

(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
2017年3月30日(30.03.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/051867 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 5/22 (2006.01) *G02B 5/28* (2006.01)
C09B 23/00 (2006.01) *H04N 5/225* (2006.01)
G02B 5/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/078010
- (22) 国際出願日: 2016年9月23日(23.09.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-188949 2015年9月25日(25.09.2015) JP
- (71) 出願人: 旭硝子株式会社 (ASAHI GLASS COMPANY, LIMITED) [JP/JP]; 〒1008405 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 大井 好晴(OOI Yoshiharu); 〒1008405 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号 旭硝子株式会社内 Tokyo (JP). 熊井 裕(KUMAI Hiroshi); 〒1008405 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号 旭硝子株式会社内 Tokyo (JP). 塩野 和彦(SH-IONO Kazuhiko); 〒9630215 福島県郡山市待池台一丁目8番地 AGCエレクトロニクス株式会社内 Fukushima (JP). 保高 弘樹(HOTAKA Hiroki); 〒9630215 福島県郡山市待池台一丁目8番地

AGCエレクトロニクス株式会社内 Fukushima (JP).

- (74) 代理人: 特許業務法人サクラ国際特許事務所 (SAKURA PATENT OFFICE, P.C.); 〒1010048 東京都千代田区神田司町二丁目8番1号 PMO神田司町 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, JP, KE, KG, 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, 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), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロパ (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),

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL FILTER AND IMAGING DEVICE

(54) 発明の名称: 光学フィルタおよび撮像装置

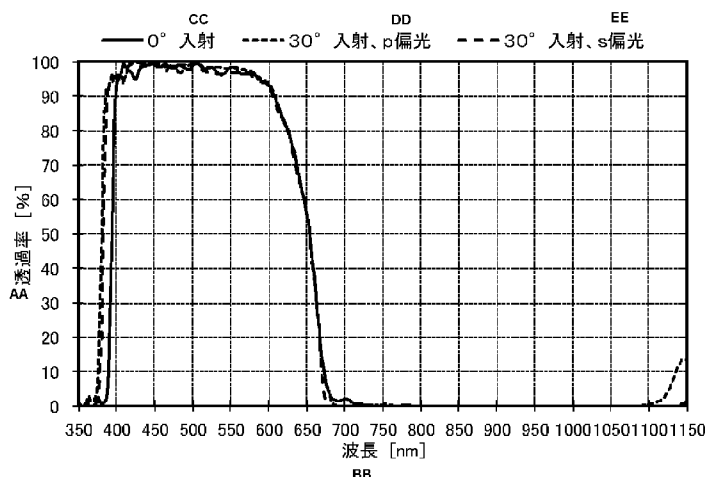


FIG. 17a:
AA Transmittance [%]
BB Wavelength [nm]
CC Incidence
DD Incidence, p-polarized light
EE Incidence, s-polarized light

(57) Abstract: Provided is an optical filter having high visible-light transmittance, in which incidence angle dependency is suppressed. An optical filter including a first near-infrared absorbent (DA) having a maximum absorption wavelength λ (DA_T_{min}) of 685-715 nm, and a second near-infrared absorbent (DB) having a maximum absorption wavelength λ (DB_T_{min}) of 705-725 nm in a higher wavelength range than the maximum absorbance wavelength λ (DA_T_{min}) or more than 725 nm and 900 nm or less, the optical filter having an absorbing layer satisfying a specific light absorption characteristic and a reflecting layer comprising a dielectric multilayer film satisfying a specific reflection characteristic at a wavelength of 700 to 1150 nm, and the transmittance of the absorbing layer and the transmittance of the reflecting layer in a boundary region of visible light and near-infrared light having a specific relationship.

(57) 要約: 入射角依存性が抑制され、可視光透過率が高い光学フィルタを提供する。波長 685 ~ 715 nm に吸収極大波長 λ (DA_T_{min}) を有する第 1 の近赤外線吸収剤 (DA) と、吸収極大波長 λ (DA_T_{min}) よりも長波長側の波長 705 ~ 725 nm または波長 725 nm 超 900

nm 以下に吸収極大波長 λ (DB_T_{min}) を有する第 2 の近赤外線吸収剤 (DB) とを含み、特定の吸光特性を満たす吸収層と、波長 700 ~ 1150 nm において特定の反射特性を満たす誘電体多層膜からなる反射層とを有し、可視光と近赤外光の境界領域における反射層の透過率と吸収層の透過率とが特定の関係を有する光学フィルタ。



WO 2017/051867 A1

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：光学フィルタおよび撮像装置

技術分野

[0001] 可視光を透過し、近赤外光を遮断する光学フィルタ、および該光学フィルタを備えた撮像装置に関する。

背景技術

[0002] 固体撮像素子を用いた撮像装置には、色調を良好に再現し鮮明な画像を得るため、可視域の光（以下「可視光」ともいう）を透過し近赤外域の光（以下「近赤外光」ともいう）を遮断する光学フィルタが用いられる。該光学フィルタとしては、近赤外吸収色素を含む吸収層と、紫外域の光（以下「紫外光」ともいう）および近赤外光を遮断する誘電体多層膜からなる反射層とを備えた近赤外カットフィルタが知られている（特許文献1～3参照）。つまり、誘電体多層膜そのものは、入射角によって分光透過率曲線が変化するため、反射層と吸収層の両方を含む近赤外線カットフィルタは、吸収層の吸収特性により入射角依存性が抑制された分光透過率曲線が得られる。

[0003] 吸収層は、例えば、波長700～750nmに吸収極大を示すとともに波長630～700nmの光吸収曲線が急峻な近赤外線吸収色素を、透明樹脂に分散して得られる。ここで、吸収層が、視感度の高い波長440～600nmの光の透過率低下を招かないよう、該色素の含有量を少なくすると、所定の吸収率が得られる近赤外吸収帯が狭くなる。この場合、反射層の入射角依存性が顕在化して遮光が不十分な波長域が出現する場合がある。

[0004] 特許文献1、2の光学フィルタは、波長600～700nmのうち、透過率が大きく変化する透過率遷移領域における透過率50%超の波長域で、吸収層による透過率の入射角依存性の低減効果が概ね得られる。しかし、該透過率遷移領域のうち透過率50%以下の波長域では、吸収層でも十分に光吸収できず、反射層での分光透過率の入射角依存性が、光学フィルタの入射角依存性となって顕在化する問題があった。

[0005] そこで、入射角依存性を抑制する吸収帯を拡大するために、吸収極大波長の異なる２種以上の近赤外線吸収色素を含む吸収層が検討されている。特許文献２、３は、吸収極大波長が異なる２種以上の近赤外線吸収色素が使用可能な光学フィルタを開示している。また、特許文献４は、吸収極大波長が各々、波長６９５～７２０ｎｍと波長７２０～８００ｎｍと、の異なる２種の近赤外線吸収色素を含む吸収層を用いた光学フィルタを開示している。さらに、特許文献５は、吸収極大波長が各々、波長６８５ｎｍと波長７０２ｎｍと、の異なる２種の光吸収剤を含む吸収層を用いた光学フィルタを開示している。

[0006] このように２種の近赤外線吸収色素を含む吸収層を備えた光フィルタは、透過率遷移領域における、透過率の入射角依存性を抑制しやすい。しかし、該色素の添加量を多くして近赤外光の吸収性を高めようとする、僅かでも光吸収が確認できる吸収帯がブロード化し、本来高い透過率が得られるべき可視光の透過率まで低下する。一方、該色素の添加量を少なくすると、吸収による近赤外光の遮断能が低下するので、上記した入射角依存性が顕在化する。その結果、入射角依存性の抑制と、高い可視光透過率を得ること、はトレードオフの関係にあり、両特性が得られる光学フィルタを実現できない問題があった。

先行技術文献

特許文献

- [0007] 特許文献１：特開２０１３－１９０５５３号公報
特許文献２：特開２０１４－０５２４８２号公報
特許文献３：国際公開第２０１４／００２８６４号
特許文献４：国際公開第２０１２／１６９４４７号
特許文献５：韓国登録特許第１４５３４６９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 本発明は、視感度の高い波長440～600nmの可視光に対して高透過率を維持し、固体撮像素子の感度が高い波長700～1150nmの光に対して高遮断性が得られる光学フィルタの提供を目的とする。さらに本発明は、上記光学特性に加え、波長600～690nmの光に対する固体撮像素子の分光感度を、視感度曲線相当の高効率曲線に近似補正し、入射角0°～30°の入射光に対する分光透過率曲線の変化が少ない光学フィルタおよび該光学フィルタを備えた撮像装置の提供を目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明は、波長685～715nmに吸収極大波長 λ (DA__T_{min})を有する第1の近赤外線吸収剤(DA)と、波長705～725nmに吸収極大波長 λ (DB__T_{min})を有する第2の近赤外線吸収剤(DB)とを含み、かつ、下記(i-1)～(i-3)を満たす吸収層と、下記(ii-1)～(ii-2)を満たす誘電体多層膜からなる反射層と、を有する光学フィルタを提供する。

(i-1) $10\text{nm} \leq \lambda(\text{DB_T}_{\text{min}}) - \lambda(\text{DA_T}_{\text{min}}) < 40\text{nm}$ である。

(i-2) 波長600nmの光の透過率が80%以上、波長650nmの光の透過率が40%以上、波長700nmの光の透過率が3%以下、かつ、波長714nmの光の透過率が10%以下である。

(i-3) 波長580nm～ $\lambda(\text{DA_T}_{\text{min}})$ において、透過率が90%、50%、5%となる波長をそれぞれ、 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{90\%})$ 、 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{50\%})$ 、 $\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{5\%})$ とすると、

$\{\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{50\%}) - \lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{90\%})\} \geq \{\lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{5\%}) - \lambda_{\text{Sh}}(\text{DAB_T}_{50\%})\}$ を満たす。

(ii-1) 波長700～1150nmにおいて、入射角0°の光に対する透過率が5%以下となる反射帯を有する。

(ii-2) 波長680～750nmにおいて、入射角0°の光に対する透過率が50%となる波長を $\lambda_{\text{R}}(0^\circ_T_{50\%})$ とし、前記吸収層の、波長

580 nm $\sim\lambda$ (D A $__T_{min}$) における透過率が10%となる波長を λ_{Sh} (D A B $__T_{10\%}$) とし、波長 λ (D B $__T_{min}$) $\sim$ 800 nm における透過率が5%となる波長を λ_{Lo} (D A B $__T_{5\%}$) とすると、

λ_{Sh} (D A B $__T_{10\%}$) + 30 nm $< \lambda_R$ (0° $__T_{50\%}$) $< \lambda_{Lo}$ (D A B $__T_{5\%}$) である。

[0010] また、本発明は、波長685 $\sim$ 715 nm に吸収極大波長 λ (D A $__T_{min}$) を有する第1の近赤外線吸収剤 (D A) と、波長725 nm 超900 nm 以下に吸収極大波長 λ (D B $__T_{min}$) を有する第2の近赤外線吸収剤 (D B) とを含み、かつ、下記 (i-4) $\sim$ (i-6) を満たす吸収層と、下記 (i i-3) $\sim$ (i i-5) を満たす誘電体多層膜からなる反射層と、を有する光学フィルタを提供する。

(i-4) 40 nm $\leq \lambda$ (D B $__T_{min}$) $-\lambda$ (D A $__T_{min}$) $\leq$ 215 nm である。

(i-5) 波長600 nm の光の透過率が80%以上、波長650 nm の光の透過率が40%以上、波長 λ (D A $__T_{min}$) の光の透過率が3%以下で、波長 λ (D B $__T_{min}$) の光の透過率が3%以下である。

(i-6) 波長580 nm $\sim\lambda$ (D A $__T_{min}$) において、透過率が90%、50%、5%となる波長をそれぞれ、 λ_{Sh} (D A B $__T_{90\%}$)、 λ_{Sh} (D A B $__T_{50\%}$)、 λ_{Sh} (D A B $__T_{5\%}$) とすると、

$\{\lambda_{Sh}$ (D A B $__T_{50\%}$) $-\lambda_{Sh}$ (D A B $__T_{90\%}$) $\} \geq \{\lambda_{Sh}$ (D A B $__T_{5\%}$) $-\lambda_{Sh}$ (D A B $__T_{50\%}$) $\}$ である。

(i i-3) 波長700 $\sim$ 1150 nm において、入射角0° の光に対する透過率が5%以下となる反射帯を有する。

(i i-4) 波長680 $\sim$ 750 nm において、入射角0° の光に対する透過率が50%となる波長を λ_R (0° $__T_{50\%}$) とし、前記吸収層の、波長580 nm $\sim\lambda$ (D A $__T_{min}$) における透過率が10%となる波長を λ_{Sh} (D A B $__T_{10\%}$) とすると、

λ_{Sh} (D A B $__T_{10\%}$) + 20 nm $< \lambda_R$ (0° $__T_{50\%}$) $< \lambda_c$ (

T_{max}) である。

ただし、 $\lambda_c(T_{max})$ は、波長 $\lambda(DA_T_{min}) \sim \lambda(DB_T_{min})$ において、前記吸収層の透過率が最大となる波長である。

(i i - 5) 波長 $640 \sim 750 \text{ nm}$ において、入射角 30° の s 偏光に対する透過率が 50% となる波長を $\lambda_R(30^\circ_Ts50\%)$ とすると、 $\lambda_R(0^\circ_Ts50\%)$ と $\lambda_R(30^\circ_Ts50\%)$ との差 $\delta\lambda_{RSh}(Ts50\%)$ は、 $0 \text{ nm} < \delta\lambda_{RSh}(Ts50\%) \leq 25 \text{ nm}$ である。

発明の効果

[0011] 本発明は、視感度の高い波長 $440 \sim 600 \text{ nm}$ の可視光に対し、高透過率を維持し、波長 $700 \sim 1150 \text{ nm}$ の光に対して高い遮断性が得られる低透過率を実現する光学フィルタが得られる。さらに本発明は、上記光学特性に加え、波長 $600 \sim 690 \text{ nm}$ の分光透過率曲線を、視感度曲線に相当する高い効率を実現し得る曲線に近似し、入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ の光に対する分光透過率曲線の変化が少ない光学フィルタが得られる。また、そのような光学フィルタを用いた色再現性に優れる撮像装置が得られる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1A]本発明の光学フィルタの一例を示す断面図である。

[図1B]本発明の光学フィルタの他の例を示す断面図である。

[図1C]本発明の光学フィルタの他の例を示す断面図である。

[図1D]本発明の光学フィルタの他の例を示す断面図である。

[図2]第1の実施形態の光学フィルタにおける吸収極大波長が異なる各近赤外吸収剤の分光透過率曲線である。

[図3]第1の実施形態の光学フィルタにおける吸収層の分光透過率の計算結果(1)を示すグラフである。

[図4]第1の実施形態の光学フィルタにおける吸収層の分光透過率の計算結果(2)を示すグラフである。

[図5]第1の実施形態の光学フィルタの第1の反射層の分光透過率の計算結果を示すグラフである。

[図6]第1の実施形態の光学フィルタの第2の反射層の分光透過率の計算結果を示すグラフである。

[図7]第1の実施形態の光学フィルタの反射層の分光透過率の計算結果を示すグラフ(1)である。

[図8]第1の実施形態の光学フィルタの反射層の分光透過率の計算結果を示すグラフ(2)である。

[図9]第2の実施形態の光学フィルタにおける吸収極大波長が異なる各近赤外吸収剤の分光透過率曲線である。

[図10]第2の実施形態の光学フィルタの吸収層の分光透過率の計算結果を示すグラフ(1)である。

[図11]第2の実施形態の光学フィルタの吸収層の分光透過率の計算結果を示すグラフ(2)である。

[図12]第2の実施形態の光学フィルタの第1反射層の分光透過率の計算結果を示すグラフである。

[図13]第2の実施形態の光学フィルタの第2反射層の分光透過率の計算結果を示すグラフである。

[図14]第2の実施形態の光学フィルタの反射層の分光透過率の計算結果を示すグラフ(1)である。

[図15]第2の実施形態の光学フィルタの反射層の分光透過率の計算結果を示すグラフ(2)である。

[図16]本発明の撮像装置の一例を概略的に示す断面図である。

[図17A]実施例1の光学フィルタ30(a)の分光透過率の計算結果を示すグラフである。

[図17B]実施例1の光学フィルタ30(d)の分光透過率の計算結果を示すグラフである。

[図18]比較例1の光学フィルタの分光透過率の計算結果を示すグラフである。

[図19]比較例2の光学フィルタの分光透過率の計算結果を示すグラフである。

。

[図20A]実施例2の光学フィルタ40(a)の分光透過率の計算結果を示すグラフである。

[図20B]実施例2の光学フィルタ40(d)の分光透過率の計算結果を示すグラフである。

[図21A]実施例3の光学フィルタ30(a)の分光透過率の計算結果を示すグラフである。

[図21B]実施例3の光学フィルタ30(d)の分光透過率の計算結果を示すグラフである。

[図22A]実施例4の光学フィルタ40(a)の分光透過率の計算結果を示すグラフである。

[図22B]実施例4の光学フィルタ40(d)の分光透過率の計算結果を示すグラフである。

[図23]比較例3の光学フィルタの分光透過率の計算結果を示すグラフである

。

[図24]比較例4の光学フィルタの分光透過率の計算結果を示すグラフである

。

発明を実施するための形態

[0013] 本発明に係る光学フィルタは、吸収層および反射層を有し、以下、第1～3の実施形態を詳述する。

[0014] (第1の実施形態)

本実施形態の光学フィルタ（以下、第1の実施形態の説明中「本フィルタ」ともいう）は、吸収層を1層以上有する。吸収層を2層以上有する場合、各層は同じ構成でも異なる構成でもよい。例えば、一方が、後述する近赤外線吸収剤（以下「NIR吸収剤」とも略記する）を含む樹脂からなる近赤外線吸収層であり、他方が、後述する近紫外線吸収剤（以下「UV吸収剤」とも略記する）を含む樹脂からなる近紫外吸収層でもよい。さらに、近赤外線吸収剤は、第1の近赤外線吸収剤（DA）と第2の近赤外線吸収剤（DB）が

同じ樹脂層に含まれてもよく、異なる樹脂層に含まれてもよい。また、吸収層は、それ自体が基板（樹脂基板）でもよい。なお、以降「第1の近赤外線吸収剤（DA）」は「吸収剤DA」、「第2の近赤外線吸収剤（DB）」は「吸収剤DB」、そして「UV吸収剤（DU）」は「吸収剤DU」ともいう。

[0015] 本光学フィルタにおける反射層は、1以上の誘電体多層膜を有する。誘電体多層膜は、全て誘電体膜から構成されるものに限らず、一部に誘電体以外の材料（例えば、金属膜）が含まれてもよい。反射層が2以上の誘電体多層膜を有する場合、通常、反射帯の異なる複数の誘電体多層膜で構成される。これら各誘電体多層膜中の各膜の光学膜厚の平均値は、反射帯に応じて異なる。例えば、一方が、近赤外域（700～1150nm）のうち短波長側の光を遮断する近赤外反射層であり、他方が、同領域のうち長波長側および近紫外域の両領域の光を遮断する近赤外・近紫外反射層となる構成が挙げられる。

[0016] 本フィルタは、さらに透明基板を有してもよく、その場合、吸収層と反射層は、透明基板の同一主面上に有してもよく、異なる主面上に有してもよい。吸収層と反射層を同一主面上に有する場合、これらの積層順は限定されない。

[0017] また、本フィルタは、可視光の透過率損失を抑制する反射防止層等の他の機能層を有してもよい。とくに、本フィルタの吸収層が、空気と接しないように、吸収層上に反射防止層を設けるとよい。反射防止層は、吸収層の主表面に加え、側面全体も覆う構成としてもよく、この場合、吸収層の防湿効果を高められる。

[0018] 次に、本フィルタの構成例を示す。図1Aは、吸収層11の両主面上に各々第1の反射層12aと第2の反射層12bを備えた光学フィルタ10である。図1Bは、吸収層11の一方の主面上に第1の反射層12aと第2の反射層12bを順に備えた光学フィルタ20である。なお、「吸収層11の一方の主面上に、第1の反射層12a等の他の層を備える」とは、吸収層11

に接触して他の層が備わる場合に限らず、吸収層 11 と他の層との間に、別の機能層（空間も含む）が備わる場合も含むものとし、以下の構成も同様である。ここで、光学フィルタ 10、20 における吸収層 11 は、透明基板の機能を併せ持ってもよい。

[0019] 図 1 C は、透明基板 13 の両主面上に各々第 1 の反射層 12 a と第 2 の反射層 12 b を備え、第 1 の反射層 12 a 上に吸収層 11 と反射防止層 14 を順に備えた光学フィルタ 30 である。図 1 D は、透明基板 13 の一方の主面上に第 1 の反射層 12 a と第 2 の反射層 12 b を順に備え、透明基板 13 の他方の主面上に吸収層 11 と反射防止層 14 を順に備えた光学フィルタ 40 である。図 1 A ～ 図 1 D は、構成が異なる 2 層の誘電体多層膜を備えた反射層を含む例である。前述のように、第 1 の反射層 12 a が短波長側の近赤外光を遮断する近赤外反射層で、第 2 の反射層 12 b が長波長側の近赤外光および紫外光を遮断する近赤外・近紫外反射層でもよい。なお、第 1 の反射層 12 a と第 2 の反射層 12 b の位置は限定されない。

[0020] 本フィルタは、下記（１）および（２）を満たすとよい。

（１）入射角 $0^{\circ} \sim 30^{\circ}$ の分光透過率曲線において、波長 $440 \sim 600 \text{ nm}$ における平均透過率が 80% 以上である。

（２）入射角 $0^{\circ} \sim 30^{\circ}$ の分光透過率曲線において、波長 $690 \sim 720 \text{ nm}$ 全域の透過率が 5% 以下である。

（１）の平均透過率は、 85% 以上が好ましく、 90% 以上がより好ましく、 95% 以上がさらに好ましい。

（２）の透過率は、 3% 以下がより好ましく、 2% 以下がさらに好ましい。

[0021] また、入射角 0° の分光透過率曲線において、波長 $350 \sim 390 \text{ nm}$ の光に対する平均透過率は、 10% 以下がよく、 5% 以下が好ましく、 1% 以下がより好ましい。

次に、本フィルタの構成について詳述する。

[0022] <吸収層>

吸収層は、吸収剤D Aと、吸収剤D Bと、透明樹脂（B）とを含有し、典型的には、透明樹脂（B）中に吸収剤D A、D Bが所定の質量比で均一に溶解または分散した層である。なお、吸収層は、吸収剤D A、D B以外の吸収剤、例えば、UV吸収剤D Uを含有してもよい。

[0023] N I R吸収剤を含む吸収層の光学的性質は、屈折率 n と消衰係数 κ を用いた複素屈折率 $n - i\kappa$ で表され、吸収剤固有の消衰係数 κ の波長（ λ ）依存性に応じた光吸収にともない分光透過率が変化する。吸収剤が透明樹脂中の厚さ方向に吸収剤濃度 C で均一に分散された吸収層の厚さを L とすると、吸収層の分光透過率 $T(\lambda)$ は、 $T(\lambda) = \exp(-4\pi\kappa L/\lambda)$ で示される。ここで、 $\alpha = 4\pi\kappa/\lambda$ は吸収係数であり、常用対数を用いて表記する場合は $T(\lambda) = 10^{-\beta L}$ となり、吸収係数 β は α に $\log_{10}(e) = 0.434$ を乗じた値に相当する。ここで、吸光度 A は $-\log_{10}\{T(\lambda)\} = \beta L$ で示される。吸収係数 α および β は、吸収層中の吸収剤濃度 C により変化する。即ち、吸収層の分光透過率は、吸収層中の吸収剤濃度 C および吸収層の厚さ L により調整でき、複数のN I R吸収剤を含む場合も同様である。

[0024] しかし、N I R吸収剤は、消衰係数 κ の波長依存性が固有であり、可視光で高透過率を維持し吸収作用によって広域の近赤外光を十分に遮断できない。そのため、本フィルタは、波長685～715 nmに吸収極大波長 $\lambda(DA_T_{min})$ を有する吸収剤D Aを用い、吸収層中の吸収剤濃度 C と吸収層の厚さ L を調整する。なお、吸収剤D Aのみを含む吸収層は、例えば、 $\lambda(DA_T_{min})$ の光の透過率が6%以下、波長600 nmの光の透過率が90%以上、波長650 nmの光の透過率が60%以上となる急峻な分光透過率曲線を実現する。

[0025] 図2は、N I R吸収剤としてスクアリリウム系化合物を含む吸収層の分光透過率曲線に基づき、吸収極大波長が685 nm、695 nm、705 nm、715 nmおよび725 nmと、異なる5種のN I R吸収剤に調整した計算結果である。具体的に、吸収極大波長での透過率が10%となるN I R吸収剤濃度（図2中に「吸収極大波長 $-c$ 」で記載）とその2.5倍の濃度（

図2中に「吸収極大波長—d」で記載)の分光透過率を計算した結果を示す。なお、透明樹脂中に均一分散されたNIR吸収剤の濃度Cと透明樹脂層の厚さLの積 $C \times L$ が吸収層の実効厚となる。ここで、吸収極大波長の透過率が10%となる実効厚を基準値1とし、以降の吸収層の例は、該基準値との比である実効厚比 CL で示す。この実効厚比 CL は、吸収層中のNIR吸収剤の相対的な面密度に相当する。計算結果は、波長685～715nmに λ (DA_T_{min})を有するスクアリリウム系化合物と同レベルの消衰係数 κ の波長依存性を有するNIR吸収剤を用いて、濃度Cおよび吸収層の厚さLを調整し、本フィルタに用いる吸収剤DAを含む吸収層が得られることを示す。

[0026] なお、単一のNIR吸収剤のみの使用は、狭い近赤外域の吸収作用に限定されるため、吸収が不十分である。そのため、波長700～1150nmの光に対し、透過率が10%以上となる透過帯が生じる。この問題を改善するため、本フィルタは、反射層を併用するが、反射層の反射帯は光の入射角および入射偏光に依存してシフトする。反射層は、透過から反射に遷移する波長域において、入射角が $0^\circ \sim 30^\circ$ に変化すると、透過率50%を示す波長が、例えば、最大略40nm短波長側にシフトする。そのため、光学フィルタが、吸収剤DAのみを含む吸収層と反射層を有する場合、入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ の光に対し、可視光を透過し波長700nm近傍の近赤外光の透過率を5%以下とし、かつ、入射角および入射偏光依存性が抑制された分光透過率曲線を得るためには、波長700nm近傍で透過率10%以下となる吸収波長帯幅 $\Delta\lambda_{abs}(T10\%)$ が、40nm以上必要となる。本明細書において、「所定の波長の近傍の範囲」と言う場合、例えば「波長700nm近傍の範囲」とは、690～710nmのように、700nmを含む範囲をいう。

