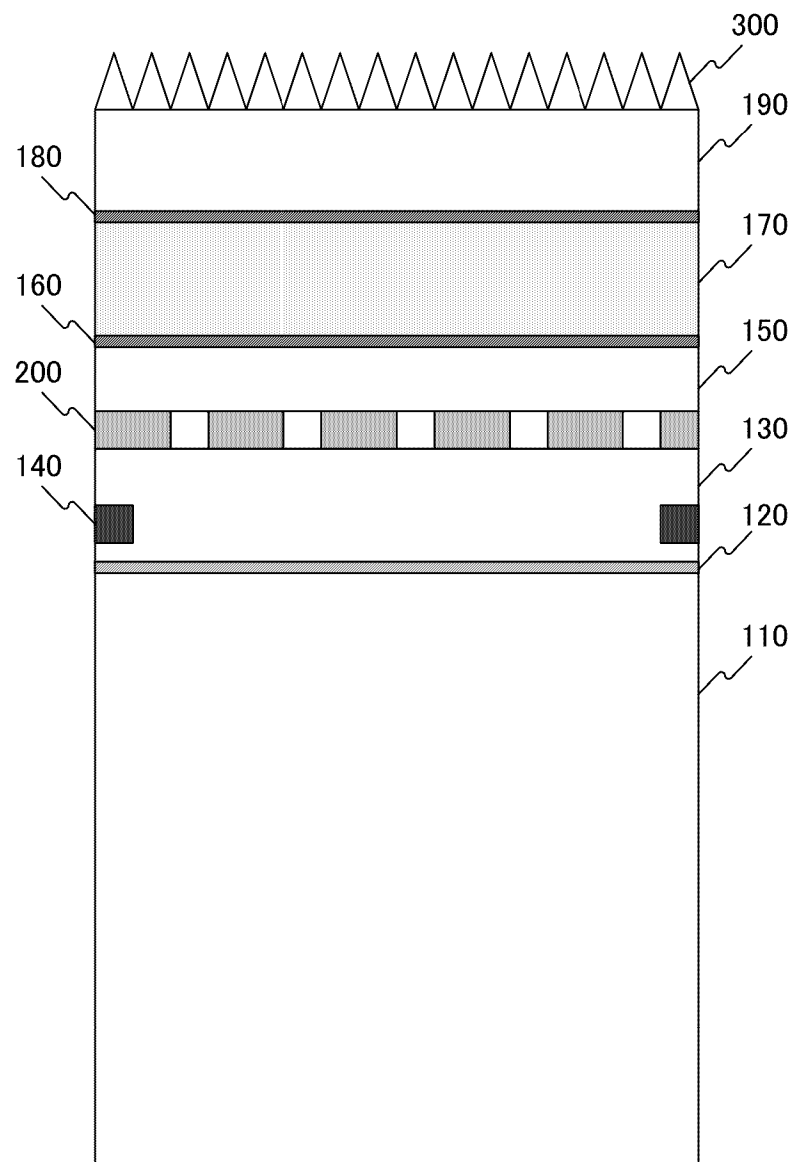
[図15]

