

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6955343号
(P6955343)

(45) 発行日 令和3年10月27日(2021.10.27)

(24) 登録日 令和3年10月5日(2021.10.5)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B	5/22	(2006.01)	GO 2 B	5/22
G02B	5/26	(2006.01)	GO 2 B	5/26
G03B	11/00	(2021.01)	GO 3 B	11/00
B32B	7/023	(2019.01)	B 32 B	7/023

請求項の数 8 (全 46 頁)

(21) 出願番号 特願2017-25363 (P2017-25363)
 (22) 出願日 平成29年2月14日 (2017.2.14)
 (65) 公開番号 特開2018-132609 (P2018-132609A)
 (43) 公開日 平成30年8月23日 (2018.8.23)
 審査請求日 令和2年2月13日 (2020.2.13)

(73) 特許権者 000004008
 日本板硝子株式会社
 東京都港区三田三丁目5番27号
 (74) 代理人 100107641
 弁理士 鎌田 耕一
 (74) 代理人 100163463
 弁理士 西尾 光彦
 (72) 発明者 新毛 勝秀
 東京都港区三田三丁目5番27号 日本板
 硝子株式会社内
 (72) 発明者 久保 雄一郎
 東京都港区三田三丁目5番27号 日本板
 硝子株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】赤外線カットフィルタ及び撮像光学系

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

近赤外線反射膜と、光を吸収する物質及び樹脂を含有している吸収膜とを備えた赤外線カットフィルタであって、

前記近赤外線反射膜は、0°の入射角度における第一透過率スペクトルにおいて、波長450 nm～600 nmにおける分光透過率の平均値が75%以上であり、波長600 nm～800 nmの範囲における分光透過率が70%であるときの波長 H_R (0°, 70%)が700 nm以上であり、かつ、波長600 nm～800 nmの範囲における分光透過率が20%であるときの波長 H_R (0°, 20%)が770 nm以下であるように形成され、かつ、

前記近赤外線反射膜は、40°の入射角度における第二透過率スペクトルにおいて、波長600 nm～800 nmの範囲における分光透過率が70%であるときの波長 H_R (40°, 70%)が650 nm以上であり、かつ、波長600 nm～800 nmの範囲における分光透過率が20%であるときの波長 H_R (40°, 20%)が720 nm以下であるように形成され、

前記吸収膜は、0°の入射角度における第三透過率スペクトルにおいて、波長450 nm～600 nmにおける分光透過率の平均値が75%以上であり、波長600 nm以上の範囲で波長650 nm～800 nmの範囲に分光透過率の最小値を有し、波長600 nm以上の範囲で、分光透過率が20%となる第一波長と、分光透過率が20%となるとともに第一波長よりも長い第二波長とを有し、前記第一波長は前記波長 H_R (40°, 20%)

) より短く、前記第二波長は前記波長 $H_R(0^\circ, 20\%)$ より長いように形成され、前記赤外線カットフィルタは、 0° の入射角度における透過率スペクトルにおいて、波長 $600\text{ nm} \sim 800\text{ nm}$ の範囲において分光透過率が 50% である波長 $H(0^\circ, 50\%)$ と、 40° の入射角度における透過率スペクトルにおいて、波長 $600\text{ nm} \sim 800\text{ nm}$ の範囲において分光透過率が 50% である波長 $H(40^\circ, 50\%)$ との差の絶対値は、 10 nm 以下であるように形成され、

前記第一透過率スペクトル及び前記第二透過率スペクトルは、 0° の入射角度での波長 $400\text{ nm} \sim 1100\text{ nm}$ における分光透過率の平均値が 90% 以上である透明誘電体基板の上に前記近赤外線反射膜のみを形成した積層体の透過率スペクトルであり、

前記第三透過率スペクトルは、前記透明誘電体基板の上に前記吸収膜のみを形成した積層体の透過率スペクトルであり、10

前記赤外線カットフィルタは、 0° の入射角度における透過率スペクトルにおいて、波長 $350\text{ nm} \sim 450\text{ nm}$ の範囲において分光透過率が 50% である波長 $L(0^\circ, 50\%)$ と、 40° の入射角度における透過率スペクトルにおいて、波長 $350\text{ nm} \sim 450\text{ nm}$ の範囲において分光透過率が 50% である波長 $L(40^\circ, 50\%)$ との差の絶対値は、 10 nm 以下であるように形成されている、

赤外線カットフィルタ。

【請求項 2】

前記第三透過率スペクトルは、波長 600 nm 以上の範囲で、前記波長 $H_R(40^\circ, 70\%)$ 以上であって、かつ、前記波長 $H_R(0^\circ, 20\%)$ 以下の範囲に分光透過率の最小値を有する請求項 1 記載の赤外線カットフィルタ。20

【請求項 3】

前記吸収膜は、波長 $700\text{ nm} \sim 750\text{ nm}$ の範囲内に吸収ピークを有する、シアニン系色素、スクアリリウム系色素、フタロシアニン系色素、ジインモニウム系色素からなる群より選択される少なくとも 1 つの色素を含有している第一吸収膜を有する、請求項 1 又は 2 に記載の赤外線カットフィルタ。

【請求項 4】

前記第一吸収膜は、ベンゾフェノン系化合物、ベンゾトリアゾール系化合物、及びベンゾエート系化合物からなる群より選択される少なくとも 1 つの紫外線吸収性物質をさらに含有している、請求項 3 に記載の赤外線カットフィルタ。30

【請求項 5】

前記吸収膜は、リン酸エステル、ホスフィン酸、ホスホン酸、及びスルホン酸からなる群の少なくとも 1 つと、銅又はコバルトとを含む錯体を含有している第二吸収膜を有する、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の赤外線カットフィルタ。

【請求項 6】

前記近赤外線反射膜は、前記第一透過率スペクトルの波長 $350\text{ nm} \sim 450\text{ nm}$ の範囲において、分光透過率が 20% であるときの波長 $L_R(0^\circ, 20\%)$ が 390 nm 以上であるとともに、分光透過率が 70% であるときの波長 $L_R(0^\circ, 70\%)$ よりも小さいように、前記波長 $L_R(0^\circ, 20\%)$ 以上前記波長 $L_R(0^\circ, 70\%)$ 以下の範囲で分光透過率が単調に増加するように形成され、かつ、40

前記近赤外線反射膜は、前記第二透過率スペクトルの波長 $350\text{ nm} \sim 450\text{ nm}$ の範囲において、分光透過率が 20% であるときの波長 $L_R(40^\circ, 20\%)$ が 370 nm 以上であるとともに、分光透過率が 70% であるときの波長 $L_R(40^\circ, 70\%)$ よりも小さいように、前記波長 $L_R(40^\circ, 20\%)$ 以上前記波長 $L_R(40^\circ, 70\%)$ 以下の範囲で分光透過率が単調に増加するように形成され、

前記吸収膜は、 40° の入射角度における第四透過率スペクトルの波長 $350 \sim 450\text{ nm}$ の範囲において、分光透過率が 20% であるときの波長 $L_A(40^\circ, 20\%)$ が 370 nm 以上であるとともに、分光透過率が 50% であるときの波長 $L_A(40^\circ, 50\%)$ よりも小さいように、前記波長 $L_A(40^\circ, 20\%)$ 以上前記波長 $L_A(40^\circ, 50\%)$ 以下の範囲で単調に増加するように形成され、かつ、50

前記吸収膜は、前記第四透過率スペクトルにおいて、前記第一透過率スペクトルの波長350～450nmの範囲において分光透過率が50%である波長 $L_R(0^\circ, 50\%)$ での分光透過率は、60%以下であるように形成され、

前記第四透過率スペクトルは、前記透明誘電体基板の上に前記吸収膜のみを形成した積層体の透過率スペクトルである、

請求項1～5のいずれか1項に記載の赤外線カットフィルタ。

【請求項7】

0°の入射角度での波長400nm～1100nmにおける分光透過率の平均値が90%以上である透明誘電体基板をさらに含む、請求項1～6のいずれか1項に記載の赤外線カットフィルタ。10

【請求項8】

請求項1～7のいずれか1項に記載の赤外線カットフィルタを備えた、撮像光学系。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、赤外線カットフィルタ及び撮像光学系に関する。

【背景技術】

【0002】

デジタルカメラなどの撮像装置において、撮像素子として、CCD (Charge Coupled Device) や CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) などのSi (シリコン) を用いた2次元画像センサが使用されている。Siを用いた撮像素子は、赤外線域の波長の光に対する受光感度を有し、人間の視感度とは異なる波長特性を有する。このため、撮像装置において、得られる画像が人間の認識した画像に近づくように、撮像素子の前方に赤外線域の波長の入射光を遮蔽するフィルタ (赤外線カットフィルタ) が通常配置されている。20

【0003】

例えば、赤外線を反射する能力を有する膜が透明基板に積層された赤外線カットフィルタが知られている。このような赤外線カットフィルタは、赤外線を反射する能力を有する膜の材料及び厚みを調整することによって、赤外線を反射するのみならず紫外線も反射する分光特性など様々な分光特性を有する。しかし、このような赤外線カットフィルタは、赤外線カットフィルタに大きな入射角で光が入射するときに透過率スペクトルを短波長側にシフトさせる。このため、このような赤外線カットフィルタを使用して得られた画像の中心部及び周辺部には互いに異なる色味が生じることがある。そこで、透過率スペクトルの入射角依存性を小さくするために様々な提案がなされている。30

【0004】

例えば、特許文献1には、所定の吸収剤を含有した透明樹脂基板と、近赤外線反射膜とを有する近赤外線カットフィルタが記載されている。その吸収剤は、波長600～800nmに吸収極大があり、かつ、波長430～800nmの波長領域において、透過率が70%となる吸収極大以下で最も長い波長(Aa)と、波長580nm以上の波長領域において、透過率が30%となる最も短い波長(Ab)との差の絶対値が75nm未満であるという特性を有している。また、その近赤外線反射膜は、アルミニ蒸着膜、貴金属薄膜、酸化インジウムを主成分とし酸化錫を少量含有させた金属酸化物微粒子を分散させた樹脂膜、及び高屈折率材料層と低屈折率材料層とを交互に積層した誘電体多層膜などの膜である。40

【0005】

特許文献1に記載の近赤外線カットフィルタは、YaとYbとの差の絶対値が15nm未満であるという特性を有する。Yaは、波長560～800nmの範囲において、近赤外線カットフィルタの垂直方向から測定した場合の光の透過率が50%となる波長の値である。Ybは、波長560～800nmの範囲において、近赤外線カットフィルタの垂直方向に対して30°の角度から測定した場合の光の透過率が50%となる波長の値である50

。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2011-100084号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上記のように、特許文献1に記載の近赤外線カットフィルタでは、 Y_a と Y_b との差の絶対値が15nm未満であるものの、特許文献1に記載の近赤外線カットフィルタに30°を超える入射角で光が入射する場合の光の透過率に関する特性は具体的に検討されていない。近年の撮像レンズの高画角化により、30°を超える入射角で赤外線カットフィルタに光が入射する場合でも、より高いレベルの画質が要求されるようになってきている。このため、より大きな入射角（例えば、40°）で被写体からの光が赤外線カットフィルタに入射する場合にも、特定の波長範囲（例えば、600～700nm）において透過率の変化を抑制できる技術が望まれている。10

【0008】

このような事情に鑑み、本発明は、近赤外線反射膜を備えつつ、0°～40°の角度で光の入射角が変化しても、特定の範囲の波長（例えば、600～700nm）における透過率スペクトルの変化が十分に小さい赤外線カットフィルタを提供する。20

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は、

近赤外線反射膜と、

前記近赤外線反射膜と平行に延びている吸収膜と、を備え、

前記近赤外線反射膜及び前記吸収膜は、当該近赤外線反射膜及び波長400～1100nmにおいて90%以上の平均分光透過率を有する透明誘電体基板のみによって形成された第一積層体と、当該吸収膜及び前記透明誘電体基板のみによって形成された第二積層体とに、下記（A）～（E）の特性を付与する、

赤外線カットフィルタを提供する。30

（A）前記第一積層体に垂直に入射する光の分光透過率は、波長600～800nmの範囲における当該分光透過率が70%であるときの波長 $H_R(0^\circ, 70\%)$ が700nm以上であり、かつ、波長600～800nmの範囲における当該分光透過率が20%であるときの波長 $H_R(0^\circ, 20\%)$ が770nm以下であるとともに前記波長 $H_R(0^\circ, 70\%)$ よりも大きいように、前記波長 $H_R(0^\circ, 70\%)$ ～前記波長 $H_R(0^\circ, 20\%)$ の範囲で単調に減少し、

（B）前記第一積層体に40°の入射角で入射する光の分光透過率は、波長600～800nmの範囲における当該分光透過率が70%であるときの波長 $H_R(40^\circ, 70\%)$ が650nm以上であり、かつ、波長600～800nmの範囲における当該分光透過率が20%であるときの波長 $H_R(40^\circ, 20\%)$ が720nm以下であるとともに前記波長 $H_R(40^\circ, 70\%)$ よりも大きいように、前記波長 $H_R(40^\circ, 70\%)$ ～前記波長 $H_R(40^\circ, 20\%)$ の範囲で単調に減少し、40

（C）前記第二積層体に40°の入射角で入射する光の分光透過率は、波長600～800nmの範囲において、前記波長 $H_R(40^\circ, 20\%)$ より小さい波長 $H_A(40^\circ, 20\%)$ で、20%であり、 $HR(40^\circ, 20\%)$

（D）前記第二積層体に垂直に入射する光の分光透過率は前記波長 $H_R(0^\circ, 20\%)$ において15%以下であり、

（E）前記第一積層体に垂直に入射する光の分光透過率及び前記第一積層体に40°の入射角で入射する光の分光透過率の450～600nmの波長範囲における平均値は、75%以上であり、かつ、前記第二積層体に垂直に入射する光の分光透過率及び前記第二積50

層体に40°の入射角で入射する光の分光透過率の450～600nmの波長範囲における平均値は、75%以上である。

【0010】

また、本発明は、上記の赤外線カットフィルタを備えた、撮像光学系を提供する。

【発明の効果】

【0011】

上記の赤外線カットフィルタは、近赤外線反射膜を備えつつ、0°～40°の角度で光の入射角が変化しても、特定の範囲の波長（例えば、600～700nm）における透過率スペクトルの変化が十分に小さい。