[0027] しかし、図2の計算例(実効厚比 $CL = 2.5$)は、 $\Delta\lambda_{abs}(T10\%)$ がせいぜい35nmであるため、さらに $\Delta\lambda_{abs}(T10\%)$ を拡張するためには、吸収層中の吸収剤DAの実効厚比 CL を増す必要がある。また、 λ (

$\lambda(DA_T_{min})$ より短波長側の光の透過率低下を抑制するために、長波長側に $\lambda(DA_T_{min})$ を有する吸収剤DAを用いるとよい。ところが、透明樹脂中に均一分散できる吸収剤の濃度には上限があり、可視光に僅かでも吸収を示すNIR吸収剤を用いると、可視光の透過率低下が生じてしまう。

[0028] $\Delta\lambda_{abs}(T10\%)$ の拡張と可視光透過率低下の抑制を達成するため、本フィルタの吸収層は、吸収剤DAの $\lambda(DA_T_{min})$ より長波長側に、具体的には波長705～725nmに吸収極大波長 $\lambda(DB_T_{min})$ を有する吸収剤DBも含む。この構成により、本フィルタは、可視光で高透過率を維持し、 $\Delta\lambda_{abs}(T10\%)$ の40nm以上を確保できる。ここで、吸収剤DBは、波長705～725nmに $\lambda(DB_T_{min})$ を有し、吸収剤DBのみ含む吸収層を仮定したときの各透過率が、 $\lambda(DB_T_{min})$ の光で6%以下、波長600nmの光で90%以上、波長650nmの光で65%以上となるように実効厚比CLを調整するとよい。そして、図2の計算結果に基づき、波長705～725nmに $\lambda(DB_T_{min})$ を有するスクアリウム系化合物と同レベルの分光透過率曲線のNIR吸収剤を用いて濃度調整し、本フィルタに用いる吸収層が得られる。

[0029] 次に、 $\lambda(DA_T_{min}) = 685\text{nm}$ の吸収剤DAと $\lambda(DB_T_{min}) = 705\text{nm}$ の吸収剤DBを用いて、各々の実効厚比($CL(A)$, $CL(B)$)が(1.2, 1.2)、(1.2, 1.8)、(1.4, 1.2)、(1.4, 1.8)となるよう透明樹脂に含有させた吸収層を得る。図3は、波長550～800nmの光に対する各吸収層の分光透過率の計算結果である。該結果は、いずれも、波長600nmの光の透過率が90%以上、波長650nmの光の透過率が45%以上、波長685～700nmの光の透過率が2%以下、波長672～714nmの光の透過率が10%以下である。即ち、波長600～690nmの光に対し急峻な透過率変化を示し、 $\Delta\lambda_{abs}(T10\%) \geq 40\text{nm}$ を実現できる。

[0030] また、図3の結果から、波長580nm～ $\lambda(DA_T_{min})$ において、透過率が90%、50%および5%となる波長をそれぞれ $\lambda_{Sh}(DAB_T$

90%)、 $\lambda_{Sh}(DAB_T50\%)$ および $\lambda_{Sh}(DAB_T5\%)$ としたとき、いずれにおいても、 $\{\lambda_{Sh}(DAB_T50\%) - \lambda_{Sh}(DAB_T90\%)\} \geq \{\lambda_{Sh}(DAB_T5\%) - \lambda_{Sh}(DAB_T50\%)\}$ であることがわかる。

[0031] 上記の分光透過率曲線を実現できる実効厚比 $CL(A)$ と $CL(B)$ は、上記設定に限定されず、例えば、 $CL(A) = 1.2 \sim 1.4$ において $CL(B) = 1.2 \sim 1.8$ であれば同様の特性が得られる。また、他の実効厚比に調整した吸収層 (DAB) でも、上記に示した所定の分光透過率、 $\Delta\lambda_{abs}(T10\%) \geq 40\text{nm}$ が得られる。

[0032] 他の例として、 $\lambda(DA_T_{min}) = 705\text{nm}$ の吸収剤 DA と $\lambda(DB_T_{min}) = 725\text{nm}$ の吸収剤 DB を用いて、各々の実効厚比 ($CL(A)$, $CL(B)$) が (2.0, 4.0)、(2.0, 5.2)、(2.4, 4.0)、(2.4, 5.2) となるよう透明樹脂に含有させた吸収層 (DAB) を得る。図4は、波長550~800nmの光に対する各吸収層の分光透過率の計算結果である。該結果は、いずれも、波長600nmの光の透過率が90%以上、波長650nmの光の透過率が50~60%、波長691~741nmの光の透過率が2%以下、波長682~745nmの光の透過率が10%以下である。即ち、波長600~690nmの光に対して急峻な透過率変化を示し、 $\Delta\lambda_{abs}(T10\%) \geq 60\text{nm}$ を実現できる。

[0033] また、図4の結果から、上記同様の $\lambda_{Sh}(DAB_T90\%)$ 、 $\lambda_{Sh}(DAB_T50\%)$ および $\lambda_{Sh}(DAB_T5\%)$ の関係が、いずれにおいても、 $\{\lambda_{Sh}(DAB_T50\%) - \lambda_{Sh}(DAB_T90\%)\} \geq \{\lambda_{Sh}(DAB_T5\%) - \lambda_{Sh}(DAB_T50\%)\}$ であることがわかる。

[0034] 上記の分光透過率曲線を実現できる実効厚比 $CL(A)$ と $CL(B)$ は、上記設定に限定されず、例えば、 $CL(A) = 2.0 \sim 2.4$ において $CL(B) = 4.0 \sim 5.2$ であれば同様の特性が得られる。また、他の実効厚比に調整した吸収層でも、上記に示した所定の分光透過率、 $\Delta\lambda_{abs}(T10\%)$

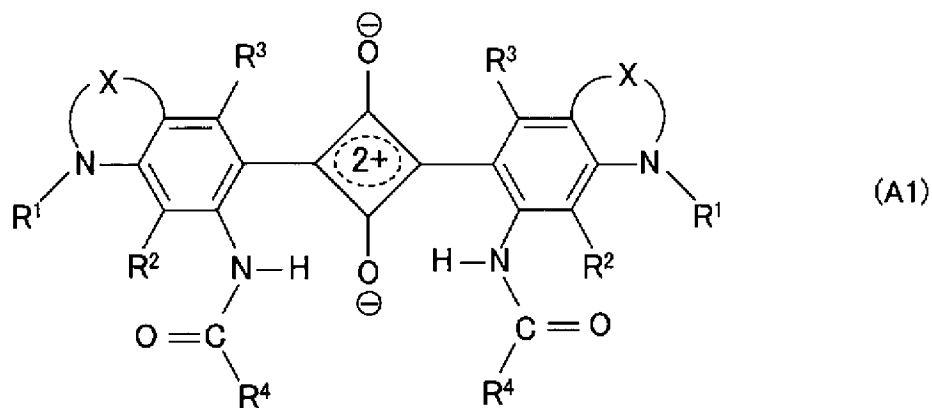
%) $\geq 60 \text{ nm}$ が得られる。

[0035] このように、上記の吸収剤 DA、DB が、所定の実効厚比 (CL (A), CL (B)) で含有する吸収層を備えた本フィルタは、波長 $600 \sim 690 \text{ nm}$ の分光透過率曲線を視感度に近似でき、 $\Delta \lambda_{abs} (T10\%) \geq 40 \text{ nm}$ を実現できる。

[0036] 吸収剤 DA および吸収剤 DB は、スクアリリウム系化合物の分光透過率曲線を参照したが、例えば、吸収剤 DA は、シアニン系化合物、フタロシアニン系化合物、ナフタロシアニン系化合物、ジチオール金属錯体系化合物、ジイモニウム系化合物等、他の化合物からなる NIR 吸収剤を参照してもよい。吸収剤 DB は、近赤外域の長波長側での光吸収を広域で確保できるように、化合物の化学構造を調整して吸光特性が付与されたスクアリリウム系化合物やシアニン系化合物が好ましく使用できる。

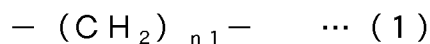
[0037] 本フィルタに好適な NIR 吸収剤の具体例は、下記一般式 (A1) で示されるスクアリリウム系化合物が挙げられる。

[0038] [化1]

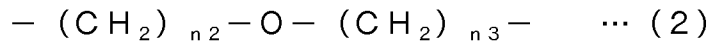


[0039] 式 (A1) 中の記号は以下のとおりである。

X は、独立して 1 つ以上の水素原子が炭素数 $1 \sim 12$ のアルキル基またはアルコキシ基で置換されていてもよい下記式 (1) または式 (2) で示される 2 価の有機基である。



式 (1) 中 $n1$ は、2 または 3 である。



式(2)中、 n_2 と n_3 はそれぞれ独立して0～2の整数であり、 $n_2 + n_3$ は1または2である。

R^1 は、独立して飽和環構造を含んでもよく、分岐を有してもよい炭素数1～12の飽和もしくは不飽和炭化水素基、炭素数3～12の飽和環状炭化水素基、炭素数6～12のアリール基または炭素数7～13のアルアリール基を示す。

R^2 および R^3 は、独立して水素原子、ハロゲン原子、または、炭素数1～10のアルキル基もしくはアルコキシ基を示す。

R^4 は、独立して1つ以上の水素原子がハロゲン原子、水酸基、カルボキシ基、スルホ基、またはシアノ基で置換されていてもよく、炭素原子間に不飽和結合、酸素原子、飽和もしくは不飽和の環構造を含んでよい、少なくとも1以上の分岐を有する炭素数5～25の炭化水素基である。

[0040] 上記一般式(A1)で表される化合物は、可視域と近赤外域との境界付近の吸収スペクトルにおける傾斜が急峻であり、かつ近赤外光に対する遮断能も高い。そのため、吸収層は、該化合物を少量添加しても優れた吸収特性を有し、光学フィルタの薄型化および小型化を実現できる。さらに、上記一般式(A1)で表される化合物は、耐熱性に優れるため、熱プロセス中の分光透過率の変化も抑制できる。

[0041] スクアリリウム系化合物は、例えば、WO2012/169447を参照でき、該文献には、吸収極大波長695～747nmを示す化合物が示される。また、種々の透明樹脂にスクアリリウム系化合物を含む吸収層は、例えば、WO2014/088063を参照でき、該文献には、吸収極大波長691～722nmの実施例が示される。さらに、WO2014/030628も参照でき、該文献には、透明樹脂に、吸収極大波長が694nm、740nm、747nmを示すシアニン系化合物と、吸収極大波長が681nmを示すフタロシアニン系化合物と、を含む吸収層の具体例が示される。

[0042] <吸収層の条件(第1の実施形態)>

吸収層は、下記（i-1）の関係の吸収剤DAおよび吸収剤DBを含み、下記（i-2）、（i-3）の条件を満たす。吸収層は、下記（i-2）、（i-3）の条件を満たすように、各吸収剤の濃度Cおよび厚さLを調整して得られる。

（i-1） $10\text{ nm} \leq \lambda(\text{DB_T}_{\text{min}}) - \lambda(\text{DA_T}_{\text{min}}) < 40\text{ nm}$ である。

（i-2）波長600 nmの光の透過率が80%以上、波長650 nmの光の透過率が40%以上、波長700 nmの光の透過率が3%以下、波長714 nmの光の透過率が10%以下である。

（i-3） $\{\lambda\text{Sh}(\text{DAB_T}50\%) - \lambda\text{Sh}(\text{DAB_T}90\%)\} \geq \{\lambda\text{Sh}(\text{DAB_T}5\%) - \lambda\text{Sh}(\text{DAB_T}50\%)\}$ である。

ただし、 $\lambda\text{Sh}(\text{DAB_T}90\%)$ 、 $\lambda\text{Sh}(\text{DAB_T}50\%)$ および $\lambda\text{Sh}(\text{DAB_T}5\%)$ は、それぞれ、波長580 nm～ $\lambda(\text{DA_T}_{\text{min}})$ において、透過率が90%、50%および5%となる波長を示す。

[0043] （i-2）において、波長600 nmの光の透過率は90%以上が好ましく、波長650 nmの光の透過率は45%以上が好ましく、波長700 nmの光の透過率は2%以下が好ましく、さらに、波長714 nmの光の透過率は5%以下が好ましい。波長650 nmの光の透過率は50%以上がさらに好ましい。

（i-3）は、吸収層による光吸収により、透過率が90%から5%へと減少する可視域の分光透過率曲線の傾斜の規定であって、波長幅 $\{\lambda\text{Sh}(\text{DAB_T}5\%) - \lambda\text{Sh}(\text{DAB_T}50\%)\}$ が波長幅 $\{\lambda\text{Sh}(\text{DAB_T}50\%) - \lambda\text{Sh}(\text{DAB_T}90\%)\}$ より狭い程、透過率遷移領域の長波長側で急峻な遮光性が得られ好ましい。また、上記規定は、吸収剤DA、DBを用い、CLを調整すればよく、上記規定を満たすことで、波長690～720 nmの光に対する高い遮光性と、波長600～690 nmの光に対する分光感度補正を効率よく実現できる。

[0044] <反射層>

吸収剤DA、DBを含む吸収層は、それだけでは、固体撮像素子が感度を有する波長350～1150nmの光のうち、波長350～390nmの近紫外光、 λ (DB-T_{min})より長波長側の近赤外光の遮光が不十分である。反射層は、可視光を透過し、近紫外光および近赤外光の遮光性を向上させる機能を備えるので、本フィルタを備えた撮像装置では、固体撮像素子が可視光のみ有効に検知できる。

[0045] また、反射層は、上述のとおり、入射角の増加にともない分光透過率曲線の反射帯が短波長側にシフトする。即ち、反射層は、所定の透過率（例えば50%）を示す波長でみたとき、光の入射角に依存して該波長が変化し、入射角の変化量によって、該波長の差分量に相当するシフト量（単位[nm]）も変化する。また、反射層は、同じ入射角の光でも偏光成分によってシフト量が異なる。そのため、本フィルタは、反射層における入射角依存性や偏光依存性を考慮した上で、可視光の分光透過率曲線を維持し、不要な近紫外光および近赤外光の高い遮光性を示す設計に基づき得られる。

[0046] 反射層は、近赤外域の特定の波長 λ_0 に対し光学膜厚が $\lambda_0/4$ となるような誘電体多層膜の構成にすると、 λ_0 近傍だけでなく $\lambda_0/3$ 近傍にも反射帯が生成される。この反射層の特性により、一群の誘電体多層膜は、波長400nm以下の近紫外光および波長725～1150nmの近赤外光の遮光が可能となる。

[0047] 誘電体多層膜の材料は、可視光透過率が高く、高屈折率の誘電体膜の屈折率と低屈折率の誘電体膜の屈折率を各々、 n_H 、 n_L としたとき $(n_H - n_L) / (n_H + n_L)$ が大きいと、後述する所定の近赤外反射帯幅 $\Delta\lambda_{NIR}$ の確保や高い反射率が得られやすい。以下、高屈折率の誘電体膜は「高屈折率膜」、低屈折率の誘電体膜は「低屈折率膜」ともいう。例えば、可視波長588nmにおいて、 $n_H \geq 2.15$ の高屈折率膜は、 TiO_2 、 Ta_2O_5 、 Nb_2O_5 、 ZnS 、 $ZnSe$ 等が挙げられ、低屈折率膜は、 $n_L = 1.46$ の SiO_2 以外に $n_L \leq 1.38$ の $Na_5Al_3F_{14}$ 、 Na_3AlF_6 、 MgF_2 等が挙げられる。また、誘電体多層膜中には、分光透過率曲線の調整、膜応力低減、密

着性向上等の目的で、高屈折率膜、低屈折率膜以外に、中間屈折率を示す誘電体膜を含んでもよい。

[0048] また、反射層は、波長 $700\sim1150\text{nm}$ で、高反射性を示す 450nm 程度の反射帯幅 $\Delta\lambda_{\text{NIR}}$ を確保するため、最大反射波長 λ_0 が異なる2種の誘電体多層膜を含む構成としてもよい。具体的に、該構成の反射層は、近赤外域のうち、短波長側の反射帯用の第1の反射層と、長波長側の反射帯用の第2の反射層の2種（群）の誘電体多層膜を含み、以降の説明も、2種の誘電体多層膜を含むものとして説明する。

[0049] ここで、反射層は、吸収層における上述の $\Delta\lambda_{\text{abs}}$ （ $T10\%$ ）を示す帯域内に、波長 $\lambda_R(0^\circ \text{---} T50\%) \sim \lambda_R(30^\circ \text{---} Ts50\%)$ が含まれるとよい。なお、 $\lambda_R(0^\circ \text{---} T50\%)$ および $\lambda_R(30^\circ \text{---} Ts50\%)$ は、いずれも反射層における、近赤外域の短波長側での反射特性指標であって、前者は波長 $680\sim750\text{nm}$ において入射角 0° の光に対する透過率 50% となる波長、後者は波長 $640\sim750\text{nm}$ において入射角 30° のs偏光の光に対する透過率 50% となる波長を示す。なお、後者は波長 $680\sim750\text{nm}$ の波長範囲に有するとより好ましい。本フィルタは、上記関係を満たすことで、入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ の光に対する透過率の入射角依存性が低減されるので好ましい。

[0050] また、上述のとおり反射層は、偏光依存性も考慮した設計が好ましい。具体的に、入射角 0° を基準に、入射角の増加にともない各誘電体膜の干渉光路長差および実効屈折率の変化を考慮すると、反射帯の中心波長が短波長側にシフトするとともに、p偏光に対し反射帯幅の減少、s偏光に対し反射帯幅の増加をもたらす。その結果、入射角が $0^\circ \sim 30^\circ$ で変化したとき、近赤外反射帯幅 $\Delta\lambda_{\text{NIR}}$ の短波長側で透過率 50% となる最短波長は、入射角 30° 時のs偏光の波長 $\lambda_{\text{RSh}}(30^\circ \text{---} Ts50\%)$ に相当する。一方、 $\Delta\lambda_{\text{NIR}}$ の長波長側で透過率 50% となる最短波長は、入射角 30° 時のp偏光の波長 $\lambda_{\text{RLo}}(30^\circ \text{---} Tp50\%)$ に相当する。

[0051] このように反射層は、入射角依存性および偏光依存性（以下「入射角／偏

光依存性」ともいう)を考慮すると、波長700nm近傍における、入射角 $0^{\circ} \sim 30^{\circ}$ の光に対する透過率50%の最大波長シフト量 $\delta \lambda_{RSh}(T50\%)$ [nm]は、以下の関係で示され、例えば、40nm程度の値となる。また、 $\delta \lambda_{RSh}(T50\%)$ は、入射角とともに増加する。

$$\delta \lambda_{RSh}(T50\%) = \lambda_R(0^{\circ} \text{ --- } T50\%) - \lambda_R(30^{\circ} \text{ --- } Ts50\%)$$

一方、吸収層は、入射角や入射光の偏光による分光透過率曲線の変化は殆どない。

[0052] したがって、本フィルタは、反射層がもたらす透過率の入射角／偏光依存性によって、 $\lambda_R(0^{\circ} \text{ --- } T50\%) \sim \lambda_R(30^{\circ} \text{ --- } Ts50\%)$ の範囲でシフトが発生したとしても、該範囲が、吸収層が所定の透過率以下を示す吸収波長帯に収まっていればよい。例えば、吸収層について、波長700nm近傍で透過率50%となる波長のうち、長波長側の波長を $\lambda_{Lo}(DAB \text{ --- } T50\%)$ とすると、本フィルタが、

$$\lambda_{Sh}(DAB \text{ --- } T50\%) \leq \lambda_R(30^{\circ} \text{ --- } Ts50\%) < \lambda_R(0^{\circ} \text{ --- } T50\%) \leq \lambda_{Lo}(DAB \text{ --- } T50\%)、$$

の関係を満たせば、波長600～750nmにおける分光透過率の入射角／偏光依存性を抑制できる。即ち、上記条件を満たす本フィルタは、波長600～750nmにおける分光透過率の入射角／偏光依存性が、透過率25%(=50%×50%)以下となる波長域のみに限定され現れるので好ましい。例えば、反射層の最大波長シフト量 $\delta \lambda_{RSh}(T50\%)$ が40nmであるとき、吸収層の近赤外吸収波長帯幅 $\Delta \lambda_{abs}(T50\%)$ は、40nm以上あるとよい。

[0053] 本フィルタは、反射層がもたらす透過率の入射角／偏光依存性をより低減するため、吸収層について、波長700nm近傍で透過率10%となる波長のうち、短波長側の波長を $\lambda_{Sh}(DAB \text{ --- } T10\%)$ 、長波長側の波長を $\lambda_{Lo}(DAB \text{ --- } T10\%)$ とすると、

$$\lambda_{Sh}(DAB \text{ --- } T10\%) \leq \lambda_R(30^{\circ} \text{ --- } Ts50\%) < \lambda_R(0^{\circ} \text{ --- } T10\%) \leq \lambda_{Lo}(DAB \text{ --- } T10\%)$$

$T50\% \leq \lambda_{Lo} (DAB_T10\%)$ 、

の関係を満たせば、より好ましい。即ち、上記条件を満たす本フィルタは、波長600～750nmにおける分光透過率の入射角／偏光依存性が透過率5% (= 10% × 50%) 以下となる波長域にのみに限定される。

[0054] 本フィルタは、反射層がもたらす透過率の入射角／偏光依存性をさらに低減するため、波長700nm近傍で透過率10%となる波長のうち、入射角30° 時のs偏光の波長を $\lambda_{RSh} (30^\circ_Ts10\%)$ 、入射角0° 時の波長を $\lambda_R (0^\circ_T10\%)$ とするとき、

$\lambda_{Sh} (DAB_T10\%) \leq \lambda_R (30^\circ_Ts10\%) < \lambda_R (0^\circ_T10\%) \leq \lambda_{Lo} (DAB_T10\%)$ 、

の関係を満たせばさらに好ましい。なお、 $\lambda_{RSh} (30^\circ_Ts10\%)$ は、近赤外反射帯幅 $\Delta\lambda_{NIR}$ の短波長側で透過率10%となる最短波長に相当し、 $\lambda_R (0^\circ_T10\%)$ は、 $\Delta\lambda_{NIR}$ の短波長側で透過率10%となる最長波長に相当する。上記条件を満たす本フィルタは、波長600～750nmにおける分光透過率の入射角／偏光依存性が透過率1% (= 10% × 10%) 以下となる波長域にのみに限定される。

[0055] また、本フィルタは、波長 $\lambda (DB_T_{min}) \sim \lambda_{Lo} (DAB_T50\%)$ の透過率を3%以下にするため、反射層は、近赤外反射帯の短波長側で入射角0° 時の透過率が5%となる波長 $\lambda_{RSh} (0^\circ_T5\%)$ が、波長 $\lambda_{Lo} (DAB_T50\%)$ より短波長側に位置する設計がよい。さらに、本フィルタは、波長 $\lambda (DB_T_{min}) \sim \lambda_{Lo} (DAB_T50\%)$ の透過率を0.5%以下にするため、反射層は、近赤外反射帯の短波長側で入射角0° 時の透過率が1%となる波長 $\lambda_{RSh} (0^\circ_T1\%)$ が、波長 $\lambda_{Lo} (DAB_T50\%)$ より短波長側に位置する設計が好ましい。

[0056] また、本フィルタの反射層は、近赤外反射帯の長波長側でも入射角／偏光依存性を低減できるとよい。例えば、反射層は、入射角30° のp偏光の透過率が15%となる波長 $\lambda_{Lo} (30^\circ_Tp15\%) > 1150nm$ となる設計がよい。さらに反射層は、入射角30° で入射するp偏光の透過率が

5%となる波長 $\lambda_{Lo}(30^\circ \text{---} T_p 5\%) > 1150 \text{ nm}$ となる設計が好ましい。

[0057] このように、反射層は、入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ の光に対する、近赤外反射帯の長波長側で透過率15%、5%となる最短波長は、入射角 30° 時のp偏光であり、各々、上記 $\lambda_{Lo}(30^\circ \text{---} T_p 15\%)$ と上記 $\lambda_{Lo}(30^\circ \text{---} T_p 5\%)$ に相当する。これらの波長が、固体撮像素子が感度を有する1150 nmより長波長側に位置する反射層の仕様とすることで、本フィルタは、波長550~1150 nmの分光透過率曲線における、入射角／偏光依存性を抑制でき、撮像装置の色再現性を向上できる。

次に、本フィルタにおける、反射層の条件を示す。

[0058] <反射層の条件（第1の実施形態）>

(i i - 1) 反射層は、波長700~1150 nmにおいて、入射角 0° の光に対する透過率が5%以下となる反射帯を有する。

(i i - 2) 反射層は、波長680~750 nmにおいて、入射角 0° の光に対する透過率が50%となる波長を $\lambda_R(0^\circ \text{---} T 50\%)$ とすると、

$$\lambda_{Sh}(DAB \text{---} T 10\%) + 30 \text{ nm} < \lambda_R(0^\circ \text{---} T 50\%) < \lambda_{Lo}(DAB \text{---} T 5\%)$$

を満たす。ただし、 $\lambda_{Sh}(DAB \text{---} T 10\%)$ および $\lambda_{Lo}(DAB \text{---} T 5\%)$ は、吸収層が各々、波長580 nm~ $\lambda(DA \text{---} T_{min})$ の光に対し透過率が10%となる波長、波長 $\lambda(DB \text{---} T_{min}) \sim 800 \text{ nm}$ の光に対し透過率が5%となる波長を示す。

なお、(i i - 1)における透過率は3%以下が好ましい。

また、反射層の、波長700~1150 nmにおける、入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ の光に対する平均透過率は、迷光抑制のため1%以下が好ましく、0.5%以下がより好ましい。

[0059] 次に、図1Cの光学フィルタ30に基づき、反射層の具体的設計例を示す。

図1Cの光学フィルタ30は、第1の反射層12a、吸収層11、および、第2の反射層12bを有する。反射層（第1の反射層12aおよび第2の

反射層 12b) は、吸収層 11 の吸収能が低い波長 725 ~ 1150 nm の近赤外光を反射するように誘電体多層膜を設計する。

[0060] 本例の第 1 の反射層 12a は、(設計 1) ~ (設計 3) の順に仕様を決定した。第 1 の反射層 12a は、波長 720 ~ 950 nm に反射帯が生じるよう、設計波長 $\lambda_0 = 880 \text{ nm}$ に対し、 $n_H = 2.37$ の TiO_2 と $n_L = 1.45$ の SiO_2 を交互積層し、光学膜厚 $n_H d_H$ と $n_L d_L$ が略 $\lambda_0 / 4$ となる 27 層構成とした (設計 1)。なお、誘電体多層膜の屈折率 n_H および n_L は波長に依存して変化するため、設計波長 λ_0 における屈折率値を例示している。

[0061] 次に、可視域でのリップル低減のため、 TiO_2 と SiO_2 の 27 層における各層の光学膜厚を $\lambda_0 / 4$ から $\pm 15\%$ 程度ずらした構成とした (設計 2)。

