(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013 年 1 月 31 日(31.01.2013)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2013/015303 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 5/28 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2012/068794

(22) 国際出願日: 2012 年 7 月 25 日(25.07.2012)

(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 2011-165942 2011 年 7 月 28 日(28.07.2011) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 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).

(71) 出願人 (日本についてのみ): 日本真空光学株式会社(OPTICAL COATINGS JAPAN) [JP/JP]; 〒1006530 東京都千代田区丸の内一丁目５番１号 新丸の内ビルディング Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 大澤 光生 (OSAWA Mitsuo) [JP/JP]; 〒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). 森 雅宏 (MORI Masahiro) [JP/JP]; 〒1006530 東京都千代田区丸の内一丁目５番１号 新丸の内ビルディング 日本真空光学株式会社内 Tokyo (JP). 三宅 克司 (MIYAKE Katsushi) [JP/JP]; 〒1006530 東京都千代田区丸の内一丁目５番１号 新丸の内ビルディング 日本真空光学株式会社内 Tokyo (JP). 上條 克司 (KAMIJYO Katsushi) [JP/JP]; 〒4210302 静岡県榛原郡吉田町川尻３５８３番地の５ ＡＧＣテクノグラス株式会社内 Shizuoka (JP). 舘村 満幸 (TATEMURA Mitsuyuki) [JP/JP]; 〒4210302 静岡県榛原郡吉田町川尻３５８３番地の５ ＡＧＣテクノグラス株式会社内 Shizuoka (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.); 〒1010046 東京都千代田区神田多町二丁目１番地 神田東山ビル Tokyo (JP).

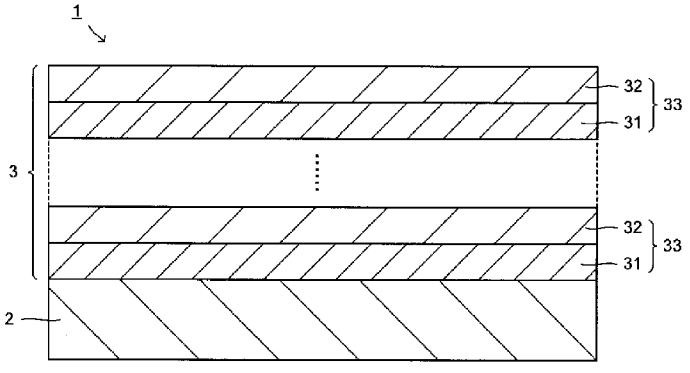
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) **Title**: OPTICAL MEMBER

(54) 発明の名称 : 光学部材

[図1]



(57) **Abstract**: An optical member (1) has a transparent substrate (2), and a dielectric multilayer film (3) in which are layered a plurality of single-refractive-index layers (33) made of a high-refractive-index layer (31) having a refractive index of 2 or higher and a low-refractive-index layer (32) having a refractive index of 1.6 or lower, the dielectric multilayer film being formed on the transparent substrate (2). In the optical member (1), specifically, the total number of single-refractive-index layers (33) in the dielectric multilayer film (3) is at least 15, and the number of single-refractive-index layers (33) in the dielectric multilayer film (3) satisfying the condition $n_H d_H / n_L d_L \geq 3$, where $n_H d_H$ is the optical film thickness of the high-refractive-index layer (31) and $n_L d_L$ is the optical film thickness of the low-refractive-index layer (32) in each single-refractive-index layer (3).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2013/015303 A1

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

光学部材１は、透明基材２と、該透明基材２に形成され、屈折率が２以上の高屈折率層３１と屈折率が１．６以下の低屈折率層３２とからなる単位屈折率層３３が複数積層された誘電体多層膜３とを有する。光学部材１は、特に、誘電体多層膜３における単位屈折率層３の全層数が１５以上、かつ単位屈折率層３における高屈折率層３１の光学膜厚を$n_H d_H$、低屈折率層３２の光学膜厚を$n_L d_L$としたとき、誘電体多層膜３における$n_H d_H / n_L d_L \geqq 3$を満足する単位屈折率層３の層数が１０以上である。

明　細　書

発明の名称 ： 光学部材

技術分野

[0001] 本発明は、誘電体多層膜を有する光学部材に関する。

背景技術

[0002] デジタルスチルカメラ等の撮像装置では、ＣＣＤ(Charge Coupled Device)やＣＭＯＳイメージセンサ(Complementary Metal Oxide Semiconductor Image Sensor)等の固体撮像素子を用いて被写体を撮像している。これらの固体撮像素子は可視域から１１００ｎｍ付近の近赤外波長域に亘る分光感度を有しており、単体では良好な色再現性を得ることができないことから、赤外波長域の光を遮蔽するフィルタを用いて人の通常の視感度に補正している。すなわち、撮像レンズから固体撮像素子までの光路中に赤外波長域の光を遮蔽するフィルタを設けている。このような用途に用いられるフィルタには、可視波長域の光の透過率が高いことが要求され、例えば、特許文献１にあるように高屈折率層と低屈折率層とを交互に複数積層した誘電体多層膜が用いられる。

[0003] しかしながら、誘電体多層膜を有するフィルタは、光の入射角依存性を有しており、撮像装置に適用した場合、撮像レンズを通してフィルタに入射する光の入射角によってカットオフ波長が移動するため、撮影した画像の中心部と周辺部とで色目が変化することがある。以下、光の入射角依存性は単に入射角依存性という。

[0004] 入射角依存性を低減する方法として、例えば第１の誘電体多層膜と第２の誘電体多層膜とを設け、第１の誘電体多層膜の反射帯域の幅を第２の誘電体多層膜の反射帯域の幅より狭くするとともに、第２の誘電体多層膜の短波長側エッジの位置を第１の誘電体多層膜の反射帯域の短波長側エッジと長波長側エッジとの間とし、特に第１の誘電体多層膜全体の平均屈折率を第２の誘電体多層膜全体の平均屈折率よりも高くする方法が知られている。このよう

な方法では、平均屈折率が高い第１の誘電体多層膜によって入射角依存性を低減し、第２の誘電体多層膜と合わせて広い反射帯域を確保する。特許文献２はこのような例である。

[0005] また、ダイクロイックミラーとして、高屈折率層と中屈折率層とからなる第１の選択透過多層膜と、屈折率比の大きい高屈折率層と低屈折率層とからなる第２の選択透過多層膜とを組み合わせる方法が知られている。このような方法では、高屈折率層と中屈折率層とからなる第１の選択透過多層膜によって入射角依存性を低減する。特許文献３はこのような例である。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開２００８－０７０８２５号公報

特許文献2：特開２００７－１８３５２５号公報

特許文献3：特開平１１－２０２１２７号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 特許文献２にも記載されるように、単に誘電体多層膜の平均屈折率を高くした場合、例えば、TiO_2からなる高屈折率層と、SiO_2よりも屈折率の高いTa_2O_5等からなる中屈折率層とを交互に繰り返し積層した場合、反射帯域の幅が狭く、かつ反射率が低くなりやすい。このため、特許文献２、３に記載されるように、TiO_2からなる高屈折率層とSiO_2よりも屈折率の高いTa_2O_5等からなる中屈折率層とからなる平均屈折率が高い誘電体多層膜と、高屈折率層と低屈折率層とからなる平均屈折率が低い誘電体多層膜とを併用する方法も知られているが、構成材料の異なる屈折率層を追加で形成する必要があり、必ずしも生産性に優れない。

[0008] 本発明は、上記課題を解決するためになされたものであって、屈折率が２以上の高屈折率層と屈折率が１．６以下の低屈折率層とを交互に積層した誘電体多層膜を有する光学部材において、入射角依存性の低減を目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明の光学部材は、透明基材と、前記透明基材に形成され、屈折率が２以上の高屈折率層と屈折率が１．６以下の低屈折率層とからなる単位屈折率層が複数積層された誘電体多層膜とを有する。本発明の光学部材は、特に、前記誘電体多層膜における前記単位屈折率層の全層数が１５以上、かつ前記単位屈折率層における前記高屈折率層の光学膜厚を$n_H d_H$、前記低屈折率層の光学膜厚を$n_L d_L$としたとき、前記誘電体多層膜における$n_H d_H / n_L d_L \geqq 3$を満足する単位屈折率層の層数が１０以上であることを特徴とする。

発明の効果

[0010] 本発明の光学部材によれば、屈折率が２以上の高屈折率層と屈折率が１．６以下の低屈折率層とからなる単位屈折率層が複数積層された誘電体多層膜を有するものであって、誘電体多層膜における単位屈折率層の全層数を１５以上、かつ誘電体多層膜における$n_H d_H / n_L d_L \geqq 3$を満足する単位屈折率層の層数を１０以上とすることで、入射角依存性を効果的に低減できる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本発明の光学部材の一実施形態を示す断面図。

[図2]本発明の光学部材の他の実施形態を示す断面図。

[図3]本発明の光学部材が適用される撮像装置の一実施形態を示す断面図。

[図4]実施例１、比較例１、２の光学部材の分光透過率を示す図。

[図5]実施例１の光学部材の分光透過率を示す図。

[図6]実施例２の光学部材の分光透過率を示す図。

[図7]実施例３の光学部材の分光透過率を示す図。

[図8]比較例３の光学部材の分光透過率を示す図。

[図9]比較例４の光学部材の分光透過率を示す図。

[図10]実施例４の光学部材の分光透過率を示す図。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本発明の光学部材について説明する。本発明の光学部材１は、透明

基材２と、この透明基材２に形成された誘電体多層膜３とを有する。誘電体多層膜３は、屈折率が２以上の高屈折率層３１と屈折率が１．６以下の低屈折率層３２とからなる単位屈折率層３３が複数積層されて構成される。なお、屈折率は、波長５５０ｎｍの光に対する屈折率を意味する。

[0013] 本発明の光学部材１は、誘電体多層膜３における単位屈折率層３３の全層数が１５以上であることを特徴とする。また、単位屈折率層３３における高屈折率層３１の光学膜厚を$n_H d_H$、低屈折率層３２の光学膜厚を$n_L d_L$としたとき、誘電体多層膜３における$n_H d_H / n_L d_L \geqq 3$を満足する単位屈折率層３３の層数が１０以上であることを特徴とする。

[0014] なお、誘電体多層膜３は、必ずしも単位屈折率層３３のみから構成される必要はなく、厚さ方向、すなわち単位屈折率層３３の積層方向の一方または双方に、単位屈折率層３３を構成しない単独で存在する高屈折率層３１または低屈折率層３２を有してもよい。また、$n_H d_H / n_L d_L \geqq 3$を満足する１０以上の単位屈折率層３３については、互いに$n_H d_H / n_L d_L$が同一であってもよいし、異なってもよい。以下では、このような誘電体多層膜３を第１の誘電体多層膜３と記すことがある。

[0015] 本発明の光学部材１によれば、特に誘電体多層膜３における$n_H d_H / n_L d_L \geqq 3$を満足する単位屈折率層３３の層数を１０以上とすることで、屈折率が２以上の高屈折率層３１と屈折率が１．６以下の低屈折率層３２とからなる単位屈折率層３３を複数積層するものにおいて、入射角依存性を効果的に低減できる。具体的には、透過帯域と反射帯域との間のカットオフ帯域、通常は６５０ｎｍ付近のカットオフ帯域における入射角０°における５０％透過波長と入射角３０°における５０％透過波長との差を例えば１６ｎｍ以下に低減できる。以下、上記差を赤外線側半値波長シフト量または単に波長シフト量と記す場合がある。本発明の光学部材１においては、入射角依存性をより効果的に低減する観点から、$n_H d_H / n_L d_L \geqq 5$を満足する単位屈折率層３３の層数が１０以上であることが好ましい。

[0016] 誘電体多層膜３における単位屈折率層３３の全層数、および誘電体多層膜

３における$n_H d_H / n_L d_L \geqq 3$、好ましくは$n_H d_H / n_L d_L \geqq 5$を満足する単位屈折率層３３の層数は、入射角依存性を低減するとともに、透過率リップル、すなわち分光透過率の平坦性を改善する観点から、より多いことが好ましい。例えば、誘電体多層膜３における単位屈折率層３３の全層数は、３０以上が好ましく、３５以上がより好ましい。また、誘電体多層膜３における$n_H d_H / n_L d_L \geqq 3$、好ましくは$n_H d_H / n_L d_L \geqq 5$を満足する単位屈折率層３３の層数は、１５以上が好ましく、１８以上がより好ましい。誘電体多層膜３における単位屈折率層３３の全層数、および誘電体多層膜３における$n_H d_H / n_L d_L \geqq 3$、好ましくは$n_H d_H / n_L d_L \geqq 5$を満足する単位屈折率層３３の層数を上記範囲とすることで、特に６５０ｎｍ付近のカットオフ帯域における入射角０°における５０％透過波長と入射角３０°における５０％透過波長との差を１６ｎｍ以下に低減するとともに、透過率リップルを低減しやすい。

[0017] 誘電体多層膜３における単位屈折率層３３の全層数、および誘電体多層膜３における$n_H d_H / n_L d_L \geqq 3$、好ましくは$n_H d_H / n_L d_L \geqq 5$を満足する単位屈折率層３３の層数は、赤外域遮蔽の観点からは多いことが好ましいが、生産性の観点からは抑制することが好ましい。従って、誘電体多層膜３における単位屈折率層３３の全層数は４５以下が好ましく、４０以下がより好ましい。また、誘電体多層膜３における$n_H d_H / n_L d_L \geqq 3$、好ましくは$n_H d_H / n_L d_L \geqq 5$を満足する単位屈折率層３３の層数は、３５以下が好ましく、３０以下がより好ましい。

[0018] また、誘電体多層膜３における$n_H d_H / n_L d_L \geqq 3$、好ましくは$n_H d_H / n_L d_L \geqq 5$を満足する単位屈折率層３３は、$5 \leqq n_H d_H / n_L d_L \leqq 8$を満足することが好ましい。誘電体多層膜３における$5 \leqq n_H d_H / n_L d_L \leqq 8$を満足する単位屈折率層３３の層数は、１０以上が好ましく、１５以上がより好ましい。このようなものとすることで、６５０ｎｍ付近のカットオフ帯域における入射角０°における５０％透過波長と入射角３０°における５０％透過波長との差を１６ｎｍ以下とするとともに、透過率リップルを低減しやす

い。

[0019] 誘電体多層膜３における単位屈折率層３３の全体、すなわち$n_H d_H / n_L d_L \geqq 3$を満足する単位屈折率層３３と$n_H d_H / n_L d_L < 3$である単位屈折率層３３とを合わせた全体における$n_H d_H / n_L d_L$の平均値である平均$n_H d_H / n_L d_L$は４．５～６が好ましい。特に、誘電体多層膜３における単位屈折率層３３の全層数が多い場合、例えば誘電体多層膜３における単位屈折率層３３の全層数が３０以上の場合、平均$n_H d_H / n_L d_L$は４．５～５．３が好ましい。