ab

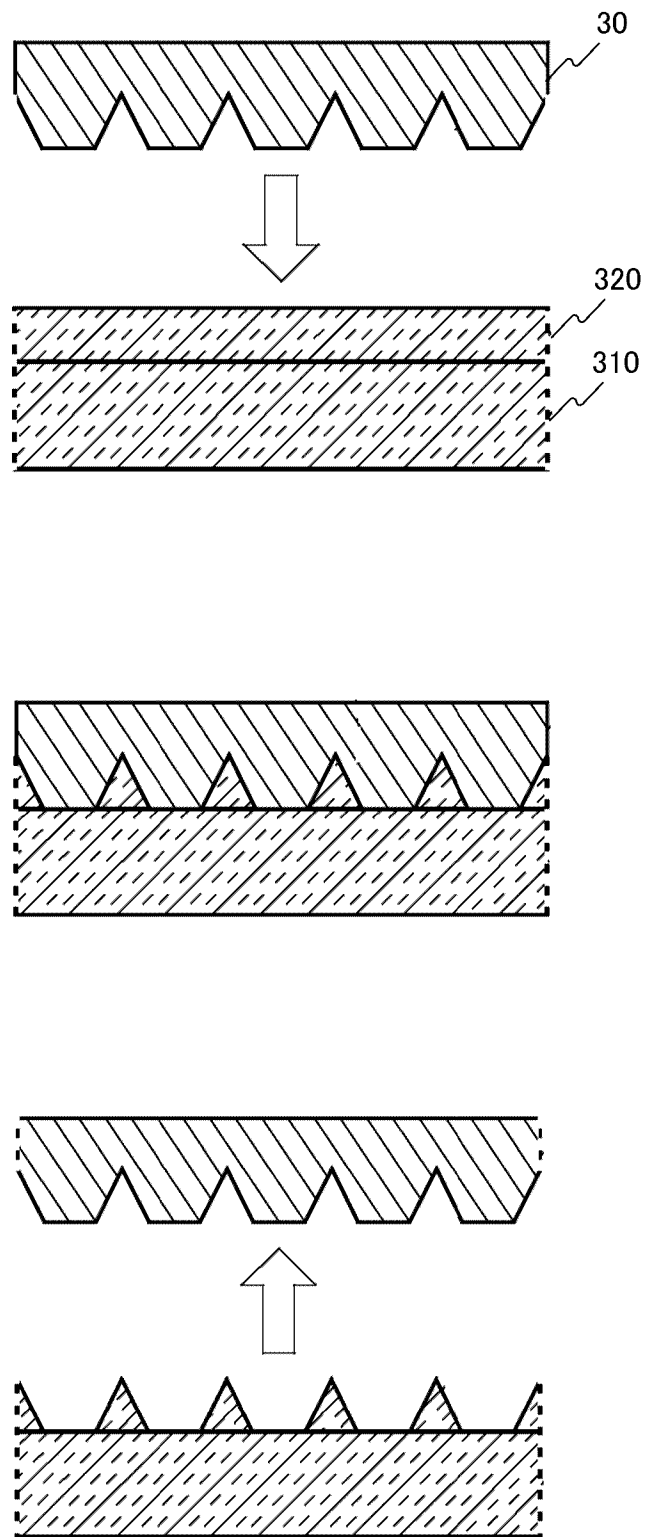
[図16]

1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8
9	10	11	12	9	10	11	12	9	10	11	12
13	14	15	16	13	14	15	16	13	14	15	16
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8
9	10	11	12	9	10	11	12	9	10	11	12
13	14	15	16	13	14	15	16	13	14	15	16