さらに、可視域のリップル低減効果および反射防止効果を得るため、透明基板と該 27 層との界面、および吸収層と該 27 層との界面に、各層が $\lambda_0 / 4$ より薄い光学膜厚となる $\text{SiO}_2 / \text{TiO}_2 / \text{SiO}_2$ の 3 層をそれぞれ追加し、合計 33 層とした (設計 3)。表 1 は、(設計 3) の具体的構成である。なお、反射層の分光透過率評価のために、反射層の前後に備えた透明基板と吸収層 (透明樹脂) は、波長 880 nm の光における屈折率を 1.51 とした。また、以降の表 2 ~ 4 の透明基板または、透明基板および透明樹脂の屈折率も同様である。

[0062]

[表1]

層構造	媒質	光学膜厚(λ_0)	層構造	媒質	光学膜厚(λ_0)
上面	透明樹脂		18	TiO ₂	0.233
1	SiO ₂	0.180	19	SiO ₂	0.243
2	TiO ₂	0.018	20	TiO ₂	0.238
3	SiO ₂	0.066	21	SiO ₂	0.249
4	TiO ₂	0.260	22	TiO ₂	0.255
5	SiO ₂	0.260	23	SiO ₂	0.293
6	TiO ₂	0.240	24	TiO ₂	0.293
7	SiO ₂	0.245	25	SiO ₂	0.292
8	TiO ₂	0.233	26	TiO ₂	0.262
9	SiO ₂	0.242	27	SiO ₂	0.253
10	TiO ₂	0.229	28	TiO ₂	0.248
11	SiO ₂	0.241	29	SiO ₂	0.265
12	TiO ₂	0.231	30	TiO ₂	0.263
13	SiO ₂	0.241	31	SiO ₂	0.066
14	TiO ₂	0.230	32	TiO ₂	0.018
15	SiO ₂	0.239	33	SiO ₂	0.180
16	TiO ₂	0.231	下面	透明基板	
17	SiO ₂	0.240			

[0063] 図5は、第1の反射層（表1）について、TiO₂とSiO₂の屈折率波長分散を考慮した、入射角0°時、入射角30°時のp/s偏光の各分光透過率の計算結果である。該計算および後述する図6～図8に示す計算は、空気界面での反射損失を考慮していないが、後述する反射防止層により低減できる。第1の反射層は、入射角0°～30°の光に対する各透過率が、波長715～1043nmの光で50%以下、波長720～957nmの光で15%以下、波長722～956nmの光で10%以下、波長726～953nmの光で5%以下、そして、波長736～946nmの光で1%以下となる反射帯を有し、波長420～670nmの可視光で平均透過率が99%以上を示す。なお、第1の反射層（表1）は、近赤外反射帯の最小透過率が0.004%程度だが、層数を増やすことでさらに低減できる。

[0064] 表2は、光学フィルタ30の第2の反射層12bの設計例であって、（設計1'）～（設計3'）の順に仕様を決定した。まず、波長350～400nmと波長850～1150nmに反射帯が生じるよう、設計波長 $\lambda_0=10$

24 nm に対し、 $n_H = 2.36$ の TiO_2 と $n_L = 1.45$ の SiO_2 を交互積層し、光学膜厚 $n_H d_H$ と $n_L d_L$ が略 $\lambda_0/4$ となる 23 層構成とした（設計 1'）。

[0065] 次に、可視域でのリップル低減のため、 TiO_2 と SiO_2 の 23 層各層の光学膜厚を $\lambda_0/4$ から $\pm 10\%$ 程度ずらした構成とした（設計 2'）。

さらに、可視光のリップル低減効果および反射防止効果を得るため、 $\lambda_0/4$ より薄い光学膜厚で、空気と該 23 層との界面に SiO_2 を、透明基板と該 23 層との界面に SiO_2 と TiO_2 の 2 層を、それぞれ追加し、合計 26 層とした（設計 3'）。表 2 は、（設計 3'）の具体的構成である。

[0066] [表2]

層構造	媒質	光学膜厚(λ_0)	層構造	媒質	光学膜厚(λ_0)
上面	空気		14	TiO_2	0.233
1	SiO_2	0.135	15	SiO_2	0.237
2	TiO_2	0.257	16	TiO_2	0.237
3	SiO_2	0.266	17	SiO_2	0.252
4	TiO_2	0.260	18	TiO_2	0.246
5	SiO_2	0.268	19	SiO_2	0.247
6	TiO_2	0.261	20	TiO_2	0.228
7	SiO_2	0.270	21	SiO_2	0.230
8	TiO_2	0.260	22	TiO_2	0.221
9	SiO_2	0.268	23	SiO_2	0.238
10	TiO_2	0.258	24	TiO_2	0.244
11	SiO_2	0.265	25	SiO_2	0.051
12	TiO_2	0.252	26	TiO_2	0.021
13	SiO_2	0.251	下面	透明基板	

[0067] 図 6 は、第 2 の反射層（表 2）について、 TiO_2 と SiO_2 の屈折率波長分散を考慮した、入射角 0° 時、入射角 30° 時の p 偏光 / s 偏光の各分光透過率の計算結果である。第 2 の反射層は、入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ の光に対する各透過率が、波長 836 ~ 1244 nm の光で 50% 以下、波長 853 ~ 1210 nm の光で 15% 以下となる反射帯域を有する。また、第 2 の反射層は、各透過率が、波長 858 ~ 1146 nm の光で 10% 以下、波長 870 ~ 1138 nm の光で 5% 以下、波長 914 ~ 1118 nm の光で 1% 以下となる反射帯を有し、波長 420 ~ 670 nm の可視光で平均透過率 98

%以上を示す。なお、第2の反射層（表2）は、近赤外反射帯の最小透過率が0.02%程度だが、層数を増やすことでさらに低減できる。

[0068] なお、図1A、1Cに示した光学フィルタ10、30は、第1の反射層12aと第2の反射層12bとが、離隔配置されてなる。本フィルタの反射層は、これら離隔配置される場合も含むが、第1の反射層12aと第2の反射層12bとの間隔が、入射光の可干渉長より短い場合、両者で発生する反射光の干渉を考慮した計算が必要である。一方、両者の間隔が、入射光の可干渉長より長い場合は干渉しないため、反射光の干渉の考慮は不要である。撮像装置は、被写体側から可干渉長の短い自然光が入射する。そのため、撮像装置に搭載する光学フィルタが、厚さ30 μ m以上の吸収層11または透明基板13の両主面に、第1の反射層12aと第2の反射層12bを備える場合、両者を含む反射層の分光透過率は、これらの干渉を考慮する必要がない。

[0069] 図7は、第1、第2の反射層を含む「反射層」の分光透過率（入射角0°、入射角30°でp/s偏光）の計算結果である。該反射層は、入射角0°～30°の光に対し、各透過率が、波長350～380nmおよび波長707～1236nmの光で50%以下、波長350～377nmおよび波長712～1198nmの光で15%以下、波長350～376nmおよび波長714～1135nmの光で10%以下、波長718～1127nmの光で5%以下、そして、波長727～1108nmの光で1%以下を示す。また、反射層は、波長420～670nmの可視光で平均透過率98%以上、波長730～1150nmの近赤外光で平均透過率0.5%以下を示す。

[0070] また、例えば、図7に示す反射層と図3に示す吸収層を組み合わせた場合、反射層が波長680～750nmにおいて、入射角0°の光に対する透過率が50%となる波長を λ_R （0°__T50%）、吸収層が各々、波長580nm～ λ （DA__T_{min}）の光に対し透過率が10%となる波長を λ_{Sh} （DAB__T10%）、波長 λ （DB__T_{min}）～800nmの光に対し透過率が5%となる波長を λ_{Lo} （DAB__T5%）とすると、 λ_{Sh} （DAB__T

10%) + 30 nm < λ_R (0° ~ T50%) < λ_{Lo} (DAB ~ T5%) を満たす。

[0071] また、図1B、1Dに示した光学フィルタ20、40は、第1の反射層12aと第2の反射層12bとが積層されてなる。この場合、両者の界面の反射光が干渉するため、第1の反射層12aと第2の反射層12bを連続した1つの光干渉性の誘電体多層膜として分光透過率を計算するとよい。例えば、個別に設計した第1、第2の反射層を単に積層すると、透過帯や反射帯にリップルが生じるおそれがある。したがって、該リップルを低減するため、第1、第2の反射層の境界や空気との界面、吸収層11との界面等における誘電体膜の厚さや各誘電体多層膜の厚さを調整するとよい。

[0072] 図8は、図1Dの光学フィルタ40について、透明基板13の一方の主面に第1、第2の反射層を連続して積層し、 TiO_2 と SiO_2 を59層交互に積層した誘電体多層膜からなる「反射層」の分光透過率（入射角0°、入射角30°でp/s偏光）の計算結果である。該反射層は、 $\lambda_0 = 926$ nmで光学膜厚が略 $\lambda_0/4$ となる27層構成の第1の反射層と、 $\lambda_0 = 1050$ nmで光学膜厚が略 $\lambda_0/4$ となる23層の第2の反射層を、それぞれ基本とした。なお、図8に分光透過率が示される誘電体多層膜は、可視光の透過率向上およびリップル低減のため、表1と表2に示す光学膜厚を調整して得られる。

[0073] 該反射層は、入射角0° ~ 30°の光に対し、波長350 ~ 394 nmおよび波長721 ~ 1260 nmの光で透過率50%以下となる反射帯を有する。また、該反射層は、各透過率が、波長350 ~ 390 nmおよび波長726 ~ 1152 nmの光で15%以下、波長350 ~ 388 nmおよび波長728 ~ 1151 nmの光で10%以下、波長732 ~ 1150 nmの光で5%以下、そして、波長742 ~ 1087 nmの光で1%以下を示す。また、該反射層は、波長420 ~ 670 nmの可視光で平均透過率98%以上、波長730 ~ 1150 nmの近赤外光で平均透過率0.2%以下を示す。

[0074] また、例えば、図8に示す反射層と図4に示す吸収層を組み合わせた場合

、反射層が波長 $680 \sim 750 \text{ nm}$ において、入射角 0° の光に対する透過率が 50% となる波長を $\lambda_R (0^\circ \text{ --- } T50\%)$ 、吸収層が各々、波長 $580 \text{ nm} \sim \lambda (DA \text{ --- } T_{min})$ の光に対し透過率が 10% となる波長を $\lambda_{Sh} (DAB \text{ --- } T10\%)$ 、波長 $\lambda (DB \text{ --- } T_{min}) \sim 800 \text{ nm}$ の光に対し透過率が 5% となる波長を $\lambda_{Lo} (DAB \text{ --- } T5\%)$ とすると、 $\lambda_{Sh} (DAB \text{ --- } T10\%) + 30 \text{ nm} < \lambda_R (0^\circ \text{ --- } T50\%) < \lambda_{Lo} (DAB \text{ --- } T5\%)$ を満たす。

[0075] 図7および図8に例示した反射層は、光学フィルタ10、20、30および40におけるいずれの配置であっても、入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ の光に対し、各透過率が、波長 $350 \sim 377 \text{ nm}$ および波長 $726 \sim 1152 \text{ nm}$ の光で 15% 以下、波長 $350 \sim 376 \text{ nm}$ および波長 $728 \sim 1135 \text{ nm}$ の光で 10% 以下、波長 $732 \sim 1127 \text{ nm}$ の光で 5% 以下、そして、波長 $742 \sim 1087 \text{ nm}$ の光で 1% 以下を示す。また、該反射層は、波長 $420 \sim 670 \text{ nm}$ 可視光で平均透過率 98% 以上、波長 $730 \sim 1150 \text{ nm}$ 近赤外光で平均透過率 0.5% 以下を示す。

[0076] なお、反射層が、吸収層または透明基板の同一主面上に第1、第2の反射層を備える場合、誘電体多層膜を連続して成膜でき生産性が向上する。一方、該反射層が配置された光学フィルタは、膜応力による基板歪みが生じやすくなるので、該膜応力が許容範囲となる設計がよい。また、反射層は、誘電体多層膜の層数が増すにつれて生じやすいリップルを抑制する設計がよい。

[0077] また、反射層が、透明基板の両主面に離隔して第1、第2の反射層を備える場合、表面と裏面に分けて成膜するために生産性が低下する場合がある。一方、該反射層が配置された光学フィルタは、膜応力が基板両面で互いに打ち消すように作用するので、例えば、透明基板を薄型化しても基板の歪みを抑制しやすい。また、透明基板が、入射光の可干渉長より厚ければ第1、第2の反射層間の干渉リップルが生じにくい。その結果、第1、第2の反射層は、これら誘電体多層膜間の干渉を無視し、多重反射のみ考慮した計算により、所望の分光透過率曲線を実現できる。

[0078] 反射層は、図7、図8に示すように、入射角 $0^{\circ} \sim 30^{\circ}$ の光に対して、近紫外域にも透過率50%以下の反射帯を有する。また、波長350nm以下の紫外光は、反射層の TiO_2 や透明基板等の吸収により遮断され、波長378nm以下の光で透過率10%以下となる。しかし、反射層の近紫外側の反射帯も、入射角 0° から 30° への増加にしたがい短波長側にシフトする。即ち、近紫外域における透過率50%の波長は、図7で397nmから383nmへ、図8で409nmから395nmへ、いずれも14nmシフトする。本フィルタは、反射層の近紫外光の入射角依存性を低減するため、NIR吸収剤に加え、UV吸収剤も含有した吸収層を備えるとよい。

[0079] UV吸収剤は、具体的に波長370~405nmに吸収極大波長 λ ($DU_{T_{min}}$)を有し、波長400~420nmに透過率50%となる波長 λ_{Lo} ($DU_{T50\%}$)を有する。さらに、UV吸収剤は、UV吸収剤のみを含む吸収層を仮定したとき、入射角 0° の光に対する分光透過率曲線において、波長440~680nmの光に対する平均透過率が90%以上、好ましくは95%以上となるように、UV吸収剤の種類、UV吸収剤濃度C、吸収層の厚さLを設定するとよい。例として、波長350~390nmの光の遮断性を有するUV吸収剤は、メロシアニン系色素が好適である。さらに、H. W. Sands社のSDA3382およびMSA3144、QCR Solutions社のUV386AおよびUV386BやUV386A（以上、商品名）なども好適である。

[0080] <透明基板>

本フィルタに透明基板を用いる場合、該透明基板は、波長420~670nmの可視光で高透過を示す材料であればよく、近赤外光や近紫外光を吸収する材料でもよい。例えば、ガラスや結晶等の無機材料や、樹脂等の有機材料が挙げられ、形状も限定されないが、光学的、機械的信頼性、製造時のハンドリング性からガラスが好ましい。また、透明基板は、0.03~5mm厚がよく、0.03~0.5mm厚がより好ましい。また、透明基板がガラスであれば、0.05~0.5mm厚が好ましい。

[0081] 透明基板に使用できるガラスは、ソーダライムガラス、ホウケイ酸ガラス、無アルカリガラス、石英ガラス、フツリン酸塩系ガラスやリン酸塩系ガラス等にCuO等を添加した吸収型ガラス等が挙げられる。透明基板に使用できる結晶材料は、水晶、ニオブ酸リチウム、サファイヤ等の複屈折性結晶が挙げられる。また、透明基板に使用できる樹脂は、ポリエステル樹脂、ポリオレフィン樹脂、アクリル樹脂、ウレタン樹脂、塩化ビニル樹脂、フッ素樹脂、ポリカーボネート樹脂、ポリビニルブチラル樹脂、ポリビニルアルコール樹脂、ポリイミド樹脂等が挙げられる。

[0082] 透明基板が上記のCuO添加の吸収型ガラスの場合、吸収極大波長が800～900nmで広域の近赤外吸収帯を有する。また、吸収型ガラスは、CuO添加濃度や厚さの調整で、波長700～1150nmの光の透過率を調整でき、透過率20%以下を実現できる。なお、吸収型ガラスは、波長550～700nmの可視域にも吸収が及ぶため、可視光の透過率低下を抑制しつつ、CuO添加濃度や厚さを調整する。

[0083] また、透明基板が吸収型ガラスであれば、透明樹脂(B)に吸収剤DA、DBを含む吸収層でも吸収できない近赤外光の遮光性を高められる。とくに、吸収型ガラスを用いた光学フィルタは、反射層に要求される近赤外光の低反射率化の要求レベルを緩和できるため、反射層を構成する誘電体多層膜の層数低減の実現や、不要光の高い遮光性の実現が可能となり、撮像装置の画質を向上できる。また、吸収型ガラスを用いた光学フィルタは、波長700～1150nmの光に対して入射角に殆ど依存せず光吸収できる。そのため、該光学フィルタは、反射層で生じる近赤外線反射光が撮像装置内で迷光となって引き起こされる画質劣化を抑制できる。

[0084] <反射防止層>

本フィルタは、可視光の反射損失を低減する反射防止層を備えるとよい。反射防止層は、波長400～700nmの可視光の反射防止効果を得るため、屈折率の異なる誘電体膜を例えば、3～9層で、200～400nm厚となるように積層して実現できる。また、反射防止層は、吸収層の表面にモス

アイ構造と呼ばれる反射防止構造を備えたものでもよい。

[0085] 本フィルタは、吸収層の、吸収剤DBの $\lambda(D B_T_{min})$ と吸収剤DAの $\lambda(D A_T_{min})$ の差が、 $10nm \leq \lambda(D B_T_{min}) - \lambda(D A_T_{min}) < 40nm$ を満たす組合せを前提とした。そのため、本フィルタは、吸収層におけるNIR吸収剤の実効厚比CLを調整し、 $\lambda(D A_T_{min})$ と $\lambda(D B_T_{min})$ の中間波長域で透過率が1%以上となる透過帯が生じない構成が可能である。

[0086] 一方、上記波長の差が10～40nmと比較的小さいので、可視光の透過率低下を抑制する実効厚比CLに調整すると、吸収波長帯幅 $\Delta\lambda_{abs}$ を拡張しにくくなる。その結果、近赤外光の遮光は、反射層の反射特性に依存する傾向となる。また、 $\Delta\lambda_{abs}$ を拡張するため、 $\lambda(D B_T_{min})$ と $\lambda(D A_T_{min})$ の差が大きな吸収剤DBを用いると、これらの中間波長域で透過率1%以上の透過帯が生じやすくなる。例えば、波長600～690nmの光に対し、急峻な透過率変化が生じるよう吸収剤DAの実効厚比CLを調整すると、 $\Delta\lambda_{abs}$ が縮小するため上記透過帯が生じやすい。そのため、本フィルタは、使用するNIR吸収剤により変化する $\Delta\lambda_{abs}$ に応じて、適切な反射層を設計するとよい。また、本フィルタは、可視域から近赤外域、とくに波長600～900nm、における分光透過率曲線において、透過率50%以下となる波長の、入射角0°と30°の光に対する透過率の差は、30%以下であるのが好ましく、20%以下がより好ましく、10%以下がより一層好ましく、5%以下がさらに好ましい。なお、この指標は、後述する第2、第3の実施形態における光学フィルタでも同様に満足するとよい。

[0087] (第2の実施形態)

本実施形態の光学フィルタは、第1の実施形態に対し、吸収層に用いる吸収剤DBの $\lambda(D B_T_{min})$ と反射層構成が異なる一方で、吸収剤DA、透明基板および反射防止層等は第1の実施形態と同じであるため、重複説明は省略する。また、第2の実施形態の光学フィルタは、第2の実施形態の説明中「本フィルタ」ともいう。

[0088] 本フィルタは、吸収層に含まれる吸収剤DAの λ (DA_T_{min}) は、第1の実施形態と同じ波長685～715nmであるが、吸収剤DBの λ (DB_T_{min}) が波長725nm超900nm以下であって、 $40nm \leq \lambda (DB_T_{min}) - \lambda (DA_T_{min}) \leq 215nm$ を満たす。本フィルタは、第1の実施形態の光学フィルタに比べ、 $\lambda (DB_T_{min})$ と $\lambda (DA_T_{min})$ の波長差が大きいことから、波長 $\lambda (DA_T_{min}) \sim \lambda (DB_T_{min})$ で、吸収層における透過率が最大となる波長 $\lambda_c (T_{max})$ 近傍で透過率1%以上の透過帯が発生しやすい。

[0089] そのため、上記の透過帯が生じないように、反射層が、 $\lambda_R (0^\circ \sim T_{50\%}) > \lambda_c (T_{max})$ の関係を満たす設計にすると、反射層は、入射角の増加とともに反射帯が短波長側にシフトするので、 $\lambda_c (T_{max})$ 近傍で生じる吸収層の透過帯が、反射層での反射で消滅する。しかし、入射角 0° の光に対し $\lambda_c (T_{max})$ 近傍の透過帯を消滅できない。

[0090] 一方、 $\lambda_c (T_{max})$ 近傍の透過帯を確実に消滅するために、反射層が、 $\lambda_R (0^\circ \sim T_{50\%}) < \lambda_c (T_{max})$ の関係を満たす設計にすると、以下の傾向が起こり得る。即ち、反射層は、入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ の光に対し、 $\lambda_c (T_{max})$ 近傍で生じる吸収層の透過帯は消滅する。しかし、入射角の増加とともに、反射帯が短波長側にシフトし、 $\lambda (DA_T_{min})$ より短波長側で、吸収層の透過率が増大する可視光までも必要以上に反射するおそれがある。その場合、透過率50%以下の波長650～700nmで、分光透過率の入射角／偏光依存性が増大するおそれがある。

[0091] したがって、本フィルタは、吸収層の吸収特性に基づき、入射角／偏光依存性の小さい分光透過率曲線を示す反射層を設計して組合せる。このような設計により、本フィルタは、入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ の光に対し、該反射層の反射帯がシフトしても、入射角／偏光依存性が殆ど無い分光透過率を示し、 $\lambda_c (T_{max})$ 近傍の透過帯を消滅でき、波長700～1150nmの光に対し、高い遮光性を実現できる。

[0092] 以下、本フィルタの具体的な設計条件を説明する。なお、所望の分光透過

率曲線としては、波長440～600nmの可視光に対して高透過率を維持し、波長690～720nmの光に対して高い吸収性を示し、波長600～690nmの分光透過率曲線を、視感度曲線に近似補正し得る分光透過率を有する。さらに、入射角／偏光依存性による分光透過率変化が小さい光学フィルタを実現するための、吸収層および反射層の条件を以下に示す。

[0093] <吸収層の条件（第2の実施形態）>

吸収層は、下記（i-4）の関係の吸収剤DAおよび吸収剤DBを含み、下記（i-5）、（i-6）の条件を満たす。吸収層は、下記（i-5）、（i-6）の条件を満たすように、各吸収剤の濃度Cおよび厚さLを調整して得られる。

（i-4） $40\text{ nm} \leq \lambda(\text{DB_T}_{\text{min}}) - \lambda(\text{DA_T}_{\text{min}}) \leq 215\text{ nm}$ を満たす。

（i-5）波長600nmの光の透過率が80%以上、波長650nmの光の透過率が40%以上、波長 $\lambda(\text{DA_T}_{\text{min}})$ の光の透過率が3%以下、波長 $\lambda(\text{DB_T}_{\text{min}})$ の光の透過率が3%以下である。

（i-6） $\{\lambda \text{Sh}(\text{DAB_T}_{50\%}) - \lambda \text{Sh}(\text{DAB_T}_{90\%})\} \geq \{\lambda \text{Sh}(\text{DAB_T}_{5\%}) - \lambda \text{Sh}(\text{DAB_T}_{50\%})\}$ を満たす。

ただし、 $\lambda \text{Sh}(\text{DAB_T}_{90\%})$ 、 $\lambda \text{Sh}(\text{DAB_T}_{50\%})$ および $\lambda \text{Sh}(\text{DAB_T}_{5\%})$ は、それぞれ、波長580nm～ $\lambda(\text{DA_T}_{\text{min}})$ において、透過率が90%、50%および5%となる波長を示す。

（i-5）において、波長600nmの光の透過率は90%以上が好ましく、波長650nmの光の透過率は50%以上が好ましく、波長 $\lambda(\text{DA_T}_{\text{min}})$ の光の透過率は2%以下が好ましく、波長 $\lambda(\text{DB_T}_{\text{min}})$ の光の透過率は2%以下が好ましい。

[0094] 図9は、スクアリリウム系化合物を含んだ吸収層の分光透過率に基づき、吸収極大波長が685nm、695nm、705nm、735nmおよび745nmと異なる5種のNIR吸収剤について、吸収極大波長の透過率が略10%となるNIR吸収剤濃度（図9中に「吸収極大波長-c」で記載）と

その2. 5倍の濃度（図9中に「吸収極大波長－d」で記載）における分光透過率の計算結果である。

[0095] 本フィルタは、吸収剤DAの λ (DA_T_{min})より長波長側の波長725 nm超900 nm以下に λ (DB_T_{min})を有する吸収剤DBを含む吸収層を有する。該吸収層は、可視光で高透過率を維持しつつ、 λ (DB_T_{min})より長波長側における広い吸収波長帯幅により遮光性を向上できる。ここで、吸収剤DBのみを含有する吸収層を仮定したとき、 λ (DB_T_{min})の光の透過率が6%以下、波長600 nmの光の透過率が90%以上、波長650 nmの光の透過率が65%以上となるように吸収剤DBの、吸収剤濃度Cおよび吸収層の厚さL（実効厚比CL）を調整する。具体的には、図9の計算結果に基づき、波長725 nm超775 nm以下に λ (DB_T_{min})を有するスクアリリウム系化合物と同レベルの分光透過率曲線のNIR吸収剤を用い、該NIR吸収剤の実効厚比CLを調整することで、吸収剤DBを含む吸収層が得られる。

[0096] 図10は、 λ (DA_T_{min}) = 695 nmの吸収剤DAと λ (DB_T_{min}) = 735 nmの吸収剤DB、それぞれの実効厚比 (CL (A), CL (B)) が、(1.8, 2.4)、(1.8, 3.6)、(2.0, 2.4)、(2.0, 3.6)となるように透明樹脂中に含有させた吸収層の波長550～800 nmにおける分光透過率の計算結果である。図10の透過率はいずれも、波長600 nmの光で90%以上、波長650 nmの光で53～64%である。また、同計算結果の透過率は、波長687～705 nmおよび波長723～745 nmの光で2%以下、波長682～748 nmの光で5%以下、波長678～751 nmの光で10%以下、波長 λ (DA_T_{min})の光で2%以下、波長 λ (DB_T_{min})の光で2%以下である。即ち、波長600～690 nmの可視域の長波長側で急峻な透過率変化を示し、 $\Delta\lambda_{abs}$ (T10%)として60 nm以上を実現する。なお、これらの計算結果は、 λ_c (T_{max}) = 713 nm近傍で透過率略1～5%の透過帯の発生も示す。さらに、 $\{\lambda Sh(DAB_T50\%) - \lambda Sh(DAB_T90\%)\} \geq$