[0020] 誘電体多層膜３における個々の単位屈折率層３３の$n_H d_H / n_L d_L$は、上記条件を満たせば必ずしも制限されないが、０．１～２５が好ましく、０．２～２０が好ましい。なお、上記したように、誘電体多層膜３における１０以上の単位屈折率層３３については、$n_H d_H / n_L d_L \geqq 3$、好ましくは$n_H d_H / n_L d_L \geqq 5$を満足し、より好ましくは$5 \leqq n_H d_H / n_L d_L \leqq 8$を満足する。

[0021] 誘電体多層膜３における高屈折率層３１の光学膜厚$n_H d_H$の平均値である平均光学膜厚$n_H d_H$は、２００～３１０ｎｍが好ましく、２１０～３００ｎｍがより好ましい。誘電体多層膜３における低屈折率層３２の光学膜厚$n_L d_L$の平均値である平均光学膜厚$n_L d_L$は、４０～７０ｎｍが好ましく、４０～６５ｎｍがより好ましい。特に、誘電体多層膜３における単位屈折率層３３の全層数が多い場合、例えば誘電体多層膜３における単位屈折率層３３の全層数が３０以上の場合、高屈折率層３１の光学膜厚$n_H d_H$の平均値である平均光学膜厚$n_H d_H$は、２１０～２７０ｎｍが好ましく、２２０～２６０ｎｍがより好ましい。また、誘電体多層膜３における低屈折率層３２の光学膜厚$n_L d_L$の平均値である平均光学膜厚$n_L d_L$は、４５～７０ｎｍが好ましく、４５～６５ｎｍがより好ましい。

[0022] 誘電体多層膜３における個々の高屈折率層３１の光学膜厚$n_H d_H$は、上記条件を満たすものであれば必ずしも制限されないが、１０～３５０ｎｍが好ましい。誘電体多層膜３における個々の低屈折率層３２の光学膜厚$n_L d_L$に

ついても、上記条件を満たすものであれば必ずしも制限されないが、１０～１４０ｎｍが好ましい。

[0023] 高屈折率層３１の構成材料は、屈折率が２以上であれば必ずしも制限されないが、例えば、TiO_2、Nb_2O_5、Ta_2O_5、これらの複合酸化物等が挙げられる。また、低屈折率層３２の構成材料についても、屈折率が１．６以下であれば必ずしも制限されないが、例えば、SiO_2、MgF_2、これらの複合酸化物等が挙げられる。高屈折率層３１、低屈折率層３２には、上記屈折率を満たす範囲内で、屈折率を調整するための添加剤を含有させることができる。添加剤としては、例えば、SiO_2、Al_2O_3、CeO_2、FeO_2、HfO_2、In_2O_3、MgF_2、Nb_2O_3、SnO_2、Ta_2O_3、TiO_2、Y_2O_3、ＺｎＯ、ZrO_2、ＮｉＯ、ＩＴＯ（Ｉｎｄｉｕｍ Ｔｉｎ Ｏｘｉｄｅ）、ＡＴＯ（Ａｎｔｉｍｏｎｙ ｄｏｐｅｄ Ｔｉｎ Ｏｘｉｄｅ）、ＭｇＯ等が挙げられる。

[0024] 前記高屈折率層３１および前記低屈折率層３２は、それぞれ単一の構成材料からなることが好ましい。このようにすることで、誘電体多層膜３を形成する際の膜厚調整機構が２つの構成材料にのみ対応すればよく、また膜材料も２種類のみとなるため、成膜工程における生産性を向上させることが可能となる。

[0025] 高屈折率層３１、低屈折率層３２は、例えば、スパッタリング法、真空蒸着法、イオンビーム法、イオンプレーティング法、ＣＶＤ法により形成する。これらの形成方法によれば、各屈折率層の厚さを高精度に制御しながら、各屈折率層を比較的容易に形成できる。また、スパッタリング法やイオンプレーティング法は、いわゆるプラズマ雰囲気処理であることから、透明基材２に対する誘電体多層膜３の密着性を向上できる。

[0026] 透明基材２は、無色および有色のいずれであってもよく、可視波長域の光を透過するものであれば、その形状は特に限定されるものではなく、例えば、板状、フィルム状、ブロック状、レンズ状等が挙げられる。

[0027] 透明基材２の構成材料としては、ガラス、水晶、ニオブ酸リチウム、サフ

ァイヤ等の結晶、ポリエチレンテレフタレート（ＰＥＴ）、ポリブチレンテレフタレート（ＰＢＴ）等のポリエステル樹脂、ポリエチレン、ポリプロピレン、エチレン酢酸ビニル共重合体等のポリオレフィン樹脂、ノルボルネン樹脂、ポリアクリレート、ポリメチルメタクリレート等のアクリル樹脂、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、ポリビニルブチラール樹脂、ポリビニルアルコール樹脂等が挙げられる。これらの材料は、紫外波長域および赤外波長域の少なくとも一方に対して吸収特性を有するものであってもよい。

[0028] ガラスは、可視波長域で透明な材料から、使用する装置、配置する場所等を考慮して、アルカリ成分の有無や線膨張係数の大きさ等の特性を適宜選択して使用できる。硼珪酸ガラスは、加工が容易で、光学面における傷や異物等の発生を抑制できるために好ましく、アルカリ成分を含まないガラスは、接着性、耐候性等が良好なために好ましい。また、ガラスとしては、フツリン酸塩系ガラスやリン酸塩系ガラスにＣｕＯ等が添加された赤外波長域に吸収を有する吸収型のガラスであってもよい。

[0029] 透明基板２は、赤外波長域に吸収を有することが好ましい。本発明の光学部材１を撮像装置用の近赤外線カットフィルタとして用いる場合、透明基板２が赤外波長域に吸収を有することで、人の視感度特性に近い色補正が可能となる。誘電体多層膜３は、透明基板２の吸収が十分でない部分を補完する目的で用いられる。誘電体多層膜３を用いることで、入射角依存性の低い分光特性が得られるため、透明基板２の分光特性に悪影響を及ぼすことがない。そのため、撮像装置用の近赤外線カットフィルタとして良好な特性を有する光学部材１を得ることが可能となる。

[0030] 水晶、ニオブ酸リチウム、サファイヤ等の結晶は、デジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ、監視カメラ、車載用カメラ、ウェブカメラ等の撮像装置において、モアレや偽色を低減するためのローパスフィルタや波長板として使用されており、光学部材１にローパスフィルタや波長板の機能を付与し、例えば撮像装置を小型化および薄型化できる。

[0031] 撮像装置における固体撮像素子または固体撮像素子パッケージには、一般に固体撮像素子を保護するためのカバーが気密封着される。このカバーを透明基材２として利用することで、該カバーに赤外線遮蔽機能を付与するとともに、入射角依存性を低減できる。カバーの材料としては、結晶、ガラス、樹脂が挙げられるが、耐熱性の観点から結晶またはガラスが好ましい。樹脂を選択する場合、耐熱性に優れる材料、例えば、アクリル樹脂、シリコーン樹脂、フッ素樹脂、シルセスキオキサン等を含有する有機無機ハイブリッド材料等が好ましい。

[0032] 誘電体多層膜３は、以下の調整部を含んでもよい。誘電体多層膜３は、入射角依存性が低い分光特性が得られるものであるが、その一部の構成を調整部とすることで、特に赤外線側半値波長シフト量をより小さくすることができる。例えば、調整部を含む誘電体多層膜３によれば、光学部材１の赤外線側半値波長シフト量を１０ｎｍ以下にできる。

[0033] 調整部は、単独での分光特性における入射角依存性が高く、斜入射時に波形変形を生じることが特徴である。具体的には、調整部による近赤外側半値波長付近の波形が斜入射とともに大きく変化することで、誘電体多層膜３の全体による近赤外側半値波長付近の波長シフト量が結果的に小さくなる。調整部以外の誘電体多層膜３による近赤外側半値波長付近の波形シフトは斜入射とともに相似形で平行にシフトするが、調整部による波形シフトは波形変形を伴いながら、つまり相似形でない形でシフトする。これらを組み合わせることで、基本的には波長シフト量が小さく、かつ波形変形を利用することで近赤外側半値波長の波長シフト量を極めて小さくすることが可能である。なお、このような調整部の斜入射時の波形変形は、入射角度の変化に伴う光学的膜厚変化から生じている。

[0034] 調整部は、誘電体多層膜３における屈折率が２以上の高屈折率層３１と屈折率が１．６以下の低屈折率層３２との少なくとも一部から構成されるものであって、高屈折率層３１と低屈折率層３２との合計層数が１０層以上、かつ、高屈折率層３１の平均光学膜厚をT_H、低屈折率層３２の平均光学膜厚を

T_Lとしたとき、T_H/T_Lが１．５以下のものが好ましい。このようなものとすることで、上記したような分光特性とすることができる。

[0035] なお、高屈折率層３１の平均光学膜厚T_Hは、調整部を構成する高屈折率層３１の光学膜厚の合計を、調整部を構成する高屈折率層３１の層数で除したものである。同様に、低屈折率層３２の平均光学膜厚T_Lは、調整部を構成する低屈折率層３２の光学膜厚の合計を、調整部を構成する低屈折率層３２の層数で除したものである。ここで、調整部は、必ずしも１０層以上が連続して形成される必要はなく、２以上の部分に分割して形成されてもよい。分割して形成される場合、少なくとも１つの部分の層数は１０層以上であることが好ましい。また、分割して形成される場合、それぞれの部分については必ずしもT_H/T_Lが１．５以下となっている必要はなく、全ての部分を合わせた全体についてT_H/T_Lが１．５以下となっていればよい。

[0036] 調整部の合計層数は、基本的に多くなるほど所定の分光特性を得やすくなるために好ましいが、生産性等の観点から１００層以下が好ましく、５０層以下が好ましい。また、T_H/T_Lについても、１．５以下であれば必ずしも制限されないが、所定の分光特性を得やすいことから１．０以下が好ましく、０．９以下がより好ましい。T_H/T_Lは、通常、０．１以上が好ましく、０．３以上がより好ましい。

[0037] 誘電体多層膜３で調整部を用いた場合と用いない場合との赤外側カットオフ領域の透過率１～９５％での平均波長シフト量はほとんど変わらない。これは、誘電体多層膜３における斜入射での波形シフトへの影響は、調整部以外の誘電体多層膜３の構成による分光特性が支配的であるためと考えられる。しかしながら、光学部材を撮像装置用の近赤外線カットフィルタとして用いる場合には、調整部を用いることで透過率が５０％を超える領域の波形シフトを小さくでき、これにより赤色域の波長範囲の入射角依存性を小さくすることができるため、撮像装置における画像向上に寄与することができる。

[0038] 上記観点から、調整部を有する光学部材１は、以下の分光特性を有することが好ましい。すなわち、入射角θが０°から３０°に変化した際の近赤外

側の透過率が５０％～９０％となる波長領域のシフト量が１０ｎｍ以下になることが好ましい。これにより、赤色域の波長範囲（６３０ｎｍ付近）の波長シフトが抑制され、撮像装置における画像向上に寄与することができる。また、この効果を得るために、近赤外側半値波長は、入射角θが０°のとき６００～７００ｎｍの範囲にあることが好ましく、６２０～６８０ｎｍの範囲にあることがより好ましい。

[0039] 光学部材１には、上記した第１の誘電体多層膜３に加えて、図２に示すように、透明基材２の第１の誘電体多層膜３が設けられる主面とは反対側の主面に、紫外波長域および赤外波長域の長波長側の領域を遮蔽する第２の誘電体多層膜４を設けることができる。

[0040] 第２の誘電体多層膜４としては、屈折率が２以上の高屈折率層４１と屈折率が１．６以下の低屈折率層４２とからなる単位屈折率層４３を複数積層したものが挙げられる。第２の誘電体多層膜４における単位屈折率層４３の全層数は、紫外線波長域および赤外波長域の光を効果的に遮蔽する観点から、３以上が好ましく、４以上がより好ましい。また、第２の誘電体多層膜４における単位屈折率層４３の全層数は、生産性等との観点から、５５以下が好ましく、５０以下がより好ましい。

[0041] 第２の誘電体多層膜４における単位屈折率層４３の全体の$n_H d_H / n_L d_L$の平均値である平均$n_H d_H / n_L d_L$は、０．８～１．５が好ましく、０．９～１．４がより好ましい。また、第２の誘電体多層膜４における個々の単位屈折率層４３の$n_H d_H / n_L d_L$値は、上記条件を満たせば必ずしも制限されないが、０．１～１０が好ましく、０．１～８が好ましい。

[0042] 第２の誘電体多層膜４における高屈折率層４１の光学膜厚$n_H d_H$の平均値である平均光学膜厚$n_H d_H$は、１００～２５０ｎｍが好ましく、１２０～２３０ｎｍがより好ましい。また、第２の誘電体多層膜４における低屈折率層４２の光学膜厚$n_L d_L$の平均値である平均光学膜厚$n_L d_L$は、１００～２３０ｎｍが好ましく、１２０～２１０ｎｍがより好ましい。

[0043] 第２の誘電体多層膜４における個々の高屈折率層４１の光学膜厚$n_H d_H$は

、上記条件を満たせば必ずしも制限されないが、１０～３１０ｎｍが好ましく、１５～３００ｎｍがより好ましい。第２の誘電体多層膜４における個々の低屈折率層４２の光学膜厚$n_L d_L$についても、上記条件を満たせば必ずしも制限されないが、５～３１０ｎｍが好ましく、１０～３００ｎｍがより好ましい。

[0044] 高屈折率層４１の構成材料は、屈折率が２以上であれば必ずしも制限されないが、例えば、TiO_2、Nb_2O_5、Ta_2O_5、これらの複合酸化物等が挙げられる。また、低屈折率層４２の構成材料についても、屈折率が１．６以下であれば必ずしも制限されないが、例えば、SiO_2、MgF_2、これらの複合酸化物等が挙げられる。高屈折率層４１、低屈折率層４２には、上記屈折率を満たす範囲内で、屈折率を調整するための添加剤を含有させることができる。添加剤としては、例えば、SiO_2、Al_2O_3、CeO_2、FeO_2、HfO_2、In_2O_3、MgF_2、Nb_2O_3、SnO_2、Ta_2O_3、TiO_2、Y_2O_3、ＺｎＯ、ZrO_2、ＮｉＯ、ＩＴＯ（Ｉｎｄｉｕｍ Ｔｉｎ Ｏｘｉｄｅ）、ＡＴＯ（Ａｎｔｉｍｏｎｙ ｄｏｐｅｄ Ｔｉｎ Ｏｘｉｄｅ）、ＭｇＯ等が挙げられる。

[0045] 高屈折率層４１、低屈折率層４２は、例えば、スパッタリング法、真空蒸着法、イオンビーム法、イオンプレーティング法、ＣＶＤ法により形成する。これらの形成方法によれば、各屈折率層の厚さを高精度に制御しながら、各屈折率層を比較的容易に形成できる。また、スパッタリング法やイオンプレーティング法はいわゆるプラズマ雰囲気処理であることから、透明基材２に対する第２の誘電体多層膜４の密着性を向上できる。