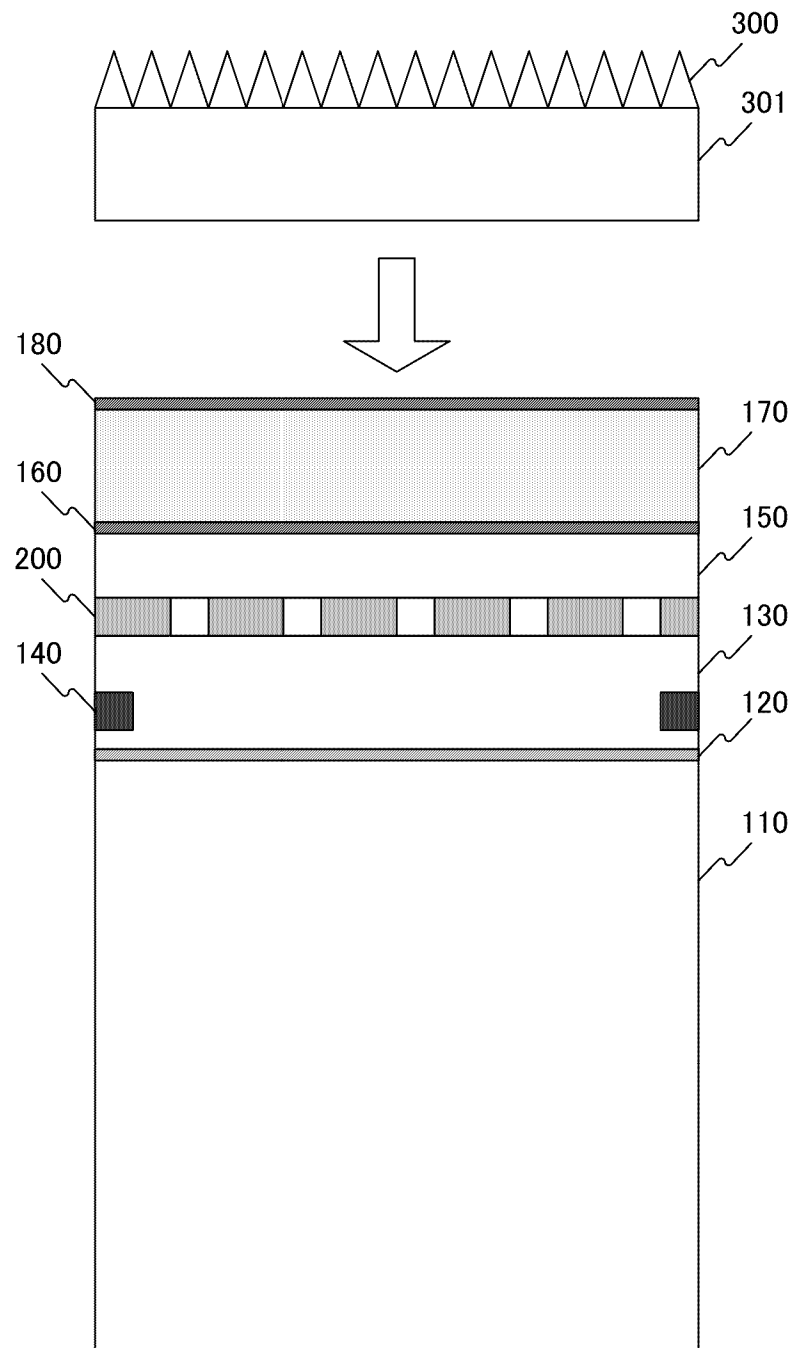
[図17]