$\{\lambda Sh(DAB_T5\%) - \lambda Sh(DAB_T50\%)\}$ を満たす。

[0097] なお、図10の分光透過率曲線を実現する実効厚比は、上記に限定されず、例えば、 $CL(A) = 1.8$ で $CL(B) = 2.4 \sim 3.6$ 、 $CL(A) = 2.0$ で $CL(B) = 2.4 \sim 3.6$ でも同特性が得られる。また、上記以外の実効厚比に調整された吸収層でも、波長600nmの光の透過率が90%以上、波長650nmの光の透過率が50%以上、波長 $\lambda(DA_T_{min})$ の光の透過率が3%以下、波長 $\lambda(DB_T_{min})$ の光の透過率が2%以下、波長700nm近傍の光の透過率が2%以下となる吸収波長帯幅 $\Delta\lambda_{abs}(T2\%)$ が20nm以上、透過率が5%以下となる吸収波長帯幅 $\Delta\lambda_{abs}(T5\%)$ が60nm以上、透過率が10%以下となる吸収波長帯幅 $\Delta\lambda_{abs}(T10\%)$ が70nm以上を実現できる。

[0098] 次に、前例と異なる吸収層の設計例を示す。図11は、 $\lambda(DA_T_{min}) = 705\text{nm}$ の吸収剤DAと $\lambda(DB_T_{min}) = 765\text{nm}$ の吸収剤DB、それぞれの実効厚比($CL(A)$ 、 $CL(B)$)が、(2.0, 2.8)、(2.0, 4.0)、(2.6, 2.8)、(2.6, 4.0)となるように透明樹脂中に含有させた吸収層の波長550~800nmの光に対する分光透過率の計算結果である。図11の透過率はいずれも、波長600nmの光で90%以上、波長650nmの光で64~72%、波長696~714nmおよび波長752~776nmの光で2%以下、波長692~718nmおよび波長748~779nmの光で5%以下、波長688~722nmおよび波長744~782nmの光で10%以下、波長 $\lambda(DA_T_{min})$ の光で2%以下、波長 $\lambda(DB_T_{min})$ の光で2%以下である。なお、計算結果は、波長732nm近傍の光に対する透過率が12~23%の透過帯の発生も示す。さらに、 $\{\lambda Sh(DAB_T50\%) - \lambda Sh(DAB_T90\%)\} \geq \{\lambda Sh(DAB_T5\%) - \lambda Sh(DAB_T50\%)\}$ を満たす。

[0099] なお、図11の分光透過率曲線を実現する実効厚比は、上記に限定されず、例えば、 $CL(A) = 2.0$ で $CL(B) = 2.8 \sim 4.0$ 、 $CL(A)$

= 2.6 で $CL(B) = 2.8 \sim 4.0$ 、それ以外の実効厚比に調整された吸収層でも上記の特性が得られる。また、本フィルタは、第1の実施形態に比べ、吸収層が広域な吸収帯を発現できる一方、 $\lambda_c(T_{max})$ 近傍で発生する迷光が反射層により十分遮断できる。その前提において、吸収層は、 $\lambda_c(T_{max})$ 近傍の透過帯を除く透過率が10%以下となる $\Delta\lambda_{abs}(T10\%)$ が70nm以上を実現できる。なお、本設計は、 $\Delta\lambda_{abs}(T10\%)$ が90nm以上を実現した例である。

[0100] 吸収層は、第1の実施形態の吸収層と同様に波長370～405nmに吸収極大波長 $\lambda(DU_T_{min})$ を有するとともに、波長400～420nmに透過率50%となる波長 $\lambda_{Lo}(DU_T50\%)$ を有する近紫外線吸収剤(吸収剤DU)を含んでもよい。

[0101] 上記説明のとおり、本フィルタは、吸収層に含まれる2種のNIR吸収剤の $\lambda(DA_T_{min})$ と $\lambda(DB_T_{min})$ の波長差が40nm以上215nm以下の範囲であるため、これらの中間波長域で透過率1%以上となる透過帯が生じる。また、吸収剤DAは、波長600～690nmの分光透過率曲線を視感度曲線に近似補正し、波長690～720nmの光を吸収する分光透過率を実現できる。そのため、 $\lambda(DA_T_{min})$ の短波長側で吸収層の透過率が5%となる $\lambda_{Sh}(DAB_T5\%)$ と、 $\lambda_c(T_{max})$ との波長差が略30nmと狭くなる。

[0102] したがって、本フィルタは、波長600～700nmの光に対する入射角／偏光依存性が小さい吸収層の分光透過率曲線を利用し、波長700～1150nmの光に対し、吸収層のみでは不十分な遮光性を改善する反射層を備える。ここで、第1の実施形態と同様の反射層を用いると、入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ の光に対し、反射層の反射帯が700nm近傍で約40nm短波長側にシフトするので、波長650～750nmの光に対し、入射角／偏光依存性による透過率変化が生じ得る。

[0103] このような入射角／偏光依存性を低減するため、本フィルタは、シフト量が少ない反射層を用いるとよい。具体的に、該反射層は、入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$

° の光に対し、波長 700 nm 近傍における反射帯の最大シフト量が 30 nm 以下、好ましくは 25 nm 以下、より好ましくは 20 nm 以下となる設計を用いるとよい。

[0104] 入射角／偏光依存性が小さい反射層は、例えば、WO 2013/015303、特開 2007-183525 号に記載の設計を参照できる。前者は、屈折率 2 以上の層と屈折率 1.6 以下の層との組合せからなる単位屈折率層が 15 以上積層された誘電体多層膜により、波長 650 nm 付近の光における、入射角 0° と 30° で、透過率 50% となる波長の差を 16 nm とした例を示している。後者は、屈折率 2.27 の TiO_2 と、屈折率 1.72 の (La_2O_3 と Al_2O_3 の) 複合酸化物と、を交互に 27 層積層した誘電体多層膜により、平均屈折率を高く (1.94) 設定し、入射角 0° と 25° で、透過率 50% となる波長の差を 15 nm とした例を示している。次に、本フィルタにおける、反射層の条件を示す。

[0105] <反射層の条件 (第 2 の実施形態)>

(i i - 3) 反射層は、波長 700 ~ 1150 nm において、入射角 0° の光に対する透過率が 5% 以下となる反射帯を有する。

(i i - 4) 反射層は、波長 680 ~ 750 nm において、入射角 0° の光に対する透過率が 50% となる波長を $\lambda_R (0^\circ \text{---} T 50\%)$ とし、吸収層の波長 580 nm ~ $\lambda (DA \text{---} T_{min})$ において透過率が 10% となる波長を $\lambda_{Sh} (DAB \text{---} T 10\%)$ とすると、

$$\lambda_{Sh} (DAB \text{---} T 10\%) + 20 \text{ nm} < \lambda_R (0^\circ \text{---} T 50\%) < \lambda_c (T_{max})$$

を満たす。

(i i - 5) 波長 640 ~ 750 nm において、波長 $\lambda_R (0^\circ \text{---} T 50\%)$ と、入射角 30° の s 偏光に対する波長 $\lambda_R (30^\circ \text{---} T_s 50\%)$ との差 $\delta \lambda_R Sh (T 50\%)$ は、 $0 \text{ nm} < \delta \lambda_R Sh (T 50\%) \leq 25 \text{ nm}$ を満たす。

[0106] 本フィルタは、(i i - 3) ~ (i i - 5) の条件を満たすことにより、

$\lambda_c (T_{max})$ 近傍で吸収層による透過帯が生じて、入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ 時の、波長 $640 \sim 750 \text{ nm}$ の光に対する透過率変化は僅かで、波長 $700 \sim 1150 \text{ nm}$ の近赤外光に対して安定した遮光性が得られる。なお、(i i - 5) は波長 $680 \sim 750 \text{ nm}$ の波長範囲において満足するとより好ましく、その場合、入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ 時の、波長 $680 \sim 750 \text{ nm}$ の光に対する透過率変化は僅かである。

[0107] 反射層は、第1の実施形態の光学フィルタと同様、最大反射波長 λ_0 が異なる2種の誘電体多層膜を含む構成としてもよい。反射層は、例えば、第1の反射層12aと第2の反射層12bを有するが、上記説明した、反射帯のシフト量が小さい誘電体多層膜の設計は、波長 $700 \sim 1150 \text{ nm}$ の近赤外域の短波長側の光を反射する第1の反射層12aに適用するとよい。なお、該近赤外域の長波長側の光および近紫外光を反射する第2の反射層12bは、第1の実施形態と同様に設計してもよい。

[0108] 本フィルタの反射層における (i i - 3) の条件は、第1の実施形態の反射層の (i i - 1) の条件と同じであり、第1の反射層12aと第2の反射層12bの反射特性により達成される。(i i - 5) の条件は、主として第1の反射層12aの反射特性により達成され、それにより反射層としての入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ の変化に対するシフト量 $\delta \lambda_{RSh} (T50\%)$ が低減される。このような反射層を前提に吸収層の分光特性と関連付けた条件が (i i - 4) であり、第1の実施形態の反射層の (i i - 2) の条件と異なる。それ以外の吸収層と反射層の分光透過率の好適条件は、第1の実施形態と同様のため、説明を省略する。

[0109] 次に、本フィルタにおける反射層の設計例を示すが、第1の実施形態の光学フィルタの設計と共通する部分は説明を省略する。表3は、光学フィルタ30における、第1の反射層12aの設計例である。また、吸収層11は、図10に示した特性を有する。本設計では、第1の反射層12aは、吸収層11が十分に遮断できない波長 713 nm 近傍の透過帯の光および波長 $750 \sim 1150 \text{ nm}$ の近赤外光を、第1の反射層12aと第2の反射層12b

の反射帯により遮光する。

[0110] [表3]

層構造	媒質	光学膜厚 (λ_0)	$n_H d_H / n_L d_L$	層構造	媒質	光学膜厚 (λ_0)	$n_H d_H / n_L d_L$
上面	透明樹脂			20	TiO ₂	0.418	5.3
1	Al ₂ O ₃	0.162	8.5	21	SiO ₂	0.079	5.4
2	TiO ₂	0.396		22	TiO ₂	0.427	
3	SiO ₂	0.047		23	SiO ₂	0.077	5.5
4	TiO ₂	0.452	8.5	24	TiO ₂	0.429	
5	SiO ₂	0.053		25	SiO ₂	0.075	5.7
6	TiO ₂	0.448	7.3	26	TiO ₂	0.432	
7	SiO ₂	0.061		27	SiO ₂	0.072	6.1
8	TiO ₂	0.442	6.6	28	TiO ₂	0.436	
9	SiO ₂	0.067		29	SiO ₂	0.067	6.6
10	TiO ₂	0.436	6.1	30	TiO ₂	0.441	
11	SiO ₂	0.072		31	SiO ₂	0.067	6.7
12	TiO ₂	0.432	5.7	32	TiO ₂	0.448	
13	SiO ₂	0.075		33	SiO ₂	0.053	8.5
14	TiO ₂	0.429	5.5	34	TiO ₂	0.452	
15	SiO ₂	0.077		35	SiO ₂	0.047	8.5
16	TiO ₂	0.427	5.4	36	TiO ₂	0.396	
17	SiO ₂	0.079		37	Al ₂ O ₃	0.162	
18	TiO ₂	0.427	5.4	下面	透明基板		
19	SiO ₂	0.079					

[0111] 本例の第1の反射層12aは、(設計A)～(設計D)の順に仕様を決定した。

まず、入射角／偏光依存性によるシフト量を低減するため、 $n_H = 2.39$ のTiO₂と $n_L = 1.45$ のSiO₂とが交互に積層された多層膜構成を前提に、隣り合うTiO₂/SiO₂単位屈折率層の光学膜厚比($n_H d_H / n_L d_L$)を6.0に設定した(設計A)。

次に、入射角0°時の波長700～830nmの光に対し、透過率50%以下の反射帯が生じるとともに、透過率が1%以下となる反射帯幅の確保や遷移波長領域の透過率変化の急峻性を考慮して、34層構成とした(設計B)。なお、第1の反射層12aは、設計波長 $\lambda_0 = 746$ nmに対し、隣り合う誘電体膜の光学膜厚 $n_H d_H$ と $n_L d_L$ の平均値が略 $\lambda_0 / 4$ となる。また、透明基板13と、吸収層11の屈折率を略1.51とした。

[0112] 次に、可視光のリップルを低減するため、隣り合う17対(34層)のT

TiO_2 と SiO_2 からなる単位屈折率層の光学膜厚の和 ($n_H d_H + n_L d_L$) を、 $\lambda_0/2$ から略±10%程度ずらし、35層構成とした(設計C)。その結果、隣り合う17対の $n_H d_H / n_L d_L$ が、5.3~8.5(平均値=6.5)で分布した。

さらに、可視光の透過率向上のため、35層の TiO_2 と SiO_2 からなる誘電体多層膜と透明基板13および吸収層11との界面に Al_2O_3 を付加し37層構成とした(設計D=表3)。この結果、第1の反射層(37層)の平均屈折率(多層膜全体の光学膜厚/物理膜厚)は2.17であった。

[0113] 図12は、表3に示す第1の反射層について、 TiO_2 と SiO_2 の屈折率波長分散を考慮した、入射角 0° 時の光と、入射角 30° 時のp/s偏光の各分光透過率の計算結果である。なお、該計算および後述する図13~図15に示す計算は、空気界面の反射損失は考慮していないが、例えば、上記の反射防止層により可視光の反射損失を低減できる。図12に示すように、本設計例の第1の反射層は、入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ の光に対する各透過率が、波長699~822nmの光で50%以下、波長705~815nmの光で15%以下、波長708~812nmの光で10%以下、波長711~808nmの光で5%以下、そして、波長723~795nmの光で1%以下となる反射帯を有する。さらに、第1の反射層は、波長420~670nmの光に対し、平均透過率が99%以上を示す。なお、第1の反射層(表3)は、近赤外反射帯の最小透過率が0.2%程度だが、層数を増やすことでさらに低減できる。

[0114] 本設計例の第1の反射層は、波長680~750nmにおいて入射角 0° 時の光に対する λ_R ($0^\circ \sim T50\%$)が699nmであり、波長640~750nmにおいて入射角 30° 時のs偏光に対する λ_R ($30^\circ \sim Ts50\%$)が679nmであり、シフト量は20nm程度である。

[0115] 表4は、光学フィルタ30の第2の反射層12bの設計例であって(設計A')~(設計C')の順に仕様を決定した。まず、波長750~1150nmにおいて反射帯が生じるよう、設計波長 $\lambda_0=948\text{nm}$ に対し、 TiO_2

SiO_2 と SiO_2 を交互積層し、光学膜厚 $n_H d_H$ および $n_L d_L$ が略 $\lambda_0/4$ となる33層構成とした（設計A'）。

[0116] 次に、反射帯の拡張と可視光のリップル低減のため、 TiO_2 と SiO_2 の33層各層の光学膜厚を $\lambda_0/4$ から $\pm 18\%$ 程度ずらした構成とした（設計B'）。

さらに、波長400～700nmにおける可視光のリップル低減効果および反射防止効果を得るため、 $\lambda_0/4$ より薄い光学膜厚で、空気と該33層との界面に SiO_2 を、透明基板と該33層との界面に SiO_2 と TiO_2 の2層を、それぞれ追加し、合計36層とした（設計C'＝表4）。

[0117] [表4]

層構造	媒質	光学膜厚(λ_0)	層構造	媒質	光学膜厚(λ_0)
上面	空気		19	TiO_2	0.233
1	SiO_2	0.148	20	SiO_2	0.217
2	TiO_2	0.286	21	TiO_2	0.227
3	SiO_2	0.296	22	SiO_2	0.215
4	TiO_2	0.285	23	TiO_2	0.225
5	SiO_2	0.294	24	SiO_2	0.213
6	TiO_2	0.278	25	TiO_2	0.225
7	SiO_2	0.276	26	SiO_2	0.214
8	TiO_2	0.261	27	TiO_2	0.224
9	SiO_2	0.275	28	SiO_2	0.216
10	TiO_2	0.274	29	TiO_2	0.226
11	SiO_2	0.284	30	SiO_2	0.218
12	TiO_2	0.264	31	TiO_2	0.230
13	SiO_2	0.269	32	SiO_2	0.226
14	TiO_2	0.267	33	TiO_2	0.249
15	SiO_2	0.281	34	SiO_2	0.266
16	TiO_2	0.258	35	TiO_2	0.059
17	SiO_2	0.249	36	SiO_2	0.024
18	TiO_2	0.229	下面	透明基板	

[0118] 図13は、第2の反射層（表4）について、 TiO_2 と SiO_2 の屈折率波長分散を考慮した、入射角 0° 時の光、入射角 30° 時のp/s偏光の各分光透過率の計算結果である。本設計例の第2の反射層は、入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ における各透過率が、波長720～1299nmの光で50%以下、波長

730～1235 nmの光で15%以下、波長733～1230 nmの光で10%以下、波長740～1223 nmの光で5%以下、そして、波長760～1150 nmの光で1%以下となる反射帯を有する。さらに、波長420～670 nmに対し、99%以上の透過率を有する。第2の反射層（表4）は、近赤外反射帯の最小透過率が、0.001%程度だが、層数を増やすことでさらに低減できる。

[0119] また、本設計例の第2の反射層は、波長680～750 nmにおいて入射角0°時の光に対する λ_R （0° __ T50%）が720 nmであり、波長640～750 nmにおいて、さらに波長680～750 nmにおいて、入射角30°時のs偏光に対する λ_R （30° __ Ts50%）が684 nmであり、シフト量は36 nm程度である。

[0120] 次に、第1、第2の反射層を含む反射層の分光透過率の計算結果を示す。第1の実施形態と同様、本フィルタの第1、第2の反射層は、本フィルタにおけるそれらの配置による、入射光の可干渉長や膜応力を考慮して仕様を決定する。

[0121] 図14は、第1、第2の反射層を、透明基板を挟むように配して含む反射層の分光透過率曲線（入射角0°、入射角30°でp/s偏光）の計算結果である。該設計の反射層は、入射角0°～30°における各透過率が、波長350～403 nmおよび波長699～1230 nmの光で50%以下、波長350～402 nmおよび波長706～1166 nmの光で15%以下、波長350～402 nmおよび波長708～1162 nmの光で10%以下、波長350～401 nmおよび波長711～1154 nmの光で5%以下、波長723～1064 nmの光で1%以下となる反射帯を有する。さらに、該反射層は、波長420～670 nmの光に対する平均透過率が98%以上、波長730～1150 nmの光に対する平均透過率が0.5%以下を示す。

[0122] ここで、本設計例の反射層において、近赤外反射帯の短波長側で透過率50%となる λ_R （0° __ T50%）と λ_R （30° __ Ts50%）は、図14

に示すように、第1の反射層の分光透過率により決定される。即ち、反射層は、入射角 0° と 30° での透過率50%のシフト量は20nm程度である。一方、第2の反射層の入射角 0° と 30° に対し透過率50%となる $\lambda_R(0^\circ \text{ --- } T_{50\%}) \sim \lambda_R(30^\circ \text{ --- } T_{s50\%})$ は、第1の反射層の反射帯にあるため、反射層の分光透過率曲線には殆ど影響しない。

[0123] 例えば、図14に示す反射層と図10に示す吸収層を組み合わせた場合、反射層の、波長680～750nmにおいて入射角 0° の光に対する透過率が50%となる波長を $\lambda_R(0^\circ \text{ --- } T_{50\%})$ とし、吸収層の波長580nm～ $\lambda(DA \text{ --- } T_{min})$ において透過率が10%となる波長を $\lambda_{Sh}(DAB \text{ --- } T_{10\%})$ とすると、 $\lambda_{Sh}(DAB \text{ --- } T_{10\%}) + 20nm < \lambda_R(0^\circ \text{ --- } T_{50\%}) < \lambda_C(T_{max})$ （ただし、 $\lambda_C(T_{max})$ は、波長 $\lambda(DA \text{ --- } T_{min}) \sim \lambda(DB \text{ --- } T_{min})$ において、吸収層の透過率が最大となる波長）を満たす。また、波長640～750nmにおいて、入射角 30° のs偏光に対する透過率が50%となる波長を $\lambda_R(30^\circ \text{ --- } T_{s50\%})$ とすると、波長 $\lambda_R(0^\circ \text{ --- } T_{50\%})$ と、波長 $\lambda_R(30^\circ \text{ --- } T_{s50\%})$ との差 $\delta \lambda_{RSh}(T_{50\%})$ は、 $0nm < \delta \lambda_{RSh}(T_{50\%}) \leq 25nm$ を満たす。

[0124] 図15は、第1、第2の反射層を透明基板の一方の主面に連続して73層積層した誘電体多層膜からなる反射層の分光透過率曲線（入射角 0° 、入射角 30° でp/s偏光）の計算結果である。該設計の反射層は、第1の反射層における隣り合う17対（34層）の TiO_2 と SiO_2 からなる単位屈折率層が $\lambda_0 = 753nm$ で平均光学膜厚が略 $\lambda_0/4$ となる34層構成と、第2の反射層が $\lambda_0 = 948nm$ で光学膜厚が略 $\lambda_0/4$ となる TiO_2 と SiO_2 の33層構成を、それぞれ基本設計とした。そして、該設計は、可視光の透過率向上およびリップル低減のため、光学膜厚分布を調整しさらに調整層を追加した。

[0125] 本設計の反射層は、入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ の光に対する各透過率が、波長350～410nmおよび波長709～1238nmの光で50%以下、波長350～409nmおよび波長716～1182nmの光で15%以下、波

長350～409nmおよび波長717～1172nmの光で10%以下、波長350～408nmおよび波長720～1162nmの光で5%以下、波長724～1068nmの光で1%以下となる反射帯を有する。また、波長420～670nmの光に対する平均透過率が98%以上、波長730～1150nmの光に対する平均透過率が0.3%以下を示す。

[0126] 本設計例の反射層は、波長680～750nmにおいて入射角0°時の光に対する λ_R (0° __ T50%) が702nmであり、入射角30°時のs偏光に対する λ_R (30° __ Ts50%) が682nmであり、シフト量は20nm程度である。

[0127] 例えば、図15に示す反射層と図11に示す吸収層を組み合わせた場合、 $\lambda_{Sh} (DAB_T10\%) + 20nm < \lambda_R (0^\circ_T50\%) < \lambda_C (T_{max})$ を満たす。また、波長 $\lambda_R (0^\circ_T50\%)$ と、波長 $\lambda_R (30^\circ_Ts50\%)$ との差 $\delta\lambda_{RSh} (T50\%)$ は、 $0nm < \delta\lambda_{RSh} (T50\%) \leq 25nm$ を満たす。

[0128] このような反射層と吸収層を備えた第2の実施形態の光学フィルタは、第1の実施形態の光学フィルタと同様の以下の特性を有することが好ましい。なお、以下の特性におけるより好ましい態様は第1の実施形態の光学フィルタの場合と同様である。

入射角0°～30°の分光透過率曲線において、下記(1)および(2)の条件を満足する。

(1) 波長440～600nmにおける平均透過率が80%以上である。

(2) 波長690～720nm全域の透過率が5%以下である。

入射角0°の分光透過率曲線において、波長350～390nmの光に対する平均透過率が10%以下である。

波長600～900nmにおける分光透過率曲線において、透過率50%以下となる波長の、入射角0°の光に対する透過率と入射角30°の光に対する透過率の差が30%以下である。

[0129] このような反射層と吸収層を備えた第1、第2の実施形態の光学フィルタ

は、いずれも、視感度の高い波長440～600nmの光では高い透過率を維持し、波長690～720nmの光では吸収層により遮断できる。また、本発明の光学フィルタは、固体撮像素子が感度を有する波長700～1150nmの光の遮光性を向上させ、反射層による入射角／偏光依存性を抑制できる。

[0130] また、本発明に係る光学フィルタは、さらに、第1、第2の実施形態の光学フィルタで用いた吸収剤DBの吸収極大波長より長波長側で、例えば、波長745～1000nmに λ (DB__T_{min}) を有し、可視光の吸収が少ない吸収剤を用いてもよい。該吸収剤は、可視光に吸収が残留する場合、少なくとも波長450～550nmの光の透過率が90%以上となるように実効厚比CLを調整できることが前提となる。

例えば、波長800～920nmに吸収極大を有するNIR吸収剤は、KODAK社のIRDシリーズの04、79等、Epolin社のEpolight™シリーズの5547、5588等、QCR Solutions社のNIRシリーズの907B、910C等、H. W. Sands社のSDA8630等、Exciton社のNP800、IRA868（以上、商品名）等が挙げられる。

[0131] （第3の実施形態）

本実施形態の光学フィルタは、吸収層の一部として、吸収型ガラスを用いる。例えば、本フィルタの吸収層は、フツリン酸塩系ガラスやリン酸塩系ガラス等にCuO等を添加した吸収型ガラスと、吸収剤DAが透明樹脂（B）に溶解または分散した層（本実施形態で「樹脂層」ともいう。）と、を含んだ構成が挙げられる。この場合、吸収型ガラスは λ (DB__T_{min}) を示す吸収剤DBを含む前提である。また、第3の実施形態の光学フィルタは、第3の実施形態の説明中「本フィルタ」ともいう。

[0132] 吸収型ガラスは、CuO等の添加濃度や厚さを調整することで、波長700～1150nmの光の透過率を調整できる。また、吸収剤DBを含む吸収型ガラスを使用する本フィルタは、反射層に要求される近赤外光の高反射率

仕様を緩和できるので、少ない誘電体層数で同等の遮光性が得られたり、同じ構成の誘電体多層膜を用いて、遮光性を向上できたりする。

[0133] なお、本フィルタは、吸収型ガラスと樹脂層との間に誘電体層を有してもよく、その場合、本フィルタにおける吸収層の耐久性を向上できる。誘電体層の厚さは30nm以上が好ましく、100nm以上がより好ましく、200nm以上がさらに好ましい。誘電体層の厚さの上限はないが、設計や製造の容易さの観点から2000nm以下が好ましく、1000nm以下がより好ましい。

[0134] ここで、CuOを含有するガラスは、例えば、WO2014/30628A1に記載されているものが使用できる。

[0135] 本フィルタは、吸収剤DBを含む前提で吸収型ガラスを用いるので、吸収型ガラスによる $\lambda(DB_T_{min})$ が波長800~900nmに存在し、吸収型ガラスは、 $\lambda(DB_T_{min})$ 近傍の吸収波長幅が、NIR吸収剤に比べて広い。そのため、吸収型ガラスと、吸収剤DAを含む透明樹脂とを組合せてなる吸収層は、 $\lambda_c(T_{max})$ 近傍の広域で透過率2%以上の透過帯が生じやすい。そのため、本フィルタは、第2の実施形態の光学フィルタと同様、入射角/偏光依存性の小さい反射層を用いて該透過帯を消失するとよい。即ち、吸収型ガラスを用いる本フィルタは、波長650~750nmにおける入射角0°~30°の光に対し、反射層の透過率が50%となる波長がシフトしても、シフト量が吸収剤DAの吸収帯に入るように反射層を設計する。