【図面の簡単な説明】

10

【0012】

【図1】本発明の実施形態に係る赤外線カットフィルタの断面図

【図2】本発明の別の実施形態に係る赤外線カットフィルタの断面図

【図3】本発明のさらに別の実施形態に係る赤外線カットフィルタの断面図

【図4】本発明のさらに別の実施形態に係る赤外線カットフィルタの断面図

【図5】本発明のさらに別の実施形態に係る赤外線カットフィルタの断面図

【図6】本発明のさらに別の実施形態に係る赤外線カットフィルタの断面図

【図7】本発明のさらに別の実施形態に係る赤外線カットフィルタの断面図

【図8】本発明のさらに別の実施形態に係る赤外線カットフィルタの断面図

【図9】本発明の実施形態に係る撮像光学系を示す図

20

【図10】実施例1に係る第一積層体及び第二積層体の分光透過率を示すグラフ

【図11】実施例1に係る赤外線カットフィルタの分光透過率を示すグラフ

【図12】実施例2に係る第一積層体及び第二積層体の分光透過率を示すグラフ

【図13】実施例2に係る赤外線カットフィルタの分光透過率を示すグラフ

【図14】実施例3に係る第一積層体及び第二積層体の分光透過率を示すグラフ

【図15】実施例3に係る赤外線カットフィルタの分光透過率を示すグラフ

【図16】実施例4に係る第一積層体及び第二積層体の分光透過率を示すグラフ

【図17】実施例4に係る赤外線カットフィルタの分光透過率を示すグラフ

【図18】実施例5に係る第一積層体及び第二積層体の分光透過率を示すグラフ

【図19】実施例5に係る赤外線カットフィルタの分光透過率を示すグラフ

30

【図20】実施例6に係る第一積層体及び第二積層体の分光透過率を示すグラフ

【図21】実施例6に係る赤外線カットフィルタの分光透過率を示すグラフ

【図22】実施例7に係る第一積層体及び第二積層体の分光透過率を示すグラフ

【図23】実施例7に係る赤外線カットフィルタの分光透過率を示すグラフ

【図24】実施例8に係る第一積層体及び第二積層体の分光透過率を示すグラフ

【図25】実施例8に係る赤外線カットフィルタの分光透過率を示すグラフ

【図26】実施例9に係る第一積層体及び第二積層体の分光透過率を示すグラフ

【図27】実施例9に係る赤外線カットフィルタの分光透過率を示すグラフ

【図28】実施例10に係る第一反射膜及び第二反射膜の分光透過率を示すグラフ

【図29】実施例10に係る第一積層体及び第二積層体の分光透過率を示すグラフ

40

【図30】実施例10に係る赤外線カットフィルタの分光透過率を示すグラフ

【図31】実施例に係る赤外線カットフィルタの評価に用いた撮像素子の分光感度をRGBカラーフィルタの色毎に示すグラフ

【図32】実施例7の赤外線カットフィルタの分光透過率と図31に示す撮像素子の分光感度との合成した結果を示すグラフ

【図33】実施例7に係る赤外線カットフィルタを図31に示す分光感度を有する撮像素子と組み合わせたときのR/G比及びB/G比と入射角との関係を示すグラフ

【図34】実施例1に係る第一積層体及び第二積層体の、波長350～450nmの範囲における分光透過率を示すグラフ

【図35】実施例2に係る第一積層体及び第二積層体の、波長350～450nmの範囲

50

における分光透過率を示すグラフ

【図36】実施例3に係る第一積層体及び第二積層体の、波長350～450nmの範囲における分光透過率を示すグラフ

【図37】実施例4に係る第一積層体及び第二積層体の、波長350～450nmの範囲における分光透過率を示すグラフ

【図38】実施例5に係る第一積層体及び第二積層体の、波長350～450nmの範囲における分光透過率を示すグラフ

【図39】実施例6に係る第一積層体及び第二積層体の、波長350～450nmの範囲における分光透過率を示すグラフ

【図40】実施例7に係る第一積層体及び第二積層体の、波長350～450nmの範囲における分光透過率を示すグラフ 10

【図41】実施例8に係る第一積層体及び第二積層体の、波長350～450nmの範囲における分光透過率を示すグラフ

【図42】実施例9に係る第一積層体及び第二積層体の、波長350～450nmの範囲における分光透過率を示すグラフ

【図43】実施例10に係る第一積層体及び第二積層体の、波長350～450nmの範囲における分光透過率を示すグラフ

【図44】実施例1に係る赤外線カットフィルタの、波長350～450nmの範囲における分光透過率を示すグラフ

【図45】実施例2に係る赤外線カットフィルタの、波長350～450nmの範囲における分光透過率を示すグラフ 20

【図46】実施例3に係る赤外線カットフィルタの、波長350～450nmの範囲における分光透過率を示すグラフ

【図47】実施例4に係る赤外線カットフィルタの、波長350～450nmの範囲における分光透過率を示すグラフ

【図48】実施例5に係る赤外線カットフィルタの、波長350～450nmの範囲における分光透過率を示すグラフ

【図49】実施例6に係る赤外線カットフィルタの、波長350～450nmの範囲における分光透過率を示すグラフ

【図50】実施例7に係る赤外線カットフィルタの、波長350～450nmの範囲における分光透過率を示すグラフ 30

【図51】実施例8に係る赤外線カットフィルタの、波長350～450nmの範囲における分光透過率を示すグラフ

【図52】実施例9に係る赤外線カットフィルタの、波長350～450nmの範囲における分光透過率を示すグラフ

【図53】実施例10に係る赤外線カットフィルタの、波長350～450nmの範囲における分光透過率を示すグラフ

【図54】TL84蛍光灯の光強度スペクトル及び実施例1の赤外線カットフィルタの分光透過率を示すグラフ

【図55】TL84蛍光灯の光強度スペクトル及び実施例8の赤外線カットフィルタの分光透過率を示すグラフ 40

【図56】紫外線吸収性物質のみを含む吸収膜と透明誘電体基板とからなる積層体の分光透過率を示すグラフ

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。なお、以下の説明は、本発明の一例に関するものであり、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0014】

図1に示す通り、赤外線カットフィルタ1aは、近赤外線反射膜20と、吸収膜30とを備えている。吸収膜30は、近赤外線反射膜20と平行に延びている。近赤外線反射膜 50

20 及び吸収膜30は、近赤外線反射膜20及び波長400～1100nmにおいて90%以上の平均分光透過率を有する透明誘電体基板のみによって形成された第一積層体と、吸収膜30及び波長400～1100nmにおいて90%以上の平均分光透過率を有する透明誘電体基板のみによって形成された第二積層体とに、下記(A)～(E)の特性を付与する。

(A) 第一積層体に垂直に入射する光の分光透過率は、波長600～800nmの範囲における当該分光透過率が70%であるときの波長 $H_R(0^\circ, 70\%)$ が700nm以上であり、かつ、波長600～800nmの範囲における当該分光透過率が20%であるときの波長 $H_R(0^\circ, 20\%)$ が770nm以下であるとともに波長 $H_R(0^\circ, 70\%)$ よりも大きいように、波長 $H_R(0^\circ, 70\%)$ ～波長 $H_R(0^\circ, 20\%)$ の範囲で単調に減少する。
10

(B) 第一積層体に40°の入射角で入射する光の分光透過率は、波長600～800nmの範囲における当該分光透過率が70%であるときの波長 $H_R(40^\circ, 70\%)$ が650nm以上であり、かつ、波長600～800nmの範囲における当該分光透過率が20%であるときの波長 $H_R(40^\circ, 20\%)$ が720nm以下であるとともに波長 $H_R(40^\circ, 70\%)$ よりも大きいように、波長 $H_R(40^\circ, 70\%)$ ～波長 $H_R(40^\circ, 20\%)$ の範囲で単調に減少する。

(C) 第二積層体に40°の入射角で入射する光の分光透過率は、波長600～800nmの範囲において、波長 $H_R(40^\circ, 20\%)$ より小さい波長 $H_A(40^\circ, 20\%)$ で、20%である。
20

(D) 第二積層体に垂直に入射する光の分光透過率は波長 $H_R(0^\circ, 20\%)$ において15%以下であり、

(E) 第一積層体に垂直に入射する光の分光透過率及び第一積層体に40°の入射角で入射する光の分光透過率の450～600nmの波長範囲における平均値は、75%以上であり、かつ、第二積層体に垂直に入射する光の分光透過率及び第二積層体に40°の入射角で入射する光の分光透過率の450～600nmの波長範囲における平均値は、75%以上である。

【0015】

第一積層体は、上記(A)及び(B)の特性を有するので、第一積層体に0°～40°の入射角で入射する光に対する分光透過率は、波長650nm～770nmの範囲において急峻に低下する。第一積層体に垂直に入射する光の分光透過率及び第一積層体に40°の入射角で入射する光の分光透過率は、例えば、波長770～1100nmの範囲において、平均値で1%以下である。これにより、赤外線カットフィルタ1aは、近赤外線を効果的に反射できる。波長 $H_R(0^\circ, 70\%)$ から波長 $H_R(40^\circ, 70\%)$ を差し引いた差 $H_R(70\%) (= H_R(0^\circ, 70\%) - H_R(40^\circ, 70\%))$ は、例えば、40～60nmである。また、波長 $H_R(0^\circ, 20\%)$ から波長 $H_R(40^\circ, 20\%)$ を差し引いた差 $H_R(20\%) (= H_R(0^\circ, 20\%) - H_R(40^\circ, 20\%))$ は、例えば、40～55nmである。このように、第一積層体に入射する光の入射角が0°から40°に変化すると、第一積層体に入射する光の透過率スペクトルが短波長側にシフトする。
30

【0016】

第二積層体が上記(C)及び(D)の特性を有することにより、赤外線カットフィルタ1aに0°～40°の角度で光の入射角が変化しても、特定の範囲の波長600～700nmにおける透過率スペクトルの変化が小さくなる。例えば、さらに、第二積層体に40°の入射角で入射する光の分光透過率は波長 $H_R(40^\circ, 20\%)$ において15%以下である。例えば、赤外線カットフィルタ1aに垂直に入射する光の分光透過率が波長600～700nmの範囲で50%である波長と赤外線カットフィルタ1aに40°の入射角で入射する光の分光透過率が波長600～700nmの範囲で50%である波長との差の絶対値 $|H(50\%)|$ が10nm以下である。なお、第二積層体に入射する光の分光透過率は、第二積層体に入射する光の入射角が0°～40°の範囲ではほとんど変化しない
40

10

20

40

50

。換言すると、第二積層体に垂直に入射する光の分光透過率と第二積層体に40°の入射角で入射する光の分光透過率とは実質的に同一である。

【0017】

第一積層体及び第二積層体が上記(E)の特性を有することにより、赤外線カットフィルタ1aは、波長450～600nmの範囲で高い分光透過率を有する。第一積層体に垂直に入射する光の分光透過率及び第一積層体に40°の入射角で入射する光の分光透過率の450～600nmの波長範囲における平均値は、望ましくは85%以上であり、より望ましくは90%以上である。第二積層体に垂直に入射する光の分光透過率及び第二積層体に40°の入射角で入射する光の分光透過率の450～600nmの波長範囲における平均値は、望ましくは85%以上であり、より望ましくは90%以上である。

10

【0018】

図1に示す通り、赤外線カットフィルタ1aは、例えば、透明誘電体基板10をさらに備えている。この場合、近赤外線反射膜20及び吸収膜30は、透明誘電体基板10の正面に平行に延びている。透明誘電体基板10は、場合によっては省略可能である。

【0019】

図1に示す通り、赤外線カットフィルタ1aにおいて、近赤外線反射膜20は透明誘電体基板10の一方の正面に接触している。透明誘電体基板10の材料は、例えば、高温高湿等の環境に対する耐性及び優れた耐薬品性を有することが望ましい。特に、近赤外線反射膜20が形成される工程において透明誘電体基板10が高温環境に置かれる場合には、透明誘電体基板10はそのような高温環境に十分な耐性を有する必要がある。透明誘電体基板10の材料は、例えば、ホウケイ酸ガラスなどのガラス、ポリオレフィン系樹脂、アクリル系樹脂、ポリエステル系樹脂、アラミド系樹脂、イミド系樹脂、アミド系樹脂、ポリカーボネート(PC)、アセチルセルロース、ポリ塩化ビニル、ポリビニルアセタール(PVA)、又はポリビニルブチラールである。透明誘電体基板10の厚みは、例えば50～400μmである。

20

【0020】

近赤外線反射膜20は、可視光域の光に対して高い透過率を示し、かつ、赤外線域の光に対して低い透過率を示す透過率スペクトルを有する。換言すると、近赤外線反射膜20の透過率スペクトルは可視光域に透過帯域を有するとともに赤外線域に赤外線反射帯域を有し、透過帯域と赤外線反射帯域との間に遷移帯域が存在する。

30

【0021】

近赤外線反射膜20は、例えば、波長400nm以下の光に対する低い透過率を有していてもよい。例えば、第一積層体に垂直に入射する光の波長350～380nmの範囲における分光透過率の平均値は20%以下である。この場合、近赤外線反射膜20の透過率スペクトルの可視光域、赤外線域、及び紫外線域には、それぞれ、透過帯域、赤外線反射帯域、及び紫外線反射帯域が存在する。加えて、透過帯域と赤外線反射帯域との間には波長の増加に対し透過率が急速に低下する遷移帯域が存在し、紫外線反射帯域と透過帯域との間には波長の増加に対し透過率が急速に増加する遷移帯域が存在する。この場合、例えば、吸収膜30に含まれる成分に紫外線が照射されることを抑制できる。

【0022】

40

近赤外線反射膜20は、例えば、透明誘電体基板10の一方の正面に無機材料又は有機材料の層を積層することにより形成されている。近赤外線反射膜20は、1種類の材料が透明誘電体基板10の一方の正面に積層されて形成されていてもよいし、2種類以上の材料が透明誘電体基板10の一方の正面から代わる代わる積層されて形成されていてもよい。近赤外線反射膜20は、例えば、 SiO_2 、 TiO_2 、 Ta_2O_5 、及び MgF 等の材料から選ばれる1種の材料が透明誘電体基板10の一方の正面に積層されて形成されていてもよい。また、近赤外線反射膜20は、例えば、 SiO_2 、 TiO_2 、 Ta_2O_5 、及び MgF 等の材料から選択された屈折率の異なる2種以上の材料が透明誘電体基板10の一方の正面から代わる代わる積層されて形成されていてもよい。この場合、近赤外線反射膜20の設計の自由度が高く、近赤外線反射膜20の特性を細かく調整しやすい。このため、近

50

赤外線反射膜 20 が所望の光学特性を容易に発揮できる。また、近赤外線反射膜 20 は、例えば二組以上の反射膜に分割されて形成されていてもよい。この場合、二組以上の反射膜は各々異なる波長域の光を反射していてもよいし、一部の波長域の光は複数の反射膜で反射していてもよい。例えば、第一反射膜が近赤外波長域内の例えは波長 750 ~ 1100 nm の範囲内の比較的短波長側の光を主として反射し、第二反射膜が上記波長範囲内の比較的長波長側の光を主として反射するように設計、作製したうえで、第一反射膜と第二反射膜の反射特性とを合成することによって、波長 750 ~ 1100 nm の範囲内の波長域の光を反射でき、場合によっては 400 nm 以下の波長域の光も反射できるように近赤外線反射膜 20 を設計及び作製できる。または、第一反射膜及び第二反射膜のいずれかの反射膜のみの特性だけでは、例えは反射膜で遮蔽すべき波長 750 ~ 1100 nm の範囲内において透過率がベースラインより大きくなるような範囲が現れて、漏れ光が生じることがある。これを低減又は防止するために反射特性の異なる反射膜を組み合わせてもよい。
近赤外線反射膜 20 の厚みは、例えは 4 ~ 10 μm である。

【0023】

近赤外線反射膜 20 は、例えは、(i) 蒸着法、スパッタリング法、イオンプレーティング法、及びイオンアシスト蒸着 (IAD) 法等の物理的な方法、(ii) 化学気相蒸着 (CVD) 法等の化学的な方法、又は (iii) ゾルゲル法等の湿式法によって形成される。

【0024】

近赤外線反射膜 20 及び吸収膜 30 は、第一積層体と、第二積層体とに、下記 (F) ~ (I) の特性をさらに付与する。

(F) 第一積層体に垂直に入射する光の分光透過率は、波長 350 ~ 450 nm の範囲において、当該分光透過率が 20 % であるときの波長 $L_R(0^\circ, 20\%)$ が 390 nm 以上であるとともに、当該分光透過率が 70 % であるときの波長 $L_R(0^\circ, 70\%)$ よりも小さいように、波長 $L_R(0^\circ, 20\%)$ ~ 波長 $L_R(0^\circ, 70\%)$ の範囲で単調に増加する。

(G) 第一積層体に 40 ° の入射角で入射する光の分光透過率は、波長 350 ~ 450 nm の範囲において、当該分光透過率が 20 % であるときの波長 $L_R(40^\circ, 20\%)$ が 370 nm 以上であるとともに、当該分光透過率が 70 % であるときの波長 $L_R(40^\circ, 70\%)$ よりも小さいように、波長 $L_R(40^\circ, 20\%)$ ~ 波長 $L_R(40^\circ, 70\%)$ の範囲で単調に増加する。

(H) 第二積層体に 40 ° の入射角で入射する光の分光透過率は、波長 350 ~ 450 nm の範囲において、当該分光透過率が 20 % であるときの波長 $L_A(40^\circ, 20\%)$ が 370 nm 以上であるとともに、当該分光透過率が 50 % であるときの波長 $L_A(40^\circ, 50\%)$ よりも小さいように、波長 $L_A(40^\circ, 20\%)$ ~ 波長 $L_A(40^\circ, 50\%)$ の範囲で単調に増加する。

(I) 波長 350 ~ 450 nm の範囲において、第一積層体に垂直に入射する光の分光透過率が 50 % であるときの波長 $L_R(0^\circ, 50\%)$ における、第二積層体に 40 ° の入射角で入射する光の分光透過率が 60 % 以下である。

【0025】

第二積層体が上記 (H) 及び (I) の特性を有することにより、赤外線カットフィルタ 1a に 0 ° ~ 40 ° の角度で光の入射角が変化しても、特定の範囲の波長 350 ~ 450 nm、特に波長 400 nm 付近における透過率スペクトルの変化が小さい。

【0026】

第一積層体及び第二積層体が (F) ~ (I) の特性を有する場合、例えは、赤外線カットフィルタ 1a に垂直に入射する光の分光透過率が波長 350 ~ 450 nm の範囲で 50 % である波長と、赤外線カットフィルタ 1a に 40 ° の入射角で入射する光の分光透過率が波長 350 ~ 450 nm の範囲で 50 % である波長との差の絶対値 $|L(50\%)|$ が 10 nm 以下である。

【0027】

近赤外線反射膜 20 は、第一積層体に、下記 (J) の特性を付与してもよい。

10

20

30

40

50

(J) 第一積層体に40°の入射角で入射する光の分光透過率が、波長400～450 nmの範囲でベースラインとの差が10ポイント以上である極小値を有し、かつ、当該極小値に対応する半値幅が10 nm以上であり、当該半値幅を c と定義したときに(400 - $c/2$)～(450 - $c/2$) nmの範囲に極大値が存在するスペクトルを有する。