[0046] 光学部材１は、透過帯域と反射帯域との間のカットオフ帯域、通常は６５０ｎｍ付近のカットオフ帯域において、入射角０°における５０％透過波長と入射角３０°における５０％透過波長との差が２０ｎｍ以下であることが好ましく、１８ｎｍ以下であることがより好ましい。光学部材１においては、第１の誘電体多層膜３における$n_H d_H / n_L d_L \geqq 3$、好ましくは$n_H d_H / n_L d_L \geqq 5$を満足する単位屈折率層３３の層数を１０以上、より好ましくは

１５以上、さらに好ましくは１８以上とすることで、例えば入射角０°における５０％透過波長と入射角３０°における５０％透過波長との差を１６ｎｍ以下に低減することもできる。

[0047] 光学部材１は、例えば、デジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ、監視カメラ、車載用カメラ、ウェブカメラ等の撮像装置や自動露出計等の近赤外線カットフィルタ、すなわち視感度補正フィルタとして用いられる。デジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ、監視カメラ、車載用カメラ、ウェブカメラ等の撮像装置においては、光学部材１は、例えば撮像レンズと固体撮像素子との間に配置される。自動露出計においては、例えば受光素子の前面に配置される。

[0048] 通常、光学部材１は、第１の誘電体多層膜３が積層された主面側が光線入射側、例えば撮像レンズと固体撮像素子との間に配置される場合の撮像レンズ側となるように配置される。このような配置とすることで、入射角依存性を効果的に低減し、撮影される画像の中心部と周辺部とにおける色目の変化を抑制できる。

[0049] 撮像装置では、固体撮像素子の前面から離れた位置に光学部材１を配置してもよいし、固体撮像素子、または固体撮像素子のパッケージに直接貼着してもよいし、既に説明したように固体撮像素子を保護するカバーを光学部材１としてもよい。また、モアレや偽色を低減するための水晶やニオブ酸リチウム等の結晶を使用したローパスフィルタに直接貼着してもよい。

[0050] 図３は、固体撮像素子を有する撮像装置の一実施形態を概略的に示す断面図である。撮像装置５０は、例えば、固体撮像素子５１、カバーガラス５２、レンズ群５３、絞り５４、およびこれらを固定する筐体５５を有する。

[0051] レンズ群５３は、固体撮像素子５１の撮像面側に配置され、例えば、第１のレンズＬ１、第２のレンズＬ２、第３のレンズＬ３、および第４のレンズＬ４を有する。絞り５４は、第３のレンズＬ３と第４のレンズＬ４との間に配置される。カバーガラス５２は、固体撮像素子５１のレンズ群５３側に配置され、外部環境から固体撮像素子５１を保護する。固体撮像素子５１は、

レンズ群５３を通過した光を電気信号に変換する電子部品であり、例えばＣＣＤやＣＭＯＳ等である。固体撮像素子５１、カバーガラス５２、レンズ群５３、および絞り５４は、光軸ｘに沿って配置される。

[0052] 撮像装置５０では、被写体側より入射した光は、第１のレンズＬ１、第２のレンズＬ２、第３のレンズＬ３、絞り５４、第４のレンズＬ４、およびカバーガラス５２を通って固体撮像素子５１に入射する。この入射した光を固体撮像素子５１が電気信号に変換し、画像信号として出力する。

[0053] 光学部材１は、例えば、カバーガラス５２、レンズ群５３、すなわち第１のレンズＬ１、第２のレンズＬ２、第３のレンズＬ３、もしくは第４のレンズＬ４として用いられる。言い換えれば、光学部材１の第１の誘電体多層膜３や第２の誘電体多層膜４は、従来の撮像装置のカバーガラスやレンズ群を透明基材２とし、この透明基材２の表面に設けられる。撮像装置５０のカバーガラス５２やレンズ群５３に光学部材１を適用することで、入射角依存性を効果的に低減し、撮影される画像の中心部と周辺部とにおける色目の変化を抑制できる。

実施例

[0054] 以下、実施例を参照して光学部材１についてより具体的に説明する。

[0055] （実施例１）

透明基材２としての厚さ１ｍｍのソーダガラス板の一方の表面に、表１～３に示すように高屈折率層３１としてのＴｉＯ$_2$膜と低屈折率層３２としてのＳｉＯ$_2$膜とを交互に積層して第１の誘電体多層膜３を形成する。また、該透明基材２の他方の表面に、表４～６に示すように高屈折率層４１としてのＴｉＯ$_2$膜と低屈折率層４２としてのＳｉＯ$_2$膜とを交互に積層して第２の誘電体多層膜４を形成し、光学部材１を製造する。

[0056] なお、第１の誘電体多層膜３については、高屈折率層３１と低屈折率層３２とを合わせた全層数は７６、すなわち単位屈折率層３３の全層数は３８、$n_H d_H / n_L d_L \geqq 3$を満足する単位屈折率層３３の層数は２８、$n_H d_H / n_L d_L \geqq 5$を満足する単位屈折率層３３の層数は２５、$5 \leqq n_H d_H / n_L d_L \leqq$

８を満足する単位屈折率層３３の層数は２３、平均$n_H d_H / n_L d_L$は４．８、平均光学膜厚$n_H d_H$は２３２ｎｍ、平均光学膜厚$n_L d_L$は５４ｎｍとする。

[0057] 第２の誘電体多層膜４については、高屈折率層４１と低屈折率層４２とを合わせた全層数は９０、すなわち単位屈折率層４３の全層数は４５、平均$n_H d_H / n_L d_L$は１．２、平均光学膜厚$n_H d_H$は１４３ｎｍ、平均光学膜厚$n_L d_L$は１４５ｎｍとする。

[0058] また、実施例１の光学部材１は、入射角θが０°のときにおいて、３５０～３９５ｎｍの範囲における透過率が３％未満、４３０～６３０ｎｍの範囲における平均透過率が９５％以上、同範囲における最低透過率が９０％以上、７００～１０００ｎｍの範囲における平均透過率が０．１％未満、同範囲における最大透過率が０．５％未満、１０００～１１００ｎｍの範囲における平均透過率が０．５％未満、同範囲における最大透過率が２％未満を満たし、かつ４１５±１０ｎｍの範囲内および６５０±６ｎｍの範囲内に透過率が５０％となる点を有するものである。

[0059]

[表1]

層番号	材料	物理的膜厚 [nm]	屈折率 n_H、または屈折率 n_L	光学膜厚 n_Hd_H、または光学膜厚 n_Ld_L [nm]	n_Hd_H / n_Ld_L
1	TiO_2	13.44	2.52	34	0.9
2	SiO_2	25.4	1.46	37	
3	TiO_2	78.02	2.52	197	4.2
4	SiO_2	32.3	1.46	47	
5	TiO_2	19.19	2.52	48	0.6
6	SiO_2	53.82	1.46	79	
7	TiO_2	82.78	2.52	209	9.3
8	SiO_2	15.36	1.46	22	
9	TiO_2	15.8	2.52	40	0.5
10	SiO_2	53.16	1.46	78	
11	TiO_2	5.21	2.52	13	0.3
12	SiO_2	28.91	1.46	42	
13	TiO_2	106.87	2.52	269	4.8
14	SiO_2	38.62	1.46	56	
15	TiO_2	116.39	2.52	293	5.2
16	SiO_2	38.56	1.46	56	
17	TiO_2	11.96	2.52	30	2.0
18	SiO_2	10.12	1.46	15	
19	TiO_2	107.75	2.52	272	4.8
20	SiO_2	38.6	1.46	56	
21	TiO_2	119.52	2.52	301	5.1
22	SiO_2	40.11	1.46	59	
23	TiO_2	119.24	2.52	300	5.1
24	SiO_2	40.47	1.46	59	
25	TiO_2	119	2.52	300	5.1
26	SiO_2	40.07	1.46	59	
27	TiO_2	119.01	2.52	300	5.2
28	SiO_2	39.23	1.46	57	
29	TiO_2	119.17	2.52	300	5.4
30	SiO_2	38.15	1.46	56	

[0060]

[表2]

層番号	材料	物理的膜厚 [nm]	屈折率 n_H、または屈折率 n_L	光学膜厚 n_Hd_H、または光学膜厚 n_Ld_L [nm]	n_Hd_H / n_Ld_L
31	TiO_2	119.3	2.52	301	5.5
32	SiO_2	37.18	1.46	54	
33	TiO_2	119.39	2.52	301	5.6
34	SiO_2	36.73	1.46	54	
35	TiO_2	119.45	2.52	301	5.6
36	SiO_2	36.84	1.46	54	
37	TiO_2	119.48	2.52	301	5.5
38	SiO_2	37.18	1.46	54	
39	TiO_2	119.51	2.52	301	5.5
40	SiO_2	37.33	1.46	55	
41	TiO_2	119.58	2.52	301	5.6
42	SiO_2	37.02	1.46	54	
43	TiO_2	119.7	2.52	302	5.7
44	SiO_2	36.34	1.46	53	
45	TiO_2	119.84	2.52	302	5.8
46	SiO_2	35.61	1.46	52	
47	TiO_2	119.9	2.52	302	5.9
48	SiO_2	35.31	1.46	52	
49	TiO_2	119.89	2.52	302	5.8
50	SiO_2	35.77	1.46	52	
51	TiO_2	119.84	2.52	302	5.6
52	SiO_2	36.79	1.46	54	
53	TiO_2	119.78	2.52	302	5.5
54	SiO_2	37.89	1.46	55	
55	TiO_2	119.77	2.52	302	5.4
56	SiO_2	38.59	1.46	56	
57	TiO_2	119.98	2.52	302	5.4
58	SiO_2	38.32	1.46	56	
59	TiO_2	120.4	2.52	303	5.8
60	SiO_2	36.08	1.46	53	

[0061]

[表3]

層番号	材料	物理的膜厚 [nm]	屈折率 n_H、または屈折率 n_L	光学膜厚 n_Hd_H、または光学膜厚 n_Ld_L [nm]	n_Hd_H / n_Ld_L
61	TiO_2	102.32	2.52	258	17.3
62	SiO_2	10.19	1.46	15	
63	TiO_2	16.95	2.52	43	0.7
64	SiO_2	39.58	1.46	58	
65	TiO_2	98.49	2.52	248	10.0
66	SiO_2	16.93	1.46	25	
67	TiO_2	15.3	2.52	39	0.6
68	SiO_2	46.58	1.46	68	
69	TiO_2	114.45	2.52	288	5.3
70	SiO_2	37.12	1.46	54	
71	TiO_2	114.22	2.52	288	3.4
72	SiO_2	58.17	1.46	85	
73	TiO_2	19.73	2.52	50	1.4
74	SiO_2	23.97	1.46	35	
75	TiO_2	74.2	2.52	187	1.5
76	SiO_2	83.11	1.46	121	

[0062]

[表4]

層番号	材料	物理的膜厚 [nm]	屈折率 n_H、または屈折率 n_L	光学膜厚 n_Hd_H、または光学膜厚 n_Ld_L [nm]	n_Hd_H / n_Ld_L
1	TiO_2	8.19	2.52	20.64	0.23
2	SiO_2	61.08	1.46	89.18	
3	TiO_2	26.79	2.52	67.51	1.09
4	SiO_2	42.36	1.46	61.85	
5	TiO_2	38.65	2.52	97.40	1.36
6	SiO_2	49.18	1.46	71.80	
7	TiO_2	31.97	2.52	80.56	1.09
8	SiO_2	50.54	1.46	73.79	
9	TiO_2	40.25	2.52	101.43	1.45
10	SiO_2	47.77	1.46	69.74	
11	TiO_2	30.47	2.52	76.78	0.81
12	SiO_2	64.82	1.46	94.64	
13	TiO_2	33.53	2.52	84.50	1.17
14	SiO_2	49.45	1.46	72.20	
15	TiO_2	32.7	2.52	82.40	0.86
16	SiO_2	65.81	1.46	96.08	
17	TiO_2	32.72	2.52	82.45	1.28
18	SiO_2	44.15	1.46	64.46	
19	TiO_2	39.66	2.52	99.94	1.12
20	SiO_2	60.85	1.46	88.84	
21	TiO_2	30.26	2.52	76.26	1.11
22	SiO_2	46.94	1.46	68.53	
23	TiO_2	41.32	2.52	104.13	1.11
24	SiO_2	64.27	1.46	93.83	
25	TiO_2	22.47	2.52	56.62	0.60
26	SiO_2	64.87	1.46	94.71	
27	TiO_2	35.1	2.52	88.45	0.91
28	SiO_2	66.59	1.46	97.22	
29	TiO_2	19.81	2.52	49.92	0.57
30	SiO_2	60.18	1.46	87.86	

[0063]

[表5]

層番号	材料	物理的膜厚 [nm]	屈折率 n_H、または屈折率 n_L	光学膜厚 n_Hd_H、または光学膜厚 n_Ld_L [nm]	n_Hd_H / n_Ld_L
31	TiO_2	56.34	2.52	141.98	2.79
32	SiO_2	34.89	1.46	50.94	
33	TiO_2	18.23	2.52	45.94	0.33
34	SiO_2	94.15	1.46	137.46	
35	TiO_2	94.32	2.52	237.69	1.16
36	SiO_2	139.78	1.46	204.08	
37	TiO_2	87.38	2.52	220.20	1.21
38	SiO_2	125.06	1.46	182.59	
39	TiO_2	14.11	2.52	35.56	2.07
40	SiO_2	11.79	1.46	17.21	
41	TiO_2	63.42	2.52	159.82	0.74
42	SiO_2	147.56	1.46	215.44	
43	TiO_2	81.33	2.52	204.95	0.99
44	SiO_2	141.7	1.46	206.88	
45	TiO_2	83.25	2.52	209.79	1.11
46	SiO_2	129.58	1.46	189.19	
47	TiO_2	10.49	2.52	26.43	1.88
48	SiO_2	9.65	1.46	14.09	
49	TiO_2	67.51	2.52	170.13	0.79
50	SiO_2	146.77	1.46	214.28	
51	TiO_2	80.15	2.52	201.98	0.96
52	SiO_2	144.09	1.46	210.37	
53	TiO_2	80.68	2.52	203.31	0.96
54	SiO_2	144.43	1.46	210.87	
55	TiO_2	81.01	2.52	204.15	0.96
56	SiO_2	145.98	1.46	213.13	
57	TiO_2	82	2.52	206.64	0.95
58	SiO_2	149.22	1.46	217.86	
59	TiO_2	84.9	2.52	213.95	0.92
60	SiO_2	158.46	1.46	231.35	

[0064]

[表6]