[0136] 上記説明のとおり、第3の実施形態は、第2の実施形態において、吸収剤DBが $\lambda(DB_T_{min}) = 800 \sim 900 \text{ nm}$ の吸収ガラスを用いた光学フィルタに相当する。すなわち、本フィルタは、吸収剤DBの吸収極大波長 $\lambda(DB_T_{min})$ が波長725nm超900nm以下である、および、 $40 \text{ nm} \leq \lambda(DB_T_{min}) - \lambda(DA_T_{min}) \leq 215 \text{ nm}$ を満たすことを意味する。

[0137] なお、透明樹脂(B)、吸収剤DA、反射層、反射防止層など、吸収型ガラス(吸収剤DB)以外は第2の実施形態で規定した構成(ただし、(i-

5) の条件において、波長 λ (DB_T_{min}) の光の透過率が3%以下である構成は必須とせず、好適な構成とする) および好適条件とすればよい。

[0138] (第1～3の実施形態および撮像装置)

このように、各実施形態の光学フィルタは、可視光のうち波長600～690nmの光に対し、吸収剤DA、DBを含む吸収層により、視感度曲線に近似した感度補正ができる。また、各光学フィルタは、反射層の入射角／偏光依存性により反射帯がシフトしても、吸収層の波長600～690nmにおける分光透過率曲線を維持できる。そのため、各光学フィルタは、近赤外光の分光透過率が、入射角／偏光依存性の影響を殆ど受けずに、近赤外光を十分に遮断できる。

[0139] 本フィルタは、さらに、吸収層が吸収剤DUを含むと、近紫外光に対する反射層の分光透過率曲線が、入射角／偏光依存性によりシフトしても、光学フィルタとしての分光透過率曲線を維持できる。また、本フィルタは、吸収層の近紫外光における遮光性が不十分でも、反射層により十分低い透過率を実現できる。また、光学フィルタは、さらに入射角が拡大(30°超)する仕様では、それにともなう反射層のシフト量を考慮した吸収層を調整し入射角／偏光依存性を抑制するとよい。

[0140] また、図16は、このような光学フィルタとして光学フィルタ10を搭載した撮像装置100の模式図である。なお、撮像装置100において、他の構成の光学フィルタを用いた場合も以下の説明は同様である。撮像装置100において、光学フィルタ10中の反射層による反射光は、固体撮像素子21、撮像レンズ23、これらを固定する筐体24など撮像装置内での繰り返し反射や散乱により光学フィルタ10に再入射する迷光となる。したがって、波長700～1150nmの光の遮光性が高いほど、固体撮像素子21の受光面に到達する迷光を低減できる。その結果、固体撮像素子21に到達する不要画像の重畳やノイズ光、の少ない鮮明な画像が撮像できる。

[0141] また、各実施形態の光学フィルタ10は、撮像装置100において、例えば、撮像レンズ23と固体撮像素子21との間に配置される。さらに、該光

学フィルタ 10 は、固体撮像素子 21、撮像レンズ 23 等に粘着剤層を介して直接貼着しても使用できる。撮像レンズ 23 は、筐体 24 の内側に設けられたレンズユニット 22 により固定され、固体撮像素子 21 と、撮像レンズ 23 とは、光軸 X に沿って配置されている。光学フィルタ 10 を設置する際の向きや位置は、設計に応じて適宜選択される。

実施例

[0142] [実施例 1]

本例では、光学フィルタ 30 の製造例を説明する。

まず、屈折率 1.52 で $100\ \mu\text{m}$ 厚の透明樹脂フィルムからなる透明基板 13 の一方の主面と他方の主面にそれぞれ、表 1 に示す第 1 の反射層 12a、表 2 に示す第 2 の反射層 12b を形成する。次に、第 1 の反射層 12a の表面に、吸収剤 DA として $\lambda(\text{DA_}T_{\text{min}}) = 685\ \text{nm}$ のスクアリリウム系化合物と、吸収剤 DB として $\lambda(\text{DB_}T_{\text{min}}) = 705\ \text{nm}$ のスクアリリウム系化合物を透明樹脂に含有させた吸収層 11 を形成する。具体的に、吸収剤 DA および DB と、屈折率 1.49 のアクリル樹脂のシクロヘキサノン溶液とを、所定の質量比割合で混合した後、室温で攪拌・溶解して得られた塗工液をダイコート法で塗布し、加熱乾燥させ吸収層 11 を得る。ここで、吸収剤 DA、DB は、各々の実効厚比 ($CL(A)$, $CL(B)$) が (1.2, 1.2)、(1.2, 1.8)、(1.4, 1.2)、(1.4, 1.8) となるよう調整する。図 3 は、吸収層のみの波長 550~800 nm の光における分光透過率の計算結果である。

[0143] さらに、吸収層 11 の空気界面に、 Al_2O_3 と ZrO_2 と MgF_2 の 3 層からなる反射防止層 14 を成膜し、入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ で波長 400~700 nm の可視光に対し残留反射率を 1.5% 以下とした 4 種の光学フィルタ 30 (a) ~ (d) を得る。図 17A、17B は、光学フィルタ 30 (a) と 30 (d) の分光透過率曲線 (入射角 0° 、入射角 30° の p/s 偏光) の計算結果である。光学フィルタ 30 (b) および 30 (c) も、同様の計算結果が得られる。なお、本実施例、以降の各実施例および各比較例は、吸収

剤DAおよび吸収剤DBに用いるスクアリリウム系化合物が、波長550nm以下には吸収が殆ど無いと仮定し、透過率を100%としている。

[0144] 本例の光学フィルタ30における図3に光学特性が示される吸収層は、上記のとおり(i-1)~(i-3)の条件を満たし、これと組み合わせた反射層も上記のとおり(ii-1)、(ii-2)の条件を満たす。

[0145] 図17A、17Bに示す分光透過率曲線より、実施例1の光学フィルタ30(a)~(d)はいずれも、下記の光学特性を満足する。即ち、入射角0°~30°の光に対して、視感度の高い波長420~600nmの光の平均透過率が97%以上、波長690~720nmの光の透過率が2%以下、そして、波長600~690nmの分光透過率曲線を視感度曲線に相当する高い効率を実現し得る曲線に近似補正する分光透過率を示す。さらに、ノイズ光となる不要な波長700~1150nmの光の平均透過率が0.8%以下で、入射角0°~30°の光に対する分光透過率の変化が小さいことがわかる。また、波長600~900nmで透過率が50%以下である波長654~900nmにおいて、入射角0°と30°で透過率差が0~7%であり、透過率変化は30%以下を満足する。

[0146] [比較例1]

本比較例1の光学フィルタは、吸収層が、 $\lambda(DA_T_{min}) = 695\text{nm}$ のスクアリリウム系化合物からなる吸収剤DAのみを含み、実効厚比CL(A)が(2.5)となるように調整した以外は、実施例1と同じ構成とする。

[0147] 図18は、比較例1の光学フィルタにおける分光透過率曲線(入射角0°、入射角30°のp/s偏光)の計算結果である。比較例1の光学フィルタは、入射角30°時の波長698~716nmの光の透過率が、0.5%以下を示す一方、入射角0°時は、透過率4%以上で最大15%を示す。即ち、比較例1は、吸収層に含まれるNIR吸収剤が、吸収剤DA1種のみでは吸収波長帯幅 $\Delta\lambda_{abs}$ が狭いため、反射層の入射角/偏光依存性により、波長690~720nmの光の遮光性が不十分である。

[0148] [比較例 2]

本比較例 2 の光学フィルタは、吸収層が、 $\lambda(D B_T_{min}) = 725 \text{ nm}$ のスクアリリウム系化合物からなる吸収剤 DB のみを含み、実効厚比 CL (B) が (5.2) となるように調整した以外は、実施例 1 と同じ構成とする。

[0149] 図 19 は、比較例 2 の光学フィルタにおける分光透過率曲線（入射角 0° 、入射角 30° の p/s 偏光）の計算結果である。比較例 2 の光学フィルタは、入射角 0° と 30° の光に対し、波長 $668 \sim 700 \text{ nm}$ での分光透過率が $4 \sim 33\%$ 程度異なる。即ち、吸収剤 DB のみでは、波長 $668 \sim 700 \text{ nm}$ の光で急峻な吸収性が得られず残留透過が生じるため、反射層の入射角／偏光依存性により、該波長の光に対する遮光性が不十分である。また、波長 $600 \sim 900 \text{ nm}$ で透過率が 50% 以下である波長 $664 \sim 900 \text{ nm}$ において、入射角 0° と 30° で透過率差が $0 \sim 34\%$ である。

[0150] [実施例 2]

本例では、光学フィルタ 40 の製造例を説明する。

まず、表 1 に示す第 1 の反射層 12 a と、表 2 に示す第 2 の反射層 12 b を、 $200 \mu\text{m}$ 厚のガラスからなる透明基板 13 の一方の主面に図 1 D に示す順で成膜する。次に、透明基板 13 の他方の主面に、吸収剤 DA として $\lambda(D A_T_{min}) = 705 \text{ nm}$ のスクアリリウム系化合物と、吸収剤 DB として $\lambda(D B_T_{min}) = 725 \text{ nm}$ のスクアリリウム系化合物を透明樹脂に含有した吸収層 11 を形成する。具体的に、吸収剤 DA および DB と、屈折率 1.59 のポリカーボネート樹脂のシクロペンタノン溶液とを、所定の質量比割合で混合した後、室温で攪拌・溶解して得られた塗工液をダイコート法で塗布し、加熱乾燥させ $10 \mu\text{m}$ 厚の吸収層を得る。

ここで、吸収剤 DA、DB は、各々の実効厚比 (CL (A), CL (B)) が (2.0, 4.0)、(2.0, 5.2)、(2.4, 4.0)、(2.4, 5.2) となるよう調整する。なお、吸収層のみの波長 $550 \sim 800 \text{ nm}$ の光における分光透過率の計算結果は、図 4 を参照できる。

[0151] さらに、吸収層 11 の空気界面に、 TiO_2 と SiO_2 の 4 層からなる反射防止層 14 を成膜し、入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ で波長 $400 \sim 700 \text{ nm}$ の光に対する残留反射率を 1.5% 以下とした 4 種の光学フィルタ 40 (a) ~ (d) を得る。図 20A、20B に、光学フィルタ 40 (a) と 40 (d) の分光透過率曲線（入射角 0° 、入射角 30° の p/s 偏光）の計算結果を示す。光学フィルタ 40 (b) および 40 (c) も、同様の計算結果が得られる。

[0152] 本例の光学フィルタ 40 における図 4 に光学特性が示される吸収層は、上記のとおり (i-1) ~ (i-3) の条件を満たし、これと組み合わせた反射層も上記のとおり (ii-1)、(ii-2) の条件を満たす。

[0153] 図 20A、20B に示す分光透過率曲線より、実施例 2 の光学フィルタ 40 (a) ~ (d) はいずれも、下記の光学特性を満足する。即ち、入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ の光に対して、視感度の高い波長 $420 \sim 600 \text{ nm}$ の光の平均透過率が 97% 以上、波長 $690 \sim 720 \text{ nm}$ の光の透過率が 2% 以下、そして、波長 $600 \sim 690 \text{ nm}$ の分光透過率曲線を視感度曲線に近似補正する分光透過率を示す。さらに、ノイズ光となる不要な波長 $700 \sim 1150 \text{ nm}$ の光の平均透過率 0.8% 以下で、入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ の光に対する分光透過率の変化が小さいことがわかる。また、波長 $600 \sim 900 \text{ nm}$ で透過率が 50% 以下である波長 $654 \sim 900 \text{ nm}$ において、入射角 0° と 30° で透過率差が $0 \sim 2\%$ であり、透過率変化は 30% 以下を満足する。

[0154] [実施例 3]

本例では、光学フィルタ 30 の製造例を説明する。

まず、実施例 1 と同じ透明基板 13 の一方の主面と他方の主面に各々、表 3 に示す第 1 の反射層 12 a、表 4 に示す第 2 の反射層 12 b を形成する。次に、第 1 の反射層の表面に、吸収剤 DA として $\lambda(\text{DA_T}_{\text{min}}) = 695 \text{ nm}$ のスクアリリウム系化合物と、吸収剤 DB として $\lambda(\text{DB_T}_{\text{min}}) = 735 \text{ nm}$ のスクアリリウム系化合物を透明樹脂に含有させた吸収層 11 を形成する。具体的に、吸収剤 DA、DB と、屈折率 1.49 のアクリル樹脂の

シクロヘキサノン溶液とを、所定の質量比割合で混合した後、室温で攪拌・溶解して得られた塗工液をダイコート法で塗布し、加熱乾燥させ吸収層を得る。ここで、吸収剤DA、DBは、各々の実効厚比(C_L(A), C_L(B))が(1.8, 2.4)、(1.8, 3.6)、(2.0, 2.4)、(2.0, 3.6)となるよう調整する。なお、吸収層のみの波長550~800nmの光に対する分光透過率の計算結果は、図10を参照できる。

[0155] さらに、吸収層11の空気界面に、Al₂O₃とZrO₂とMgF₂の3層からなる反射防止層14を成膜し、入射角0°~30°時の波長400~700nmの可視光に対し残留反射率を1.5%以下とした4種の光学フィルタ30(a)~(d)を得る。図21A、21Bは、光学フィルタ30(a)と30(d)の分光透過率曲線(入射角0°、入射角30°のp/s偏光)の計算結果を示す。光学フィルタ30(b)および30(c)も、同様の計算結果が得られる。

[0156] 本例の光学フィルタ30における図10に光学特性が示される吸収層は、上記のとおり(i-4)~(i-6)の条件を満たし、これと組み合わせた反射層も上記のとおり(ii-3)~(ii-5)の条件を満たす。

[0157] 図21A、21Bに示す分光透過率曲線より、実施例3の光学フィルタ30(a)~(d)はいずれも、下記の光学特性を満足する。即ち、入射角0°~30°の光に対して、視感度の高い波長430~600nmの光の平均透過率が96%以上、波長690~720nmの光の透過率が2%以下、そして、波長600~690nmの分光透過率曲線を視感度曲線に近似補正する分光透過率を示す。さらに、ノイズ光となる不要な波長700~1150nmの光の平均透過率が0.4%以下で、入射角0°~30°の光に対する分光透過率の変化が小さいことがわかる。また、波長600~900nmで透過率が50%以下である波長658~900nmにおいて、入射角0°と30°で透過率差が0~4%であり、透過率変化は30%以下を満足する。

[0158] [実施例4]

本例では、光学フィルタ40の製造例を説明する。

まず、実施例2と同じ透明基板13の一方の主面に、表3に示す第1の反射層12aと、表4に示す第2の反射層12bを、図1Dに示す順で成膜する。次に、吸収層の分光透過率に適合させるため、表3に示す第1の反射層の設計波長 λ_0 を調整し、近赤外反射帯が長波長側に約10nmシフトする構成とする。また、第1、第2の反射層における反射帯が重なる波長域に大きな透過リップルが生じないように、表3および表4の構成を調整する。

[0159] 次に、透明基板13の他方の主面に、吸収剤DAとして $\lambda(DA_T_{min}) = 705\text{ nm}$ のスクアリリウム系化合物と、吸収剤DBとして $\lambda(DB_T_{min}) = 765\text{ nm}$ のスクアリリウム系化合物を透明樹脂に含有させた近赤外吸収層11を形成する。具体的に、吸収剤DA、DBと、屈折率1.59のポリカーボネート樹脂のシクロペンタノン溶液とを、所定の質量比割合で混合した後、室温で攪拌・溶解して得られた塗工液をダイコート法で塗布し、加熱乾燥させ10 μm 厚の吸収層を得る。ここで、吸収剤DA、DBは、各々の実効厚比(C L (A), C L (B))が(2.0, 2.8)、(2.0, 4.0)、(2.6, 2.8)、(2.6, 4.0)となるよう調整する。なお、吸収層のみの波長550~800nmの光に対する分光透過率の計算結果は、図11を参照できる。

[0160] さらに、吸収層11の空気界面に、TiO₂とSiO₂の4層からなる反射防止層14を成膜し、入射角0°~30°の波長400~700nmの可視光に対する残留反射率を1.5%以下とした4種の光学フィルタ40(a)~(d)を得る。図22A、22Bは、光学フィルタ40(a)と40(d)の分光透過率曲線(入射角0°、入射角30°のp/s偏光)の計算結果である。光学フィルタ40(b)および40(c)も、同様の計算結果が得られる。

[0161] 本例の光学フィルタ40における図11に光学特性が示される吸収層は、上記のとおり(i-4)~(i-6)の条件を満たし、これと組み合わせた反射層も上記のとおり(ii-3)~(ii-5)の条件を満たす。

[0162] 図22A、22Bに示す分光透過率曲線より、実施例4の光学フィルタ4

0 (a) ~ (d) はいずれも、下記の光学特性を満足する。即ち、入射角 0° ~ 30° の光に対して、視感度の高い波長 $430 \sim 600 \text{ nm}$ の光の平均透過率 97% 以上、波長 $690 \sim 720 \text{ nm}$ の光の透過率が 5% 以下、そして、波長 $600 \sim 690 \text{ nm}$ の分光透過率曲線を視感度曲線に近似補正する分光透過率を示す。さらに、ノイズ光となる不要な波長 $700 \sim 1150 \text{ nm}$ の光の平均透過率が 0.3% 以下で、入射角 0° ~ 30° の光に対する分光透過率の変化が小さいことがわかる。また、波長 $600 \sim 900 \text{ nm}$ で透過率が 50% 以下である波長 $664 \sim 900 \text{ nm}$ において、入射角 0° と 30° で透過率差が $0 \sim 6\%$ であり、透過率変化は 30% 以下を満足する。

[0163] このように、実施例 1、2 の光学フィルタ 30 (a) ~ (d) および光学フィルタ 40 (a) ~ (d)、実施例 3、4 の光学フィルタ 30 (a) ~ (d) および光学フィルタ 40 (a) ~ (d) は、下記の特性を有する。即ち、これらの光学フィルタは、人間の眼は感度を有しないが RGB カラーフィルタ付き固体撮像素子は感度を有する入射角 0° ~ 30° 時の波長 $700 \sim 1150 \text{ nm}$ の光を遮光する。そして、入射角 0° ~ 30° 時の波長 $600 \sim 690 \text{ nm}$ の光の分光透過率の変動が殆どなく、固体撮像素子の分光感度を視感度に近似した分光感度曲線に補正し、さらに、波長 $430 \sim 600 \text{ nm}$ の光に対し高い透過率が得られる。とくに、これらの光学フィルタは、波長 $690 \sim 720 \text{ nm}$ の光の遮光性が高く、波長 $650 \sim 700 \text{ nm}$ の光の透過率が 50% 以下となる分光透過率曲線の入射角／偏光依存性が殆ど無いため、撮像装置に搭載した場合に色再現性に優れた画像が得られる。また、実施例 3、4 は、実施例 1、2 と比べ、波長 $600 \sim 650 \text{ nm}$ の光に対する透過率が $55 \sim 70\%$ と高く、より光量損失の少ない光学フィルタを提供できる。

[0164] [比較例 3]

比較例 3 の光学フィルタは、実施例 4 で用いた、分光透過率の入射角／偏光依存性が小さい反射層の代わりに、実施例 1 で用いた反射層を用いる。それ以外は、実施例 4 と同じ構成の光学フィルタとする。すなわち、吸収層は

($i-4$) ~ ($i-6$) の条件を満たすが、これと組み合わせる反射層が ($ii-3$) ~ ($ii-5$) の条件を全て満たさない。よって、波長 600 ~ 700 nm において、入射角 0° ~ 30° の光に対する、透過率 50% となる反射層の分光透過率曲線のシフト量が、実施例 4 で 20 nm であったのに対し、本比較例では 36 nm と拡大する。

[0165] 図 23 は、比較例 3 の光学フィルタにおける分光透過率曲線（入射角 0° 、入射角 30° の p / s 偏光）の計算結果である。比較例 3 の光学フィルタは、波長 696 ~ 800 nm において、分光透過率の入射角 / 偏光依存性が殆ど無く、透過率 2% 以下の遮光性が得られる。しかし、透過率が 50% 以下である波長 668 ~ 692 nm において、入射角 0° と 30° で透過率の差が 4 ~ 31% と異なる。即ち、比較例 3 のように、実施例 1 の反射層と実施例 4 の吸収層を組合せる光学フィルタを構成すると、反射層の入射角 / 偏光依存性により、入射角 0° ~ 30° において、波長 668 ~ 692 nm の光の遮光性が不十分である。

[0166] [比較例 4]

比較例 4 の光学フィルタは、反射層が波長 668 ~ 692 nm の光に対する透過率の入射角 / 偏光依存性を低減するため、反射帯が 20 nm 長波長側にシフトするよう、設計波長 λ_0 を調整した設計とし、それ以外は、比較例 3 と同じ構成とする。すなわち、吸収層は ($i-4$) ~ ($i-6$) の条件を満たすが、これと組み合わせる反射層が ($ii-3$) ~ ($ii-5$) の条件を全て満たさない。

[0167] 図 24 は、比較例 4 の光学フィルタにおける分光透過率曲線（入射角 0° 、入射角 30° の p / s 偏光）の計算結果である。比較例 4 の光学フィルタは、透過率が 50% 以下である波長 668 ~ 700 nm において、入射角 0° と 30° 時の光の透過率変化が殆ど無い分光透過率を得られる。また、比較例 4 の光学フィルタは、入射角 30° 時の、吸収層の λ_c (T_{max}) 近傍の波長 715 ~ 734 nm の光に対し、透過率 0.5% 以下を示すが、入射角 0° 時の上記波長の光に対し、透過率が 2% 以上で最大 10% の透過帯を有

する。即ち、比較例4の光学フィルタは、反射層の入射角／偏光依存性により、吸収層の入射角 $0^{\circ} \sim 30^{\circ}$ の光に対する波長 $710 \sim 740 \text{ nm}$ の光の遮光性が不十分である。

[0168] [参考例]

本例の光学フィルタは、実施例4において、透明基板13としてCuOを含有する吸収型ガラス基板（旭硝子（株）製NF-50E）を用い、吸収剤DAとして $\lambda(DA_T_{min}) = 705 \text{ nm}$ のスクアリリウム系化合物のみを透明樹脂に含有させた近赤外吸収層11を用いる。すなわち、吸収層は、吸収剤DAを含有する樹脂層と、吸収剤DBとしてCuOを含有する吸収型ガラス基板と、を有する。それ以外は、実施例4と同じ構成とする。

[0169] ここで、吸収型ガラス基板は $\lambda(DB_T_{min}) = 850 \text{ nm}$ で、この波長における透過率 T_{min} が約20%となる厚さ 0.2 mm に加工されている。実施例1～4の透明樹脂に色素を含有させた吸収剤DBに比べ近赤外吸収波長帯が広いため、可視域の透過率低下を抑えるように $T_{min} = 10 \sim 30\%$ となる吸収型ガラス基板を用いる。

[0170] その結果、入射角 $0^{\circ} \sim 30^{\circ}$ の光に対して、視感度の高い波長 $430 \sim 600 \text{ nm}$ の光の平均透過率94%以上、波長 $690 \sim 720 \text{ nm}$ の光の透過率が5%以下、そして、波長 $600 \sim 690 \text{ nm}$ の分光透過率曲線を視感度曲線に近似補正する分光透過率を示す。さらに、ノイズ光となる不要な波長 $700 \sim 1150 \text{ nm}$ の光の平均透過率が0.3%以下で、入射角 $0^{\circ} \sim 30^{\circ}$ の光に対する分光透過率の変化が小さい。また、波長 $600 \sim 900 \text{ nm}$ で透過率が50%以下である波長 $660 \sim 900 \text{ nm}$ において、入射角 0° と 30° で透過率差が0～5%であり、透過率変化は30%以下を満足する。

産業上の利用可能性

[0171] 本発明の光学フィルタは、固体撮像素子を用いたデジタルスチルカメラ、携帯電話カメラ等の撮像装置に用いられる光学フィルタとして有用である。

符号の説明

[0172] 10, 20, 30, 40…光学フィルタ、11…吸収層、12a…（第1の）反射層、12b…（第2の）反射層、13…透明基板、14…反射防止層、21…固体撮像素子、22…レンズユニット、23…撮像レンズ、24…筐体、100…撮像装置。

請求の範囲

[請求項1]

波長685～715nmに吸収極大波長 λ (D A__T_{min}) を有する第1の近赤外線吸収剤 (D A) と、波長705～725nmに吸収極大波長 λ (D B__T_{min}) を有する第2の近赤外線吸収剤 (D B) とを含み、かつ、下記 (i - 1) ～ (i - 3) を満たす吸収層と、

下記 (i i - 1) ～ (i i - 2) を満たす誘電体多層膜からなる反射層と、

を有する光学フィルタ。

(i - 1) $10\text{ nm} \leq \lambda (\text{D B__T}_{\text{min}}) - \lambda (\text{D A__T}_{\text{min}}) < 40\text{ nm}$ である。

(i - 2) 波長600nmの光の透過率が80%以上、波長650nmの光の透過率が40%以上、波長700nmの光の透過率が3%以下、かつ、波長714nmの光の透過率が10%以下である。

(i - 3) 波長580nm～ λ (D A__T_{min}) において、透過率が90%、50%、5%となる波長をそれぞれ、 $\lambda_{\text{Sh}} (\text{D A B__T}_{90\%})$ 、 $\lambda_{\text{Sh}} (\text{D A B__T}_{50\%})$ 、 $\lambda_{\text{Sh}} (\text{D A B__T}_{5\%})$ とすると、

$\{\lambda_{\text{Sh}} (\text{D A B__T}_{50\%}) - \lambda_{\text{Sh}} (\text{D A B__T}_{90\%})\} \geq \{\lambda_{\text{Sh}} (\text{D A B__T}_{5\%}) - \lambda_{\text{Sh}} (\text{D A B__T}_{50\%})\}$ である。

(i i - 1) 波長700～1150nmにおいて、入射角0°の光に対する透過率が5%以下となる反射帯を有する。

(i i - 2) 波長680～750nmにおいて、入射角0°の光に対する透過率が50%となる波長を $\lambda_{\text{R}} (0^\circ \text{__T}_{50\%})$ とし、前記吸収層の、波長580nm～ λ (D A__T_{min}) における透過率が10%となる波長を $\lambda_{\text{Sh}} (\text{D A B__T}_{10\%})$ とし、波長 λ (D B__T_{min}) ～800nmにおける透過率が5%となる波長を $\lambda_{\text{Lo}} (\text{D A B__T}_{5\%})$ とすると、

$\lambda_{Sh}(DAB_T10\%) + 30\text{ nm} < \lambda_R(0^\circ_T50\%) < \lambda_{Lo}(DAB_T5\%)$ である。

[請求項2]

波長 $685 \sim 715\text{ nm}$ に吸収極大波長 $\lambda(DA_T_{min})$ を有する第1の近赤外線吸収剤(DA)と、波長 725 nm 超 900 nm 以下に吸収極大波長 $\lambda(DB_T_{min})$ を有する第2の近赤外線吸収剤(DB)とを含み、かつ、下記(i-4)～(i-6)を満たす吸収層と、