【0028】

赤外線カットフィルタ1aに入射する光の入射角が0°から40°に増大すると、紫外線反射帯域と透過帯域との間の遷移帯域が短波長側にシフトする。これにより、赤外線カットフィルタ1aに入射する光の入射角の増加に伴い赤外線カットフィルタ1aを透過する短波長の光の光量が増加しやすい。第一積層体が上記(J)の特性を有していると、このような短波長の光の光量の増加を相殺できる。これにより、例えば、赤外線カットフィルタ1aを備えた撮像装置から得られる画像の色再現性又はその画像の面内における色味の均一性を高めることができる。10

【0029】

赤外線カットフィルタ1aを所定の撮像素子とともに用いた場合に、入射角が0°で赤外線カットフィルタ1aに入射光を入射させたときの撮像素子の分光感度の比であるB/G比を1とする。このとき、例えば、入射角が40°で赤外線カットフィルタ1aに入射光を入射させたときのB/G比が0.97以上、かつ、1.03以下である。

【0030】

第一積層体に入射する光の透過率スペクトルには、透過帯域、反射帯域、及び遷移帯域のそれれにおいて、リップルと呼ばれるベースラインから突出したスペクトルが出現することがある。赤外線カットフィルタ1aがデジタルカメラなどの撮像装置に用いられている場合、赤外線カットフィルタ1aには、蛍光灯からの光のように輝線スペクトルを有する光が入射することがある。この場合、第一積層体に入射する光の透過率スペクトルに出現するリップルは赤外線カットフィルタ1aに入射する光の透過率スペクトルに影響を及ぼす。このため、このリップルが輝線スペクトルと重なり合わないことが望ましい。リップルと輝線スペクトルが重なり合うと、蛍光灯等の光源からの光が赤外線カットフィルタ1aに入射する場合に赤外線カットフィルタ1aを透過する光量が、その光源以外の光源からの光が赤外線カットフィルタ1aに入射する場合に比べて特定範囲の波長で大きく異なる可能性がある。20

【0031】

例えば、赤外線カットフィルタ1aに垂直に入射する光の分光透過率及び赤外線カットフィルタ1aに40°の入射角で入射する光の分光透過率は、440 nm付近、550 nm付近、及び610 nm付近に現れるTL84光源の輝線スペクトルと重なる、ベースラインと極値との差が4ポイント以上であり、かつ、半値幅が15 nmであるスペクトルを有しない。この場合、赤外線カットフィルタ1aは、TL84光源の輝線スペクトルと重なるリップルを有しないので、光源が変わることによって赤外線カットフィルタ1aを透過する光量が特定の波長で大きく変動することを抑制できる。30

【0032】

図1に示す通り、例えば、吸収膜30は、透明誘電体基板10の他方の正面に接触している。換言すると、吸収膜30は、透明誘電体基板10に対して近赤外線反射膜20と反対側に形成されている。吸収膜30は、例えば、特定範囲の波長(例えば、 $H_R(40^\circ, 70\%)$ 以上の波長範囲)において吸収ピークを有する物質(吸収物質)が分散しているバインダ樹脂を含む溶液を塗布し、この塗膜を乾燥及び硬化させることによって形成される。吸収物質は、例えば、 $H_R(40^\circ, 70\%) \sim H_R(0^\circ, 20\%)$ の範囲において吸収ピークを有する。吸収膜30を形成するためのバインダ樹脂は、例えば、波長400～1100 nmの光に対して85%以上の分光透過率を有する。また、吸収膜30を形成するためのバインダ樹脂は、例えば、高温高湿等の環境に対して耐性を有する。吸収膜30を形成するためのバインダ樹脂は、例えば、アクリル系樹脂、ポリスチレン系樹脂、ポリウレタン系樹脂、フッ素樹脂、PC樹脂、ポリイミド系樹脂、ポリアミド系樹脂、40

ポリオレフィン系樹脂、シリコーン系樹脂、又はエポキシ系樹脂である。これらの樹脂は、一種のモノマー、一種のオリゴマー、又は一種のポリマーによって形成されていてもよいし、二種以上のモノマー、二種以上のオリゴマー、又は二種以上のポリマーが組み合わされることによって形成されていてもよい。吸収膜30の厚みは、例えば1~200μmである。

【0033】

吸収膜30が透明誘電体基板10と接触している場合、吸収膜30と透明誘電体基板10との界面における反射を抑制する観点から、吸収膜30を形成するためのバインダ樹脂の屈折率naと透明誘電体基板10の材料の屈折率nsとの差は小さいことが望ましい。例えば、|na - ns|は0.1以下である。

10

【0034】

吸収物質が分散しているバインダ樹脂を含む溶液は、例えば、スピンドルコーティング、ディッピング、グラビアコーティング、スプレーコーティング、ダイコーティング、バーコーティング、及びインクジェット等の方法によって塗布される。この溶液は、例えば、メチルエチルケトン、トルエン、シクロヘキサン、シクロヘキサンノン、及びテトラヒドロフランなどの溶媒中で吸収物質とバインダ樹脂とを混合させて調製されている。なお、この溶液の調製において、2種類以上の溶媒を混合して使用してもよい。

【0035】

吸収物質は、例えば、(i)リン酸エステル、ホスフィン酸、及びホスホン酸などのリン含有化合物若しくは硫酸及びスルホン酸などの硫黄含有化合物が銅(Cu)及びコバルト(Co)等の金属のイオンに配位した金属錯体、(ii)インジウムスズ酸化物(ITO)及びアンチモンスズ酸化物(ATO)などの金属酸化物、又は(iii)アゾ系の有機色素、フタロシアニン系の有機色素、ナフタロシアニン系の有機色素、ジインモニウム系の有機色素、シアニン等のメチン系の有機色素、アンスラキノン系の有機色素、及びスクアリリウム系の有機色素などの有機色素である。これらの物質が単独で使用されてもよく、これらの物質のうち2種類以上の物質が混合されて使用されてもよい。

20

【0036】

吸収膜30は、紫外線吸収性物質を含んでいてもよい。この場合、例えば、吸収物質が分散しているバインダ樹脂を含む溶液に、紫外線吸収性物質が添加される。また、吸収物質が分散しているバインダ樹脂を含む溶液と紫外線吸収性物質を含む溶液とを混合してもよい。紫外線吸収性物質は、例えば、ベンゾフェノン系化合物、ベンゾトリアール系化合物、又はベンゾエート系化合物である。これらの化合物が単独で使用されてもよいし、これらの化合物のうち2種類以上の組み合わせが使用されてもよい。また、紫外線吸収性物質が含まれる膜と吸収物質が含まれる膜とは別々に形成されていてもよい。紫外線吸収性物質と吸収物質とが同一の層に混在する場合、物質間の相互作用が生じ、吸収能力や耐候性を低下させたり、または色素の劣化を招いたりすることがある。そこで紫外線吸収性物質が含まれる膜と吸収物質が含まれる膜とを別々に形成することにより、このような不具合を回避できる。

30

【0037】

紫外線吸収性物質を可視光域で十分に透明なPVB等の樹脂に含有させた塗布液を波長400~1100nmにおいて90%以上の平均分光透過率を有する透明誘電体基板に塗布して乾燥又は硬化させることにより紫外線吸収膜と透明誘電体基板との積層体を作製する。この積層体の透過率スペクトルを測定することにより紫外線吸収性物質を含む積層体の特性を評価できる。紫外線吸収性物質を含む積層体は、望ましくは、以下の(K)および(L)の特性を有する。

40

(K)波長450~1100nmの範囲において、平均の分光透過率が85%以上である。

(L)波長390nmにおける分光透過率が波長420nmにおける分光透過率より小さい。

【0038】

50

吸收物質が分散しているバインダ樹脂を含む溶液には、吸收物質、バインダ樹脂、及び溶媒の組み合わせによっては、分散剤がさらに添加される。これにより、吸收物質が溶液中で凝集することを防止できる。分散剤としては、(i) ドデシルベンゼンスルホン酸塩などのアニオン系の界面活性剤、(ii) ポリオキシエチレンアルキルエーテル硫酸エステル及びポリオキシエチレンアルキルエーテルリン酸塩などのポリオキシエチレンアルキルエーテル並びにポリアクリル酸塩などのノニオン系の界面活性剤、(iii)シリコーン系界面活性剤、又は(iv)フッ素系界面活性剤を使用できる。これらの分散剤は単独で使用されてもよく、これらの分散剤のうち2種類以上の組み合わせが使用されてもよい。これらの界面活性剤は、吸收物質が分散しているバインダ樹脂を含む溶液の粘度を低下させる作用、その溶液の塗布面に対する濡れ性を高める作用、及び塗膜のレベリングを容易にする作用を生じさせることもできる。これにより、吸收物質が分散しているバインダ樹脂を含む溶液の塗膜に欠点が生じることを防止できる。吸收物質が分散しているバインダ樹脂を含む溶液における分散剤の添加量は、例えば、その溶液の固形分の0.001~5重量%である。10

【0039】

吸收物質が分散しているバインダ樹脂を含む溶液には、吸收物質、バインダ樹脂、及び溶媒の組み合わせによっては、酸化防止剤がさらに添加される。これにより、吸收物質又はバインダ樹脂の劣化を抑制できる。酸化防止剤としては、フェノール系の酸化防止剤、ビンダードフェノール系の酸化防止剤、アミン系の酸化防止剤、ビンダードアミン系の酸化防止剤、硫黄系化合物類、ニトロ基含有化合物類、及び亜リン酸を例示できる。これらの酸化防止剤は単独で使用されてもよいし、これらの酸化防止剤のうち2種類以上の組み合わせが使用されてもよい。バインダ樹脂を含む溶液における酸化防止剤の添加量は、例えば、その溶液の固形分の0.001~5重量%である。20

【0040】

吸収膜30は、複数の膜が積層されることによって形成されていてもよい。この場合、一つの膜に含まれる吸収物質及び別の膜に含まれる吸収物質は、同一であってもよいし、異なっていてもよい。

【0041】

パッシベーションのために、吸収膜30上には無機材料又は樹脂でできた保護膜がさらに形成されてもよい。これにより、高温又は高湿等の環境で吸収膜30のバインダ樹脂及び吸収物質の劣化を防止できる。30

【0042】

本発明の別の実施形態に係る赤外線カットフィルタ1b~1hについて説明する。赤外線カットフィルタ1b~1e、1hは、特に説明する場合を除き、赤外線カットフィルタ1aと同様に構成されている。赤外線カットフィルタ1aの構成要素と同一又は対応する赤外線カットフィルタ1b~1e、1hの構成要素には同一の符号を付し詳細な説明を省略する。赤外線カットフィルタ1aに関する説明は技術的に矛盾しない限り赤外線カットフィルタ1b~1e、1hにもあてはまる。赤外線カットフィルタ1fおよび1gは、透明誘電体基板10を有さないこと以外は、赤外線カットフィルタ1aと同様に構成されており、赤外線カットフィルタ1aの構成要素と同一又は対応する赤外線カットフィルタ1fおよび1gの構成要素には同一の符号を付し詳細な説明を省略する。40

【0043】

図2に示す通り、赤外線カットフィルタ1bの吸収膜30は、透明誘電体基板10に接觸している近赤外線反射膜20の主面と反対側の主面に接觸している。

【0044】

図3に示す通り、赤外線カットフィルタ1cは、一対の近赤外線反射膜20を備え、一対の近赤外線反射膜20は、第一反射膜201と第二反射膜202とを含む。第一反射膜201と第二反射膜202とは、透明誘電体基板10の両主面に接觸して形成されている。透明誘電体基板10の一方の主面のみに接觸するように单一の近赤外線反射膜20を形成する場合、近赤外線反射膜20で発生する応力により透明誘電体基板10に反りが生じ50

る可能性がある。しかし、一対の反射膜、例えば第一反射膜 201 と第二反射膜 202 とが近赤外線反射膜 20 が透明誘電体基板 10 の両主面に接触して形成されていると、第一反射膜 201 と第二反射膜 202 とで発生する応力の合成により透明誘電体基板 10 に反りが生じることを防止できる。特に、単一の近赤外線反射膜 20 において多数（例えば、16 層以上）の層が積層されると、近赤外線反射膜 20 で発生する応力が大きくなるので、一対の近赤外線反射膜 20 が透明誘電体基板 10 の両主面に接触して形成されていることが望ましい。

【0045】

図 4 に示す通り、赤外線カットフィルタ 1d の近赤外線反射膜 20 は、透明誘電体基板 10 に接触している吸収膜 30 の正面と反対側の正面に接触している。

10

【0046】

図 5 に示す通り、赤外線カットフィルタ 1e の吸収膜 30 は、第一吸収膜 301 及び第二吸収膜 302 を含む。第二吸収膜 302 は透明誘電体基板 10 に接触している。第一吸収膜 301 は、透明誘電体基板 10 に接触している第二吸収膜 302 の正面と反対側の正面に接触している。第一吸収膜 301 は第一の吸収物質を含み、第二吸収膜 302 は第二の吸収物質を含む。第二の吸収物質は、典型的には第一の吸収物質とは異なる吸収物質である。これにより、吸収膜 30 に所望の特性を付与しやすい。第一の吸収物質は、例えば、有機色素である。第二の吸収物質は、例えば、リン酸エステル、ホスフィン酸、及びホスホン酸などのリン含有化合物と Cu 及び Co 等の金属元素との錯体であってもよい。第二吸収膜 302 の厚みは、例えば、第一吸収膜 301 の厚みより大きい。第一吸収膜 301 の厚みは、例えば 1 μm ~ 3 μm であり、第二吸収膜 302 の厚みは、例えば 30 μm ~ 150 μm である。

20

【0047】

図 6 に示す通り、赤外線カットフィルタ 1f は透明誘電体基板 10 を備えていない。また、赤外線カットフィルタ 1f の吸収膜 30 は、第一吸収膜 301 及び第二吸収膜 302 を含む。第一吸収膜 301 は第一の吸収物質を含み、第二吸収膜 302 は第二の吸収物質を含む。第二の吸収物質は、典型的には第一の吸収物質とは異なる吸収物質である。これにより、吸収膜 30 に所望の特性を付与しやすい。第一の吸収物質は、例えば、有機色素である。第二の吸収物質は、例えば、リン酸エステル、ホスフィン酸、及びホスホン酸などのリン含有化合物と Cu 及び Co 等の金属元素との錯体であってもよい。赤外線カットフィルタ 1f の厚み方向において、第一吸収膜 301 と第二吸収膜 302 との間には SiO₂ 膜 40 が形成されている。SiO₂ 膜 40 の両面は、第一吸収膜 301 及び第二吸収膜 302 に接触している。SiO₂ 膜 40 は、例えば、蒸着法等の方法により形成されている。赤外線カットフィルタ 1f の近赤外線反射膜 20 は、第二吸収膜 302 に接触している。第一吸収膜 301 の厚みは、例えば 1 μm ~ 3 μm であり、第二吸収膜 302 の厚みは、例えば 50 μm ~ 150 μm であり、SiO₂ 膜 40 の厚みは、例えば 0.5 μm ~ 3 μm である。

30

【0048】

図 7 に示す通り、赤外線カットフィルタ 1g は、赤外線カットフィルタ 1f と同様に第一吸収膜 301 及び第二吸収膜 302 を含む吸収膜 30 と、SiO₂ 膜 40 とを備えている。赤外線カットフィルタ 1g の近赤外線反射膜 20 は、第一反射膜 201 及び第二反射膜 202 を含む。第一反射膜 201 及び第二反射膜 202 は、互いに異なる反射特性を有する。近赤外線反射膜 20 は、第一反射膜 201 と第二反射膜 202 との組合せにより、所望の近赤外線反射機能を発揮する。第一反射膜 201 は、例えば第二吸収膜 302 に接触しており、第二反射膜 202 は、例えば第一吸収膜 301 に接触している。第一反射膜 201 の厚みは、例えば 2 μm ~ 4 μm であり、第二反射膜 202 の厚みは、例えば 2 μm ~ 4 μm である。

40

【0049】

図 8 に示す通り、赤外線カットフィルタ 1h の吸収膜 30 には紫外線吸収性物質含有膜 305 が重なっていてもよい。紫外線吸収性物質含有膜 305 は、ベンゾフェノン系化合

50

物、ベンゾトリアール系化合物、又はベンゾエート系化合物等の紫外線吸収性物質を含有している。例えば、吸収膜30の透明誘電体基板10と接触している主面と反対側の主面と接触するように配置されている。紫外線吸収性物質含有膜305の厚みは、例えば、 $1\text{ }\mu\text{m} \sim 10\text{ }\mu\text{m}$ である。この場合、赤外線カットフィルタ1hが所望の紫外線吸収機能を発揮しやすい。