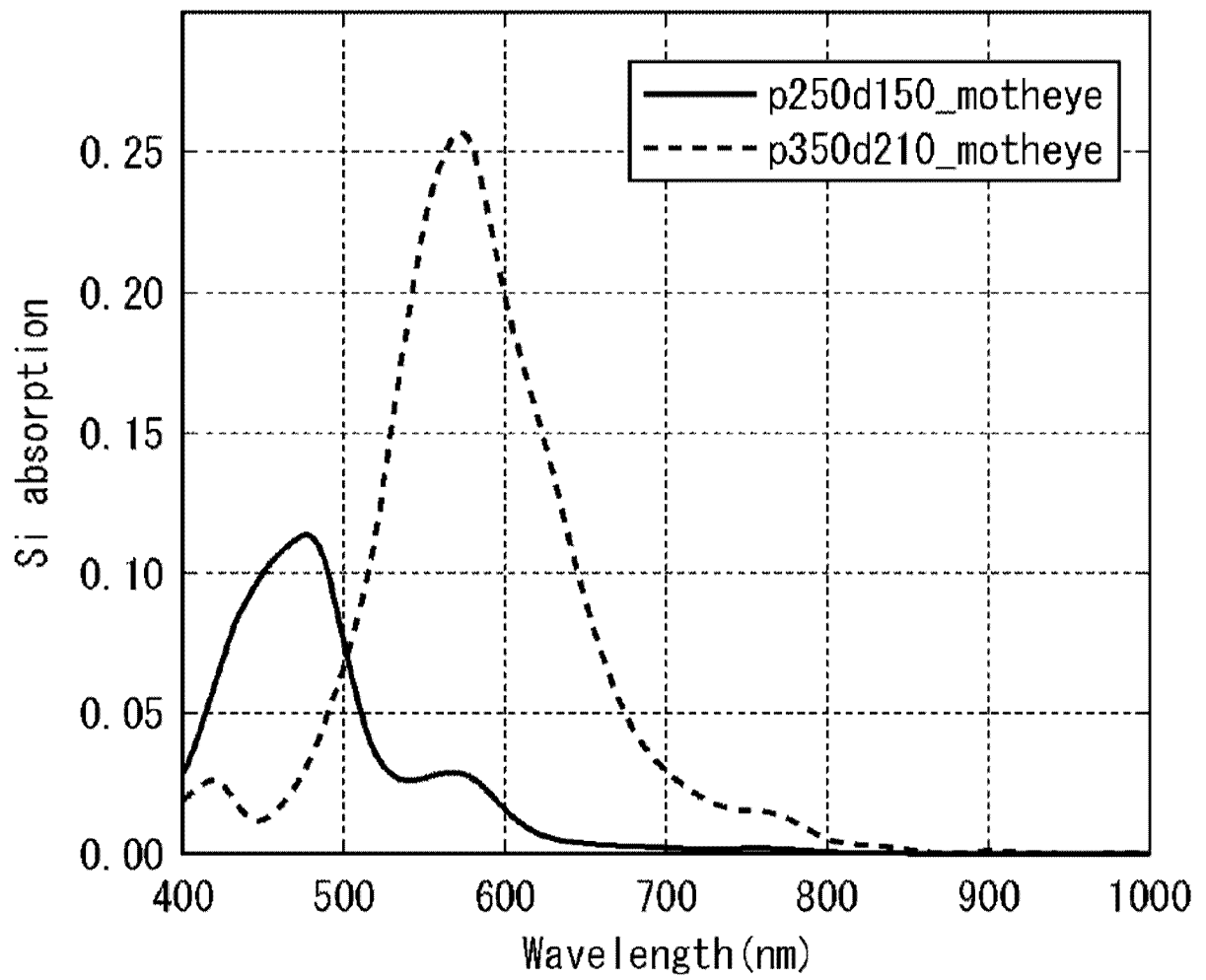
[図18]