層番号	材料	物理的膜厚 [nm]	屈折率 n_H、または屈折率 n_L	光学膜厚 n_Hd_H、または光学膜厚 n_Ld_L [nm]	n_Hd_H / n_Ld_L
61	TiO_2	95.93	2.52	241.74	0.90
62	SiO_2	184.26	1.46	269.02	
63	TiO_2	106	2.52	267.12	0.93
64	SiO_2	196.64	1.46	287.09	
65	TiO_2	18.19	2.52	45.84	1.06
66	SiO_2	29.57	1.46	43.17	
67	TiO_2	11.64	2.52	29.33	0.11
68	SiO_2	185.67	1.46	271.08	
69	TiO_2	108.57	2.52	273.60	0.96
70	SiO_2	195.62	1.46	285.61	
71	TiO_2	110.99	2.52	279.69	0.99
72	SiO_2	194.44	1.46	283.88	
73	TiO_2	114.99	2.52	289.77	2.86
74	SiO_2	69.33	1.46	101.22	
75	TiO_2	12.37	2.52	31.17	0.31
76	SiO_2	69.35	1.46	101.25	
77	TiO_2	113.99	2.52	287.25	1.03
78	SiO_2	191.94	1.46	280.23	
79	TiO_2	108.74	2.52	274.02	0.98
80	SiO_2	190.65	1.46	278.35	
81	TiO_2	112.71	2.52	284.03	2.81
82	SiO_2	69.15	1.46	100.96	
83	TiO_2	10.54	2.52	26.56	0.25
84	SiO_2	72.2	1.46	105.41	
85	TiO_2	105.81	2.52	266.64	1.05
86	SiO_2	174.36	1.46	254.57	
87	TiO_2	34.29	2.52	86.41	7.46
88	SiO_2	7.93	1.46	11.58	
89	TiO_2	46.08	2.52	116.12	0.92
90	SiO_2	86.36	1.46	126.09	

[0065] （比較例１）

実施例１で使用したガラス板と同様のガラス板の一方の表面に、表７～９

に示すようにＴｉＯ$_2$膜とＳｉＯ$_2$膜とを交互に積層して赤外波長域遮蔽用の誘電体多層膜を形成する。また、該ガラス板の他方の表面に、実施例１の光学部材１における第２の誘電体多層膜４と同様、表４～６に示すようにＴｉＯ$_2$膜とＳｉＯ$_2$膜とを交互に積層して紫外線波長域および赤外波長領域遮蔽用の誘電体多層膜を形成し、光学部材を製造する。なお、表７～９に示される赤外波長域遮蔽用の誘電体多層膜は、基本的に各屈折率膜の光学膜厚をλ_0／４としたものである。ここで、λ_0は反射帯域の中心波長７６０ｎｍである。

[0066]

[表7]

層番号	材料	物理的膜厚 [nm]	屈折率 n_H、または 屈折率 n_L	光学膜厚 n_Hd_H、または 光学膜厚 n_Ld_L [nm]	n_Hd_H / n_Ld_L
1	TiO_2	8.67	2.5	22	0.7
2	SiO_2	21.88	1.46	32	
3	TiO_2	87.36	2.5	218	1.0
4	SiO_2	151.15	1.46	221	
5	TiO_2	77.88	2.5	195	0.9
6	SiO_2	141.8	1.46	207	
7	TiO_2	74.87	2.5	187	0.9
8	SiO_2	139.94	1.46	204	
9	TiO_2	73.57	2.5	184	0.9
10	SiO_2	139.34	1.46	203	
11	TiO_2	72.65	2.5	182	0.9
12	SiO_2	138.87	1.46	203	
13	TiO_2	72.71	2.5	182	0.9
14	SiO_2	138.12	1.46	202	
15	TiO_2	73.04	2.5	183	0.9
16	SiO_2	136.86	1.46	200	
17	TiO_2	73.73	2.5	184	0.9
18	SiO_2	135.15	1.46	197	
19	TiO_2	74.71	2.5	187	1.0
20	SiO_2	133.24	1.46	195	
21	TiO_2	75.82	2.5	190	1.0
22	SiO_2	131.22	1.46	192	
23	TiO_2	76.97	2.5	192	1.0
24	SiO_2	129.06	1.46	188	
25	TiO_2	78	2.5	195	1.1
26	SiO_2	127.02	1.46	185	
27	TiO_2	79.02	2.5	198	1.1
28	SiO_2	125.65	1.46	183	
29	TiO_2	79.85	2.5	200	1.1
30	SiO_2	124.77	1.46	182	

[0067]

[表8]

層番号	材料	物理的膜厚 [nm]	屈折率 n_H、または屈折率 n_L	光学膜厚 n_Hd_H、または光学膜厚 n_Ld_L [nm]	n_Hd_H / n_Ld_L
31	TiO_2	80.3	2.5	201	1.1
32	SiO_2	124.18	1.46	181	
33	TiO_2	80.36	2.5	201	1.1
34	SiO_2	124.2	1.46	181	
35	TiO_2	80.11	2.5	200	1.1
36	SiO_2	125.01	1.46	183	
37	TiO_2	79.52	2.5	199	1.1
38	SiO_2	126.35	1.46	184	
39	TiO_2	78.57	2.5	196	1.1
40	SiO_2	128.05	1.46	187	
41	TiO_2	77.43	2.5	194	1.0
42	SiO_2	130.22	1.46	190	
43	TiO_2	76.33	2.5	191	1.0
44	SiO_2	132.37	1.46	193	
45	TiO_2	75.22	2.5	188	1.0
46	SiO_2	134.2	1.46	196	
47	TiO_2	74.21	2.5	186	0.9
48	SiO_2	135.74	1.46	198	
49	TiO_2	73.62	2.5	184	0.9
50	SiO_2	137.04	1.46	200	
51	TiO_2	73.39	2.5	183	0.9
52	SiO_2	137.77	1.46	201	
53	TiO_2	73.25	2.5	183	0.9
54	SiO_2	138.11	1.46	202	
55	TiO_2	73.45	2.5	184	0.9
56	SiO_2	138.49	1.46	202	
57	TiO_2	74.25	2.5	186	0.9
58	SiO_2	139.05	1.46	203	
59	TiO_2	75.74	2.5	189	0.9
60	SiO_2	140.75	1.46	205	

[0068]

[表9]

層番号	材料	物理的膜厚 [nm]	屈折率 n_H、または屈折率 n_L	光学膜厚 n_Hd_H、または光学膜厚 n_Ld_L [nm]	n_Hd_H / n_Ld_L
61	TiO_2	78.33	2.5	196	0.9
62	SiO_2	146.71	1.46	214	
63	TiO_2	82.94	2.5	207	1.9
64	SiO_2	73.68	1.46	108	

[0069] （比較例２）

実施例１で使用したガラス板と同様のガラス板の一方の表面に、表１０～１２に示すようにTiO_2膜とSiO_2膜とを交互に積層して赤外波長域遮蔽用の誘電体多層膜を形成する。また、該ガラス板の他方の表面に、実施例１の光学部材１における第２の誘電体多層膜４と同様、表４～６に示すようにTiO_2膜とSiO_2膜とを交互に積層して紫外線波長域および赤外波長域遮蔽用の誘電体多層膜を形成し、光学部材を製造する。なお、表１０～１２に示される赤外波長域遮蔽用の誘電体多層膜は、基本的に各屈折率膜の光学膜厚を$5\lambda_0/4$としたものである。ここで、λ_0は反射帯域の中心波長６８０ｎｍである。

[0070]

[表10]

層番号	材料	物理的膜厚 [nm]	屈折率 n_H、または屈折率 n_L	光学膜厚 n_Hd_H、または光学膜厚 n_Ld_L [nm]	n_Hd_H / n_Ld_L
1	TiO_2	12.39	2.5	31	0.7
2	SiO_2	28.34	1.46	41	
3	TiO_2	354.07	2.5	885	1.0
4	SiO_2	602.76	1.46	880	
5	TiO_2	343.02	2.5	858	1.0
6	SiO_2	589.81	1.46	861	
7	TiO_2	339.52	2.5	849	1.0
8	SiO_2	586.89	1.46	857	
9	TiO_2	338.11	2.5	845	1.0
10	SiO_2	586.02	1.46	856	
11	TiO_2	337.47	2.5	844	1.0
12	SiO_2	585.18	1.46	854	
13	TiO_2	337.36	2.5	843	1.0
14	SiO_2	584.49	1.46	853	
15	TiO_2	337.44	2.5	844	1.0
16	SiO_2	583.46	1.46	852	
17	TiO_2	337.87	2.5	845	1.0
18	SiO_2	582.17	1.46	850	
19	TiO_2	338.75	2.5	847	1.0
20	SiO_2	580.48	1.46	848	
21	TiO_2	339.6	2.5	849	1.0
22	SiO_2	578.74	1.46	845	
23	TiO_2	340.71	2.5	852	1.0
24	SiO_2	576.86	1.46	842	
25	TiO_2	341.79	2.5	854	1.0
26	SiO_2	575.08	1.46	840	
27	TiO_2	342.65	2.5	857	1.0
28	SiO_2	573.49	1.46	837	
29	TiO_2	343.46	2.5	859	1.0
30	SiO_2	572.34	1.46	836	

[0071]

[表11]

層番号	材料	物理的膜厚 [nm]	屈折率 n_H、または屈折率 n_L	光学膜厚 n_Hd_H、または光学膜厚 n_Ld_L [nm]	n_Hd_H / n_Ld_L
31	TiO_2	344.04	2.5	860	1.0
32	SiO_2	571.59	1.46	835	
33	TiO_2	344.45	2.5	861	1.0
34	SiO_2	571.21	1.46	834	
35	TiO_2	344.64	2.5	862	1.0
36	SiO_2	570.88	1.46	833	
37	TiO_2	344.63	2.5	862	1.0
38	SiO_2	571.33	1.46	834	
39	TiO_2	344.52	2.5	861	1.0
40	SiO_2	572.17	1.46	835	
41	TiO_2	344.21	2.5	861	1.0
42	SiO_2	573.05	1.46	837	
43	TiO_2	343.84	2.5	860	1.0
44	SiO_2	574.39	1.46	839	
45	TiO_2	343.35	2.5	858	1.0
46	SiO_2	575.69	1.46	841	
47	TiO_2	342.97	2.5	857	1.0
48	SiO_2	577.37	1.46	843	
49	TiO_2	342.71	2.5	857	1.0
50	SiO_2	579.24	1.46	846	
51	TiO_2	342.75	2.5	857	1.0
52	SiO_2	581.29	1.46	849	
53	TiO_2	343.2	2.5	858	1.0
54	SiO_2	583.8	1.46	852	
55	TiO_2	344.27	2.5	861	1.0
56	SiO_2	586.63	1.46	856	
57	TiO_2	346	2.5	865	1.0
58	SiO_2	590.23	1.46	862	
59	TiO_2	348.5	2.5	871	1.0
60	SiO_2	595.61	1.46	870	

[0072]

[表12]

層番号	材料	物理的膜厚 [nm]	屈折率 n_H、または屈折率 n_L	光学膜厚 n_Hd_H、または光学膜厚 n_Ld_L [nm]	n_Hd_H / n_Ld_L
61	TiO_2	354.79	2.5	887	1.2
62	SiO_2	510.49	1.46	745	

[0073] 次に、実施例１、比較例１、２の光学部材について、光学シミュレーションにより、入射角θが０°のときの分光透過率、および入射角θが３０°のときの分光透過率を求めた。図４に、実施例１、比較例１、２の光学部材について、６００～７００ｎｍの波長範囲における入射角θが０°のときの分光透過率、および入射角θが３０°のときの分光透過率を示す。また、図５に、実施例１の光学部材について、３００～１２００ｎｍの波長範囲における入射角θが０°のときの分光透過率、および入射角θが３０°のときの分光透過率を示す。なお、前記光学シミュレーションにおいて、高屈折率層の屈折率は、波長依存性を考慮した。

[0074] 図４からも明らかなように、第１の誘電体多層膜３における$n_Hd_H/n_Ld_L \geqq 3$、好ましくは$n_Hd_H/n_Ld_L \geqq 5$を満足する単位屈折率層３３の層数が１０以上、具体的には$n_Hd_H/n_Ld_L \geqq 3$を満足する層数が２８、$n_Hd_H/n_Ld_L \geqq 5$を満足する層数が２５である実施例１の光学部材１については、６５０ｎｍ付近のカットオフ帯域における入射角θが０°のときの５０％透過波長と入射角θが３０°のときの５０％透過波長との差を１６ｎｍとでき、入射角依存性を効果的に低減できる。また、図５から明らかなように、実施例１の光学部材１については、入射角依存性を効果的に低減できるとともに、透過率リップル、すなわち分光透過率の平坦性も効果的に改善できる。

[0075] （実施例２）

透明基材２としての厚さ１ｍｍのソーダガラス板の一方の表面に、表１３に示すように高屈折率層３１としてのＴｉＯ$_2$膜と低屈折率層３２としてのＳｉＯ$_2$膜とを交互に積層して第１の誘電体多層膜３を形成し、光学部材１を製

造する。

[0076] なお、第１の誘電体多層膜３については、高屈折率層３１と低屈折率層３２とを合わせた全層数は３０、すなわち単位屈折率層３３の全層数は１５、$n_H d_H / n_L d_L \geqq 3$を満足する単位屈折率層３３の層数は１３、$n_H d_H / n_L d_L \geqq 5$を満足する単位屈折率層３３の層数は１２、$5 \leqq n_H d_H / n_L d_L \leqq 8$を満足する単位屈折率層３３の層数は１２、平均$n_H d_H / n_L d_L$は５．５、平均光学膜厚$n_H d_H$は２８３ｎｍ、平均光学膜厚$n_L d_L$は４８ｎｍとする。

[0077] また、実施例２の光学部材１は、入射角θが０°のときにおいて、３６０～３９５ｎｍの範囲における透過率が３％未満、４３０～６３０ｎｍの範囲における平均透過率が９５％以上、同範囲における最低透過率が９０％以上、４１５±１０ｎｍの範囲内および６５０±６ｎｍの範囲内に透過率が５０％となる点を有するものである。

[0078]

[表13]

層番号	材料	物理的膜厚 [nm]	屈折率 n_H、または屈折率 n_L	光学膜厚 n_Hd_H、または光学膜厚 n_Ld_L [nm]	n_Hd_H / n_Ld_L
1	TiO_2	6.92	2.52	17.44	0.3
2	SiO_2	37.85	1.46	55.26	
3	TiO_2	114.77	2.52	289.22	7.8
4	SiO_2	25.4	1.46	37.08	
5	TiO_2	126.41	2.52	318.55	7.5
6	SiO_2	28.98	1.46	42.31	
7	TiO_2	124.77	2.52	314.42	6.5
8	SiO_2	33.17	1.46	48.43	
9	TiO_2	122.56	2.52	308.85	5.7
10	SiO_2	36.87	1.46	53.83	
11	TiO_2	120.83	2.52	304.49	5.3
12	SiO_2	39.62	1.46	57.85	
13	TiO_2	119.64	2.52	301.49	5.0
14	SiO_2	41.1	1.46	60.01	
15	TiO_2	119.01	2.52	299.91	4.9
16	SiO_2	41.51	1.46	60.60	
17	TiO_2	118.95	2.52	299.75	5.0
18	SiO_2	41.19	1.46	60.14	
19	TiO_2	119.48	2.52	301.09	5.2
20	SiO_2	39.86	1.46	58.20	
21	TiO_2	120.52	2.52	303.71	5.6
22	SiO_2	37.23	1.46	54.36	
23	TiO_2	121.99	2.52	307.41	6.3
24	SiO_2	33.62	1.46	49.09	
25	TiO_2	123.59	2.52	311.45	7.2
26	SiO_2	29.74	1.46	43.42	
27	TiO_2	123.5	2.52	311.22	8.0
28	SiO_2	26.54	1.46	38.75	
29	TiO_2	103.53	2.52	260.90	2.5
30	SiO_2	71.78	1.46	104.80	