【0050】

次に、本発明の実施形態に係る撮像光学系100について説明する。図9に示す通り、撮像光学系100は、例えば、赤外線カットフィルタ1aを備えている。撮像光学系100は、例えば、撮像レンズ3をさらに備えている。撮像光学系100は、デジタルカメラなどの撮像装置において、撮像素子2の前方に配置されている。撮像素子2は、例えば、CCD又はCMOSなどの固体撮像素子である。図9に示す通り、被写体からの光は、撮像レンズ3によって集光され、赤外線カットフィルタ1aによって赤外線域の光がカットされた後、撮像素子2に入射する。このため、色再現性の高い良好な画像を得ることができる。加えて、撮像光学系100を備えた撮像装置の画角が大きく、赤外線カットフィルタ1aに対して例えば 40° の入射角で入射した光が撮像素子2に導かれる場合でも、得られる画像の画質が高い。特に、得られる画像の中心部及び周辺部において色味が均一に保たれる。なお、撮像光学系100は、赤外線カットフィルタ1aに代えて、赤外線カットフィルタ1b～1hのいずれか1つを備えていてもよい。

【実施例】

【0051】

実施例により、本発明をより詳細に説明する。なお、本発明は以下の実施例には限定されない。

【0052】

<実施例1>

(第一積層体)

0.21mmの厚みを有するホウケイ酸ガラスでできた透明ガラス基板(SCHOTT社製、製品名:D263)の一方の主面にSiO₂膜とTiO₂膜とが交互に積層された近赤外線反射膜R1を蒸着法により形成した。このようにして、実施例1に係る第一積層体を作製した。実施例1に係る第一積層体の近赤外線反射膜R1の厚みは、5μmであった。また、実施例1に係る第一積層体の近赤外線反射膜R1は、17層のSiO₂膜と17層のTiO₂膜を含んでいた。実施例1に係る第一積層体の波長350～1100nmにおける分光透過率を、分光光度計(日本分光社製、型式:V-670)を用いて測定した。この測定において、実施例1に係る第一積層体には、 0° 、 30° 、及び 40° の入射角で光を入射させた。得られた透過率スペクトルを図10に示す。

【0053】

実施例1に係る第一積層体に 40° の入射角で入射する光の透過率スペクトルにおいて波長490nm付近にリップルが生じているものの、光の入射角がいずれの場合にも、 $450 \sim 600\text{ nm}$ の波長範囲における分光透過率の平均値は80%を超えていた。一方で、入射角が 40° のときの実施例1に係る第一積層体の透過率スペクトルにおいて、波長約410nmに分光透過率が約69%である極小値を有していた。この透過率スペクトルにおいて、分光透過率が95%のラインをベースラインと仮定した場合、この極小値を含み下に凸となった部分は、ベースラインから20ポイント以上低下した分光透過率を有し、約16nmの半値全幅を有していた。

【0054】

第一積層体への入射角がX°のときに得られた透過率スペクトルにおいて波長600～800nmの範囲において透過率がY%である波長を、特定波長として $H_R(X^\circ, Y\%)$ と定義した。実施例1に係る第一積層体の透過率スペクトルにおける波長600～800nmの範囲の各特定波長を表1に示す。また、 $H_R(70\%) = H_R(0^\circ, 70\%) - H_R(40^\circ, 70\%)$ 、 $H_R(50\%) = H_R(0^\circ, 50\%) - H_R(40^\circ, 50\%)$ 、及び $H_R(20\%) = H_R(0^\circ, 20\%) - H_R(40^\circ, 20\%)$ と

10

20

30

40

50

定義した。実施例 1 に係る第一積層体における、 $H_R(70\%)$ 、 $H_R(50\%)$ 及び $H_R(20\%)$ を表 1 に示す。

【0055】

第一積層体への入射角が W° のときに得られた透過率スペクトルにおいて波長 $350 \sim 450 \text{ nm}$ の範囲において透過率が $Z\%$ である波長を同様に特定波長として $L_R(W^\circ, Z\%)$ と定義した。実施例 1 に係る第一積層体の透過率スペクトルにおける波長 $350 \sim 450 \text{ nm}$ の範囲の各特定波長を表 1 に示す。また、 $L_R(70\%) = L_R(0^\circ, 70\%) - L_R(40^\circ, 70\%)$ 、 $L_R(50\%) = L_R(0^\circ, 50\%) - L_R(40^\circ, 50\%)$ 、及び $L_R(20\%) = L_R(0^\circ, 20\%) - L_R(40^\circ, 20\%)$ と定義した。実施例 1 に係る第一積層体における、 $L_R(70\%)$ 、 $L_R(50\%)$ 、及び $L_R(20\%)$ を表 1 に示す。
10

【0056】

(第二積層体)

波長 $700 \sim 750 \text{ nm}$ に吸収ピークを持ち、可視域の吸収が少なく、メチルエチルケトン (M E K) に可溶な有機色素 (シアニン系、スクアリリウム系、フタロシアニン系、及びジインモニウム系の有機色素から選択される 1 種類以上の有機色素) を組合せ、溶媒として M E K を用い、固体分比で 99 重量 % のポリビニルブチラール (P V B) を添加し、その後 2 時間攪拌して、コーティング液 a 1 を得た。塗膜化して分光特性を測定した際に図 10 の第二積層体の分光スペクトル特性が得られるように各有機色素の含有量と配合比を決めた。
20

【0057】

このコーティング液 a 1 を、 0.21 mm の厚みを有するホウケイ酸ガラスでできた透明ガラス基板 (SCHOTT 社製、製品名 : D 2 6 3) の一方の主面に、スピンドルコートにより塗布して塗膜を形成した。この塗膜を 140°C の環境に 0.5 時間曝して、塗膜を乾燥及び硬化させ吸収膜 A 1 を形成した。このようにして、実施例 1 に係る第二積層体を作製した。吸収膜 A 1 の厚みは $3 \mu\text{m}$ であった。実施例 1 に係る第二積層体の波長 $350 \sim 1100 \text{ nm}$ における分光透過率を、分光光度計 (日本分光社製、型式 : V - 670) を用いて測定した。この測定において、実施例 1 に係る第二積層体には、 0° 、 30° 、及び 40° の入射角で光を入射させたが、いずれの入射角でも実質的に同一の透過率スペクトルが得られた。入射角が 0° のときに得られた透過率スペクトルを図 10 に示す。図 10 に示す通り、 $450 \sim 600 \text{ nm}$ の波長範囲における実施例 1 に係る第二積層体の分光透過率の平均値は 75% を超えていた。実施例 1 に係る第二積層体は、波長約 700 nm 及び波長約 760 nm において吸収ピークを有していた。加えて、実施例 1 に係る第二積層体は、波長約 410 nm において吸収ピークを有していた。
30

【0058】

第二積層体への入射角が X° のときに得られた透過率スペクトルにおいて、波長 $600 \sim 800 \text{ nm}$ の範囲において透過率が $Y\%$ である波長を特定波長として $H_A(X^\circ, Y\%)$ と定義した。実施例 1 に係る第二積層体の透過率スペクトルにおける波長 $600 \sim 800 \text{ nm}$ の範囲の各特定波長を表 1 に示す。実施例 1 に係る第二積層体の透過率スペクトルの、波長 711 nm ($= H_R(0^\circ, 70\%)$)、波長 714 nm ($= H_R(0^\circ, 50\%)$)、波長 721 nm ($= H_R(0^\circ, 20\%)$)、波長 655 nm ($= H_R(40^\circ, 70\%)$)、波長 666 nm ($= H_R(40^\circ, 50\%)$)、波長 677 nm ($= H_R(40^\circ, 20\%)$)、波長 413 nm ($= L_R(0^\circ, 70\%)$)、波長 411 nm ($= L_R(0^\circ, 50\%)$)、波長 403 nm ($= L_R(0^\circ, 20\%)$)、波長 410 nm ($= L_R(40^\circ, 70\%)$)、波長 393 nm ($= L_R(40^\circ, 50\%)$)、及び波長 384 nm ($= L_R(40^\circ, 20\%)$) における透過率を表 1 に示す。
40

【0059】

(赤外線カットフィルタ)

実施例 1 に係る第一積層体の透明ガラス基板の近赤外線反射膜 R 1 が形成されていない主面に、第二積層体の作製と同様にして吸収膜 A 1 を形成した。このようにして、実施例
50

1に係る赤外線カットフィルタを作製した。実施例1に係る赤外線カットフィルタの波長350～1100nmにおける分光透過率を、分光光度計（日本分光社製、型式：V-670）を用いて測定した。この測定において、実施例1に係る赤外線カットフィルタには、0°、30°、及び40°の入射角で光を入射させた。得られた透過率スペクトルを図11に示す。

【0060】

赤外線カットフィルタへの入射角がX°のときに得られた透過率スペクトルにおいて波長600～800nmの範囲において透過率がY%である波長を特定波長として^H(X°, Y%)と定義した。表4に示す通り、波長^H(0°, 70%) = 614nm、波長^H(40°, 70%) = 612nmであり、それらの差の絶対値を|^H(70%)|と定義すると、|^H(70%)| = 2nmであった。波長^H(0°, 50%) = 638nm、波長^H(40°, 50%) = 635nmであり、それらの差の絶対値を|^H(50%)|と定義すると、|^H(50%)| = 3nmであった。波長^H(0°, 20%) = 672nm、波長^H(40°, 20%) = 658nmであり、それらの差の絶対値を|^H(20%)|とすると、|^H(20%)| = 14nmであった。10

【0061】

<実施例2>

(第一積層体)

0.21mmの厚みを有するホウケイ酸ガラスでできた透明ガラス基板（SCHOTT社製、製品名：D263）の一方の主面に、SiO₂膜とTiO₂膜とが交互に積層された実施例1に記載の近赤外線反射膜R1とは異なる近赤外線反射膜R2を蒸着法により形成した。このようにして、実施例2に係る第一積層体を作製した。実施例2に係る第一積層体の近赤外線反射膜R2の厚みは、5μmであった。また、実施例2に係る第一積層体の近赤外線反射膜R2は、17層のSiO₂膜と17層のTiO₂膜を含んでいた。実施例2に係る第一積層体の波長350～1100nmにおける分光透過率を実施例1と同様に測定した。得られた透過率スペクトルを図12に示す。20

【0062】

実施例2に係る第一積層体に関する透過率スペクトルにおいて、光の入射角がいずれの場合にも、450～600nmの波長範囲における分光透過率の平均値は80%を超えていた。実施例2に係る第一積層体の透過率スペクトルにおける波長600～800nmの範囲の各特定波長並びに^H_R(70%)、^H_R(50%)及び^H_R(20%)を表1に示す。また、実施例2に係る第一積層体の透過率スペクトルにおける波長350～450nmの範囲の各特定波長並びに^L_R(70%)、^L_R(50%)及び^L_R(20%)を表1に示す。30

【0063】

(第二積層体)

波長700～750nmに吸収ピークを持ち、可視域の吸収が少なく、MEKに可溶な有機色素からなり、実施例1で使用した有機色素の組合せとは異なる、吸収性物質を組合せ、溶媒としてMEKを用い、固形分比で99重量%のPVBを添加し、その後2時間攪拌して、コーティング液a2を得た。塗膜化して分光特性を測定した際に図12の第二積層体の分光スペクトル特性が得られるように有機色素の含有量と配合比を決めた。40

【0064】

コーティング液a2を0.21mmの厚みを有するホウケイ酸ガラスでできた透明ガラス基板（SCHOTT社製、製品名：D263）の一方の主面に、スピンドルコートにより塗布して塗膜を形成した。この塗膜を140℃の環境に0.5時間曝して、塗膜を乾燥及び硬化させ吸収膜A2を形成した。このようにして、実施例2に係る第二積層体を作製した。吸収膜A2の厚みは3μmであった。実施例2に係る第二積層体の波長350～1100nmにおける分光透過率を、実施例1と同様にして測定した。この測定において、実施例2に係る第二積層体には、0°、30°、及び40°の入射角で光を入射させたが、いずれの入射角でも実質的に同一の透過率スペクトルが得られた。入射角が0°のときに得50

られた透過率スペクトルを図12に示す。図12に示す通り、450～600nmの波長範囲における実施例2に係る第二積層体の分光透過率の平均値は75%を超えていた。実施例2に係る第二積層体は、波長約710nmにおいて吸収ピークを有していた。加えて、実施例2に係る第二積層体は、波長約420nmにおいて吸収ピークを有していた。

【0065】

第二積層体への入射角がW°のときに得られた透過率スペクトルにおいて波長350～450nmの範囲において透過率がZ%である波長を同様に特定波長として $L_A(W°, Z\%)$ と定義した。実施例2に係る第二積層体の透過率スペクトルにおける波長600～800nmの範囲の各特定波長及び $L_A(0°, 70\%)$ を表1に示す。実施例2に係る第二積層体の透過率スペクトルの、波長715nm($=H_R(0°, 70\%)$)、波長720nm($=H_R(0°, 50\%)$)、波長731nm($=H_R(0°, 20\%)$)、波長658nm($=H_R(40°, 70\%)$)、波長670nm($=H_R(40°, 50\%)$)、波長684nm($=H_R(40°, 20\%)$)、波長406nm($=L_R(0°, 70\%)$)、波長405nm($=L_R(0°, 50\%)$)、波長402nm($=L_R(0°, 20\%)$)、波長389nm($=L_R(40°, 70\%)$)、波長387nm($=L_R(40°, 50\%)$)、及び波長385nm($=L_R(40°, 20\%)$)における透過率を表1に示す。
10

【0066】

(赤外線カットフィルタ)

実施例2に係る第一積層体の透明ガラス基板の近赤外線反射膜R2が形成されていない主面に、第二積層体と同様にして吸収膜A2を形成した。実施例2に係る赤外線カットフィルタの波長350～1100nmにおける分光透過率を実施例1と同様に測定した。得られた透過率スペクトルを図13に示す。
20

【0067】

表4に示す通り、実施例2に係る赤外線カットフィルタの透過率スペクトルにおいて、波長 $H(0°, 70\%) = 621\text{ nm}$ 、波長 $H(40°, 70\%) = 618\text{ nm}$ であり、それらの差の絶対値 $|H(70\%)| = 3\text{ nm}$ であった。波長 $H(0°, 50\%) = 644\text{ nm}$ 、波長 $H(40°, 50\%) = 640\text{ nm}$ であり、それらの差の絶対値 $|H(50\%)| = 4\text{ nm}$ であった。波長 $H(0°, 20\%) = 676\text{ nm}$ 、波長 $H(40°, 20\%) = 663\text{ nm}$ であり、それらの差の絶対値 $|H(20\%)| = 13\text{ nm}$ であった。
30

【0068】

<実施例3>

(第一積層体)

0.21mmの厚みを有するホウケイ酸ガラスでできた透明ガラス基板の一方の主面に、 SiO_2 膜と TiO_2 膜とが交互に積層された実施例1及び2に記載の近赤外線反射膜R1及びR2とは異なる近赤外線反射膜R3を蒸着法により形成した。このようにして、実施例3に係る第一積層体を作製した。実施例3に係る第一積層体の近赤外線反射膜R3の厚みは、6μmであった。また、実施例3に係る第一積層体の近赤外線反射膜R3は、20層の SiO_2 膜と20層の TiO_2 膜を含んでいた。実施例3に係る第一積層体の波長350～1100nmにおける分光透過率を実施例1と同様に測定した。得られた透過率スペクトルを図14に示す。
40

【0069】

実施例3に係る第一積層体において、光の入射角がいずれの場合にも、450～600nmの波長範囲における分光透過率の平均値は80%を超えていた。実施例3に係る第一積層体の透過率スペクトルにおける波長600～800nmの範囲の各特定波長並びに $H_R(70\%)$ 、 $H_R(50\%)$ 及び $H_R(20\%)$ を表1に示す。また、実施例3に係る第一積層体の透過率スペクトルにおける波長350～450nmの範囲の各特定波長並びに $L_R(70\%)$ 、 $L_R(50\%)$ 及び $L_R(20\%)$ を表1に示す。
50

【0070】

(第二積層体)

0.21mmの厚みを有するホウケイ酸ガラスでできた透明ガラス基板(SCHOTT社製、製品名:D263)の一方の正面に、フェニルホスホン酸銅微粒子を含むコーティング液b1を塗布し、塗膜を乾燥及び硬化させて吸収膜B1(第二吸収膜)を形成した。

【0071】

コーティング液b1は以下のようにして調製した。酢酸銅一水和物1.1gとテトラヒドロフラン(THF)60gとを混合して3時間攪拌し酢酸銅溶液を得た。次に、得られた酢酸銅溶液に、プライサーA208F(第一工業製薬社製)を2.3g加えて30分間攪拌し、b11液を得た。また、フェニルホスホン酸(東京化成工業株式会社製)0.6gにTHF10gを加えて30分攪拌し、b12液を得た。次に、b11液を攪拌しながらb11液にb12液を加え、室温で1分間攪拌した。次に、この溶液にトルエン45gを加えた後、室温で1分間攪拌し、b13液を得た。このb13液をフラスコに入れてオイルバス(東京理化器械社製、型式:OSB-2100)で加温しながら、ロータリーエバボレータ(東京理化器械社製、型式:N-1110SF)によって、25分間脱溶媒処理を行った。オイルバスの設定温度は、120に調整した。その後、フラスコの中から脱溶媒処理後の溶液を取り出した。取り出した溶液に、シリコーン樹脂(信越化学工業社製、製品名:KR-300)を4.4g添加し、室温で30分間攪拌し、コーティング液b1を得た。