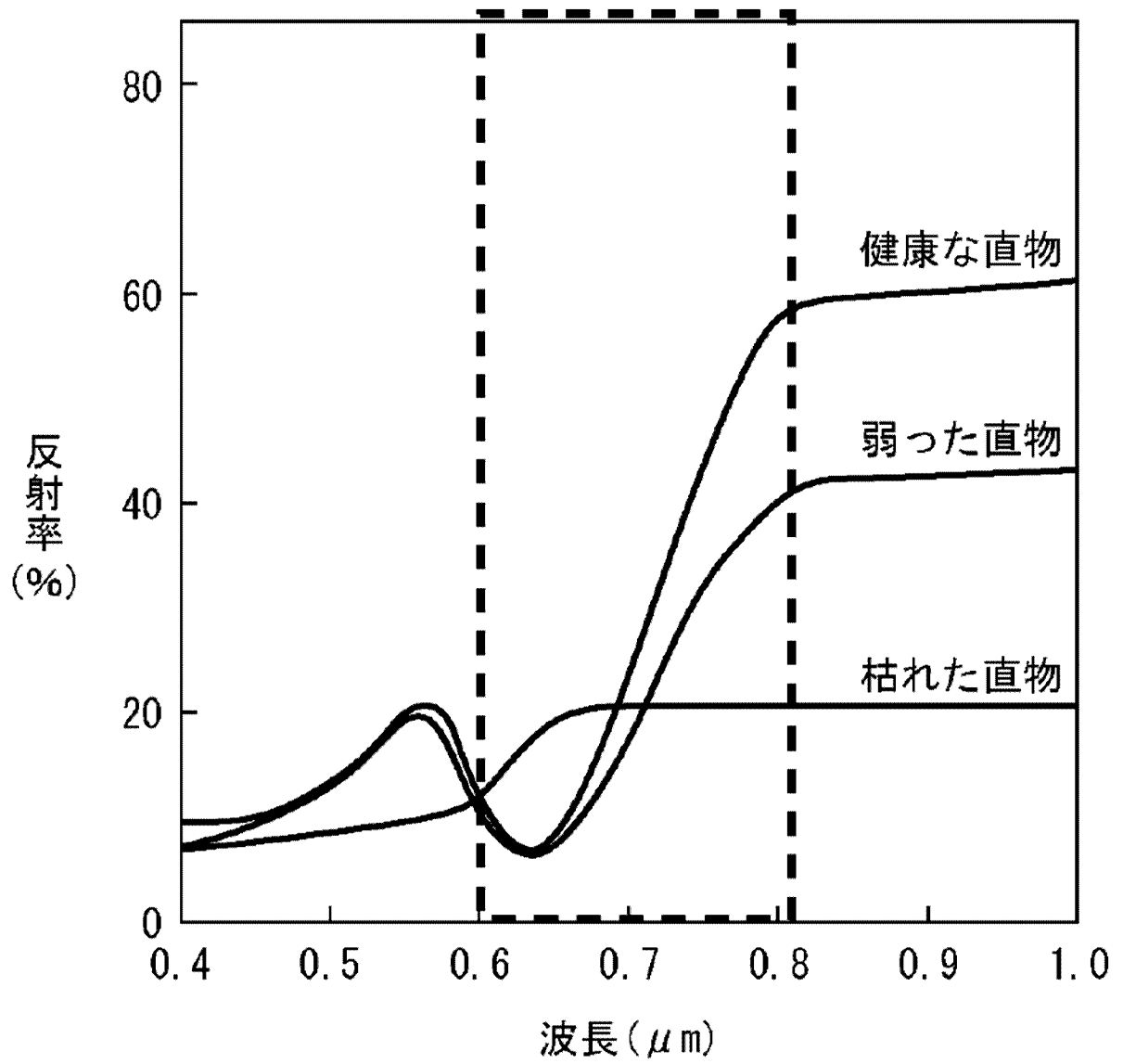
[図19]