[0079] 次に、実施例２の光学部材１について、光学シミュレーションにより、入射角θが０°のときの分光透過率、および入射角θが３０°のときの分光透

過率を求めた。図６に、３５０～１１００ｎｍの波長範囲における入射角θが０°のときの分光透過率、および入射角θが３０°のときの分光透過率を示す。なお、前記光学シミュレーションにおいて、高屈折率層の屈折率は、波長依存性を考慮した。

[0080] 図６からも明らかなように、第１の誘電体多層膜３における$n_H d_H / n_L d_L \geqq 3$を満足する単位屈折率層３３の層数が１３、$n_H d_H / n_L d_L \geqq 5$を満足する単位屈折率層３３の層数が１２であるものについても、６５０ｎｍ付近のカットオフ帯域における入射角θが０°のときの５０％透過波長と入射角θが３０°のときの５０％透過波長との差を１６ｎｍにでき、入射角依存性を効果的に低減できる。

[0081] （実施例３）

透明基材２としての近赤外線カットフィルタガラス（旭硝子株式会社製ＮＦ－５０ガラスでガラス厚みは０．３ｍｍ）の一方の表面に、表１４～１６に示すように高屈折率層３１としてのTiO_2膜と低屈折率層３２としてのSiO_2膜とを交互に積層して第１の誘電体多層膜３を形成する。また、該透明基材２の他方の表面に、表１７に示すように高屈折率層４１としてのTiO_2膜と低屈折率層４２としてのSiO_2膜とを交互に積層して第２の誘電体多層膜４を形成し、光学部材１を製造する。

[0082] なお、第１の誘電体多層膜３については、高屈折率層３１と低屈折率層３２とを合わせた全層数は７６、すなわち単位屈折率層３３の全層数は３８、$n_H d_H / n_L d_L \geqq 3$を満足する単位屈折率層３３の層数は２８、$n_H d_H / n_L d_L \geqq 5$を満足する単位屈折率層３３の層数は２０、$5 \leqq n_H d_H / n_L d_L \leqq 8$を満足する単位屈折率層３３の層数は１７、平均$n_H d_H / n_L d_L$は５．１、平均光学膜厚$n_H d_H$は２４７ｎｍ、平均光学膜厚$n_L d_L$は５８ｎｍとする。

[0083] 第２の誘電体多層膜４については、高屈折率層４１と低屈折率層４２とを合わせた全層数は１２、すなわち単位屈折率層４３の全層数は６、平均$n_H d_H / n_L d_L$は１．１、平均光学膜厚$n_H d_H$は２１１ｎｍ、平均光学膜厚$n_L d$

$_L$は１９０ｎｍとする。

[0084] また、実施例３の光学部材１は、入射角θが０°のときにおいて、３５０～３９５ｎｍの範囲における透過率が３％未満、４３０～５４５ｎｍの範囲における平均透過率が９５％以上、同範囲における最低透過率が９０％以上、７００～１０００ｎｍの範囲における平均透過率が０．１％未満、同範囲における最大透過率が０．５％未満、１０００～１１００ｎｍの範囲における平均透過率が０．５％未満、同範囲における最大透過率が２％未満を満たし、かつ４１５±１０ｎｍの範囲内および６４０±６ｎｍの範囲内に透過率が５０％となる点を有するものである。

[0085]

[表14]

層番号	材料	物理的膜厚 [nm]	屈折率 n_H、または屈折率 n_L	光学膜厚 n_Hd_H、または光学膜厚 n_Ld_L [nm]	n_Hd_H / n_Ld_L
1	TiO_2	14	2.52	34.75	0.9
2	SiO_2	27	1.46	39.01	
3	TiO_2	84	2.52	212.41	3.9
4	SiO_2	37	1.46	53.86	
5	TiO_2	18	2.52	45.23	0.5
6	SiO_2	63	1.46	91.94	
7	TiO_2	89	2.52	223.37	12.7
8	SiO_2	12	1.46	17.64	
9	TiO_2	18	2.52	46.37	0.6
10	SiO_2	54	1.46	78.53	
11	TiO_2	8	2.52	20.69	0.5
12	SiO_2	29	1.46	42.30	
13	TiO_2	114	2.52	288.36	5.3
14	SiO_2	37	1.46	54.41	
15	TiO_2	126	2.52	318.33	5.9
16	SiO_2	37	1.46	54.25	
17	TiO_2	14	2.52	34.83	2.4
18	SiO_2	10	1.46	14.79	
19	TiO_2	117	2.52	295.92	5.4
20	SiO_2	37	1.46	54.34	
21	TiO_2	130	2.52	328.38	6.0
22	SiO_2	37	1.46	54.43	
23	TiO_2	133	2.52	334.58	6.3
24	SiO_2	37	1.46	53.49	
25	TiO_2	133	2.52	334.58	6.4
26	SiO_2	36	1.46	52.33	
27	TiO_2	133	2.52	335.46	6.4
28	SiO_2	36	1.46	52.05	
29	TiO_2	134	2.52	336.42	6.4
30	SiO_2	36	1.46	52.55	

[0086]

[表15]

層番号	材料	物理的膜厚 [nm]	屈折率 n_H、または屈折率 n_L	光学膜厚 n_Hd_H、または光学膜厚 n_Ld_L [nm]	n_Hd_H / n_Ld_L
31	TiO_2	133	2.52	335.87	6.2
32	SiO_2	37	1.46	54.41	
33	TiO_2	132	2.52	331.38	5.8
34	SiO_2	39	1.46	56.93	
35	TiO_2	130	2.52	326.87	5.4
36	SiO_2	42	1.46	60.81	
37	TiO_2	127	2.52	320.77	4.9
38	SiO_2	45	1.46	65.73	
39	TiO_2	126	2.52	317.34	4.7
40	SiO_2	47	1.46	68.08	
41	TiO_2	124	2.52	312.63	4.5
42	SiO_2	47	1.46	69.20	
43	TiO_2	123	2.52	310.87	4.4
44	SiO_2	48	1.46	70.63	
45	TiO_2	123	2.52	310.26	4.5
46	SiO_2	48	1.46	69.47	
47	TiO_2	123	2.52	308.90	4.8
48	SiO_2	44	1.46	64.69	
49	TiO_2	124	2.52	313.29	5.1
50	SiO_2	42	1.46	61.01	
51	TiO_2	124	2.52	312.05	5.4
52	SiO_2	39	1.46	57.32	
53	TiO_2	125	2.52	314.55	5.5
54	SiO_2	39	1.46	56.84	
55	TiO_2	123	2.52	310.89	5.2
56	SiO_2	41	1.46	60.09	
57	TiO_2	124	2.52	312.30	5.1
58	SiO_2	42	1.46	61.79	
59	TiO_2	125	2.52	313.74	5.0
60	SiO_2	43	1.46	62.34	

[0087]

[表16]

層番号	材料	物理的膜厚 [nm]	屈折率 n_H、または屈折率 n_L	光学膜厚 n_Hd_H、または光学膜厚 n_Ld_L [nm]	n_Hd_H / n_Ld_L
61	TiO_2	114	2.52	288.21	19.8
62	SiO_2	10	1.46	14.56	
63	TiO_2	10	2.52	24.29	0.4
64	SiO_2	40	1.46	58.06	
65	TiO_2	110	2.52	276.82	15.6
66	SiO_2	12	1.46	17.77	
67	TiO_2	11	2.52	28.83	0.5
68	SiO_2	43	1.46	62.20	
69	TiO_2	121	2.52	303.74	4.9
70	SiO_2	42	1.46	61.54	
71	TiO_2	115	2.52	290.30	2.7
72	SiO_2	75	1.46	108.97	
73	TiO_2	16	2.52	40.24	1.0
74	SiO_2	28	1.46	41.13	
75	TiO_2	76	2.52	191.85	1.7
76	SiO_2	78	1.46	113.92	

[0088] [表17]

層番号	材料	物理的膜厚 [nm]	屈折率 n_H、または屈折率 n_L	光学膜厚 n_Hd_H、または光学膜厚 n_Ld_L [nm]	n_Hd_H / n_Ld_L
1	TiO_2	11	2.52	26.89	0.5
2	SiO_2	36	1.46	52.69	
3	TiO_2	107	2.52	269.26	1.1
4	SiO_2	171	1.46	249.30	
5	TiO_2	98	2.52	246.36	1.0
6	SiO_2	162	1.46	236.58	
7	TiO_2	93	2.52	234.64	1.0
8	SiO_2	162	1.46	236.72	
9	TiO_2	97	2.52	243.26	1.0
10	SiO_2	167	1.46	243.21	
11	TiO_2	98	2.52	247.59	2.0
12	SiO_2	85	1.46	124.04	

[0089] 次に、実施例３の光学部材１について、光学シミュレーションにより、入射角θが０°のときの分光透過率、および入射角θが３０°のときの分光透過率を求めた。図７に、４００～１１００ｎｍの波長範囲における入射角θが０°のときの分光透過率、および入射角θが３０°のときの分光透過率を示す。なお、前記光学シミュレーションにおいて、各屈折率層の屈折率は、波長依存性を考慮していない。

[0090] 図７からも明らかなように、透明基材２を変更した実施例３の光学部材１についても、カットオフ帯域における入射角θが０°のときの５０％透過波長６３８ｎｍに対して入射角θが３０°のときの５０％透過波長を６３５ｎｍにでき、また同カットオフ帯域における入射角θが０°のときの２０％透過波長６８６ｎｍに対して入射角θが３０°のときの２０％透過波長を６７１ｎｍにでき、入射角依存性を効果的に低減できる。

[0091] （比較例３）

実施例１で使用したガラス板と同様のガラス板の一方の表面に、表１８、１９に示すように主としてTiO_2膜とAl_2O_3膜とを交互に積層して赤外波長域遮蔽用の誘電体多層膜を形成する。なお、層番号の１、２、３５に記載される膜は調整層であり、層番号の３～３４からなる膜が赤外波長域遮蔽用の誘電体多層膜である。また、該ガラス板の他方の表面に、実施例１の光学部材１における第２の誘電体多層膜４と同様、表４～６に示すようにTiO_2膜とSiO_2膜とを交互に積層して紫外線波長域および赤外波長域遮蔽用の誘電体多層膜を形成し、光学部材を製造する。なお、表１８、１９に示される赤外波長域遮蔽用の誘電体多層膜は、高屈折率層と中屈折率層（屈折率が１．６を超え、２未満の構成材料からなる）との繰り返し構成である。

[0092]

[表18]

層番号	材料	物理的膜厚 [nm]	屈折率 n_H、または屈折率 n_L	光学膜厚 n_Hd_H、または光学膜厚 n_Ld_L [nm]	n_Hd_H / n_Ld_L
1	TiO_2	6.35	2.50	15.88	
2	SiO_2	56.41	1.46	82.36	
3	TiO_2	11.97	2.50	29.93	0.1
4	Al_2O_3	186.35	1.63	303.75	
5	TiO_2	92.05	2.50	230.13	1.2
6	Al_2O_3	120.65	1.63	196.66	
7	TiO_2	83.35	2.50	208.38	1.2
8	Al_2O_3	109.85	1.63	179.06	
9	TiO_2	85	2.50	212.50	1.3
10	Al_2O_3	100.02	1.63	163.03	
11	TiO_2	89.26	2.50	223.15	1.5
12	Al_2O_3	89.21	1.63	145.41	
13	TiO_2	94.69	2.50	236.73	1.9
14	Al_2O_3	76.01	1.63	123.90	
15	TiO_2	94.62	2.50	236.55	1.7
16	Al_2O_3	87.69	1.63	142.93	
17	TiO_2	87.22	2.50	218.05	1.3
18	Al_2O_3	102.87	1.63	167.68	
19	TiO_2	77.55	2.50	193.88	1.0
20	Al_2O_3	119.38	1.63	194.59	
21	TiO_2	66.24	2.50	165.60	0.7
22	Al_2O_3	140.08	1.63	228.33	
23	TiO_2	45.02	2.50	112.55	0.5
24	Al_2O_3	149.55	1.63	243.77	
25	TiO_2	51.38	2.50	128.45	0.6
26	Al_2O_3	138.13	1.63	225.15	
27	TiO_2	64.74	2.50	161.85	0.8
28	Al_2O_3	124.47	1.63	202.89	
29	TiO_2	73.13	2.50	182.83	1.0
30	Al_2O_3	116.28	1.63	189.54	

[0093]

[表19]

層番号	材料	物理的膜厚 [nm]	屈折率 n_H、または屈折率 n_L	光学膜厚 n_Hd_H、または光学膜厚 n_Ld_L [nm]	n_Hd_H / n_Ld_L
31	TiO_2	78.77	2.50	196.93	1.0
32	Al_2O_3	115.68	1.63	188.56	
33	TiO_2	88.85	2.50	222.13	0.9
34	Al_2O_3	148.38	1.63	241.86	
35	SiO_2	83.8	1.46	209.50	

[0094] （比較例４）

実施例１で使用したガラス板と同様のガラス板の一方の表面に、表１８、１９に示すように比較例３と同様のＴｉＯ$_2$膜とＡｌ$_2$Ｏ$_3$膜とを交互に積層して赤外波長域遮蔽用の誘電体多層膜を形成する。なお、比較例３との相違点は、ガラス板の他方の表面に誘電体多層膜を形成していないことである。

[0095] 次に、比較例３、４の光学部材１について、光学シミュレーションにより、入射角θが０°のときの分光透過率、および入射角θが３０°のときの分光透過率を求めた。図８および図９に、３００～１３００ｎｍの波長範囲における入射角θが０°のときの分光透過率、および入射角θが３０°のときの分光透過率を示す。なお、前記光学シミュレーションにおいて、各屈折率層の屈折率は、波長依存性を考慮している。

[0096] 図８および図９からも明らかなように、本発明を満足しない光学部材については、６５０ｎｍ付近のカットオフ帯域における入射角θが０°のときの５０％透過波長と入射角θが３０°のときの５０％透過波長との差が２２ｎｍと大きく、入射角依存性を低減することができない。

[0097] （実施例４）

透明基材２としての厚さ１ｍｍのソーダガラス板の一方の表面に、表２０、２１に示すように高屈折率層３１としてのＴｉＯ$_2$膜と低屈折率層３２としてのＳｉＯ$_2$膜とを交互に積層して第１の誘電体多層膜３を形成し、光学部材１を製造する。

[0098] なお、第１の誘電体多層膜３については、高屈折率層３１と低屈折率層３２とを合わせた全層数は４２、すなわち単位屈折率層３３の全層数は２１、$n_H d_H / n_L d_L \geqq 3$を満足する単位屈折率層３３の層数は１３、$n_H d_H / n_L d_L \geqq 5$を満足する単位屈折率層３３の層数は１３、$5 \leqq n_H d_H / n_L d_L \leqq 8$を満足する単位屈折率層３３の層数は８、平均$n_H d_H / n_L d_L$は５．２、平均光学膜厚$n_H d_H$は９９．４ｎｍ、平均光学膜厚$n_L d_L$は７５．８ｎｍとする。