【0072】

得られたコーティング液b1を、透明ガラス基板の一方の正面に、ダイコーティングによって塗布し、次に、コーティング液b1の未乾燥の塗膜を有する透明ガラス基板をオーブンに入れて、85で3時間、次に125で3時間、次に150で1時間、次に170で3時間の条件で塗膜に対して加熱処理を行い、塗膜を硬化させ吸収膜B1(第二吸収膜)を形成した。第二吸収膜である吸収膜B1の厚みは50μmであった。次に、第二吸収膜である吸収膜B1の上に、実施例2で使用したコーティング液a2をスピンドルコーティングにより塗布して塗膜を形成した。この塗膜を140の環境に0.5時間曝して、塗膜を乾燥及び硬化させ吸収膜A2(第一吸収膜)を形成した。吸収膜A2の厚みは3μmであった。このようにして、実施例3に係る第二積層体を作製した。すなわち、実施例3に係る第二積層体の吸収膜は、厚みが50μmの吸収膜B1(第二吸収膜)及び厚みが3μmの吸収膜A2(第一吸収膜)を含んでいた。

【0073】

実施例3に係る第二積層体の波長350～1100nmにおける分光透過率を、実施例1と同様にして測定した。この測定において、実施例3に係る第二積層体には、0°、30°、及び40°の入射角で光を入射させたが、いずれの入射角でも実質的に同一の透過率スペクトルが得られた。入射角が0°のときに得られた透過率スペクトルを図14に示す。図14に示す通り、450～600nmの波長範囲における実施例3に係る第二積層体の分光透過率の平均値は75%を超えていた。実施例3に係る第二積層体の透過率スペクトルは、波長約700～約770nmの範囲に及ぶ幅広な吸収ピークを有していた。また実施例3に係る第二積層体は、波長約410nmにおいて吸収ピークを有していた。

【0074】

実施例3に係る第二積層体の透過率スペクトルにおける波長600～800nmの範囲の各特定波長及び実施例3に係る第二積層体の透過率スペクトルにおける波長350～450nmの範囲の各特定波長を表1に示す。実施例3に係る第二積層体の透過率スペクトルの、波長727nm(=H_R(0°, 70%))、波長738nm(=H_R(0°, 50%))、波長766nm(=H_R(0°, 20%))、波長672nm(=H_R(40°, 70%))、波長685nm(=H_R(40°, 50%))、波長717nm(=H_R(40°, 20%))、波長406nm(=L_R(0°, 70%))、波長405nm(=L_R(0°, 50%))、波長402nm(=L_R(0°, 20%))、波長389nm(=L_R(40°, 70%))、波長387nm(=L_R(40°, 50%))、及び波長385nm(=L_R(40°, 20%))における透過率を表1に示す。

【0075】

(赤外線カットフィルタ)

実施例3に係る第一積層体の透明ガラス基板の近赤外線反射膜が形成されていない主面に、第二積層体と同様にして吸収膜A2(第一吸収膜)及び吸収膜B1(第二吸収膜)からなる吸収膜を形成した。実施例3に係る赤外線カットフィルタの波長350~1100nmにおける分光透過率を実施例1と同様に測定した。得られた透過率スペクトルを図15に示す。

【0076】

表4に示す通り、実施例3に係る赤外線カットフィルタの透過率スペクトルにおいて、波長^H(0°, 70%) = 612nm、波長^H(40°, 70%) = 607nmであり、それらの差の絶対値|^H(70%)| = 5nmであった。波長^H(0°, 50%) = 635nm、波長^H(40°, 50%) = 632nmであり、それらの差の絶対値|^H(50%)| = 3nmであった。波長^H(0°, 20%) = 669nm、波長^H(40°, 20%) = 661nmであり、それらの差の絶対値|^H(20%)| = 8nmであった。

10

【0077】

<実施例4>

(第一積層体)

0.21mmの厚みを有するホウケイ酸ガラスでできた透明ガラス基板(SCHOTT社製、製品名:D263)の一方の主面にSiO₂膜とTiO₂膜とが交互に積層された実施例2に係る近赤外線反射膜と同一の近赤外線反射膜R2を蒸着法により形成した。このようにして、実施例4に係る第一積層体を作製した。実施例4に係る第一積層体の波長350~1100nmにおける分光透過率を実施例1と同様に測定した。得られた透過率スペクトルを図16に示す。実施例4に係る第一積層体に関する透過率スペクトルは実施例2に係る第一積層体に関する透過率スペクトルと同一であった。

20

【0078】

(第二積層体)

波長700~750nmに吸収ピークを持ち、可視域の吸収が少なく、M E K(メチルエチルケトン)に可溶な有機色素であり、実施例2の吸収膜に含まれる有機色素の組合せと同一の有機色素の組合せからなる吸収性物質と、可視域の吸収が少なく、M E K(メチルエチルケトン)に可溶なベンゾフェノン系紫外線吸収性物質からなる紫外線吸収性物質と、を組合せ、溶媒としてM E Kを用い、固体分比で99重量%のP V Bを添加し、調合後2時間攪拌してコーティング液a3を得た。コーティング液a3の調製のために用いたベンゾフェノン系紫外線吸収性物質は、それのみをポリビニルブチラールに内包させて作製した紫外線吸収膜の分光透過率が、波長350~450nmの範囲において、10%以下から70%以上に増加する特性を備えていた。その紫外線吸収膜の透過率スペクトルを図56に示す。

30

【0079】

コーティング液a3における有機色素及びベンゾフェノン系紫外線吸収性物質の含有量及び配合比は、塗膜化して分光特性を測定した際に図16の第二積層体の分光スペクトル特性が得られるように決めた。このコーティング液a3を、0.21mmの厚みを有するホウケイ酸ガラスでできた透明ガラス基板(SCHOTT社製、製品名:D263)の一方の主面に、スピンドルコーティングにより塗布して塗膜を形成した。この塗膜を140°の環境に0.5時間曝して、塗膜を乾燥及び硬化させ吸収膜A3を形成した。このようにして、実施例4に係る第二積層体を作製した。吸収膜A3の厚みは3μmであった

40

【0080】

実施例4に係る第二積層体の波長350~1100nmにおける分光透過率を、実施例1と同様にして測定した。この測定において、実施例4に係る第二積層体には、0°、30°、及び40°の入射角で光を入射させたが、いずれの入射角でも実質的に同一の透過率スペクトルが得られた。入射角が0°のときに得られた透過率スペクトルを図16に示

50

す。図16に示す通り、450～600nmの波長範囲における実施例4に係る第二積層体の分光透過率の平均値は75%を超えていた。実施例4に係る第二積層体の透過率スペクトルは、波長約710nmに吸収ピークを有していた。実施例4に係る第二積層体の透過率スペクトルは、波長350～450nmの範囲において分光透過率が70%から10%以下に低下する特性を有していた。

【0081】

実施例4に係る第二積層体の透過率スペクトルにおける波長600～800nmの範囲の各特定波長及び実施例4に係る第二積層体の透過率スペクトルにおける波長350～450nmの範囲の各特定波長を表1に示す。実施例4に係る第二積層体の透過率スペクトルの、波長715nm(=H_R(0°, 70%))、波長720nm(=H_R(0°, 50%))、波長731nm(=H_R(0°, 20%))、波長658nm(=H_R(40°, 70%))、波長670nm(=H_R(40°, 50%))、波長684nm(=H_R(40°, 20%))、波長406nm(=L_R(0°, 70%))、波長405nm(=L_R(0°, 50%))、波長402nm(=L_R(0°, 20%))、波長389nm(=L_R(40°, 70%))、波長387nm(=L_R(40°, 50%))、及び波長385nm(=L_R(40°, 20%))における透過率を表1に示す。
10

【0082】

(赤外線カットフィルタ)

実施例4に係る第一積層体の透明ガラス基板の近赤外線反射膜R2が形成されていない主面に、第二積層体と同様にして吸収膜A3を形成し、実施例4に係る赤外線カットフィルタを得た。実施例4に係る赤外線カットフィルタの波長350～1100nmにおける分光透過率を実施例1と同様に測定した。得られた透過率スペクトルを図17に示す。
20

【0083】

表4に示す通り、実施例4に係る赤外線カットフィルタの透過率スペクトルにおいて、波長H(0°, 70%) = 621nm、波長H(40°, 70%) = 620nmであり、それらの差の絶対値|H(70%)| = 1nmであった。波長H(0°, 50%) = 643nm、波長H(40°, 50%) = 642nmであり、それらの差の絶対値|H(50%)| = 1nmであった。波長H(0°, 20%) = 676nm、波長H(40°, 20%) = 663nmであり、それらの差の絶対値|H(20%)| = 13nmであった。赤外線カットフィルタへの入射角がW°のときに得られた透過率スペクトルにおいて波長350～450nmの範囲において透過率がZ%である波長をL(W°, Z%)と定義した。表4に示す通り、波長L(0°, 70%) = 426nm、波長L(40°, 70%) = 433nmであり、それらの差の絶対値を|L(70%)|とすると、|L(70%)| = 7nmであった。波長L(0°, 50%) = 409nm、波長L(40°, 50%) = 408nmであり、それらの差の絶対値を|L(50%)|とすると、|L(50%)| = 1nmであった。波長L(0°, 20%) = 404nm、波長L(40°, 20%) = 398nmであり、それらの差の絶対値を|L(20%)|とすると、|L(20%)| = 6nmであった。
30

【0084】

<実施例5>

(第一積層体)

0.21mmの厚みを有するホウケイ酸ガラスでできた透明ガラス基板(SCHOTT社製、製品名:D263)の一方の主面に、SiO₂膜とTiO₂膜とが交互に積層された実施例1～4に記載の近赤外線反射膜R1～R3とは異なる近赤外線反射膜R4を蒸着法により形成した。このようにして、実施例5に係る第一積層体を作製した。実施例5に係る第一積層体の近赤外線反射膜の厚みは、6μmであった。また、実施例5に係る第一積層体の近赤外線反射膜R4は、20層のSiO₂膜と20層のTiO₂膜を含んでいた。実施例5に係る第一積層体の波長350～1100nmにおける分光透過率を実施例1と同様に測定した。得られた透過率スペクトルを図18に示す。

【0085】

50

20

50

30

40

50

実施例 5 に係る第一積層体に関する透過率スペクトルにおいて、光の入射角がいずれの場合にも、450～600 nm の波長範囲における分光透過率の平均値は 80 % を超えていた。実施例 5 に係る第一積層体の透過率スペクトルにおける波長 600～800 nm の範囲の各特定波長並びに $H_R(70\%)$ 、 $H_R(50\%)$ 及び $H_R(20\%)$ を表 2 に示す。また、実施例 5 に係る第一積層体の透過率スペクトルにおける波長 350～450 nm の範囲の各特定波長並びに $L_R(70\%)$ 、 $L_R(50\%)$ 、及び $L_R(20\%)$ を表 2 に示す。

【0086】

(第二積層体)

実施例 3 で使用したコーティング液 b 1 を、0.21 mm の厚みを有するホウケイ酸ガラスでできた透明ガラス基板 (SCHOTT 社製、製品名: D 2 6 3) の一方の正面に、ダイコーティングによって塗布して塗膜を形成した。この塗膜を 85° で 3 時間、次に 125° で 3 時間、次に 150° で 1 時間、次に 170° で 3 時間の条件で塗膜に対して加熱処理を行い、実施例 3 と同様に吸収膜 B 1 を形成した。吸収膜 B 1 の厚みは 50 μm であった。このようにして、実施例 5 に係る第二積層体の第二吸収膜である吸収膜 B 1 を作製した。次に、吸収膜 B 1 の上に、実施例 4 で使用したコーティング液 a 3 をスピンドルコートティングにより塗布して塗膜を形成した。この塗膜を 140° の環境に 0.5 時間曝して、塗膜を乾燥及び硬化させ、実施例 4 と同様に吸収膜 A 3 を形成した。このようにして、実施例 5 に係る第二積層体の第一吸収膜である吸収膜 A 3 を作製した。吸収膜 A 3 の厚みは 3 μm であった。このようにして、実施例 5 に係る第二積層体を作製した。すなわち、実施例 5 に係る第二積層体の吸収膜は、厚みが 50 μm の吸収膜 B 1 (第二吸収膜) 及び厚みが 3 μm の吸収膜 A 3 (第一吸収膜) を含んでいた。

【0087】

実施例 5 に係る第二積層体の波長 350～1100 nm における分光透過率を、実施例 1 と同様にして測定した。この測定において、実施例 5 に係る第二積層体には、0°、30°、及び 40° の入射角で光を入射させたが、いずれの入射角でも実質的に同一の透過率スペクトルが得られた。入射角が 0° のときに得られた透過率スペクトルを図 18 に示す。図 18 に示す通り、450～600 nm の波長範囲における実施例 5 に係る第二積層体の分光透過率の平均値は 75 % を超えていた。実施例 5 に係る第二積層体の透過率スペクトルは、波長約 700 nm～約 770 nm の範囲に及ぶ幅広な吸収ピークを有していた。実施例 5 に係る第二積層体の透過率スペクトルは、波長 350～450 nm の範囲において分光透過率が 10 % 以下から 70 % 以上に増加する特性を有していた。

【0088】

実施例 5 に係る第二積層体の透過率スペクトルにおける波長 600～800 nm の範囲の各特定波長及び実施例 5 に係る第二積層体の透過率スペクトルにおける波長 350～450 nm の範囲の各特定波長を表 2 に示す。実施例 5 に係る第二積層体の透過率スペクトルの、波長 727 nm (= $H_R(0^\circ, 70\%)$)、波長 738 nm (= $H_R(0^\circ, 50\%)$)、波長 766 nm (= $H_R(0^\circ, 20\%)$)、波長 672 nm (= $H_R(40^\circ, 70\%)$)、波長 685 nm (= $H_R(40^\circ, 50\%)$)、波長 717 nm (= $H_R(40^\circ, 20\%)$)、波長 406 nm (= $L_R(0^\circ, 70\%)$)、波長 405 nm (= $L_R(0^\circ, 50\%)$)、波長 402 nm (= $L_R(0^\circ, 20\%)$)、波長 389 nm (= $L_R(40^\circ, 70\%)$)、波長 387 nm (= $L_R(40^\circ, 50\%)$)、及び波長 385 nm (= $L_R(40^\circ, 20\%)$) における透過率を表 2 に示す。

【0089】

(赤外線カットフィルタ)

実施例 5 に係る第一積層体の透明ガラス基板の近赤外線反射膜 R 4 が形成されていない正面に、第二積層体と同様にして吸収膜 A 3 (第一吸収膜) および吸収膜 B 1 (第二吸収膜) からなる吸収膜を形成した。実施例 5 に係る赤外線カットフィルタの波長 350～1100 nm における分光透過率を実施例 1 と同様に測定した。得られた透過率スペクトルを図 19 に示す。

10

20

30

40

50

【0090】

表5に示す通り、実施例5に係る赤外線カットフィルタの透過率スペクトルにおいて、波長^H(0°, 70%) = 611 nm、波長^H(40°, 70%) = 606 nmであり、それらの差の絶対値|^H(70%)| = 5 nmであった。波長^H(0°, 50%) = 634 nm、波長^H(40°, 50%) = 632 nmであり、それらの差の絶対値|^H(50%)| = 2 nmであった。波長^H(0°, 20%) = 669 nm、波長^H(40°, 20%) = 661 nmであり、それらの差の絶対値|^H(20%)| = 8 nmであった。また、表5に示す通り、実施例5に係る赤外線カットフィルタの透過率スペクトルにおいて、波長^L(0°, 70%) = 427 nm、波長^L(40°, 70%) = 436 nmであり、それらの差の絶対値|^L(70%)| = 9 nmであった。波長^L(0°, 50%) = 409 nm、波長^L(40°, 50%) = 409 nmであり、それらの差の絶対値|^L(50%)| = 0 nmであった。波長^L(0°, 20%) = 404 nm、波長^L(40°, 20%) = 398 nmであり、それらの差の絶対値|^L(20%)| = 6 nmであった。
10

【0091】

<実施例6>

(第一積層体)

0.21 mmの厚みを有するホウケイ酸ガラスでできた透明ガラス基板(SCHOTT社製、製品名:D263)の一方の正面に、SiO₂膜とTiO₂膜とが交互に積層された実施例1～5に記載の近赤外線反射膜R1～R4とは異なる近赤外線反射膜R5を蒸着法により形成した。このようにして、実施例6に係る第一積層体を作製した。実施例6に係る第一積層体の近赤外線反射膜R5の厚みは5.5 μmであった。また、実施例6に係る第一積層体の近赤外線反射膜は、18層のSiO₂膜と18層のTiO₂膜を含んでいた。実施例6に係る第一積層体の波長350～1100 nmにおける分光透過率を実施例1と同様に測定した。得られた透過率スペクトルを図20に示す。
20