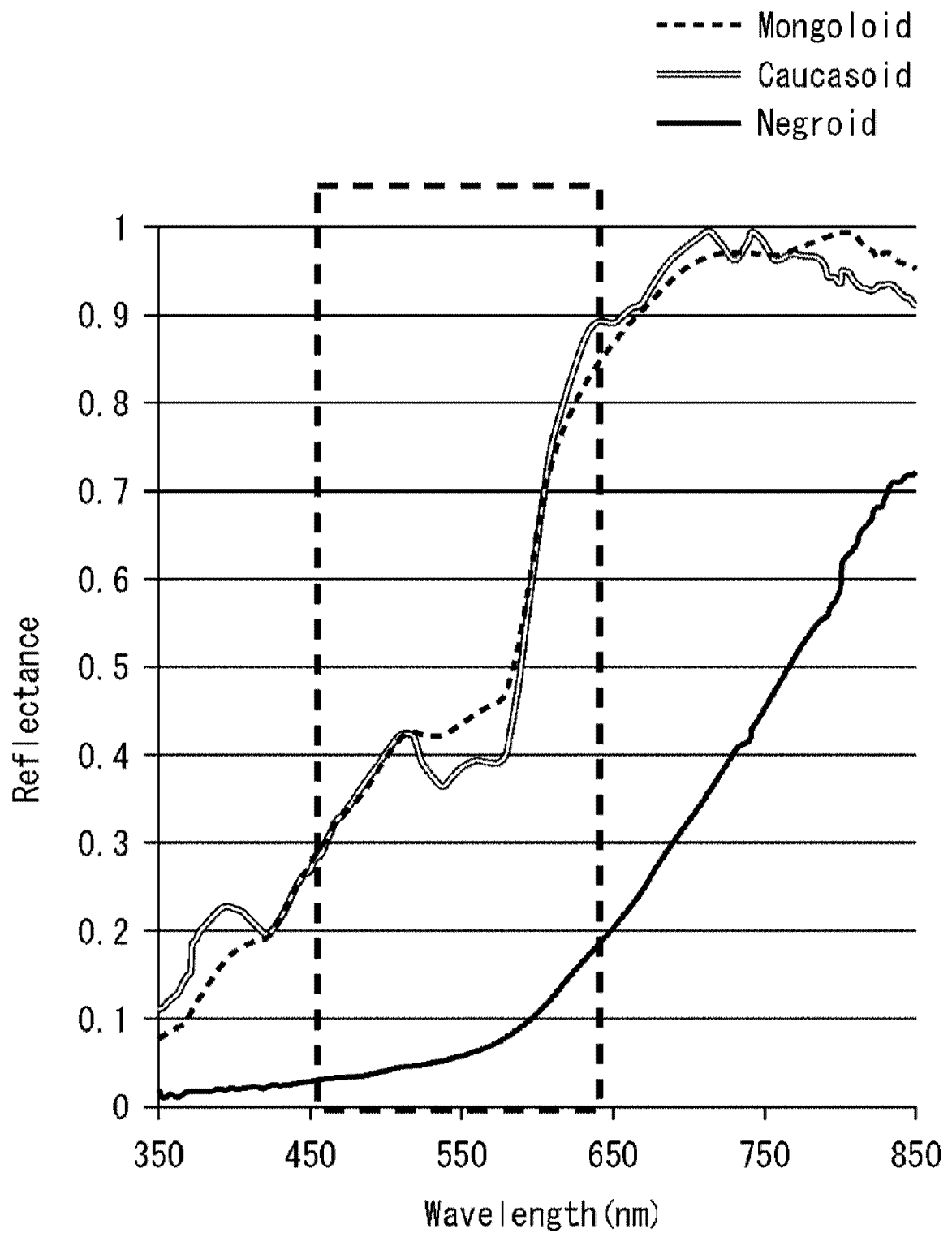
[図20]



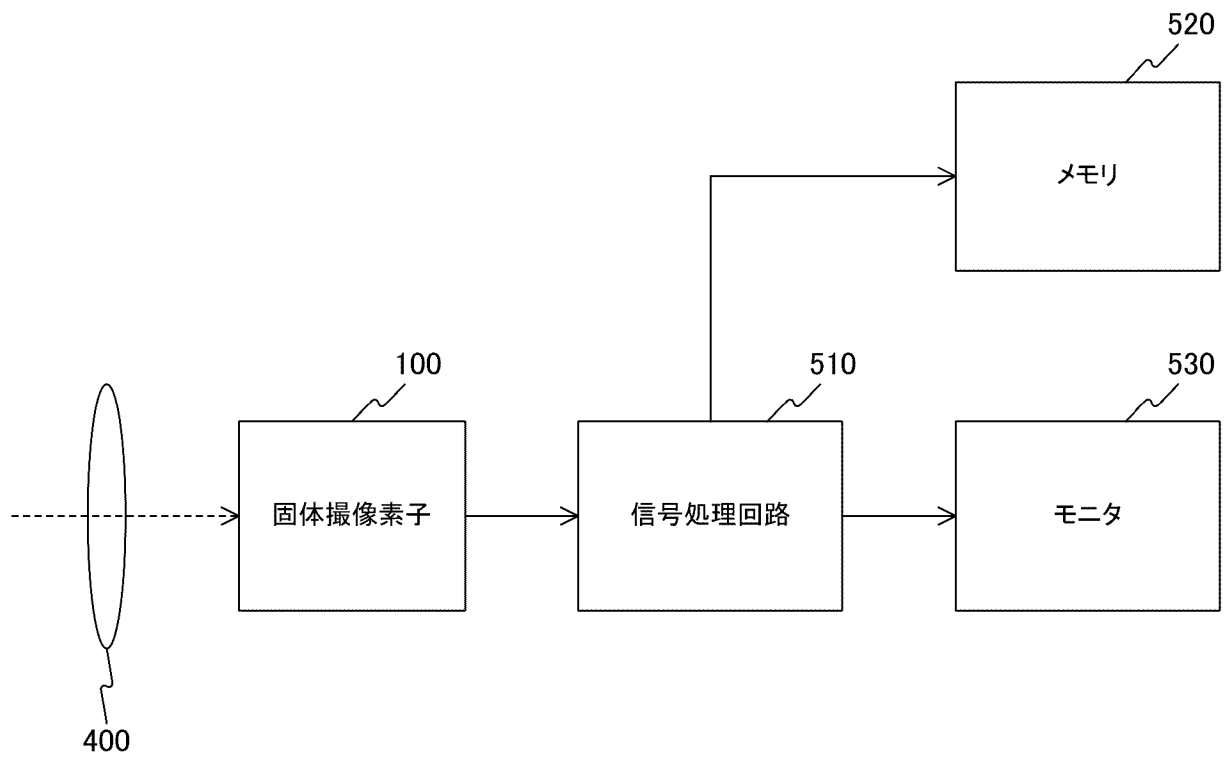
[図21]