[0099] また、第１の誘電体多層膜３の層番号１～１０及び２９～４２は調整部としても機能する。該調整部は、該調整部に含まれる高屈折率層３１の平均光学膜厚をT_H、該調整部に含まれる低屈折率層３２の平均光学膜厚をT_Lとしたとき、T_H / T_Lが０．８７である。

[0100] また、実施例４の光学部材１は、入射角θが０°のときにおいて、３６０～３９５ｎｍの範囲における透過率が３％未満、４３０～６３０ｎｍの範囲における平均透過率が９５％以上、同範囲における最低透過率が９０％以上、４１５±１０ｎｍの範囲内、具体的には４１５～４１６ｎｍの範囲内、および６５０±１５ｎｍの範囲内、具体的には６６０～６６１ｎｍの範囲内に透過率が５０％となる点を有するものである。

[0101]

[表20]

層番号	材料	物理的膜厚 [nm]	屈折率 n_H、または屈折率 n_L	光学膜厚 n_Hd_H、または光学膜厚 n_Ld_L [nm]	n_Hd_H / n_Ld_L
1*	TiO_2	12.54	2.48	31.10	0.8
2*	SiO_2	27.08	1.48	40.08	
3*	TiO_2	99.38	2.48	246.46	6.3
4*	SiO_2	26.59	1.48	39.35	
5*	TiO_2	23.72	2.48	58.83	1.0
6*	SiO_2	39.19	1.48	58.00	
7*	TiO_2	109.42	2.48	271.36	0.9
8*	SiO_2	198.66	1.48	294.02	
9*	TiO_2	15.89	2.48	39.41	0.1
10*	SiO_2	195.65	1.48	289.56	
11	TiO_2	113.57	2.48	281.65	9.2
12	SiO_2	20.79	1.48	30.77	
13	TiO_2	128.46	2.48	318.58	10.8
14	SiO_2	19.93	1.48	29.50	
15	TiO_2	129.57	2.48	321.33	8.9
16	SiO_2	24.52	1.48	36.29	
17	TiO_2	127.8	2.48	316.94	7.6
18	SiO_2	28.24	1.48	41.80	
19	TiO_2	126.21	2.48	313.00	6.7
20	SiO_2	31.8	1.48	47.06	
21	TiO_2	125.34	2.48	310.84	6.8
22	SiO_2	30.8	1.48	45.58	
23	TiO_2	126.03	2.48	312.55	6.9
24	SiO_2	30.77	1.48	45.54	
25	TiO_2	127.31	2.48	315.73	7.0
26	SiO_2	30.54	1.48	45.20	
27	TiO_2	126.47	2.48	313.65	6.8
28	SiO_2	31.06	1.48	45.97	
29*	TiO_2	115.57	2.48	286.61	0.9
30*	SiO_2	214.6	1.48	317.61	

＊：調整部としても機能するもの。

[0102]

[表21]

層番号	材料	物理的膜厚 [nm]	屈折率 n_H、または屈折率 n_L	光学膜厚 n_Hd_H、または光学膜厚 n_Ld_L [nm]	n_Hd_H / n_Ld_L
31*	TiO_2	7.79	2.48	31.10	0.0
32*	SiO_2	407.29	1.48	40.08	
33*	TiO_2	9.11	2.48	246.46	0.1
34*	SiO_2	216.36	1.48	39.35	
35*	TiO_2	41.74	2.48	58.83	8.3
36*	SiO_2	8.39	1.48	58.00	
37*	TiO_2	64.38	2.48	271.36	5.2
38*	SiO_2	20.63	1.48	294.02	
39*	TiO_2	137.38	2.48	39.41	13.0
40*	SiO_2	17.71	1.48	289.56	
41*	TiO_2	120.93	2.48	281.65	2.2
42*	SiO_2	91.41	1.48	30.77	

＊：調整部としても機能するもの。

[0103] 次に、実施例４の光学部材１について、光学シミュレーションにより、入射角θが０°のときの分光透過率、および入射角θが３０°のときの分光透過率を求めた。図１０に、３５０～１１００ｎｍの波長範囲における入射角θが０°のときの分光透過率、および入射角θが３０°のときの分光透過率を示す。なお、前記光学シミュレーションにおいて、各屈折率層の屈折率は、波長依存性を考慮している。

[0104] 図１０からも明らかなように、第１の誘電体多層膜３における$n_Hd_H/n_Ld_L \geqq 3$を満足する単位屈折率層３３の層数が１３、$n_Hd_H/n_Ld_L \geqq 5$を満足する単位屈折率層３３の層数が１３であるものについても、６５０ｎｍ付近のカットオフ帯域における入射角θが０°のときの５０％透過波長と入射角θが３０°のときの５０％透過波長との差を８ｎｍにでき、入射角依存性を効果的に低減できる。

[0105] これは、第１の誘電体多層膜３の一部を調整部として用いたことにより、６５０ｎｍ付近のカットオフ帯域における入射角θが０°と入射角θが３０

°との波形シフトが平行とならず、波形が変形していることに起因していると考えられる。具体的には、図１０に示すとおり、近赤外側の透過率が５０～９０％となる波長領域において、この範囲における入射角θが０°から３０°に変化した場合の波長シフト量は１０ｎｍ以下であり、波長シフト量が非常に小さいことがわかる。また、近赤外線の透過率が５０％未満となる波長領域は、前記透過率が５０～９０％となる波長領域の波長シフト量と比べ、波長シフト量が大きい。よって、第１の誘電体多層膜３の一部を調整部とすることで、近赤外側の入射角に依存する波長シフト量を不均一化させ、赤色域の波長範囲の入射角依存性を小さくすることができる。

符号の説明

[0106] １…光学部材、２…透明基材、３…第１の誘電体多層膜、４…第２の誘電体多層膜、３１…高屈折率層、３２…低屈折率層、４１…高屈折率層、４２…低屈折率層、５０…撮像装置、５１…固体撮像素子、５２…カバーガラス、５３…レンズ群、５４…絞り、５５…筐体。

請求の範囲

[請求項1] 透明基材と、前記透明基材に形成され、屈折率が２以上の高屈折率層と屈折率が１．６以下の低屈折率層とからなる単位屈折率層が複数積層された誘電体多層膜とを有する光学部材であって、

前記誘電体多層膜における前記単位屈折率層の全層数が１５以上、かつ前記単位屈折率層における前記高屈折率層の光学膜厚を$n_H d_H$、前記低屈折率層の光学膜厚を$n_L d_L$としたとき、前記誘電体多層膜における$n_H d_H / n_L d_L \geqq 3$を満足する単位屈折率層の層数が１０以上であることを特徴とする光学部材。

[請求項2] 前記誘電体多層膜における前記単位屈折率層の全層数が１５以上、かつ前記誘電体多層膜における前記$n_H d_H / n_L d_L \geqq 5$を満足する単位屈折率層の層数が１０以上である請求項１記載の光学部材。

[請求項3] 前記誘電体多層膜における前記単位屈折率層の全層数が３０以上、かつ前記誘電体多層膜における前記$n_H d_H / n_L d_L \geqq 5$を満足する単位屈折率層の層数が１５以上である請求項２記載の光学部材。

[請求項4] 前記誘電体多層膜における前記単位屈折率層の全体における$n_H d_H / n_L d_L$の平均値である平均$n_H d_H / n_L d_L$が４．５～５．３である請求項２または３記載の光学部材。

[請求項5] 前記誘電体多層膜は、前記高屈折率層および前記低屈折率層の一部から構成される合計層数が１０層以上の調整部を有するものであって、前記調整部は、前記調整部に含まれる前記高屈折率層の平均光学膜厚をT_H、前記調整部に含まれる前記低屈折率層の平均光学膜厚をT_Lとしたとき、T_H / T_Lが１．５以下であることを特徴とする請求項１乃至４のいずれか１項記載の光学部材。

[請求項6] 透過帯域と反射帯域との間のカットオフ帯域における入射角０°における５０％透過波長と入射角３０°における５０％透過波長との差が２０ｎｍ以下である請求項１乃至５のいずれか１項記載の光学部材。

［請求項7］ 前記高屈折率層は、TiO_2、Nb_2O_5、Ta_2O_5、およびこれらの複合酸化物から選ばれる１種からなり、前記低屈折率層は、SiO_2、MgF_2、およびこれらの複合酸化物から選ばれる１種からなる請求項１乃至６のいずれか１項記載の光学部材。

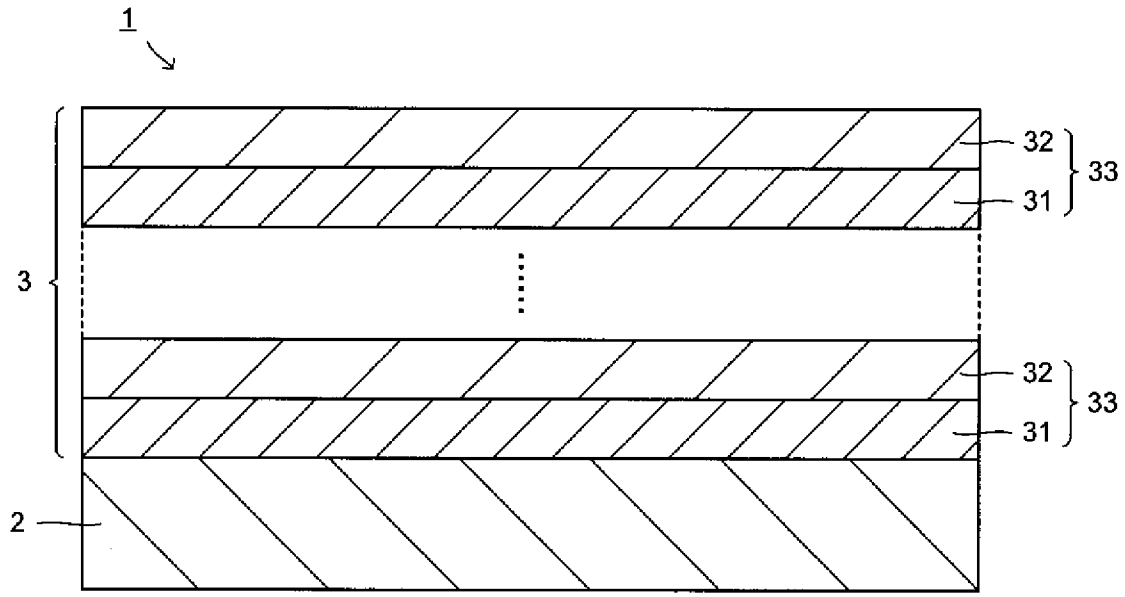
［請求項8］ 前記透明基材は板状である請求項１乃至７のいずれか１項記載の光学部材。

［請求項9］ 前記透明基材はレンズ状である請求項１乃至８のいずれか１項記載の光学部材。

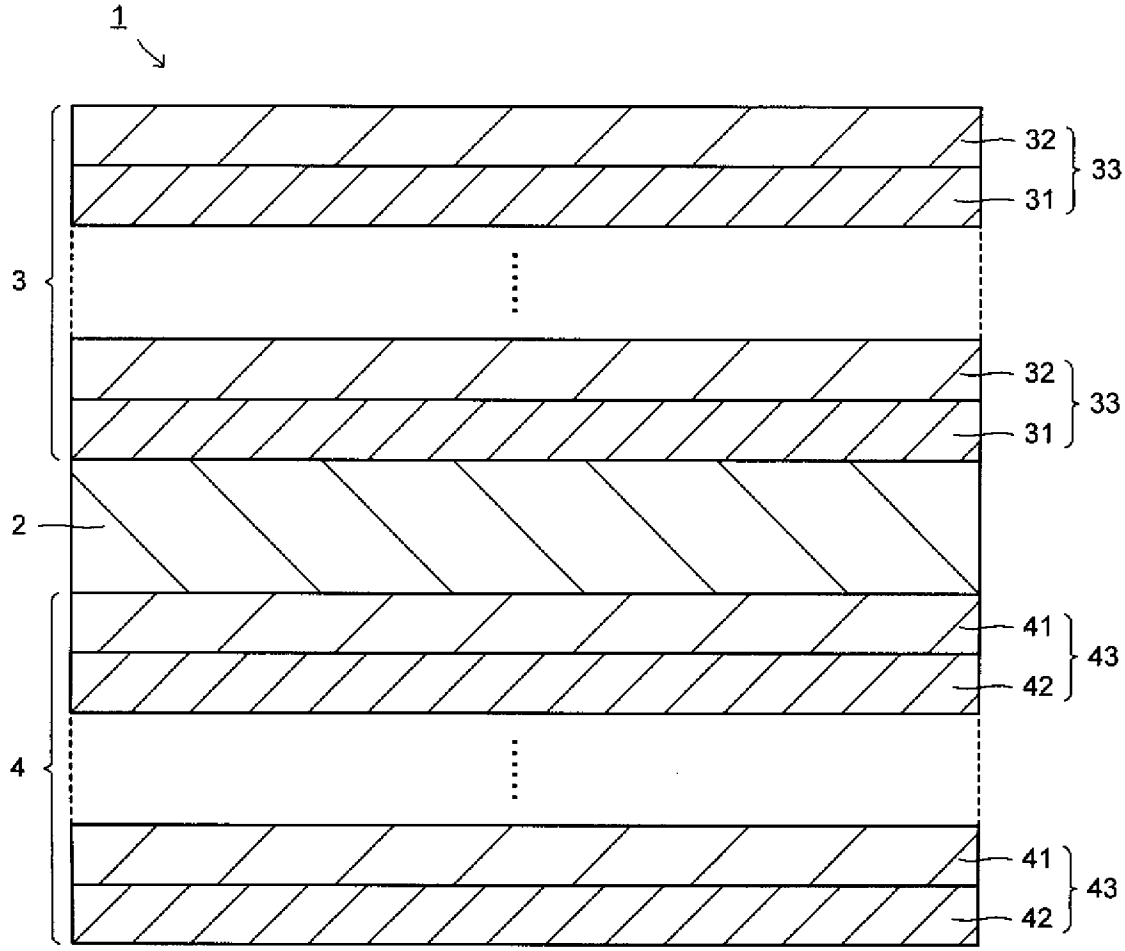
［請求項10］ 前記透明基材は赤外波長域に吸収を有する請求項１乃至９のいずれか１項記載の光学部材。