【0092】

実施例6に係る第一積層体の透過率スペクトルにおいて、光の入射角がいずれの場合にも、450～600 nmの波長範囲における分光透過率の平均値は80%を超えていた。入射角が30°のときの実施例6に係る第一積層体の透過率スペクトルにおいて、波長約422 nmに分光透過率が約71%である極小値を有していた。この透過率スペクトルにおいて、分光透過率が93%のラインをベースラインと仮定した場合、この極小値を含み下に凸となった部分は、ベースラインから15ポイント以上低下した分光透過率を有し、約14 nmの半値全幅を有していた。さらに入射角が40°のときの実施例6に係る第一積層体の透過率スペクトルにおいて、波長約415 nmに分光透過率が約55%である極小値を有していた。同様に、この透過率スペクトルにおいて、分光透過率が93%のラインをベースラインと仮定した場合、この極小値を含み下に凸となった部分は、ベースラインから30ポイント以上低下した分光透過率を有し、約16 nmの半値全幅を有していた。
30

【0093】

実施例6に係る第一積層体の透過率スペクトルにおける波長600～800 nmの範囲の各特定波長並びに^H_R(70%)、^H_R(50%)及び^H_R(20%)を表2に示す。また、実施例6に係る第一積層体の透過率スペクトルにおける波長350～450 nmの範囲の各特定波長並びに^L_R(70%)、^L_R(50%)及び^L_R(20%)を表2に示す。
40

【0094】

(第二積層体)

実施例3で使用したコーティング液b1を、0.21 mmの厚みを有するホウケイ酸ガラスでできた透明ガラス基板(SCHOTT社製、製品名:D263)の一方の正面に、ダイコーティングによって塗布して塗膜を形成した。この塗膜を85℃で3時間、次に125℃で3時間、次に150℃で1時間、次に170℃で3時間の条件で塗膜に対して加熱処理
50

を行い、実施例 3 と同様に吸収膜 B 1 を形成した。吸収膜 B 1 の厚みは 50 μm であった。このようにして、実施例 6 に係る第二積層体の第二吸収膜である吸収膜 B 1 を作製した。次に、吸収膜 B 1 の上に、実施例 2 で使用したコーティング液 a 2 をスピンドルコートイングにより塗布して塗膜を形成した。この塗膜を 140 °C の環境に 0.5 時間曝して、塗膜を乾燥及び硬化させ、実施例 4 と同様に吸収膜 A 2 を形成した。このようにして、実施例 6 に係る第二積層体の第一吸収膜である吸収膜 A 2 を作製した。吸収膜 A 2 の厚みは 3 μm であった。このようにして、実施例 6 に係る第二積層体を作製した。すなわち、実施例 6 に係る第二積層体の吸収膜は、厚みが 50 μm の吸収膜 B 1 (第二吸収膜) 及び厚みが 3 μm の吸収膜 A 3 (第一吸収膜) を含み、実施例 3 に係る第二積層体の吸収膜と同一であった。

10

【0095】

実施例 6 に係る第二積層体の波長 350 ~ 1100 nm における分光透過率を、実施例 1 と同様にして測定した。この測定において、実施例 6 に係る第二積層体には、0°、30°、及び 40° の入射角で光を入射させたが、いずれの入射角でも実質的に同一の透過率スペクトルが得られ、実施例 3 に係る第二積層体と同一の透過率スペクトルが得られた。入射角が 0° のときに得られた透過率スペクトルを図 20 に示す。図 20 に示す通り、450 ~ 600 nm の波長範囲における実施例 6 に係る第二積層体の分光透過率の平均値は 75% を超えていた。実施例 6 に係る第二積層体の透過率スペクトルは、波長約 700 ~ 約 770 nm の範囲に及ぶ幅広な吸収ピークを有していた。実施例 6 に係る第二積層体の透過率スペクトルは、波長約 410 nm において吸収ピークを有していた。実施例 6 に係る第二積層体の透過率スペクトルにおける波長 600 ~ 800 nm の範囲の各特定波長及び実施例 6 に係る第二積層体の透過率スペクトルにおける波長 350 ~ 450 nm の範囲の各特定波長を表 2 に示す。実施例 6 に係る第二積層体の透過率スペクトルの、波長 714 nm (= H_R(0°, 70%))、波長 720 nm (= H_R(0°, 50%))、波長 730 nm (= H_R(0°, 20%))、波長 659 nm (= H_R(40°, 70%))、波長 668 nm (= H_R(40°, 50%))、波長 685 nm (= H_R(40°, 20%))、波長 411 nm (= L_R(0°, 70%))、波長 410 nm (= L_R(0°, 50%))、波長 406 nm (= L_R(0°, 20%))、波長 394 nm (= L_R(40°, 70%))、波長 392 nm (= L_R(40°, 50%))、及び波長 388 nm (= L_R(40°, 20%)) における透過率を表 2 に示す。

20

【0096】

(赤外線カットフィルタ)

実施例 6 に係る第一積層体の透明ガラス基板の近赤外線反射膜 R 5 が形成されていない正面に、第二積層体と同様にして吸収膜 A 2 (第一吸収膜) および吸収膜 B 1 (第二吸収膜) とからなる吸収膜を形成した。このようにして、実施例 6 に係る赤外線カットフィルタを作製した。実施例 6 に係る赤外線カットフィルタの波長 350 ~ 1100 nm における分光透過率を実施例 1 と同様にして測定した。得られた透過率スペクトルを図 21 に示す。

30

【0097】

表 5 に示す通り、実施例 6 に係る赤外線カットフィルタの透過率スペクトルにおいて、波長 H(0°, 70%) = 621 nm、波長 H(40°, 70%) = 617 nm であり、それらの差の絶対値 | H(70%) | = 4 nm であった。波長 H(0°, 50%) = 643 nm、波長 H(40°, 50%) = 637 nm であり、それらの差の絶対値 | H(50%) | = 6 nm であった。波長 H(0°, 20%) = 675 nm、波長 H(40°, 20%) = 663 nm であり、それらの差の絶対値 | H(20%) | = 12 nm であった。実施例 6 に係る赤外線カットフィルタの透過率スペクトルにおいて、波長 L(0°, 70%) = 413 nm、波長 L(40°, 70%) = 397 nm であり、それらの差の絶対値 | L(70%) | = 16 nm であった。波長 L(0°, 50%) = 411 nm、波長 L(40°, 50%) = 394 nm であり、それらの差の絶対値 | L(50%) | = 17 nm であった。波長 L(0°, 20%) = 407 nm、波長

40

50

$L(40^\circ, 20\%) = 389 \text{ nm}$ であり、それらの差の絶対値 $|L(20\%)| = 18 \text{ nm}$ であった。

【0098】

<実施例7>

(第一積層体)

0.21mmの厚みを有するホウケイ酸ガラスでできた透明ガラス基板 (SCHOTT社製、製品名: D263) の一方の正面に、 SiO_2 膜と TiO_2 膜とが交互に積層された実施例1～6に記載の近赤外線反射膜R1～R5とは異なる近赤外線反射膜R6を蒸着法により形成した。このようにして、実施例7に係る第一積層体を作製した。実施例7に係る第一積層体の近赤外線反射膜R6の厚みは5.5μmであった。また、実施例7に係る第一積層体の近赤外線反射膜R6は、18層の SiO_2 膜と18層の TiO_2 膜を含んでいた。実施例7に係る第一積層体の波長350～1100nmにおける分光透過率を実施例1と同様に測定した。得られた透過率スペクトルを図22に示す。

【0099】

実施例7に係る第一積層体の透過率スペクトルにおいて、光の入射角がいずれの場合にも、450～600nmの波長範囲における分光透過率の平均値は80%を超えていた。入射角が30°のときの実施例7に係る第一積層体の透過率スペクトルにおいて、波長約425nmに分光透過率が約75%である極小値を有していた。この透過率スペクトルにおいて、分光透過率が93%のラインをベースラインと仮定した場合、この極小値を含み下に凸となった部分は、ベースラインから15ポイント以上低下した分光透過率を有し、約12nmの半値全幅を有していた。さらに入射角が40°のときの実施例7に係る第一積層体の透過率スペクトルにおいて、波長約415nmに分光透過率が約58%である極小値を有していた。この透過率スペクトルにおいて、同様に、分光透過率が93%のラインをベースラインと仮定した場合、この極小値を含み下に凸となった部分は、ベースラインから30ポイント以上低下した分光透過率を有し、約14nmの半値全幅を有していた。

【0100】

実施例7に係る第一積層体の透過率スペクトルにおける波長600～800nmの範囲の各特定波長並びに $H_R(70\%)$ 、 $H_R(50\%)$ 及び $H_R(20\%)$ を表2に示す。また、実施例7に係る第一積層体の透過率スペクトルにおける波長350～450nmの範囲の各特定波長並びに $L_R(70\%)$ 、 $L_R(50\%)$ 及び $L_R(20\%)$ を表2に示す。

【0101】

(第二積層体)

0.21mmの厚みを有するホウケイ酸ガラスでできた透明ガラス基板 (SCHOTT社製、製品名: D263) の一方の正面に、実施例4で使用したコーティング液a3をスピンドルコートィングにより塗布して塗膜を形成した。この塗膜を140°の環境に0.5時間曝して、塗膜を乾燥及び硬化させ吸収膜A3を形成した。このようにして、実施例7に係る第二積層体の吸収膜A3を作製した。吸収膜A3の厚みは3μmであった。

【0102】

実施例7に係る第二積層体の波長350～1100nmにおける分光透過率を、実施例1と同様にして測定した。この測定において、実施例7に係る第二積層体には、0°、30°、及び40°の入射角で光を入射させたが、いずれの入射角でも実質的に同一の透過率スペクトルが得られ、実施例4に係る第二積層体に関する透過率スペクトルと同一であった。入射角が0°のときに得られた透過率スペクトルを図22に示す。図22に示す通り、450～600nmの波長範囲における実施例7に係る第二積層体の分光透過率の平均値は75%を超えていた。実施例7に係る第二積層体の透過率スペクトルは、波長約710nmに吸収ピークを有していた。実施例7に係る第二積層体の透過率スペクトルは、波長350～450nmの範囲において分光透過率が10%以下から70%以上に増加する特性を有していた。

10

20

30

40

50

【0103】

実施例7に係る第二積層体の透過率スペクトルにおける波長600～800nmの範囲の各特定波長及び実施例7に係る第二積層体の透過率スペクトルにおける波長350～450nmの範囲の各特定波長を表2に示す。実施例7に係る第二積層体の透過率スペクトルの、波長715nm(=H_R(0°, 70%))、波長720nm(=H_R(0°, 50%))、波長731nm(=H_R(0°, 20%))、波長659nm(=H_R(40°, 70%))、波長667nm(=H_R(40°, 50%))、波長684nm(=H_R(40°, 20%))、波長411nm(=L_R(0°, 70%))、波長409nm(=L_R(0°, 50%))、波長406nm(=L_R(0°, 20%))、波長394nm(=L_R(40°, 70%))、波長391nm(=L_R(40°, 50%))、及び波長388nm(=L_R(40°, 20%))における透過率を表2に示す。
10

【0104】

(赤外線カットフィルタ)

実施例7に係る第一積層体の透明ガラス基板の近赤外線反射膜R6が形成されていない主面に、第二積層体と同様にして吸収膜A3を形成した。このようにして、実施例7に係る赤外線カットフィルタを作製した。実施例7に係る赤外線カットフィルタの波長350～1100nmにおける分光透過率を実施例1と同様にして測定した。得られた透過率スペクトルを図23に示す。

【0105】

表5に示す通り、実施例7に係る赤外線カットフィルタの透過率スペクトルにおいて、波長H(0°, 70%) = 620nm、波長H(40°, 70%) = 618nmであり、それらの差の絶対値|H(70%)| = 2nmであった。波長H(0°, 50%) = 642nm、波長H(40°, 50%) = 636nmであり、それらの差の絶対値|H(50%)| = 6nmであった。波長H(0°, 20%) = 675nm、波長H(40°, 20%) = 663nmであり、それらの差の絶対値|H(20%)| = 12nmであった。実施例7に係る赤外線カットフィルタの透過率スペクトルにおいて、波長L(0°, 70%) = 428nm、波長L(40°, 70%) = 429nmであり、それらの差の絶対値|L(70%)| = 1nmであった。波長L(0°, 50%) = 412nm、波長L(40°, 50%) = 420nmであり、それらの差の絶対値|L(50%)| = 8nmであった。波長L(0°, 20%) = 408nm、波長L(40°, 20%) = 398nmであり、それらの差の絶対値|L(20%)| = 10nmであった。
20
30

【0106】

<実施例8>

(第一積層体)

0.21mmの厚みを有するホウケイ酸ガラスでできた透明ガラス基板(SCHOTT社製、製品名:D263)の一方の主面に、SiO₂膜とTiO₂膜とが交互に積層された実施例1～7に記載の近赤外線反射膜R1～R6とは異なる近赤外線反射膜R7を蒸着法により形成した。このようにして、実施例8に係る第一積層体を作製した。実施例8に係る第一積層体の近赤外線反射膜R7の厚みは6μmであった。また、実施例8に係る第一積層体の近赤外線反射膜R7は、19層のSiO₂膜と19層のTiO₂膜を含んでいた。実施例8に係る第一積層体の波長350～1100nmにおける分光透過率を実施例1と同様に測定した。得られた透過率スペクトルを図24に示す。
40

【0107】

実施例8に係る第一積層体の透過率スペクトルにおいて、光の入射角がいずれの場合にも、450～600nmの波長範囲における分光透過率の平均値は80%を超えていた。入射角が30°のときの実施例8に係る第一積層体の透過率スペクトルにおいて、波長約420nmの範囲に分光透過率が約76%である極小値を有していた。この透過率スペクトルにおいて、分光透過率が93%のラインをベースラインと仮定した場合、この極小値を含み下に凸となった部分は、ベースラインから10ポイント以上低下した分光透過率を
50

有し、約14nmの半値全幅を有していた。さらに入射角が40°のときの実施例8に係る第一積層体の透過率スペクトルにおいて、波長約429nmに分光透過率が約55%である極小値を有していた。この透過率スペクトルにおいて、同様に、分光透過率が93%のラインをベースラインと仮定した場合、この極小値を含み下に凸となった部分は、ベースラインから30ポイント以上低下した分光透過率を有し、約16nmの半値全幅を有していた。

【0108】

実施例8に係る第一積層体の透過率スペクトルにおける波長600～800nmの範囲の各特定波長並びに¹⁰ $H_R(70\%)$ 、 $H_R(50\%)$ 及び $H_R(20\%)$ を表2に示す。また、実施例8に係る第一積層体の透過率スペクトルにおける波長350～450nmの範囲の各特定波長並びに $L_R(70\%)$ 、 $L_R(50\%)$ 、及び $L_R(20\%)$ を表2に示す。

【0109】

(第二積層体)
実施例3で使用したコーティング液b1を、0.21mmの厚みを有するホウケイ酸ガラスでできた透明ガラス基板(SCHOTT社製、製品名:D263)の一方の正面に、ダイコーティングによって塗布して塗膜を形成した。この塗膜を85度3時間、次に125度3時間、次に150度1時間、次に170度3時間の条件で塗膜に対して加熱処理を行い、実施例3と同様に吸収膜B1を形成した。吸収膜B1の厚みは50μmであった。このようにして、実施例8に係る第二積層体の第二吸収膜である吸収膜B1を作製した。²⁰次に、吸収膜B1の上に、実施例4で使用したコーティング液a3をスピンドルコーティングにより塗布して塗膜を形成した。この塗膜を140度の環境に0.5時間曝して、塗膜を乾燥及び硬化させ、実施例4と同様に吸収膜A3を形成した。このようにして、実施例8に係る第二積層体の第一吸収膜である吸収膜A3を作製した。吸収膜A3の厚みは3μmであった。このようにして、実施例8に係る第二積層体を作製した。すなわち、実施例8に係る第二積層体の吸収膜は、厚みが50μmの吸収膜B1(第二吸収膜)及び厚みが3μmの吸収膜A3(第一吸収膜)を含み、実施例5に係る第二積層体の吸収膜と同一な構成であった。

【0110】

実施例8に係る第二積層体の波長350～1100nmにおける分光透過率を、実施例1と同様にして測定した。この測定において、実施例8に係る第二積層体には、0°、30°、及び40°の入射角で光を入射させたが、いずれの入射角でも実質的に同一の透過率スペクトルが得られ、実施例5に係る第二積層体と同一の透過率スペクトルが得られた。入射角が0°のときに得られた透過率スペクトルを図24に示す。図24に示す通り、450～600nmの波長範囲における実施例8に係る第二積層体の分光透過率の平均値は75%を超えていた。実施例8に係る第二積層体の透過率スペクトルは、波長約700～約770nmの範囲に及ぶ幅広な吸収ピークを有していた。実施例8に係る第二積層体の透過率スペクトルは、波長350～450nmの範囲において分光透過率が10%以下から70%以上に増加する特性を有していた。³⁰