下記(ii-3)～(ii-5)を満たす誘電体多層膜からなる反射層と、

を有する光学フィルタ。

(i-4) $40\text{ nm} \leq \lambda(DB_T_{min}) - \lambda(DA_T_{min}) \leq 215\text{ nm}$ である。

(i-5) 波長 600 nm の光の透過率が80%以上、波長 650 nm の光の透過率が40%以上、波長 $\lambda(DA_T_{min})$ の光の透過率が3%以下で、波長 $\lambda(DB_T_{min})$ の光の透過率が3%以下である。

(i-6) 波長 $580\text{ nm} \sim \lambda(DA_T_{min})$ において、透過率が90%、50%、5%となる波長をそれぞれ、 $\lambda_{Sh}(DAB_T90\%)$ 、 $\lambda_{Sh}(DAB_T50\%)$ 、 $\lambda_{Sh}(DAB_T5\%)$ とすると、

$\{\lambda_{Sh}(DAB_T50\%) - \lambda_{Sh}(DAB_T90\%)\} \geq \{\lambda_{Sh}(DAB_T5\%) - \lambda_{Sh}(DAB_T50\%)\}$ である。

(ii-3) 波長 $700 \sim 1150\text{ nm}$ において、入射角 0° の光に対する透過率が5%以下となる反射帯を有する。

(ii-4) 波長 $680 \sim 750\text{ nm}$ において、入射角 0° の光に対する透過率が50%となる波長を $\lambda_R(0^\circ_T50\%)$ とし、前記吸収層の、波長 $580\text{ nm} \sim \lambda(DA_T_{min})$ における透過率が1

0%となる波長を $\lambda_{Sh}(DAB_T10\%)$ とすると、

$\lambda_{Sh}(DAB_T10\%) + 20\text{nm} < \lambda_R(0^\circ _T50\%) < \lambda_C(T_{max})$ である。

ただし、 $\lambda_C(T_{max})$ は、波長 $\lambda(DA_T_{min}) \sim \lambda(DB_T_{min})$ において、前記吸収層の透過率が最大となる波長である。

(ii-5) 波長640～750nmにおいて、入射角 30° のs偏光に対する透過率が50%となる波長を $\lambda_R(30^\circ _Ts50\%)$ とすると、 $\lambda_R(0^\circ _T50\%)$ と $\lambda_R(30^\circ _Ts50\%)$ との差 $\delta\lambda_{RSh}(T50\%)$ は、 $0\text{nm} < \delta\lambda_{RSh}(T50\%) \leq 25\text{nm}$ である。

[請求項3] 前記吸収層は、波長700nm近傍で透過率10%以下となる吸収波長帯域幅 $\Delta\lambda_{abs}(T10\%)$ が40nm以上である、請求項1に記載の光学フィルタ。

[請求項4] 入射角 $0^\circ \sim 30^\circ$ の分光透過率曲線において、下記(1)および(2)の条件を満足する請求項1～3いずれか1項に記載の光学フィルタ。

(1) 波長440～600nmにおける平均透過率が80%以上である。

(2) 波長690～720nm全域の透過率が5%以下である。

[請求項5] 入射角 0° の分光透過率曲線において、波長350～390nmの光に対する平均透過率が10%以下である、請求項1～4いずれか1項に記載の光学フィルタ。

[請求項6] 前記反射層は、入射角 30° のp偏光の透過率が15%となる波長 $\lambda_{Lo}(30^\circ _Tp15\%)$ が1150nm超である、請求項1～5いずれか1項に記載の光学フィルタ。

[請求項7] 前記吸収層は、波長370～405nmに吸収極大波長 $\lambda(DU_T_{min})$ を有するとともに、波長400～420nmに透過率50%となる波長 $\lambda_{Lo}(DU_T50\%)$ を有する近紫外線吸収剤を含む

、請求項 1 ～ 6 いずれか 1 項に記載の光学フィルタ。

[請求項8] 波長 600 ～ 900 nm における分光透過率曲線において、透過率 50 % 以下となる波長の入射角 0° の光に対する透過率と入射角 30° の光に対する透過率の差が 30 % 以下である、請求項 1 ～ 7 いずれか 1 項に記載の光学フィルタ。

[請求項9] 透明基板を有する、請求項 1 ～ 8 いずれか 1 項に記載の光学フィルタ。

[請求項10] 前記透明基板は、吸収型ガラスである、請求項 9 に記載の光学フィルタ。

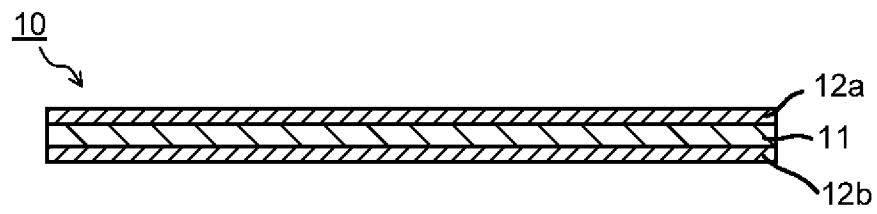
[請求項11] 前記吸収層は、前記第 1 の近赤外線吸収剤 (DA) を含む樹脂層と、前記第 2 の近赤外線吸収剤 (DB) を含む吸収型ガラスを有する、請求項 2 ～ 9 いずれか 1 項に記載の光学フィルタ。

[請求項12] 前記吸収型ガラスは、CuO を含有するフツリン酸塩系ガラスまたはリン酸塩系ガラスである、請求項 10 または請求項 11 に記載の光学フィルタ。

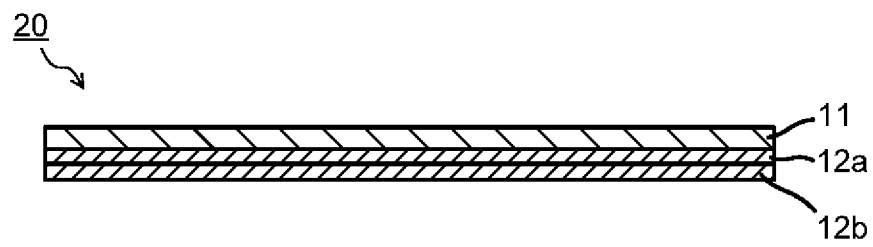
[請求項13] 前記第 1 の近赤外線吸収剤 (DA) は、スクアリリウム系化合物、シアニン系化合物、フタロシアニン系化合物、ナフタロシアニン系化合物、ジチオール金属錯体系化合物、ジイモニウム系化合物から選ばれる少なくとも 1 種を含む、請求項 1 ～ 12 いずれか 1 項に記載の光学フィルタ。

[請求項14] 請求項 1 ～ 13 のいずれか 1 項に記載の光学フィルタを備えた撮像装置。

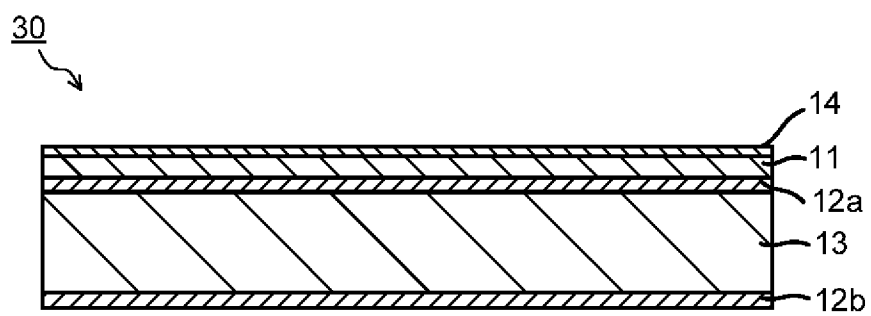
[図1A]



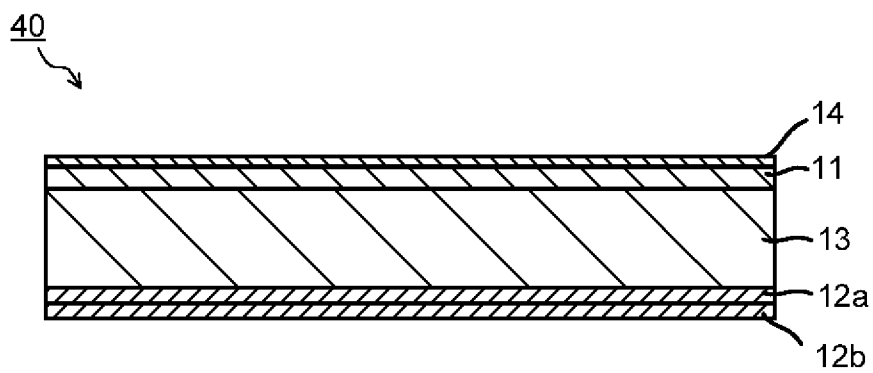
[図1B]



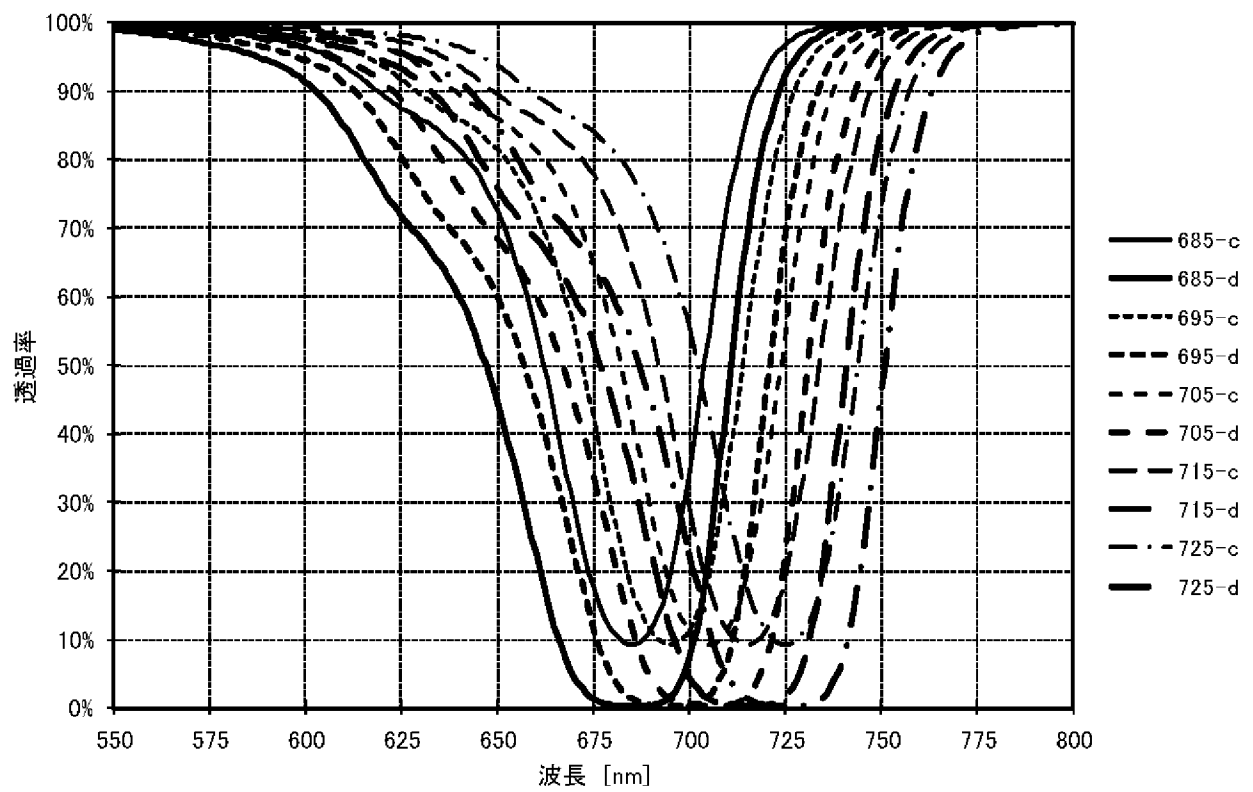
[図1C]



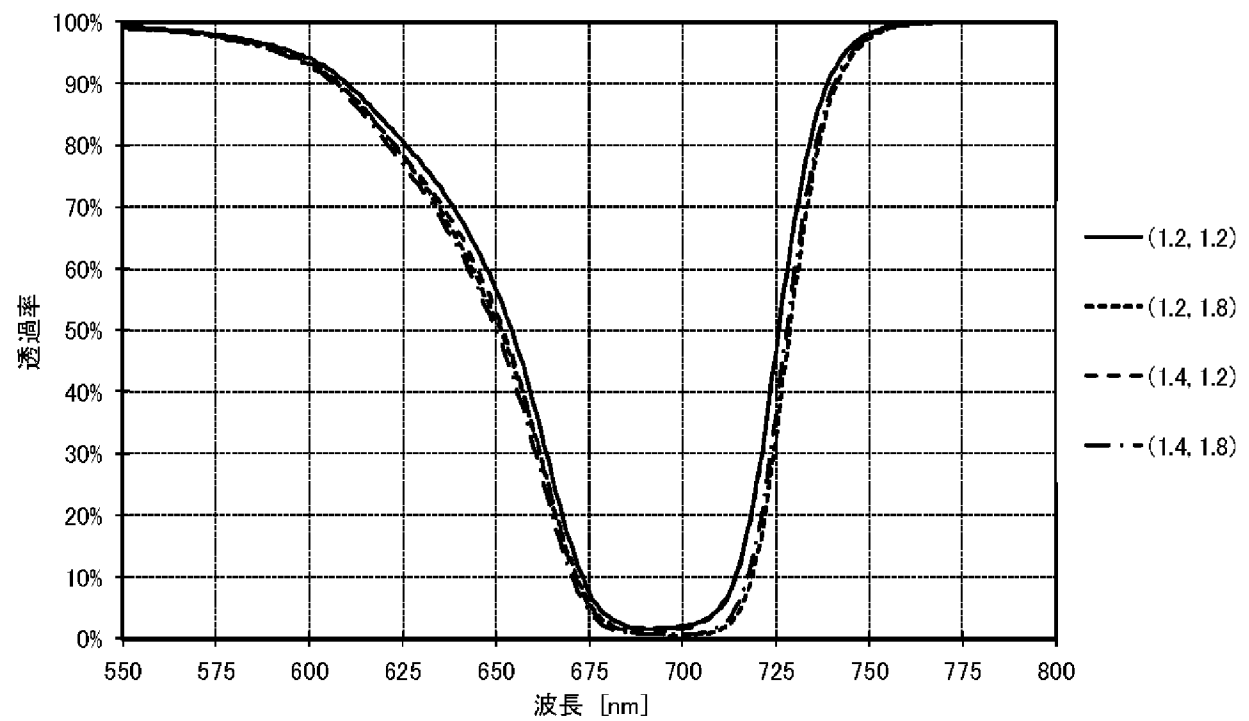
[図1D]



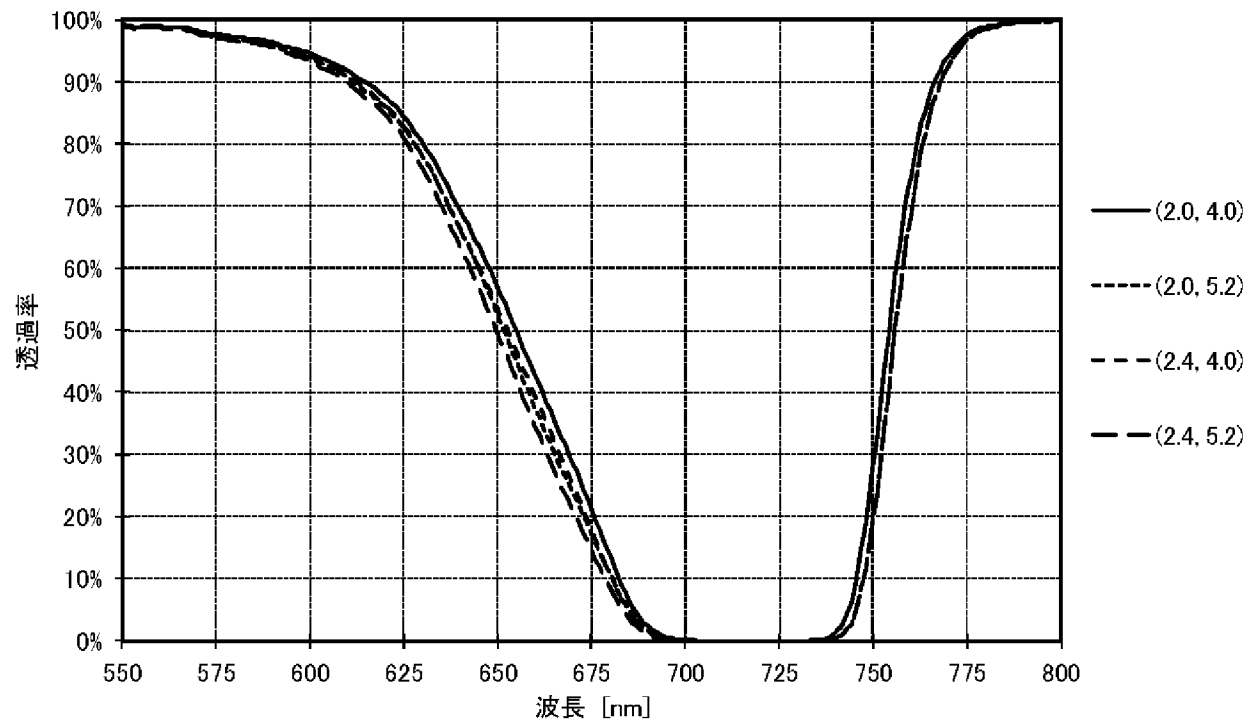
[図2]



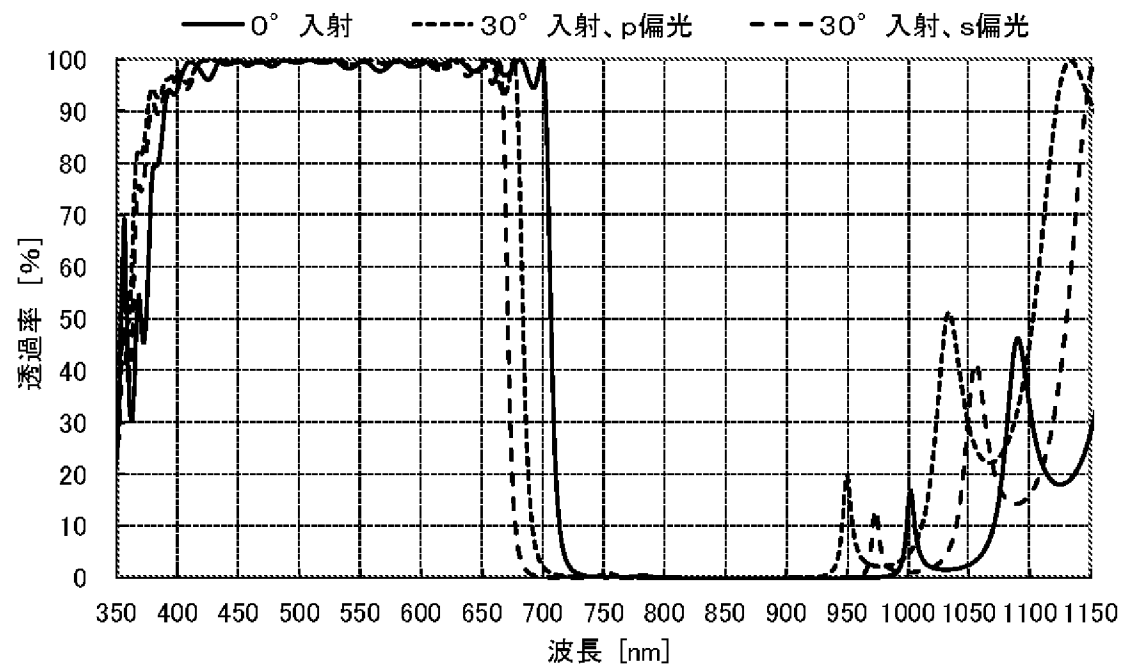
[図3]



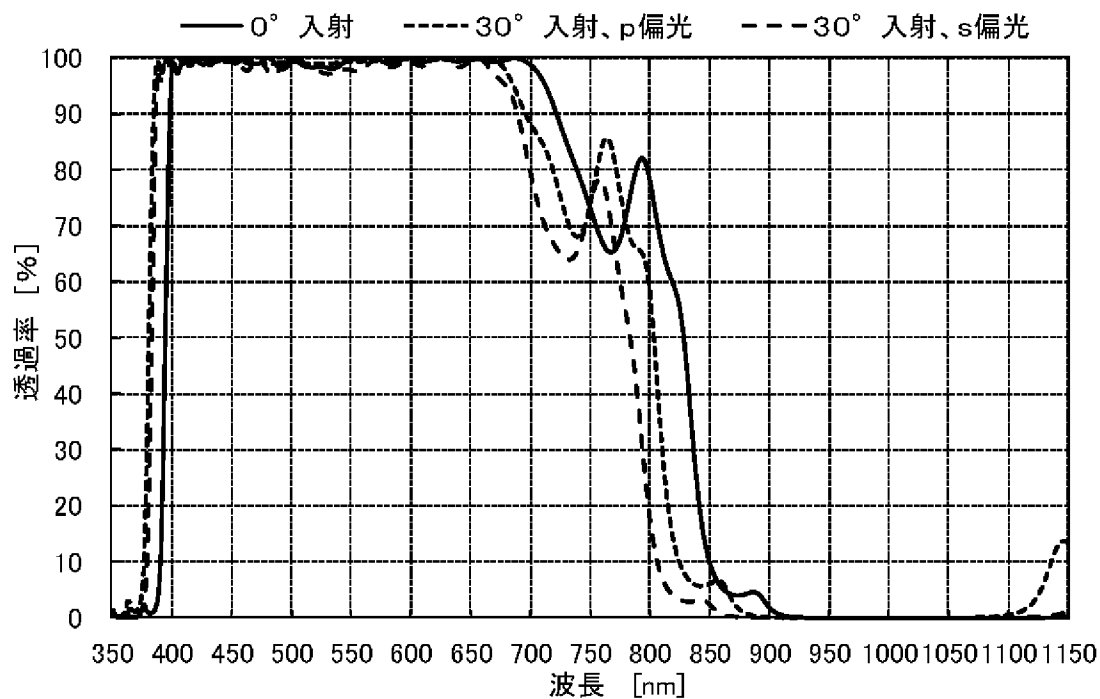
[図4]



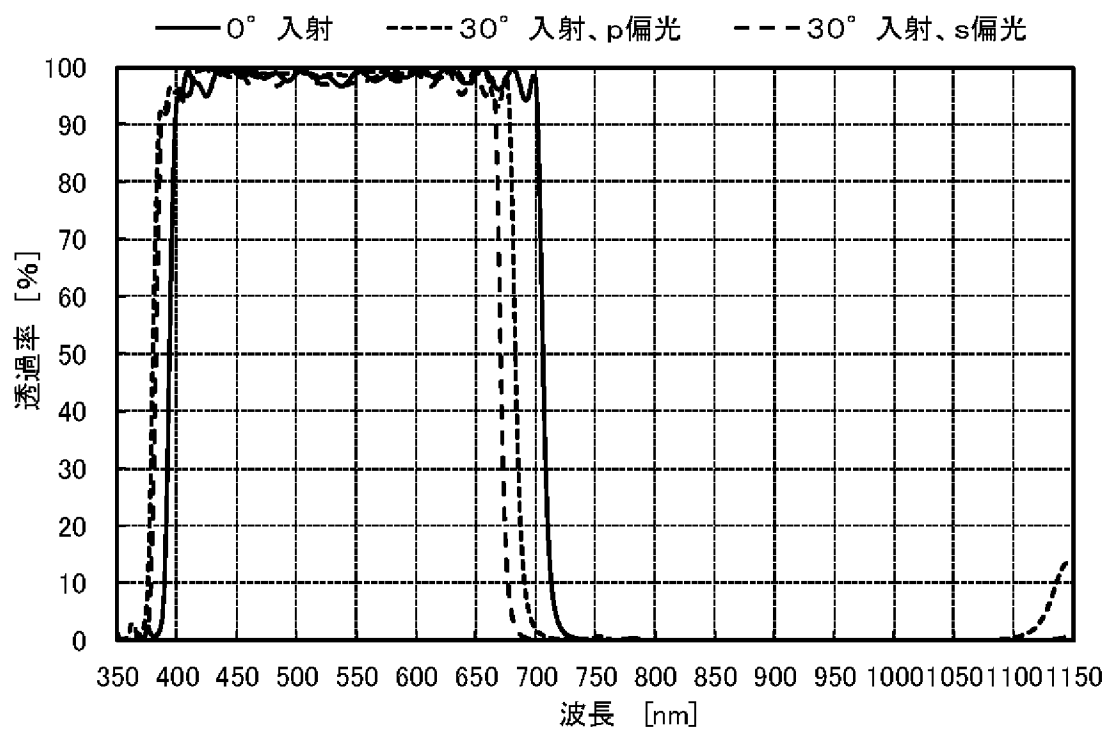
[図5]



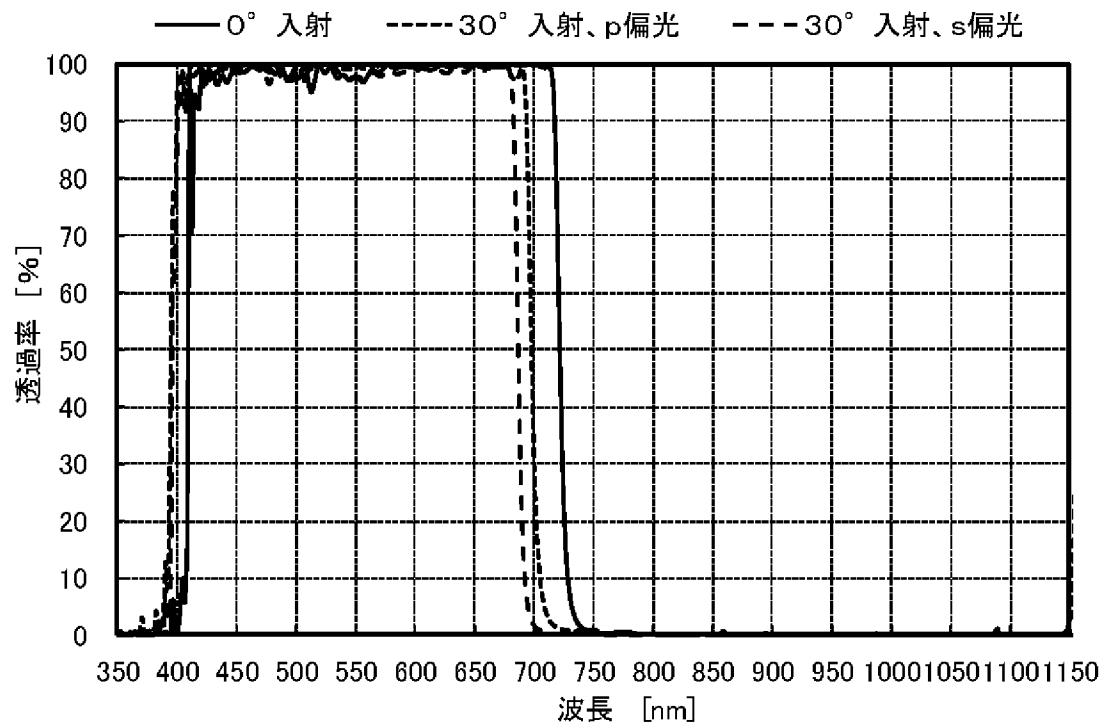
[図6]