［請求項11］ 視感度補正フィルタとして用いられることを特徴とする請求項１乃至１０のいずれか１項記載の光学部材。

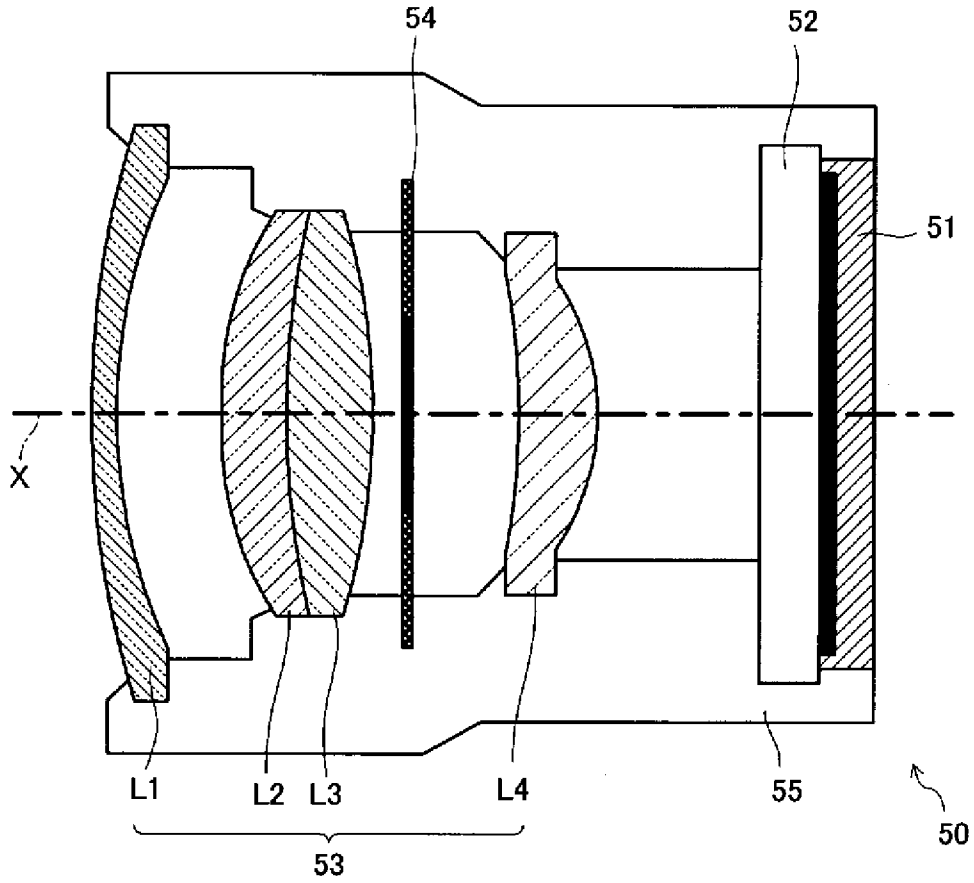
[図1]



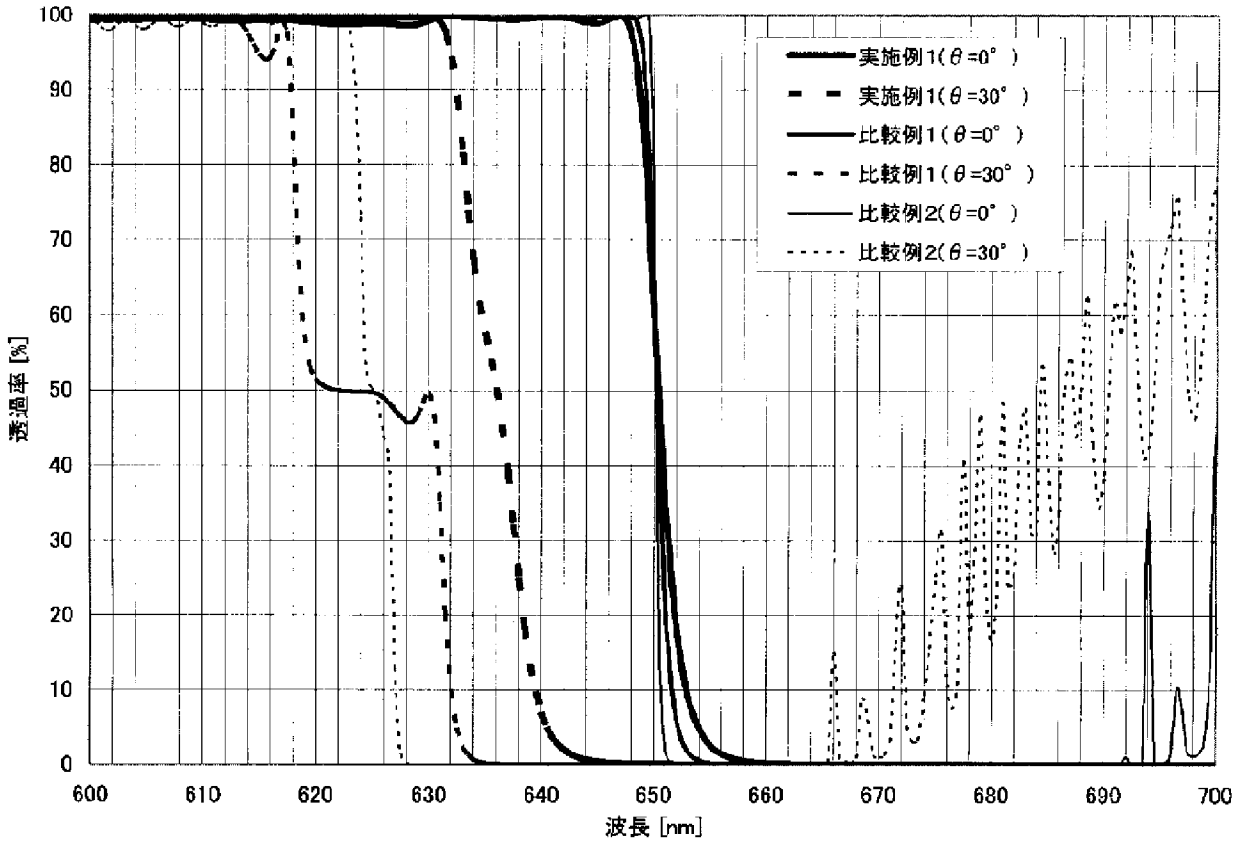
[図2]



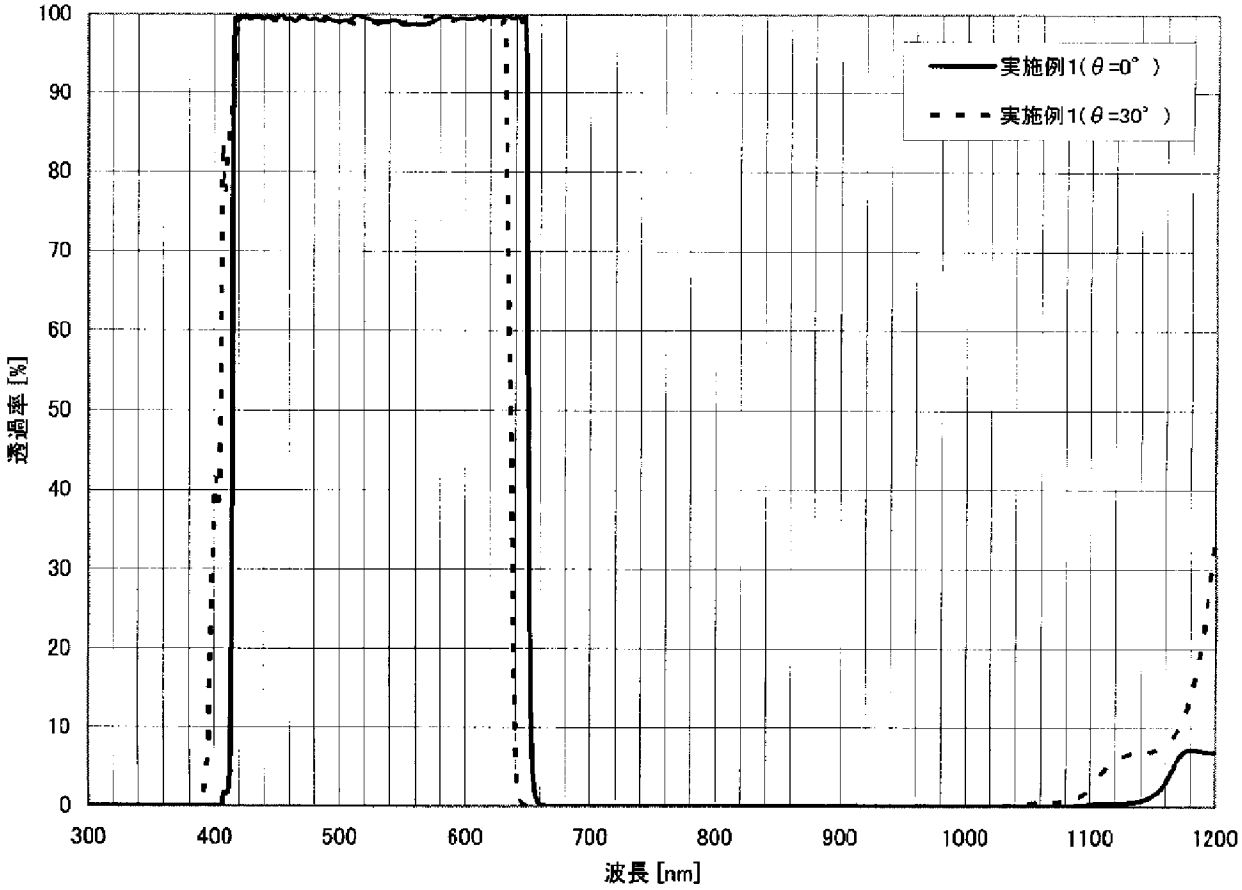
[図3]


54
52
51
X
L1
L2
L3
L4
55
50
53

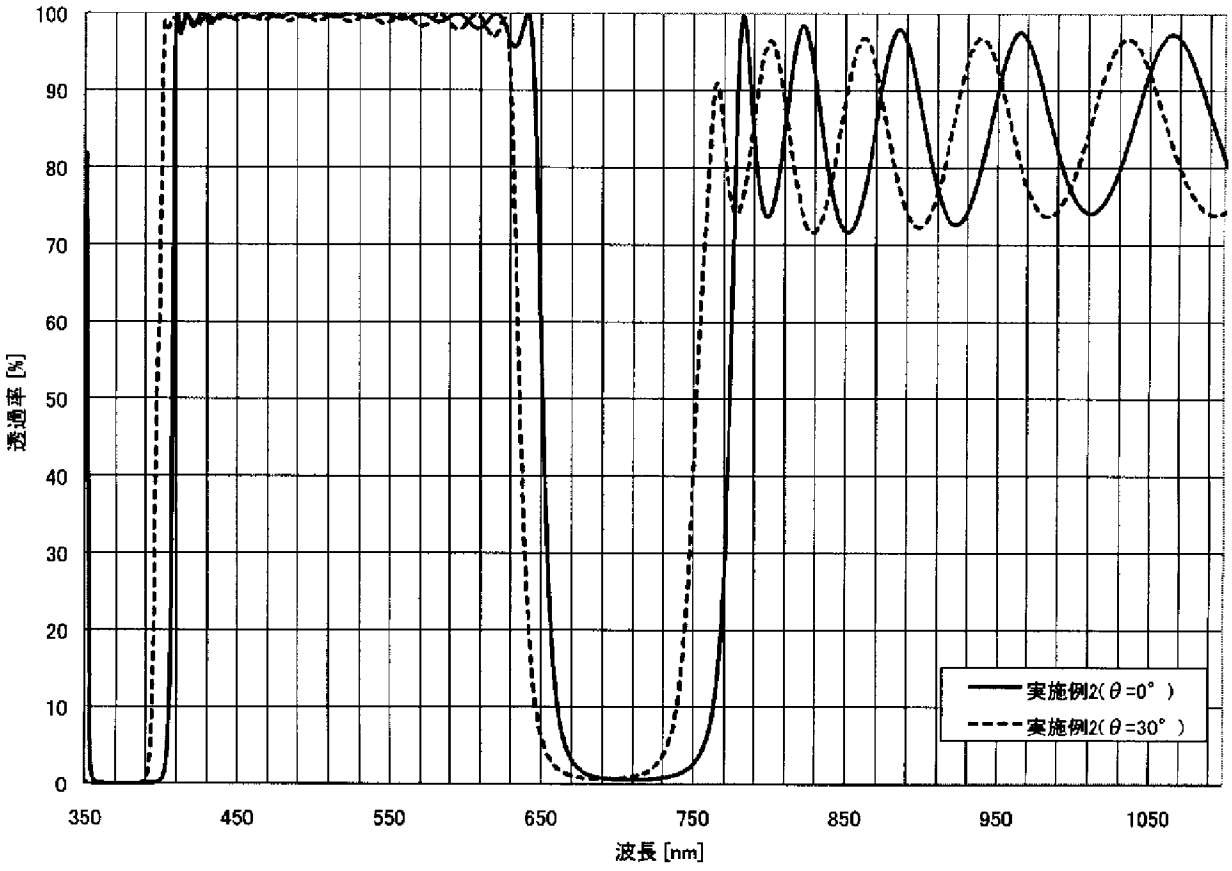
[図4]


実施例1(θ=0°)
実施例1(θ=30°)
比較例1(θ=0°)
比較例1(θ=30°)
比較例2(θ=0°)
比較例2(θ=30°)
透過率 [%]
波長 [nm]
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
600
610
620
630
640
650
660
670
680
690
700

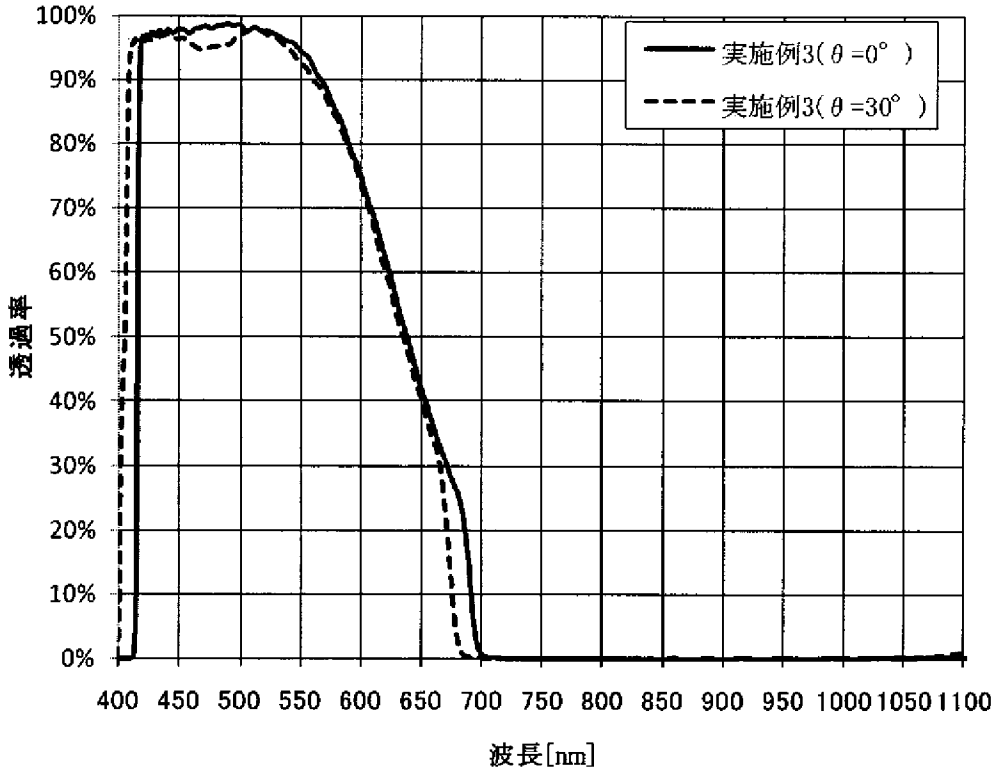
[図5]