【0111】

実施例8に係る第二積層体の透過率スペクトルにおける波長600～800nmの範囲の各特定波長及び実施例8に係る第二積層体の透過率スペクトルにおける波長350～450nmの範囲の各特定波長を表2に示す。実施例8に係る第二積層体の透過率スペクトルの、波長743nm(= $H_R(0^\circ, 70\%)$)、波長749nm(= $H_R(0^\circ, 50\%)$)、波長761nm(= $H_R(0^\circ, 20\%)$)、波長683nm(= $H_R(40^\circ, 70\%)$)、波長697nm(= $H_R(40^\circ, 50\%)$)、波長712nm(= $H_R(40^\circ, 20\%)$)、波長414nm(= $L_R(0^\circ, 70\%)$)、波長410nm(= $L_R(0^\circ, 50\%)$)、波長408nm(= $L_R(0^\circ, 20\%)$)、波長396nm(= $L_R(40^\circ, 70\%)$)、波長394nm(= $L_R(40^\circ, 50\%)$)、及び波長390nm(= $L_R(40^\circ, 20\%)$)における透過率を表2に示す。⁴⁰

10

20

30

40

50

【0112】

(赤外線カットフィルタ)

実施例8に係る第一積層体の透明ガラス基板の近赤外線反射膜R7が形成されていない正面に、第二積層体と同様にして吸収膜A3(第一吸収膜)及び吸収膜B1(第二吸収膜)とからなる吸収膜を形成した。このようにして、実施例8に係る赤外線カットフィルタを作製した。実施例8に係る赤外線カットフィルタの波長350～1100nmにおける分光透過率を実施例1と同様にして測定した。得られた透過率スペクトルを図25に示す。

【0113】

表5に示す通り、実施例8に係る赤外線カットフィルタの透過率スペクトルにおいて、
 波長^H(0°, 70%) = 610nm、波長^H(40°, 70%) = 607nmであり
 、それらの差の絶対値|^H(70%)| = 3nmであった。波長^H(0°, 50%)
 = 634nm、波長^H(40°, 50%) = 630nmであり、それらの差の絶対値|^H(50%)| = 4nmであった。波長^H(0°, 20%) = 668nm、波長^H
 (40°, 20%) = 662nmであり、それらの差の絶対値|^H(20%)| = 6
 nmであった。実施例8に係る赤外線カットフィルタの透過率スペクトルにおいて、波長^L(0°, 70%) = 435nm、波長^L(40°, 70%) = 440nmであり、それらの差の絶対値|^L(70%)| = 5nmであった。波長^L(0°, 50%) = 414nm、波長^L(40°, 50%) = 412nmであり、それらの差の絶対値|^L(50%)| = 2nmであった。波長^L(0°, 20%) = 409nm、波長^L(40°, 20%) = 399nmであり、それらの差の絶対値|^L(20%)| = 10nmであった。
10
20

【0114】

<実施例9>

(第一積層体)

0.21mmの厚みを有するホウケイ酸ガラスでできた透明ガラス基板(SCHOTT社製、
 製品名:D263)の一方の正面に、実施例8と同様にして、SiO₂膜とTiO₂膜とが
 交互に積層された近赤外線反射膜R7を蒸着法により形成した。このようにして、実施例
 9に係る第一積層体を作製した。実施例9に係る第一積層体の波長350～1100nm
 における分光透過率を実施例1と同様に測定した。得られた透過率スペクトルを図26に
 示す。実施例9に係る第一積層体に関する透過率スペクトルは実施例8に係る第一積層体
 に関する透過率スペクトルと同一であった。
30

【0115】

(第二積層体)

0.21mmの厚みを有するホウケイ酸ガラスでできた透明ガラス基板(SCHOTT社製、
 製品名:D263)の一方の正面に、バインダとしてのシリコーン樹脂(信越化学工業社
 製、製品名:KR-300)の含有量を4.4gから2倍の8.8gに変更した以外はコ
 ーティング液b1と同様にして作製したコーティング液b2を塗布し、吸収膜B2(第二
 吸収膜)を形成した。第二吸収膜である吸収膜B2の厚みは100μmであった。次に、
 第二吸収膜である吸収膜B2の上に、蒸着法によりSiO₂膜を形成した。SiO₂膜の厚
 みは3μmであった。さらにSiO₂膜の上に、実施例4で使用したコーティング液a3
 をスピンドルコートにより塗布して塗膜を形成した。この塗膜を140°Cの環境に0.
 5時間曝して、塗膜を乾燥及び硬化させ吸収膜A3(第一吸収膜)を形成した。このよう
 にして実施例9に係る第二積層体を作製した。すなわち、実施例9に係る第二積層体の吸
 収膜は、厚みが100μmの吸収膜B2(第二吸収膜)、厚みが3μmのSiO₂膜、及
 び厚みが3μmの吸収膜A3(第一吸収膜)を含んでいた。実施例9に係る第二積層体の波
 長350～1100nmにおける分光透過率を、実施例1と同様にして測定した。この測定にお
 いて、実施例9に係る第二積層体には、0°、30°、及び40°の入射角で光を入射させたが、い
 ずれの入射角でも実質的に同一の透過率スペクトルが得られ、実施例8に係る第二積層体と
 実質的に同一の透過率スペクトルが得られた。入射角が0°のとき
40
50

に得られた透過率スペクトルを図26に示す。

【0116】

(赤外線カットフィルタ)

0.21mmの厚みを有するホウケイ酸ガラスでできた透明ガラス基板(SCHOTT社製、製品名:D263)の一方の主面に、第二積層体と同様に吸収膜B2(第二吸収膜)を形成した。吸収膜B2(第二吸収膜)の厚みは100μmであった。吸収膜B2(第二吸収膜)の上に、第一積層体の近赤外線反射膜と同一の近赤外線反射膜R7を形成した。次に、吸収膜B2(第二吸収膜)を透明ガラス基板より剥離した、このようにして吸収膜B2(第二吸収膜)上に近赤外線反射膜R7が形成されたフィルムを得た。このフィルムは近赤外線反射膜R7側が凸面となるように反った状態となった。さらに、近赤外線反射膜R7が形成されていない吸収膜B2(第二吸収膜)のもう一方の面に、蒸着法によりSiO₂膜を形成した。SiO₂膜の厚みは3μmであった。これによりフィルムの反りが緩和された。続いて、SiO₂膜の上に、第二積層体の吸収膜A3(第一吸収膜)と同一の吸収膜A3を形成した。吸収膜A3の厚みは同様に3μmであった。このようにして、実施例9に係る赤外線カットフィルタを作製した。実施例9に係る赤外線カットフィルタの波長350～1100nmにおける分光透過率を実施例1と同様に測定した。得られた透過率スペクトルを図27に示す。実施例9に係る赤外線カットフィルタの透過率スペクトルは、実施例8に係る赤外線カットフィルタとほぼ同一であることが確認された。透明ガラス基板と第二積層体の屈折率差が少ないため、赤外線カットフィルタにおける透明ガラス基板の有無は赤外線カットフィルタの分光透過率に対して実質的に影響しないと考えられる。
10
20

【0117】

<実施例10>

(第一積層体)

0.21mmの厚みを有するホウケイ酸ガラスでできた透明ガラス基板(SCHOTT社製、製品名:D263)の一方の主面に、SiO₂膜とTiO₂膜とが交互に積層された近赤外線反射膜R81(第一反射膜)を蒸着法により形成した。第一反射膜である近赤外線反射膜R81は、後述の反射膜R82との組合せにより、所望の近赤外線反射膜の機能を備えるものである。第一反射膜R81の厚みは、4μmであり、16層のSiO₂膜と16層のTiO₂膜を含んでいた。透明ガラス基板と近赤外線反射膜R81(第一反射膜)との積層体の波長350～1100nmにおける分光透過率を入射角0°で実施例1と同様に測定した。得られた透過率スペクトルを図28に示す。
30

【0118】

透明ガラス基板の、第一反射膜R81が形成されていないもう一方の主面に、SiO₂膜とTiO₂膜とが交互に積層された反射膜R82(第二反射膜)を蒸着法により形成した。反射膜R82の厚みは、4μmであった。また、反射膜R82は、16層のSiO₂膜と16層のTiO₂膜を含んでいた。反射膜R82の波長350～1100nmにおける分光透過率を実施例1と同様に測定するために、第二反射膜である反射膜R82を作製するときと同一のバッチに、両面に何も形成されていない0.21mmの厚みを有するホウケイ酸ガラスでできた透明ガラス基板(SCHOTT社製、製品名:D263)を投入して、透明ガラス基板の一方の面に反射膜R82が形成された積層体を得て、分光透過率を入射角0°で測定した。得られた透過率スペクトルを図28に示す。
40

【0119】

このようにして、実施例10に係る第一積層体を作製した。すなわち、実施例10に係る第一積層体は、ガラス基板の両方の主面上に第一反射膜である近赤外線反射膜R81及び第二反射膜である近赤外線反射膜R82がそれぞれ形成されている積層体であった。この第一積層体の波長350～1100nmにおける分光透過率を実施例1と同様に測定した。得られた透過率スペクトルを図29に示す。図29に示す通り、第一積層体の透過域(例えば、0°の入射角の場合は波長約420～690nmの範囲)における分光透過率は、他の実施例の第一積層体とは異なり100%に近かった。これは、第一反射膜である
50

近赤外線反射膜 R 8 1 及び第二反射膜である反射膜 R 8 2 が透過域における反射防止機能を備えるように設計されていたためあり、この結果、実施例 1 0 に係る第一積層体の空気との界面における反射損失が抑制されたことに留意する。

【 0 1 2 0 】

実施例 1 0 に係る第一積層体に 40° の入射角で入射する光の透過率スペクトルにおいて、波長約 500 nm 付近にリップルが生じているものの、光の入射角がいずれの場合にも、450 ~ 600 nm の波長範囲における分光透過率の平均値は 80 % を超えていた。入射角が 30° のときの実施例 1 0 に係る第一積層体の透過率スペクトルにおいて、波長約 425 nm に分光透過率が約 80 % である極小値を有していた。この透過率スペクトルにおいて、分光透過率が 99 % のラインをベースラインと仮定した場合、この極小値を含み下に凸となった部分は、ベースラインから約 20 ポイント低下した分光透過率を有し、約 15 nm の半値全幅を有していた。さらに入射角が 40° のときの実施例 1 0 に係る第一積層体の透過率スペクトルにおいて、波長約 415 nm に分光透過率が約 55 % である極小値を有していた。この透過率スペクトルにおいて、同様に、分光透過率が 99 % のラインをベースラインと仮定した場合、この極小値を含み下に凸となった部分は、ベースラインから 40 ポイント以上低下した分光透過率を有し、約 19 nm の半値全幅を有していた。10

【 0 1 2 1 】

実施例 1 0 に係る第一積層体の透過率スペクトルにおける波長 600 ~ 800 nm の範囲の各特定波長並びに H_R (70 %)、 H_R (50 %) 及び H_R (20 %) を表 3 に示す。また、実施例 1 0 に係る第一積層体の透過率スペクトルにおける波長 350 ~ 450 nm の範囲の各特定波長並びに L_R (70 %)、 L_R (50 %)、及び L_R (20 %) を表 3 に示す。20

【 0 1 2 2 】

(第二積層体)

0.21 mm の厚みを有するホウケイ酸ガラスでできた透明ガラス基板 (SCHOTT 社製、製品名 : D 263) の一方の正面に、第二吸収膜である吸収膜 B 2、SiO₂ 膜、及び第一吸収膜である吸収膜 A 3 からなる実施例 9 の第二積層体と同一構成の吸収膜を形成した。このようにして実施例 1 0 に係る第二積層体を作製した。すなわち、実施例 1 0 に係る第二積層体の吸収膜は、厚みが 100 μm の第二吸収膜である吸収膜 B 2、厚みが 3 μm の SiO₂ 膜、及び厚みが 3 μm の第一吸収膜である吸収膜 A 3 を含んでいた。30

【 0 1 2 3 】

実施例 1 0 に係る第二積層体の波長 350 ~ 1100 nm における分光透過率を、実施例 1 と同様にして測定した。この測定において、実施例 1 0 に係る第二積層体には、0°、30°、及び 40° の入射角で光を入射させたが、いずれの入射角でも実質的に同一の透過率スペクトルが得られ、実施例 1 0 に係る第二積層体と同一の透過率スペクトルが得られた。入射角が 0° のときに得られた透過率スペクトルを図 29 に示す。図 29 に示す通り、450 ~ 600 nm の波長範囲における実施例 1 0 に係る第二積層体の分光透過率の平均値は 75 % を超えていた。実施例 1 0 に係る第二積層体の透過率スペクトルは、波長約 700 ~ 約 770 nm の範囲に及ぶ幅広な吸収ピークを有していた。実施例 1 0 に係る第二積層体の透過率スペクトルは、波長 350 ~ 450 nm の範囲において分光透過率が 10 % 以下から 70 % 以上に増加する特性を有していた。40

【 0 1 2 4 】

実施例 1 0 に係る第二積層体の透過率スペクトルにおける波長 600 ~ 800 nm の範囲の各特定波長及び実施例 1 0 に係る第二積層体の透過率スペクトルにおける波長 350 ~ 450 nm の範囲の各特定波長を表 3 に示す。実施例 1 0 に係る第二積層体の透過率スペクトルの、波長 715 nm (= H_R (0°, 70 %))、波長 719 nm (= H_R (0°, 50 %))、波長 727 nm (= H_R (0°, 20 %))、波長 659 nm (= H_R (40°, 70 %))、波長 676 nm (= H_R (40°, 50 %))、波長 684 nm (= H_R (40°, 20 %))、波長 411 nm (= L_R (0°, 70 %))、波長 4150

0 nm (= $L_R(0^\circ, 50\%)$)、波長409nm (= $L_R(0^\circ, 20\%)$)、波長389nm (= $L_R(40^\circ, 70\%)$)、波長386nm (= $L_R(40^\circ, 50\%)$)、及び波長383nm (= $L_R(40^\circ, 20\%)$)における透過率を表3に示す。

【0125】

(赤外線カットフィルタ)

0.21mmの厚みを有するホウケイ酸ガラスでできた透明ガラス基板(SCHOTT社製、製品名:D263)の一方の正面に、第二積層体の第二吸収膜と同一の吸収膜B2を形成した。第二吸収膜である吸収膜B2の厚みは100μmであった。第二吸収膜である吸収膜B2の上に、第一積層体の第一反射膜と同一の近赤外線反射膜R81を形成した。次に、第二吸収膜である吸収膜B2を透明ガラス基板より剥離した。このようにして第二吸収膜である吸収膜B2上に第一反射膜である近赤外線反射膜R81が形成されたフィルムを得た。このフィルムは近赤外線反射膜R81側が凸面となるように反った状態となった。さらに、近赤外線反射膜R81が形成されていない第一吸収膜のもう一方の面に、蒸着法によりSiO₂膜を形成した。SiO₂膜の厚みは3μmであった。これによりフィルムの反りが緩和された。続いて、SiO₂膜の上に、第二積層体の第一吸収膜と同一の吸収膜A3を形成した。第一吸収膜である吸収膜A3の厚みは同様に3μmであった。さらに、第一吸収膜である吸収膜A3の上に、第一積層体の第二反射膜と同一の反射膜R82を形成した。このようにして、実施例10に係る赤外線カットフィルタを作製した。実施例10に係る赤外線カットフィルタの波長350~1100nmにおける分光透過率を実施例1と同様に測定した。得られた透過率スペクトルを図30に示す。

10

20

【0126】

表6に示す通り、実施例10に係る赤外線カットフィルタの透過率スペクトルにおいて、波長 $H(0^\circ, 70\%) = 615\text{ nm}$ 、波長 $H(40^\circ, 70\%) = 611\text{ nm}$ であり、それらの差の絶対値 $|H(70\%)| = 4\text{ nm}$ であった。波長 $H(0^\circ, 50\%) = 637\text{ nm}$ 、波長 $H(40^\circ, 50\%) = 633\text{ nm}$ であり、それらの差の絶対値 $|H(50\%)| = 4\text{ nm}$ であった。波長 $H(0^\circ, 20\%) = 669\text{ nm}$ 、波長 $H(40^\circ, 20\%) = 659\text{ nm}$ であり、それらの差の絶対値 $|H(20\%)| = 10\text{ nm}$ であった。実施例10に係る赤外線カットフィルタの透過率スペクトルにおいて、波長 $L(0^\circ, 70\%) = 423\text{ nm}$ 、波長 $L(40^\circ, 70\%) = 430\text{ nm}$ であり、それらの差の絶対値 $|L(70\%)| = 7\text{ nm}$ であった。波長 $L(0^\circ, 50\%) = 411\text{ nm}$ 、波長 $L(40^\circ, 50\%) = 421\text{ nm}$ であり、それらの差の絶対値 $|L(50\%)| = 10\text{ nm}$ であった。波長 $L(0^\circ, 20\%) = 410\text{ nm}$ 、波長 $L(40^\circ, 20\%) = 399\text{ nm}$ であり、それらの差の絶対値 $|L(20\%)| = 11\text{ nm}$ であった。