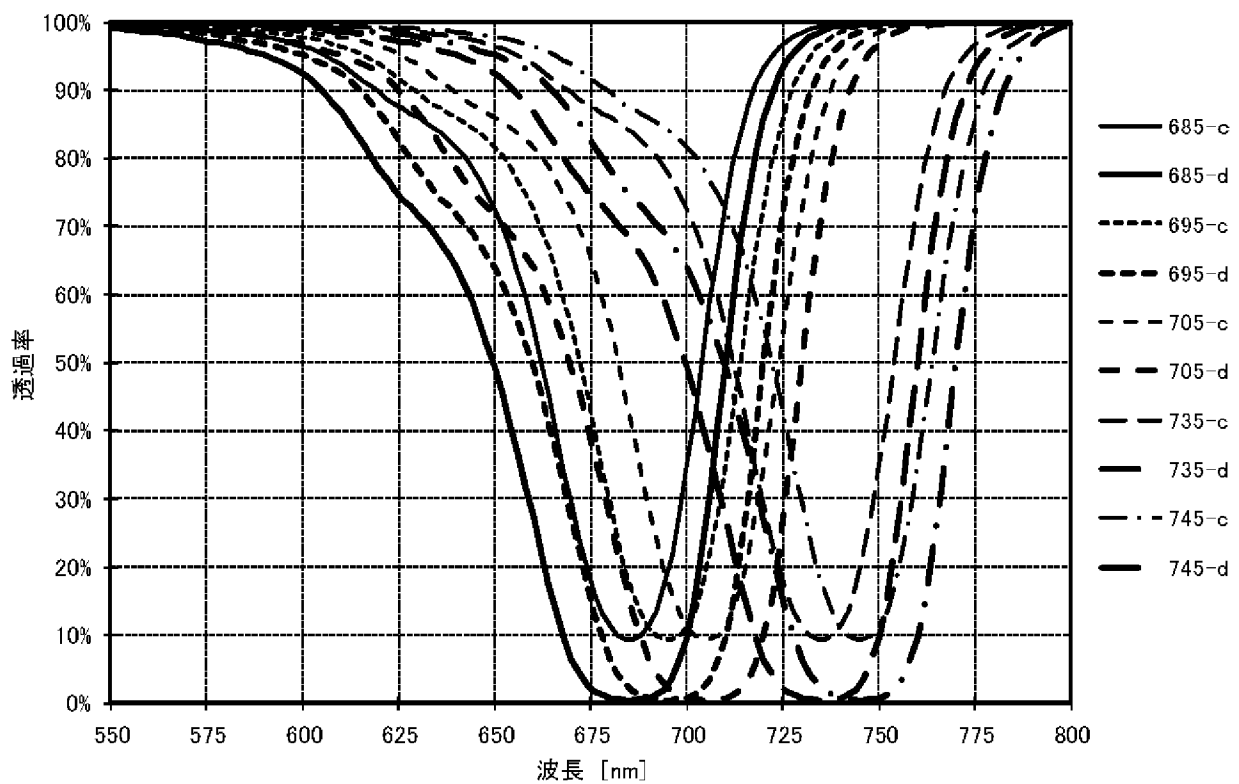
[図7]



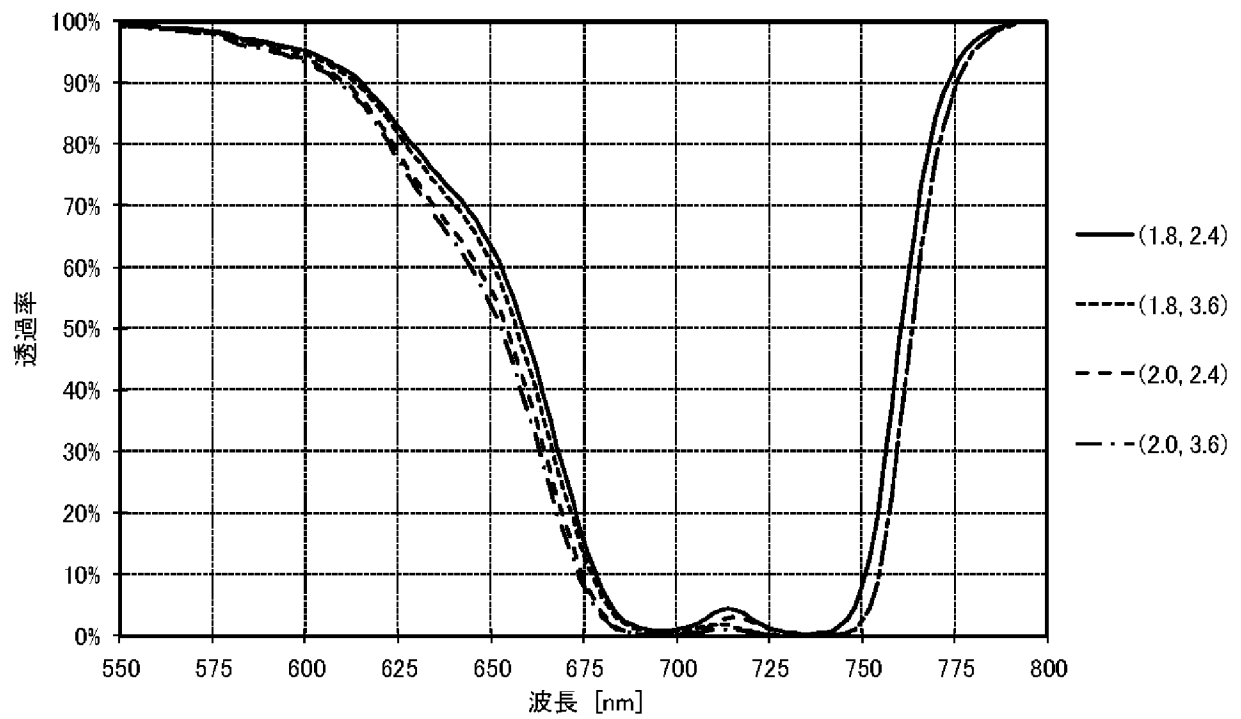
[図8]



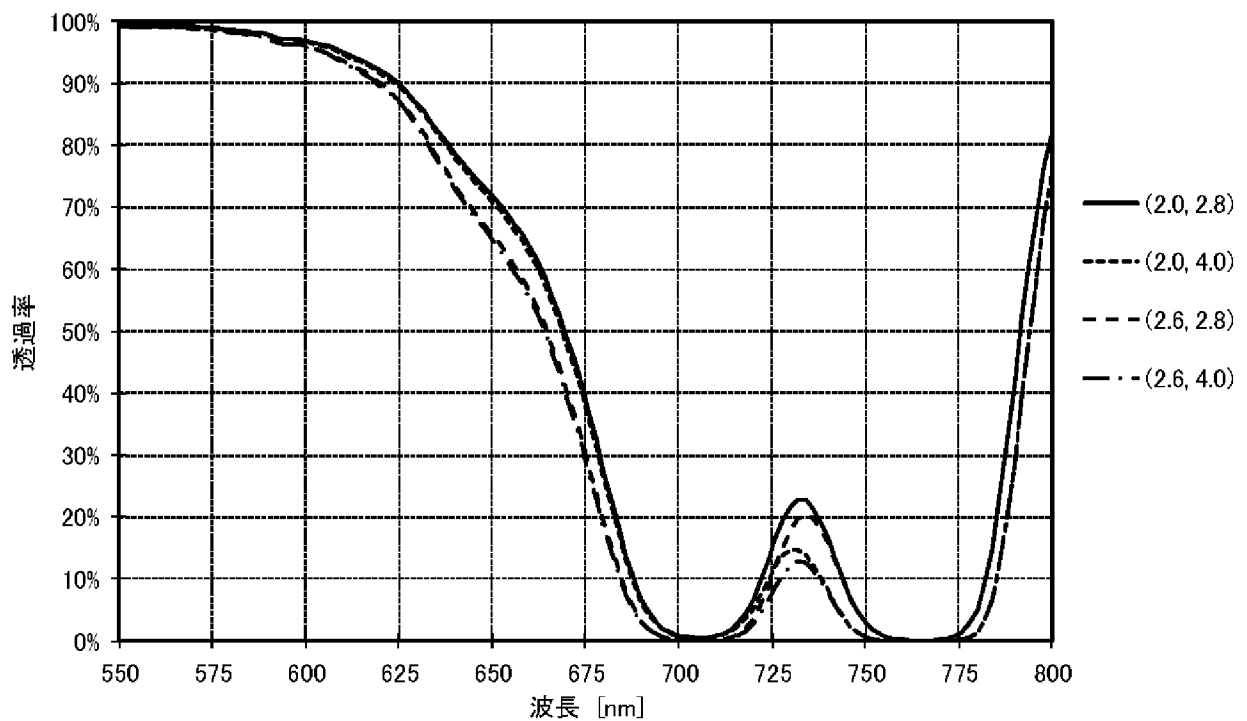
[図9]



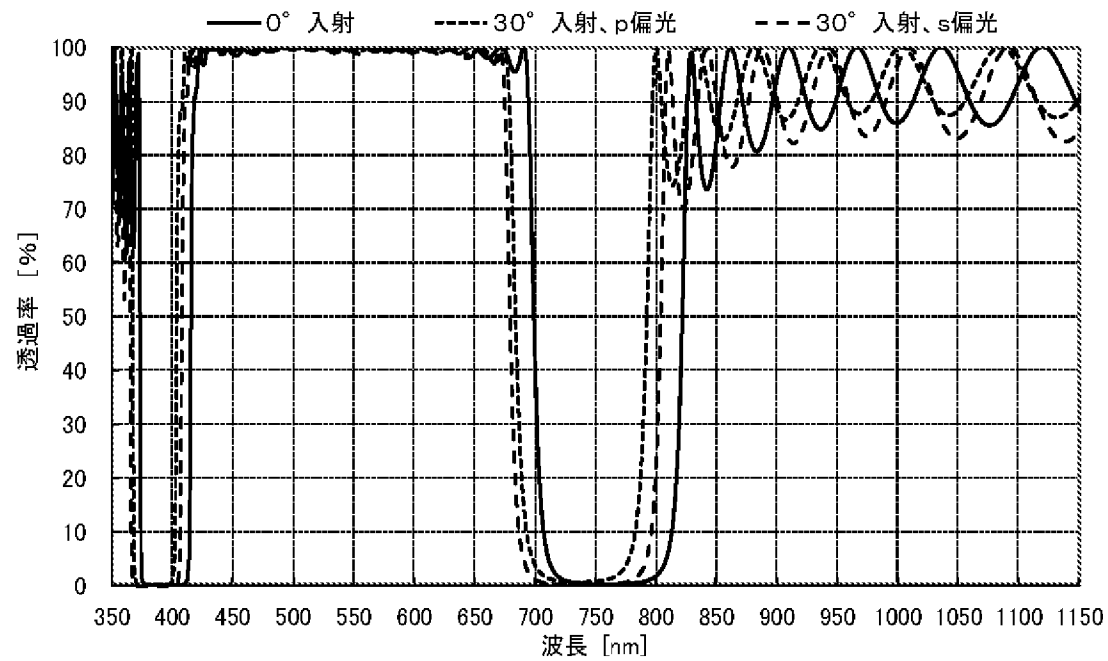
[図10]



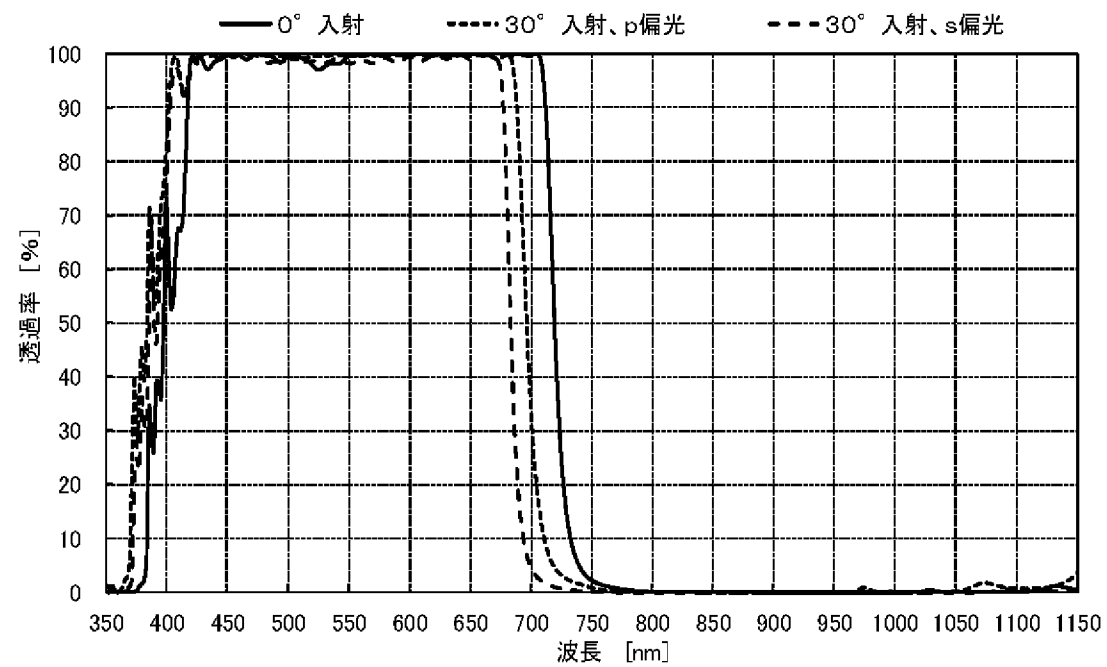
[図11]



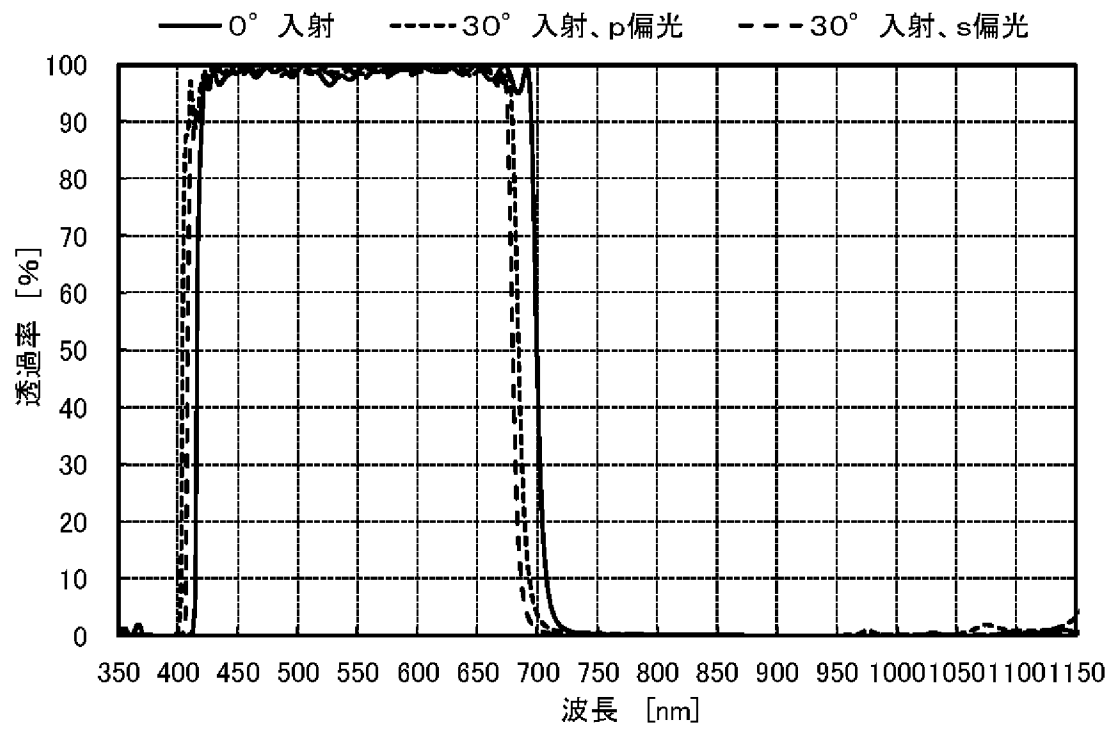
[図12]



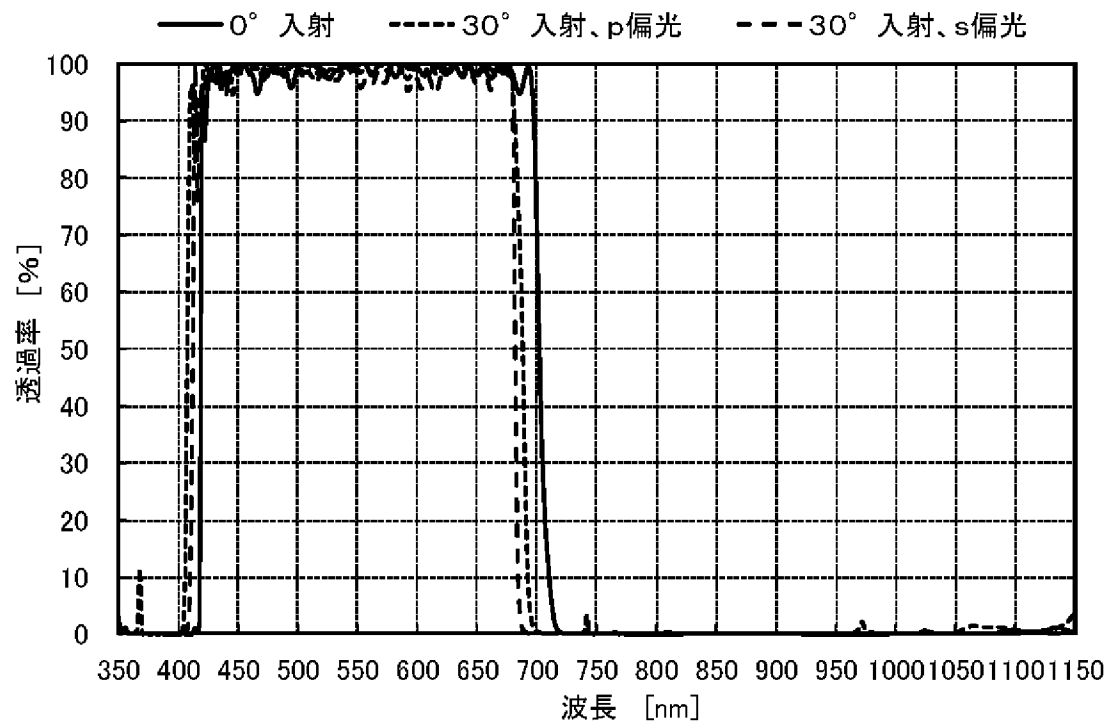
[図13]



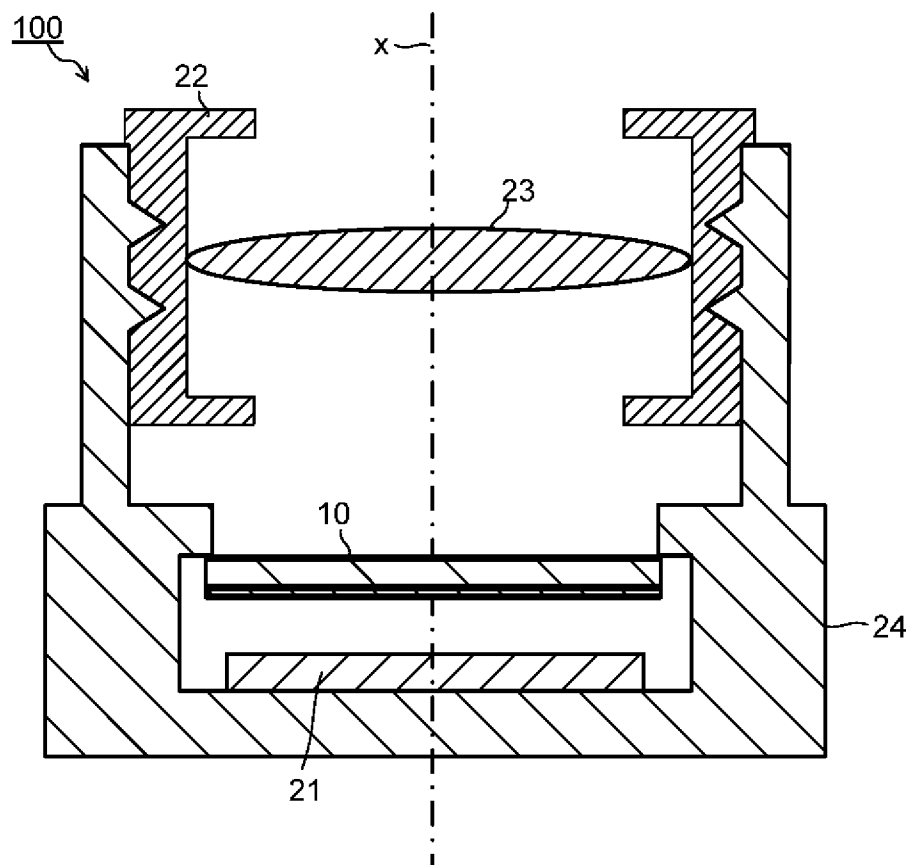
[図14]



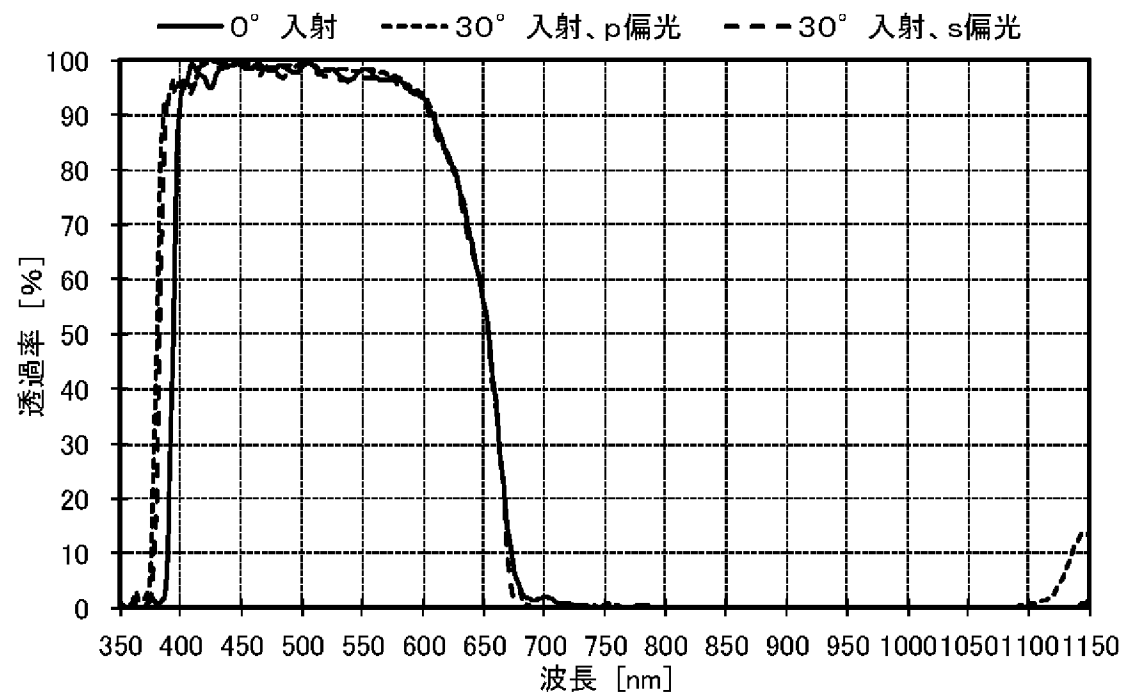
[図15]



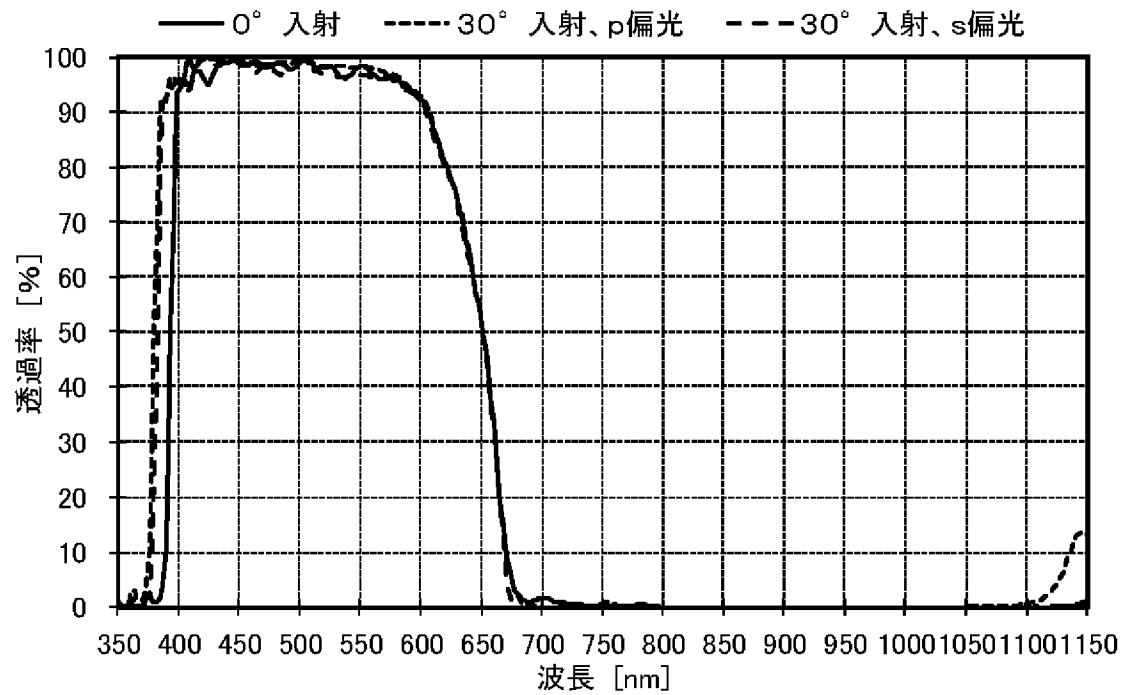
[図16]