実施例1(θ=0°)
実施例1(θ=30°)
透過率 [%]
波長 [nm]
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
300
400
500
600
700
800
900
1000
1100
1200

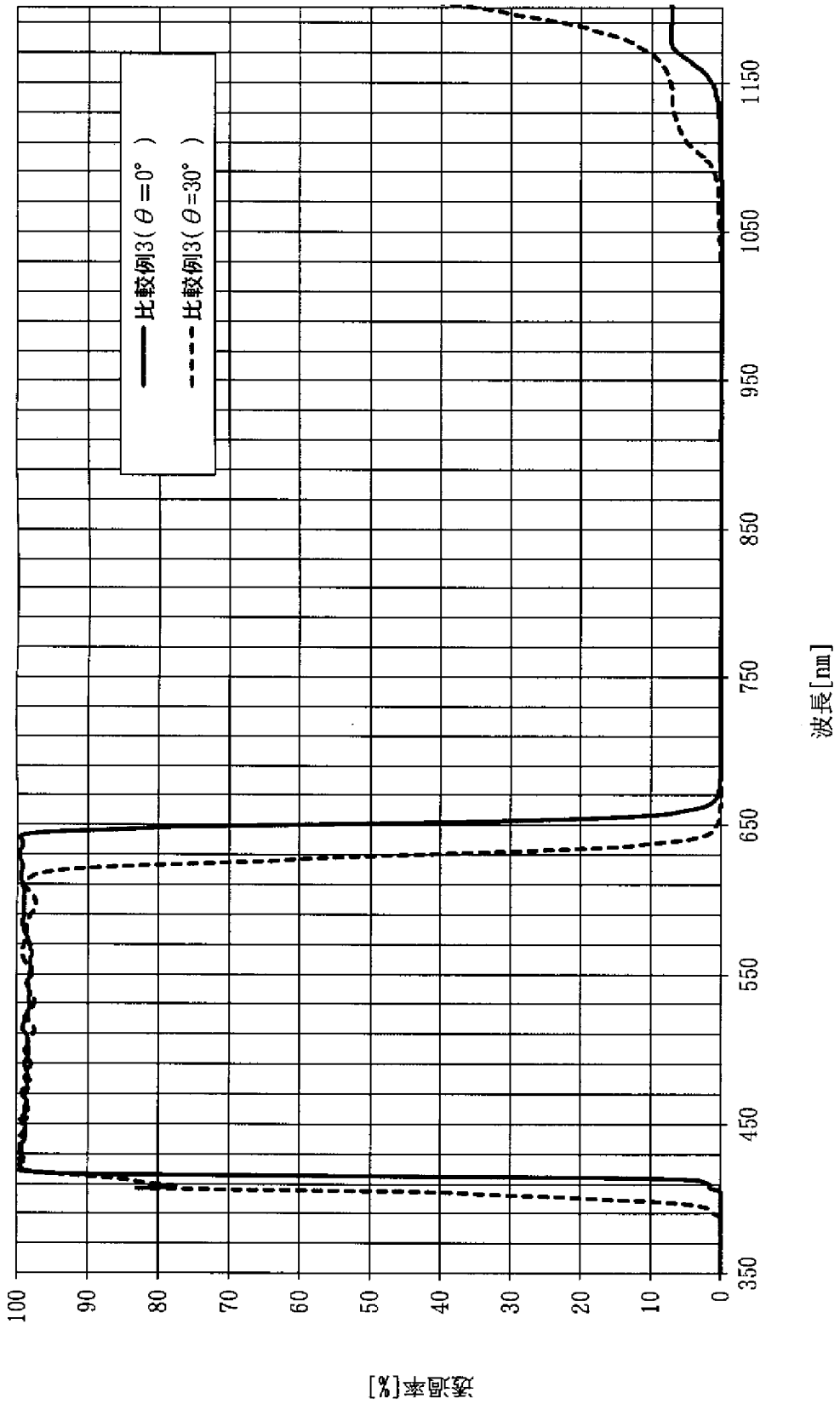
[図6]


実施例2(θ=0°)
実施例2(θ=30°)
透過率 [%]
波長 [nm]
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
350
450
550
650
750
850
950
1050

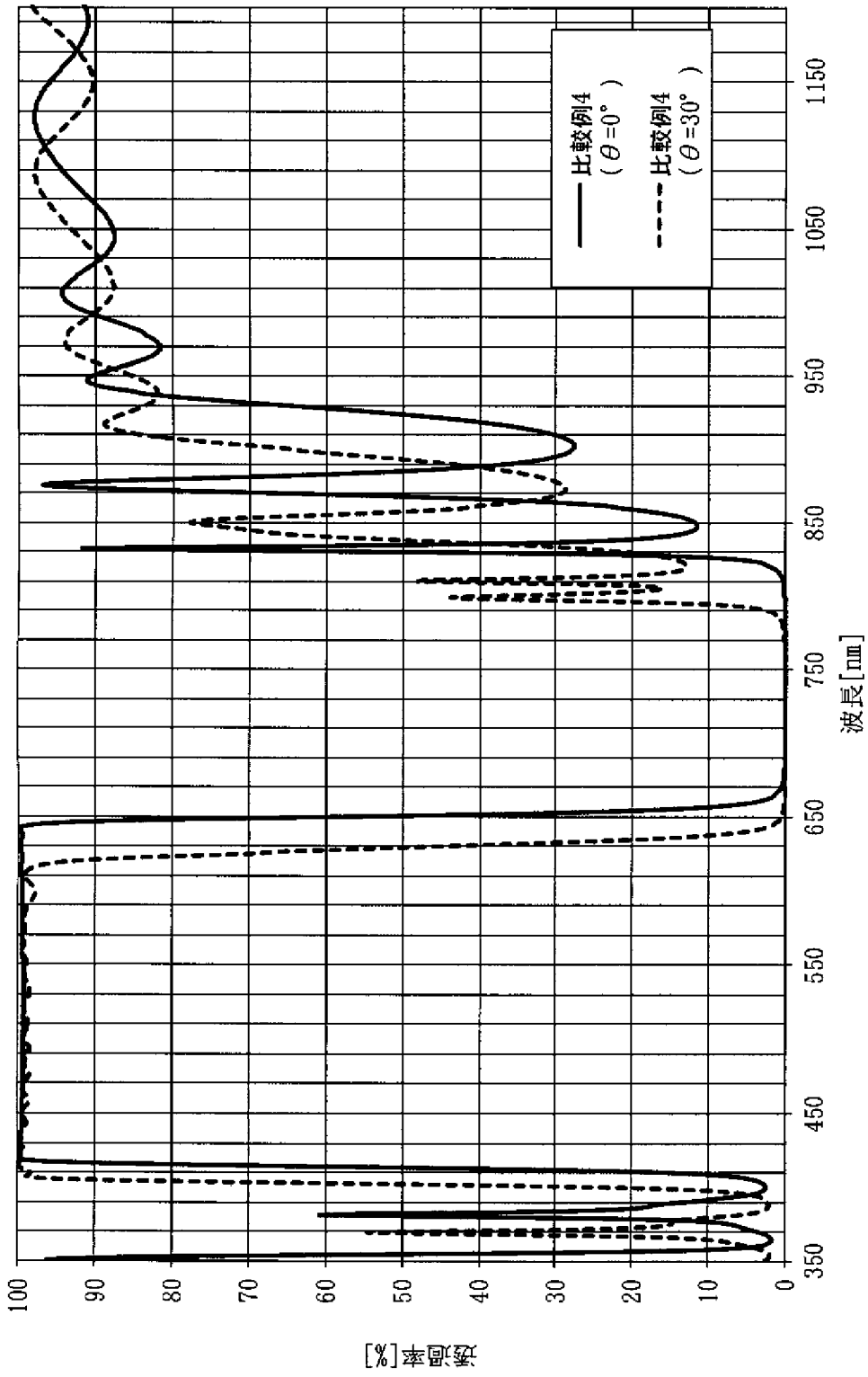
[図7]


100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
透過率
400 450 500 550 600 650 700 750 800 850 900 950 1000 1050 1100
波長[nm]
実施例3(θ=0°)
実施例3(θ=30°)

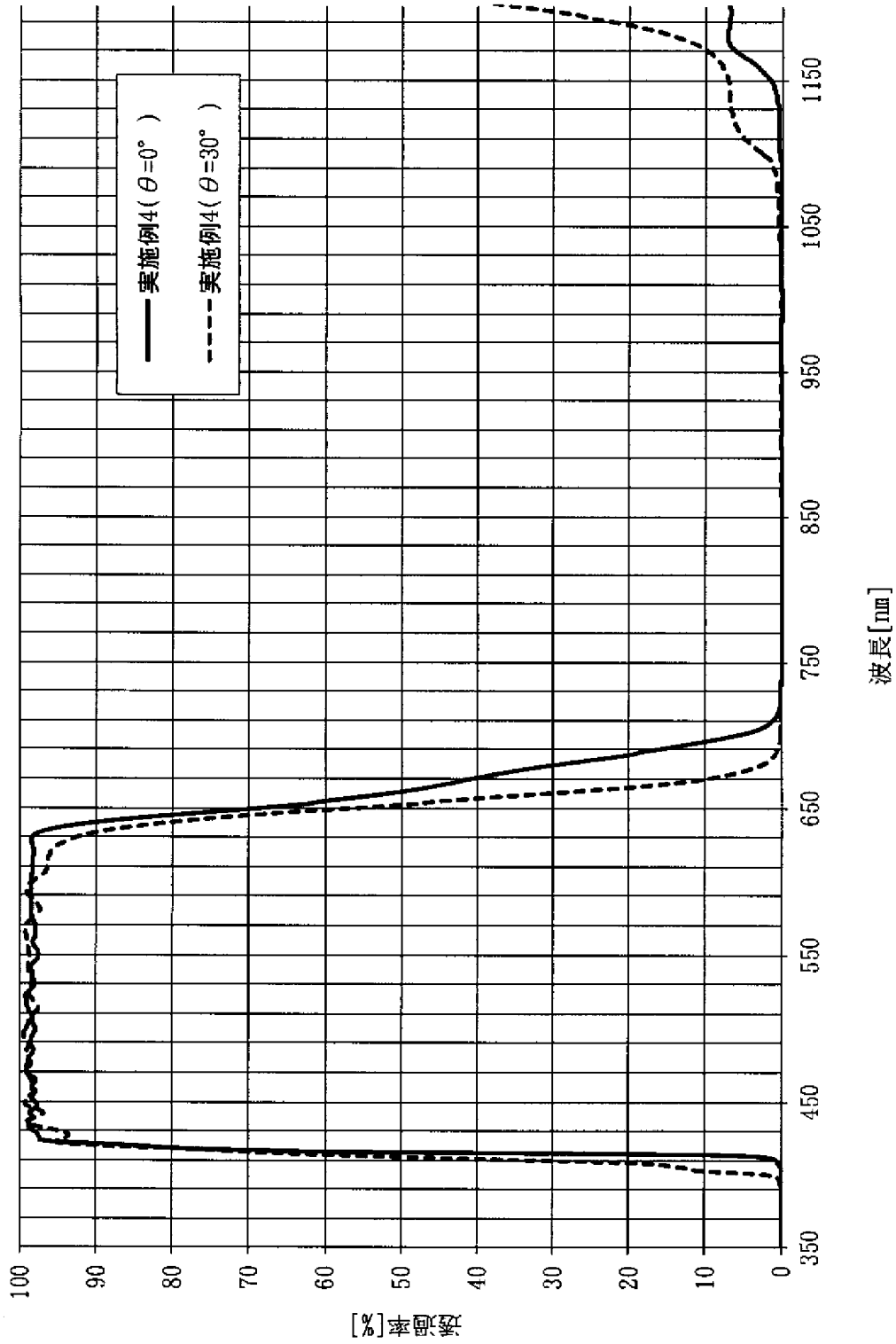
[図8]


比較例3(θ=0°)
比較例3(θ=30°)
透過率[%]
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
波長[nm]
350
450
550
650
750
850
950
1050
1150

[図9]


比較例4
(θ=0°)
比較例4
(θ=30°)
透過率[%]
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
350
450
550
650
750
850
950
1050
1150
波長[nm]

[図10]


実施例4(θ=0°)
実施例4(θ=30°)
透過率[%]
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
350
450
550
650
750
850
950
1050
1150
波長[nm]

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/068794

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G02B5/28(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)
G02B5/28

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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 A	JP 2005-114812 A (Santec Corp.), 28 April 2005 (28.04.2005), paragraph [0034] (Family: none)	1-4,6-8,10 5 9,11
X Y	JP 2006-285196 A (Seiko Epson Corp.), 19 October 2006 (19.10.2006), paragraphs [0030] to [0046]; fig. 5 (Family: none)	1-8,10 5,9-11
X Y	JP 11-101913 A (Nikon Corp.), 13 April 1999 (13.04.1999), claim 1; paragraphs [0007] to [0016] (Family: none)	1-4,6-8 5,9-11

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

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
18 October, 2012 (18.10.12)	30 October, 2012 (30.10.12)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/068794

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 5-207350 A (Copal Co., Ltd.), 13 August 1993 (13.08.1993), paragraph [0013]; fig. 5 (Family: none)	9-11
A	JP 2002-296414 A (Canon Inc.), 09 October 2002 (09.10.2002), paragraphs [0035] to [0059] & US 2002/0135706 A1 & EP 1227358 A2	1-11
A	JP 2002-040239 A (Toshiba Lighting & Technology Corp.), 06 February 2002 (06.02.2002), paragraph [0074] (Family: none)	1-11
A	JP 2010-078714 A (Panasonic Electric Works Co., Ltd.), 08 April 2010 (08.04.2010), paragraph [0026] (Family: none)	1-11

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１２／０６８７９４

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G02B5/28(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.　G02B5/28

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	１９７１－２０１２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１２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 Y A	JP 2005-114812 A (サンテック株式会社) 2005.04.28, 【0034】 (ファミリーなし)	1-4,6-8,10 5 9,11
X Y	JP 2006-285196 A (セイコーエプソン株式会社) 2006.10.19, 【0030】 -【0046】, 【図5】 (ファミリーなし)	1-8,10 5,9-11
X Y	JP 11-101913 A (株式会社ニコン) 1999.04.13, 【請求項1】, 【0007】 -【0016】 (ファミリーなし)	1-4,6-8 5,9-11

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 １８．１０．２０１２	国際調査報告の発送日 ３０．１０．２０１２
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 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）　２Ｏ　４４０７ 西岡　貴央 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
Y	JP 5-207350 A (株式会社コパル) 1993.08.13, 【0013】, 【図5】 (ファミリーなし)	9-11
A	JP 2002-296414 A (キヤノン株式会社) 2002.10.09, 【0035】-【0059】 & US 2002/0135706 A1 & EP 1227358 A2	1-11
A	JP 2002-040239 A (東芝ライテック株式会社) 2002.02.06, 【0074】 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 2010-078714 A (パナソニック電工株式会社) 2010.04.08, 【0026】 (ファミリーなし)	1-11