[図22]



[図23]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/047960

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01J3/02(2006.01)i, G01J3/18(2006.01)i, G01J3/36(2006.01)i,
G02B1/118(2015.01)i, G02B5/20(2006.01)i, H01L27/146(2006.01)i,
H04N9/07(2006.01)i
FI: H01L27/146D, G01J3/36, G01J3/18, G01J3/02S, G02B5/20101, G02B1/118,
H04N9/07A
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. G01J3/02, G01J3/18, G01J3/36, G02B1/118, G02B5/20, H01L27/146,
H04N9/07

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.
X Y	JP 2013-55202 A (TOSHIBA CORPORATION) 21 March 2013 (2013-03-21), paragraphs [0029]-[0038], fig. 8-11	1-5, 11 6-10, 12
Y	JP 2019-145563 A (SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORP.) 29 August 2019 (2019-08-29), paragraph [0029], fig. 3	6-9
Y	JP 2014-158267 A (SONY CORPORATION) 28 August 2014 (2014-08-28), paragraph [0007]	10, 12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" 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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search
19 March 2021

Date of mailing of the international search report
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/JP2020/047960

JP 2013-55202 A	21 March 2013	US 2013/0057738 A1 paragraphs [0092]-[0122], fig. 8-11
JP 2019-145563 A	29 August 2019	WO 2019/159710 A1 paragraph [0029], fig. 3
JP 2014-158267 A	28 August 2014	(Family: none)

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01J 3/02(2006.01)i; G01J 3/18(2006.01)i; G01J 3/36(2006.01)i; G02B 1/118(2015.01)i; G02B 5/20(2006.01)i; H01L 27/146(2006.01)i; H04N 9/07(2006.01)i FI: H01L27/146 D; G01J3/36; G01J3/18; G01J3/02 S; G02B5/20 101; G02B1/118; H04N9/07 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）） G01J3/02; G01J3/18; G01J3/36; G02B1/118; G02B5/20; H01L27/146; H04N9/07 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
X	JP 2013-55202 A (株式会社東芝) 21.03.2013 (2013-03-21) 段落0029-0038, 図8-図11	1-5, 11
Y	段落0029-0038, 図8-図11	6-10, 12
Y	JP 2019-145563 A (ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社) 29.08.2019 (2019-08-29) 段落0029, 図3	6-9
Y	JP 2014-158267 A (ソニー株式会社) 28.08.2014 (2014-08-28) 段落0007	10, 12
☐ 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、一般的な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 19.03.2021		国際調査報告の発送日 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） 西出 隆二 5F 3356 電話番号 03-3581-1101 内線 3516

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/JP2020/047960

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2013-55202	A	21.03.2013	US 2013/0057738 A1 段落0092-0122, 図8-図11	
JP	2019-145563	A	29.08.2019	WO 2019/159710 A1 段落0029, 図3	
JP	2014-158267	A	28.08.2014	(ファミリーなし)	