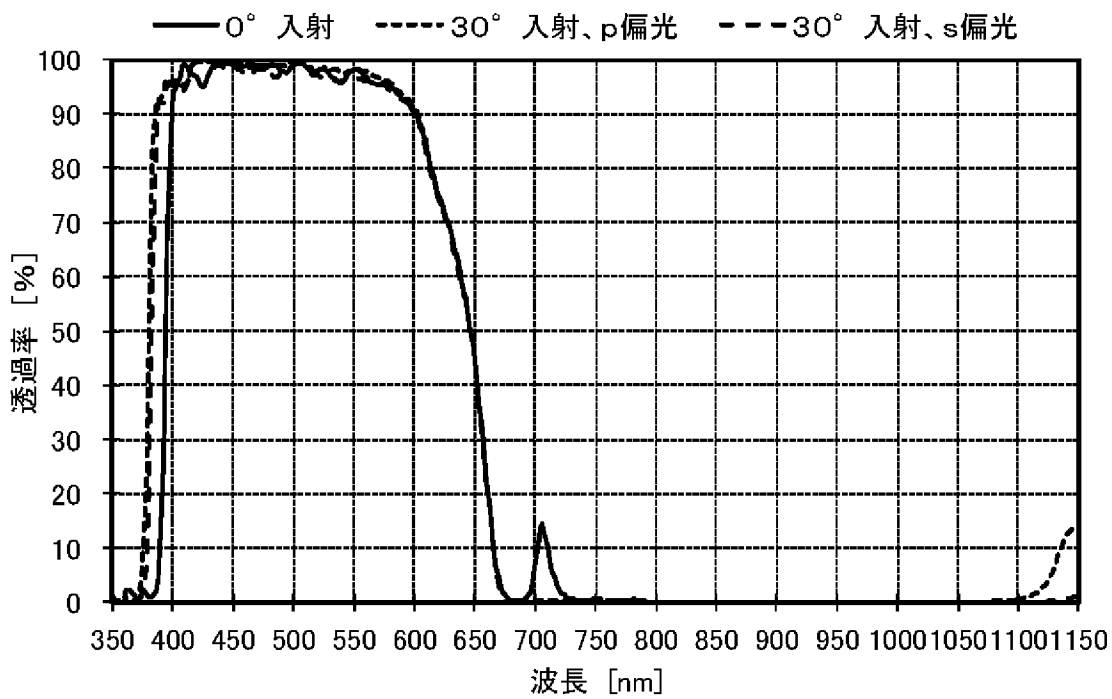
[図17A]



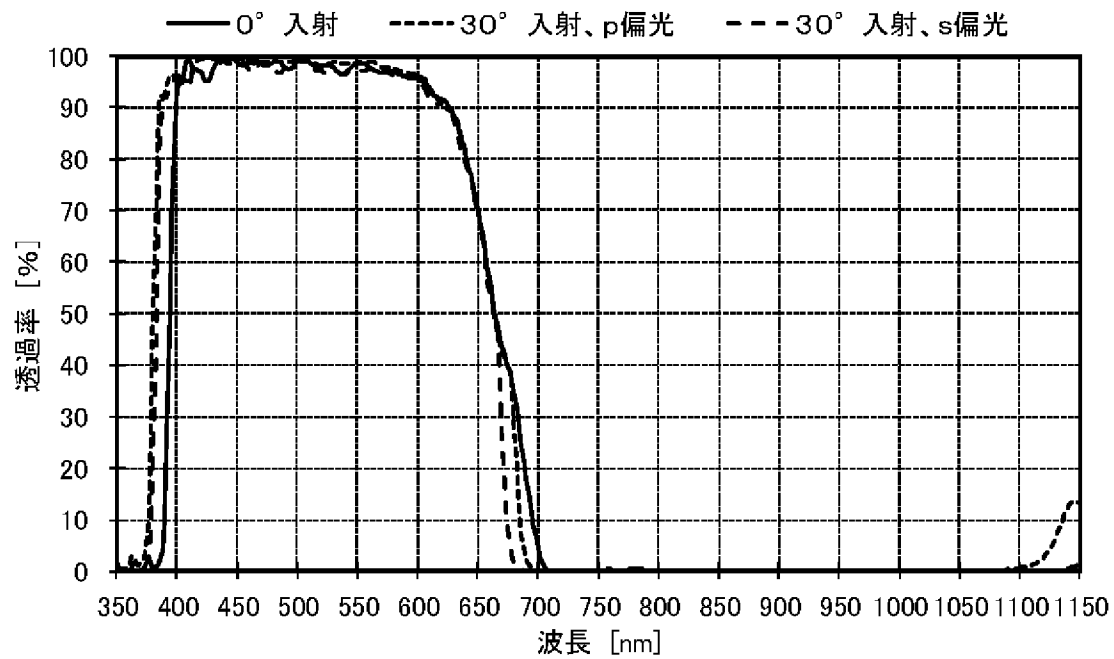
[図17B]



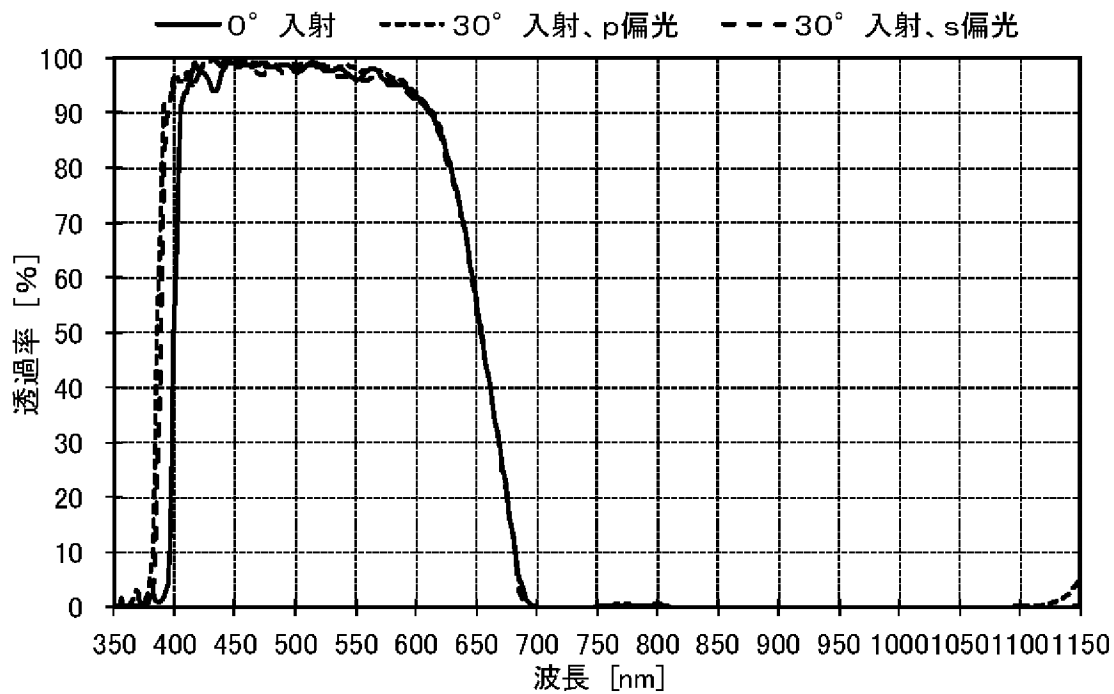
[図18]



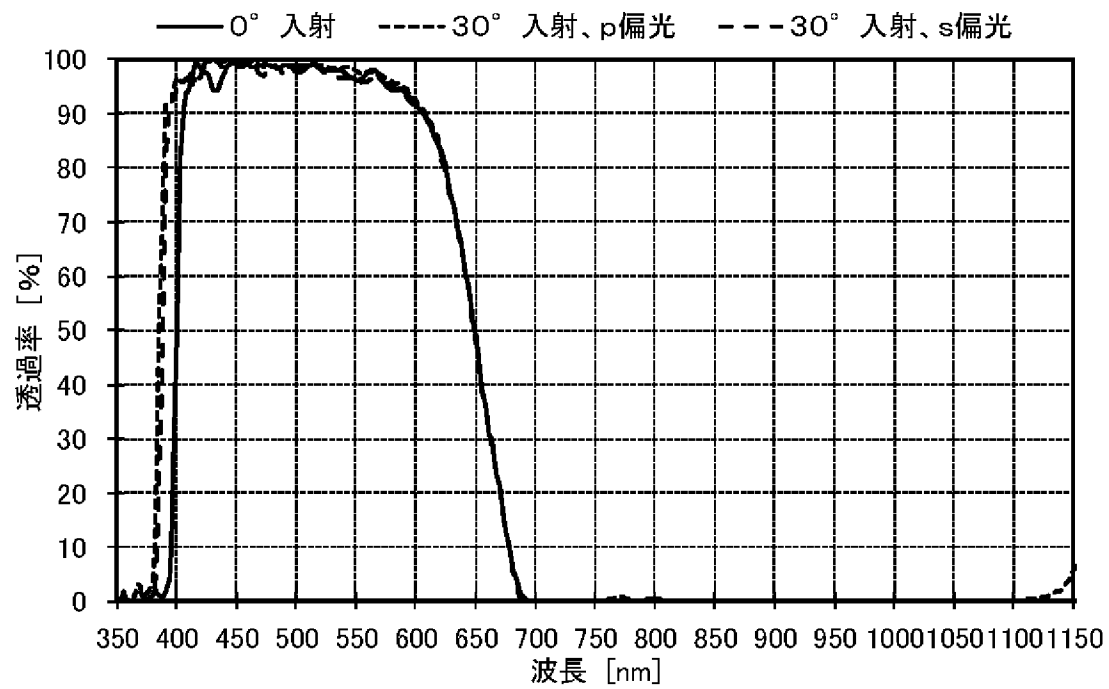
[図19]



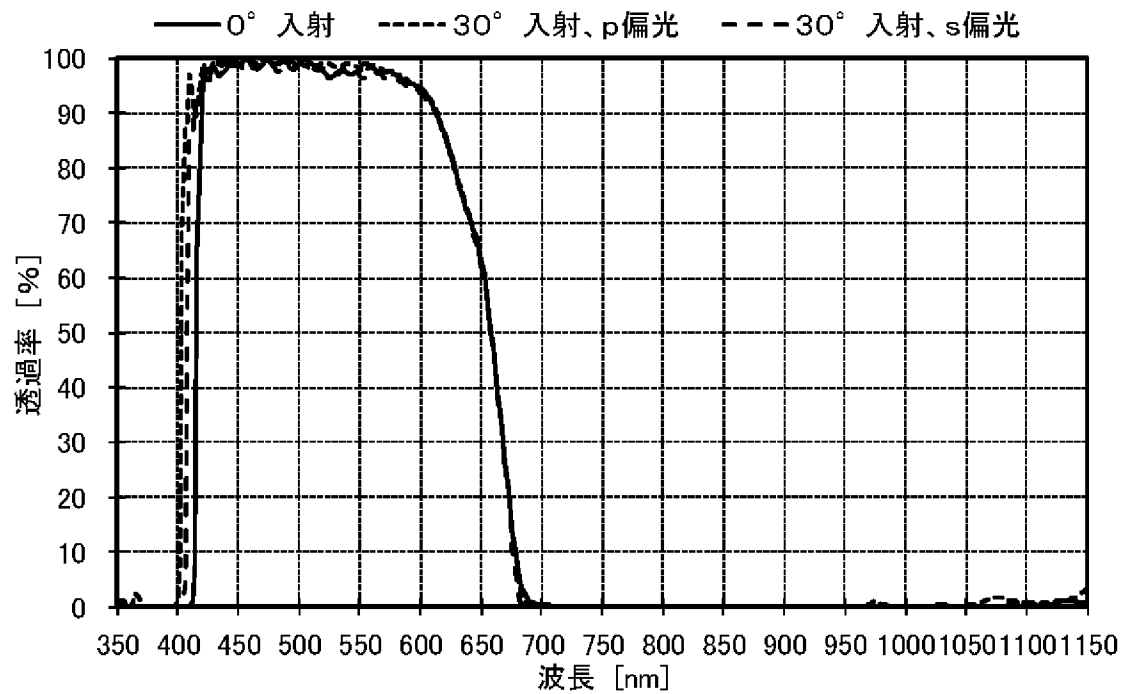
[図20A]



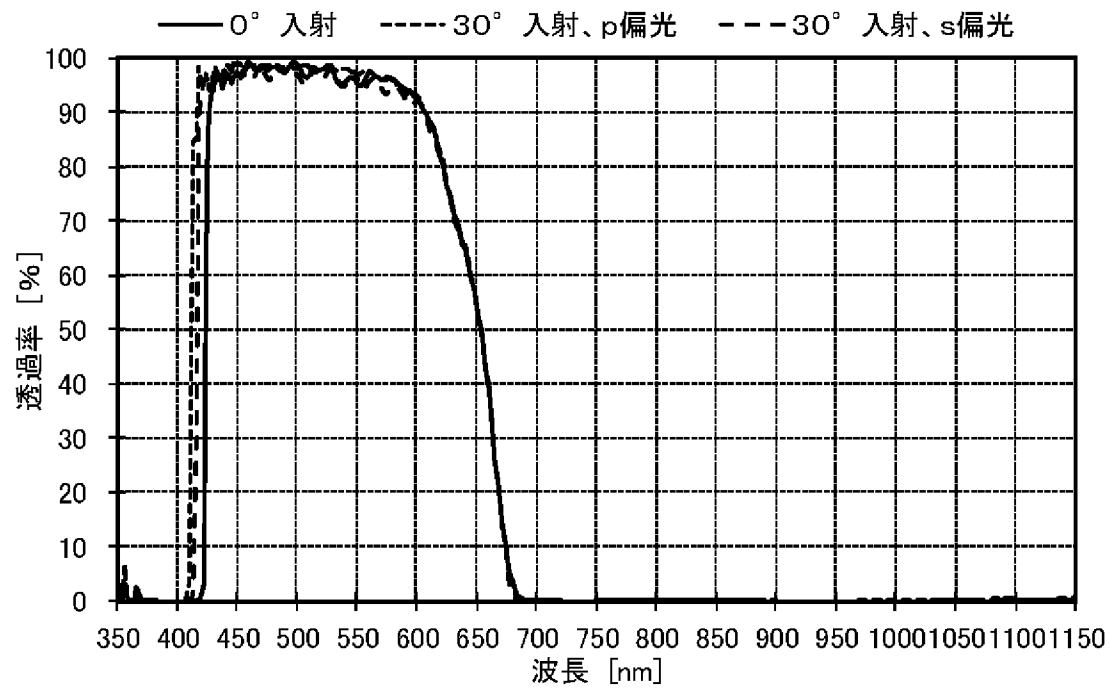
[図20B]



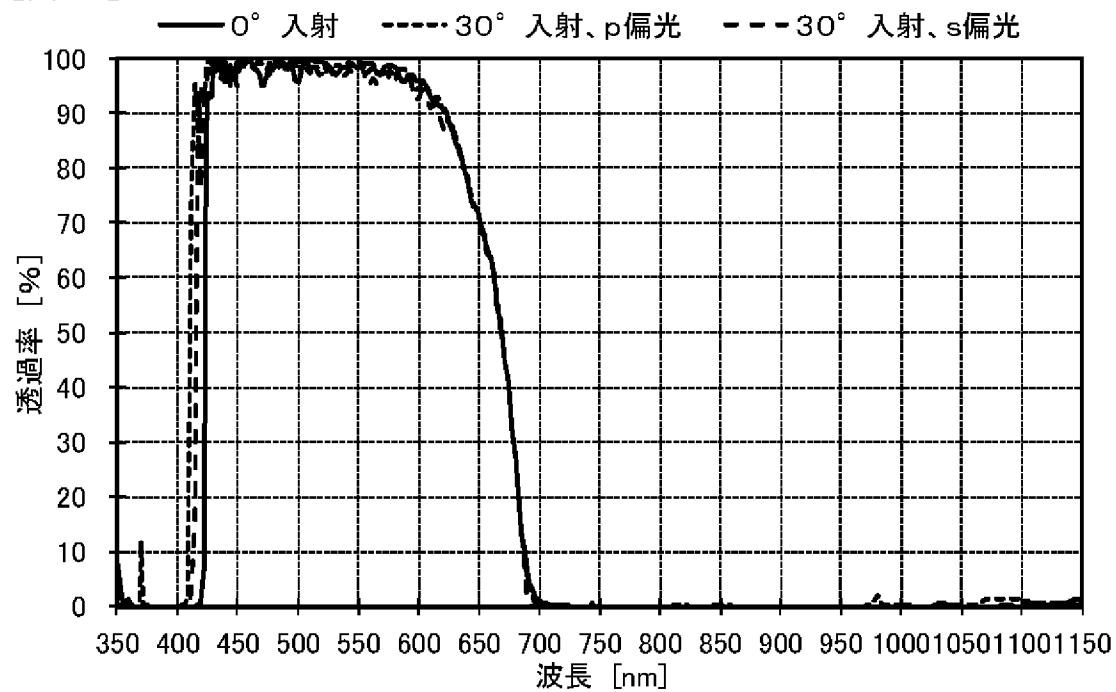
[図21A]



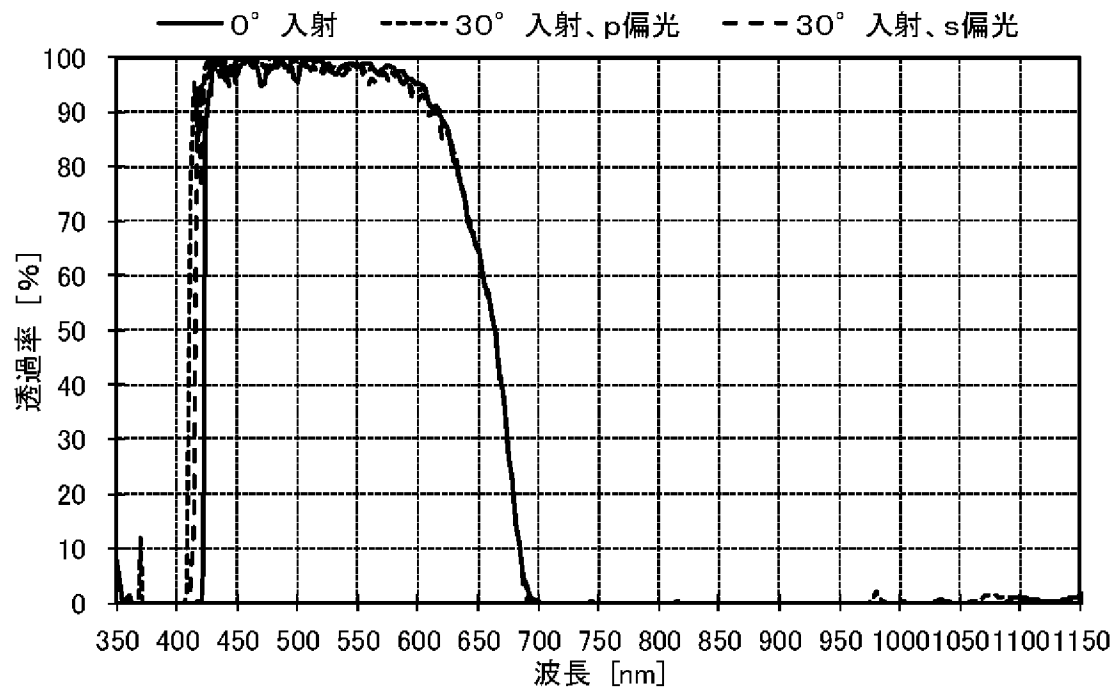
[図21B]



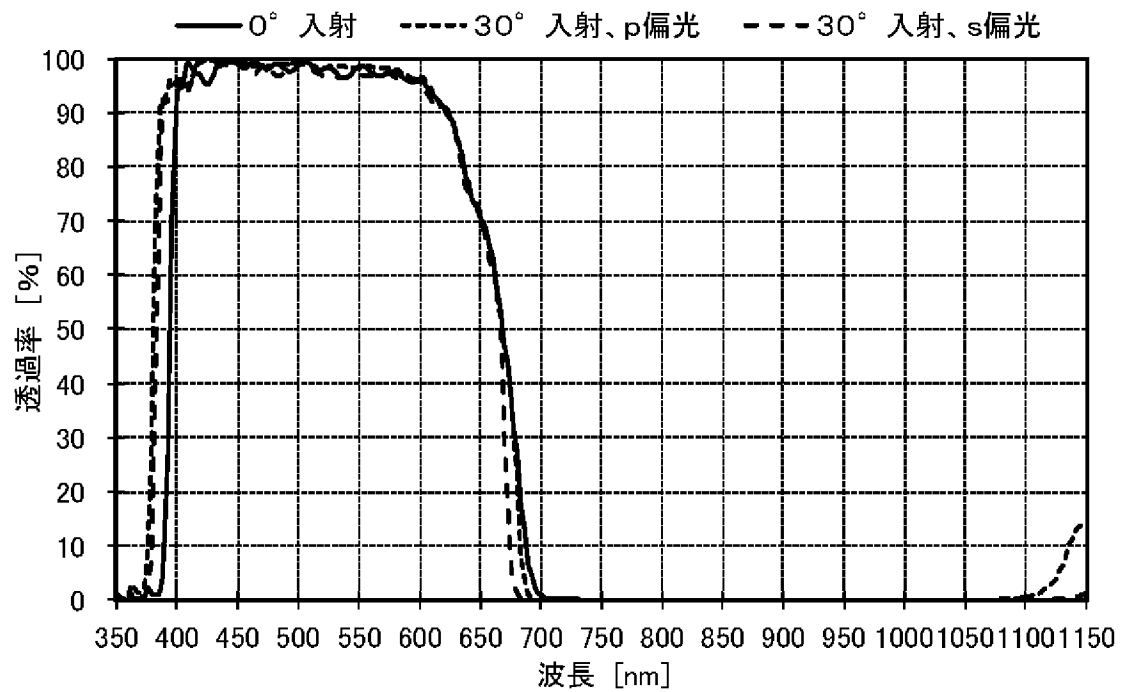
[図22A]



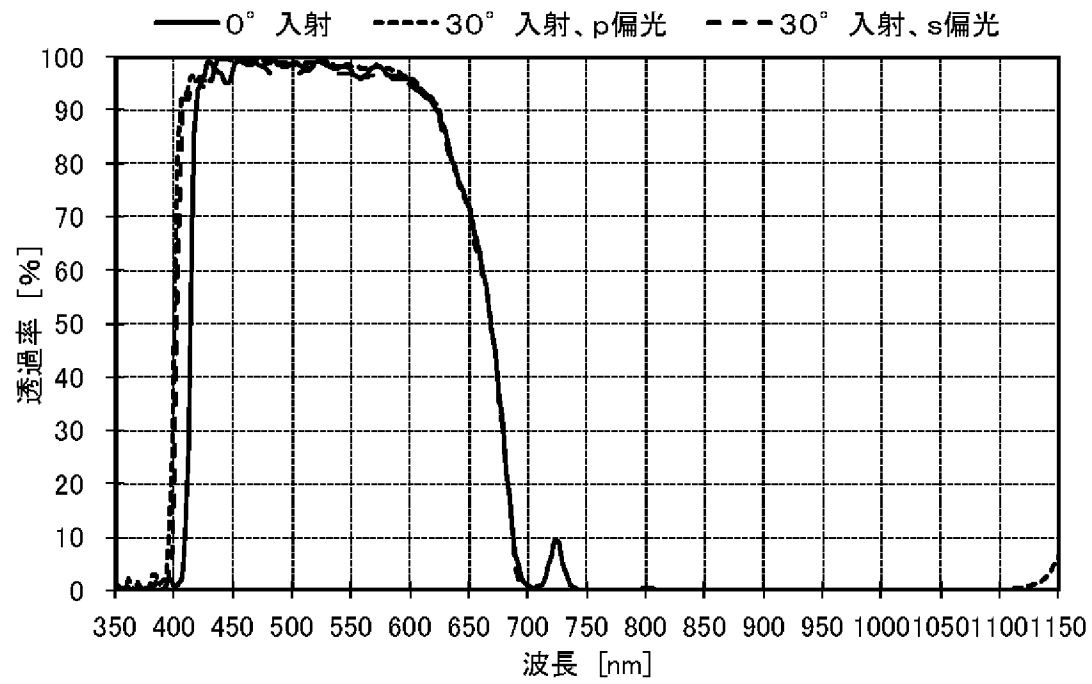
[図22B]



[図23]



[図24]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/078010

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B5/22(2006.01)i, C09B23/00(2006.01)i, G02B5/08(2006.01)i, G02B5/28
(2006.01)i, H04N5/225(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B5/22, C09B23/00, G02B5/08, G02B5/28, H04N5/225

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2012/169447 A1 (Asahi Glass Co., Ltd.), 13 December 2012 (13.12.2012), entire text & US 2014/0091419 A1 & CA 2838581 A & CN 103608705 A & KR 10-2014-0041528 A	1-14
A	WO 2014/88063 A1 (Asahi Glass Co., Ltd.), 12 June 2014 (12.06.2014), entire text & US 2015/0260889 A1 & CN 104838294 A & KR 10-2015-0094631 A	1-14

☒ 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
07 December 2016 (07.12.16)

Date of mailing of the international search report
20 December 2016 (20.12.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/078010

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 2014-130344 A (Fujifilm Corp.), 10 July 2014 (10.07.2014), entire text & US 2015/0259547 A1 & WO 2014/084289 A1 & EP 2927717 A1 & TW 201428067 A & KR 10-2015-0072428 A & CN 104823083 A	1-14
A	WO 2015/56734 A1 (JSR Corp.), 23 April 2015 (23.04.2015), entire text & JP 5884953 B2 & US 2016/0170105 A1 & CN 105452911 A & KR 10-2016-0027201 A & TW 201520609 A	1-14
P, A	JP 2016-142891 A (JSR Corp.), 08 August 2016 (08.08.2016), entire text (Family: none)	1-14

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G02B5/22(2006.01)i, C09B23/00(2006.01)i, G02B5/08(2006.01)i, G02B5/28(2006.01)i, H04N5/225(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G02B5/22, C09B23/00, G02B5/08, G02B5/28, H04N5/225

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2012/169447 A1（旭硝子株式会社）2012.12.13, 全文 & US 2014/0091419 A1 & CA 2838581 A & CN 103608705 A & KR 10-2014-0041528 A	1-14
A	WO 2014/88063 A1（旭硝子株式会社）2014.06.12, 全文 & US 2015/0260889 A1 & CN 104838294 A & KR 10-2015-0094631 A	1-14
A	JP 2014-130344 A（富士フイルム株式会社）2014.07.10, 全文 & US 2015/0259547 A1 & WO 2014/084289 A1 & EP 2927717 A1	1-14

☑ 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

07.12.2016

国際調査報告の発送日

20.12.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

中村 博之

20

3709

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

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	& TW 201428067 A & KR 10-2015-0072428 A & CN 104823083 A WO 2015/56734 A1 (J S R株式会社) 2015.04.23, 全文 & JP 5884953 B2 & US 2016/0170105 A1 & CN 105452911 A & KR 10-2016-0027201 A & TW 201520609 A	1-14
P, A	JP 2016-142891 A (J S R株式会社) 2016.08.08, 全文 (ファミリーなし)	1-14