30

【0127】

<評価1>

実施例7に係る赤外線カットフィルタを所定の感度特性を有する撮像素子と組み合わせたときの分光感度について評価した。この評価には、図31に示す分光感度を有する撮像素子を用いた。撮像素子自体には色の識別能力はないので、RGBカラーフィルタにより色分解された光が撮像素子に導かれた結果、図31に示す分光感度が得られた。実施例7に係る赤外線カットフィルタに0°及び40°の入射角で光を入射させたときの分光透過率と、図31に示す分光感度とを合成した結果を図32に示す。図32において、最も短波長側にピークを有するスペクトルはBフィルタ(青色フィルタ)を通過した光に関する。また、最も長波長側にピークを有するスペクトルはRフィルタ(赤色フィルタ)を通過した光に関する。さらに、それらのピークの中間にピークを有するスペクトルはGフィルタ(緑色フィルタ)を通過した光に関する。図32に示す通り、入射角が40°のときの合成された分光感度は、入射角が0°のときの合成された分光感度と異なっていた。

40

【0128】

撮像装置で得られる画像における色味の違いを評価する指標として、B/G比がある。実施例7に係る赤外線カットフィルタに入射する光の入射角を0°から40°まで段階的

50

に変化させて各入射角について 350 ~ 1100 nm の波長範囲における透過率スペクトルを得た。そのうえで、実施例 7 に係る赤外線カットフィルタを図 31 に示す分光感度を有する撮像素子と組み合わせたときの B / G 比が、実施例 7 に係る赤外線カットフィルタに入射する光の入射角を 0 ° から 40 ° まで段階的に変化させたときにどのように変化するかを評価した。ここで、B / G 比は、赤外線カットフィルタ及び G フィルタを透過した光の撮像素子における分光感度に対する、赤外線カットフィルタ及び B フィルタを透過した光の撮像素子における分光感度の比である。実施例 7 に係る赤外線カットフィルタに入射する光の入射角が 0 ° であるときの B / G 比の値を 1.0 としたときの相対値として、各入射角における B / G 比を求めたところ、図 33 に示す結果が得られた。特に入射角が 40 ° のときの B / G 比は 1.02 であった。また同様に実施例 1 ~ 10 に係る赤外線カットフィルタについて得られた結果を表 4 ~ 表 6 の最下段に示す。これらからわかるように、全ての実施例について、B / G 比が 1.03 以下となった。一般的には B / G 比は 0.97 以上、かつ 1.03 以下の範囲にあることで、色再現性のよい品質の高い画質が得られるとされており、全ての実施例に係る赤外線カットフィルタは、実施例に係る赤外線カットフィルタに入射する光の入射角を 0 ° から 40 ° まで増加させても、B / G 比の相対値はそれほど変化せず、実施例に係る赤外線カットフィルタは、入射角が大きく変化しても色再現性の高い画像を得るのに有利であることが示唆された。
10

【0129】

実施例 1、6、7、8、9、及び 10 に係る第一積層体の入射角が 40 ° の透過率スペクトルは、波長 400 ~ 450 nm の範囲に、入射角が 40 ° の際に生じるリップルを有していた。また、実施例 4、5、7、8、9、及び 10 に係る第二積層体は紫外線吸収性物質を有していた。そこで、これらの実施例を含めた全ての実施例に係る第二積層体及び赤外線カットフィルタの波長 350 ~ 450 nm における透過率スペクトルに注目した。実施例 1 ~ 10 の波長 350 ~ 450 nm の第一積層体の透過率スペクトルを図 34 ~ 図 43 に、実施例 1 ~ 10 の波長 350 ~ 450 nm の赤外線カットフィルタの透過率スペクトルを図 44 ~ 図 53 に示す。図 34 ~ 図 43 に示す通り、実施例 1 ~ 10 に係る第一積層体に 40 ° の入射角で光が入射するときの透過率スペクトルの透過帯域と紫外線反射帯域との間の遷移帯域は、実施例 1 ~ 10 に係る第一積層体に垂直に光が入射するときと比べて短波長側にシフトしていた。このため、実施例 1 に係る第一積層体において、入射角が 0 ° であるときに透過率スペクトルのその遷移帯域で透過率が 50 % である波長 $L_R(0^\circ, 50\%)$ は約 411 nm であったのに対し、入射角が 40 ° であるときに透過率スペクトルのその遷移帯域で透過率が 50 % である波長 $L_R(40^\circ, 50\%)$ は 393 nm であった。実施例 2 においては、 $L_R(0^\circ, 50\%)$ は 405 nm であるのに対し、 $L_R(40^\circ, 50\%)$ は 387 nm であった。実施例 3 においては、 $L_R(0^\circ, 50\%)$ は 405 nm であるのに対し、 $L_R(40^\circ, 50\%)$ は約 387 nm であった。実施例 4 においては、 $L_R(0^\circ, 50\%)$ は 405 nm であるのに対し、 $L_R(40^\circ, 50\%)$ は 387 nm であった。実施例 5 においては、 $L_R(0^\circ, 50\%)$ は 405 nm であるのに対し、 $L_R(40^\circ, 50\%)$ は 387 nm であった。実施例 6 においては、 $L_R(0^\circ, 50\%)$ は 410 nm であるのに対し、 $L_R(40^\circ, 50\%)$ は 392 nm であった。実施例 7 においては、 $L_R(0^\circ, 50\%)$ は 410 nm であるのに対し、 $L_R(40^\circ, 50\%)$ は 392 nm であった。実施例 8 においては、 $L_R(0^\circ, 50\%)$ は 410 nm であるのに対し、 $L_R(40^\circ, 50\%)$ は 394 nm であった。実施例 9 においては、 $L_R(0^\circ, 50\%)$ は 410 nm であるのに対し、 $L_R(40^\circ, 50\%)$ は 394 nm であった。実施例 10 においては、 $L_R(0^\circ, 50\%)$ は 410 nm であるのに対し、 $L_R(40^\circ, 50\%)$ は 386 nm であった。これにより、全ての実施例に係る赤外線カットフィルタを透過する短波長側の光の光量が入射角の増加に伴い増加しやすいことが示唆された。なお、B フィルタを透過可能な光の実効的な波長範囲（透過率が 20 % 以上である波長の範囲）は、例えば約 380 ~ 550 nm である。このため、入射角の増加に伴う短波長側の光の光量の増加は撮像素子における受光量にも影響を及ぼし、得られる画像における色再現性及び色味の均一性を低下させる可能性がある
30
40
50

。

【0130】

図34、図39～図43に示す通り、実施例1、6、7、8、9、及び10に係る第一積層体に40°の入射角で光が入射するときの透過率スペクトルは、波長400～450 nmの範囲で、ベースラインとの差が15ポイント以上である極小値を有し、かつ、半値全幅が10nm以上であり、半値全幅を c とすると($400 - c/2$)～($450 + c/2$)nmに極大値が存在するスペクトル(リップル)を有していた。これに伴い、図44、図49～図53に示す通り、実施例1、6、7、8、9、及び10に係る赤外線カットフィルタに40°の入射角で光が入射するときの透過率スペクトルにそのリップルが反映されていた。このため、実施例1、6、7、8、9、及び10に係る赤外線カットフィルタでは、入射角の増加に伴って遷移帯域が短波長側に増加することによる短波長側の光の光量の増加を相殺でき、表4～表6に示す通り、撮像素子として重要な指標であるB/G比を所定の範囲内に抑制できることが示唆された。また、図37、図38、図40～図43に示す通り、実施例4、5、7、8、9、及び10に係る第二積層体に光が入射するときの透過率スペクトルにおいて、波長 $L_R(0^\circ, 50\%)$ における分光透過率が55%以下であり、かつ、第二積層体の分光透過率が波長350～450nmの範囲で70%から20%以下に低下していた。これに伴い、図47、図48、図50～図53に示す通り、実施例4、5、7、8、9、及び10に係る赤外線カットフィルタに0°及び40°の入射角で光が入射する時の透過率スペクトルにおいて、入射角が0°であるときの分光透過率が50%である波長 $L(0^\circ, 50\%)$ と入射角が40°であるときの分光透過率が50%である波長 $L(40^\circ, 50\%)$ との差の絶対値 $|L(50\%)|$ は、10nm以内であった。このため、実施例4、5、7、8、9、及び10に係る赤外線カットフィルタでは、入射角の増加に伴って遷移帯域が短波長側にシフトすることによる短波長側の光の光量の増加を相殺でき、表4～表6に示す通り、撮像素子として重要な指標であるB/G比を所定の範囲内に抑制できることが示唆された。10

【0131】

<評価2>

全ての実施例を代表して実施例1及び実施例8に係る赤外線カットフィルタの透過率スペクトルとTL84光源の輝線スペクトルとの関係について評価した。図54及び図55に示す通り、TL84光源の光強度スペクトルは、波長440nm付近、波長550nm付近、及び波長610nm付近に輝線スペクトルを有していた。これらの輝線スペクトルに重なる比較的大きいリップル(例えば、ベースラインと極値との差が4ポイント以上であり、かつ、半値幅が15nm以上であるスペクトル)が赤外線カットフィルタの透過率スペクトルに現れていると、その赤外線カットフィルタを備えた撮像装置から良好な色再現性を有する画像が得られない可能性がある。しかし、図54、図55、さらには、図10～図30等に示す通り、実施例1～10に係る赤外線カットフィルタのいずれの入射角における透過率スペクトルにも、TL84光源の波長440nm付近、波長550nm付近、及び波長610nm付近に現れる輝線スペクトルと重なる比較的大きいリップルは現れなかった。このため、実施例1～10に係る赤外線カットフィルタを撮像装置に用いると、TL84光源の下でも良好な色再現性を有する画像が得られやすいことが示唆された3040

。

【0132】

【表1】

			実施例1	実施例2	実施例3	実施例4
近赤外線 反射膜 (第一積層体)	構成	SiO ₂ /TiO ₂ 構成	各17層:R1	各17層:R2	各20層:R3	各17層:R2
		総膜厚	5 μm	5 μm	6 μm	5 μm
		リップル (400~450nm)	あり	なし	なし	なし
	特定波長 (nm) (600~800nm)	λ _R ^H (0°, 70%)	711	715	727	715
		λ _R ^H (0°, 50%)	714	720	738	720
		λ _R ^H (0°, 20%)	721	731	766	731
		λ _R ^H (40°, 70%)	655	658	672	658
		λ _R ^H (40°, 50%)	666	670	685	670
		λ _R ^H (40°, 20%)	677	684	717	684
		△λ _R ^H (70%)	56	57	55	57
		△λ _R ^H (50%)	48	50	53	50
		△λ _R ^H (20%)	44	47	49	47
		特定波長 (nm) (350~450nm)	λ _R ^L (0°, 70%)	413	406	406
吸收膜 (第二積層体)	構成	λ _R ^L (0°, 50%)	411	405	405	405
		λ _R ^L (0°, 20%)	403	402	402	402
		λ _R ^L (40°, 70%)	410	389	389	389
		λ _R ^L (40°, 50%)	393	387	387	387
		λ _R ^L (40°, 20%)	384	385	385	385
	層数	△λ _R ^L (70%)	3	17	17	17
		△λ _R ^L (50%)	18	18	18	18
		△λ _R ^L (20%)	19	17	17	17
		層数	1層	1層	2層	1層
		A1, A2:有機色素 A3:有機色素+UV吸 収 B1, B2:ホスホ酸銅	吸收膜:A1 (3 μm)	吸收膜:A2 (3 μm)	第一吸收膜:A2 (3 μm) 第二吸收膜:B1 (50 μm)	吸收膜:A3 (3 μm)
反射膜の 各特定波長 における 透過率(%)	特定波長 (nm) (600~800nm)	λ _A ^H (0°, 70%)	612	619	609	619
		λ _A ^H (0°, 50%)	637	643	635	642
		λ _A ^H (0°, 20%)	671	676	669	676
	特定波長 (nm) (350~450nm)	λ _A ^L (0°, 70%)	—	380	392	428
		λ _A ^L (0°, 50%)	—	—	371	408
		λ _A ^L (0°, 20%)	—	—	352	397
	反射膜の 各特定波長 における 透過率(%)	λ _R ^H (0°, 70%)	1.5	0.2	0.5	0.2
		λ _R ^H (0°, 50%)	2.4	0.3	1.1	0.3
		λ _R ^H (0°, 20%)	4.9	1.7	1.2	1.8
		λ _R ^H (40°, 70%)	36.9	37.9	17.2	37.7
		λ _R ^H (40°, 50%)	26.0	26.3	7.2	26.1
		λ _R ^H (40°, 20%)	13.9	11.1	0.3	11.1
		λ _R ^L (0°, 70%)	76.2	72.3	16.7	46.2
		λ _R ^L (0°, 50%)	76.5	72.4	6.1	43.5
		λ _R ^L (0°, 20%)	77.8	72.4	0.9	34.6
		λ _R ^L (40°, 70%)	76.7	72.4	71.5	4.0
		λ _R ^L (40°, 50%)	79.5	71.9	71.5	2.3
		λ _R ^L (40°, 20%)	80.4	71.4	71.4	1.4

【0 1 3 3】

10

20

30

40

【表2】

			実施例5	実施例6	実施例7	実施例8
近赤外線 反射膜 (第一積層体)	構成	SiO ₂ /TiO ₂ 構成	各20層:R4	各18層:R5	各18層:R6	各19層:R7
		総膜厚	6μm	5.5μm	5.5μm	6μm
		リップル (400~450nm)	なし	あり	あり	あり
	特定波長 (nm) (600~800nm)	λ ^H _R (0°, 70%)	727	714	715	743
		λ ^H _R (0°, 50%)	738	720	720	749
		λ ^H _R (0°, 20%)	766	730	731	761
		λ ^H _R (40°, 70%)	672	659	659	683
		λ ^H _R (40°, 50%)	685	668	667	697
		λ ^H _R (40°, 20%)	717	685	684	712
		△λ ^H _R (70%)	55	55	56	60
		△λ ^H _R (50%)	53	52	53	52
		△λ ^H _R (20%)	49	45	47	49
		λ ^L _R (0°, 70%)	406	411	411	414
吸收膜 (第二積層体)	構成	λ ^L _R (0°, 50%)	405	410	409	410
		λ ^L _R (0°, 20%)	402	406	406	408
		λ ^L _R (40°, 70%)	389	394	394	396
		λ ^L _R (40°, 50%)	387	392	391	394
		λ ^L _R (40°, 20%)	385	388	388	390
		△λ ^L _R (70%)	17	17	17	18
		△λ ^L _R (50%)	18	18	18	16
		△λ ^L _R (20%)	17	18	18	18
		層数	2層	2層	1層	2層
		A1, A2:有機色素 A3:有機色素+UV吸 収 B1, B2: エヌホウ酸銅	第一吸收膜:A3 (3μm) 第二吸收膜:B1 (50μm)	第一吸收膜:A2 (3μm) 第二吸收膜:B1 (50μm)	吸收膜:A3 (3μm)	第一吸收膜:A3 (3μm) 第二吸收膜:B1 (50μm)
反射膜の 各特定波長 における 透過率(%)	特定波長 (nm) (600~800nm)	λ ^H _A (0°, 70%)	608	609	619	608
		λ ^H _A (0°, 50%)	634	635	642	634
		λ ^H _A (0°, 20%)	669	669	676	669
	特定波長 (nm) (350~450nm)	λ ^L _A (0°, 70%)	430	392	428	430
		λ ^L _A (0°, 50%)	408	371	408	408
		λ ^L _A (0°, 20%)	397	352	397	397
	反射膜の 各特定波長 における 透過率(%)	λ ^H _R (0°, 70%)	0.5	0.3	0.2	1.3
		λ ^H _R (0°, 50%)	1.1	0.3	0.3	1.2
		λ ^H _R (0°, 20%)	1.2	0.7	1.4	1.1
		λ ^H _R (40°, 70%)	17.1	29.0	36.9	8.4
		λ ^H _R (40°, 50%)	7.2	20.8	28.2	2.1
		λ ^H _R (40°, 20%)	0.3	7.2	10.2	0.4
		λ ^L _R (0°, 70%)	45.7	70.9	56.3	59.7
		λ ^L _R (0°, 50%)	43	71.0	54.7	54.1
		λ ^L _R (0°, 20%)	34.2	71.5	46.2	50.3
		λ ^L _R (40°, 70%)	3.7	70.6	11.9	16.4
10		λ ^L _R (40°, 50%)	2.2	69.9	8.0	11.6
		λ ^L _R (40°, 20%)	1.2	67.7	3.1	4.8
20						
30						
40						

【0 1 3 4】

【表3】

			実施例9	実施例10	
近赤外線 反射膜 (第一積層体)	構成	SiO ₂ /TiO ₂ 構成	各19層:R7	第一反射膜R81 各16層 第二反射膜R82 各16層	
		総膜厚	6 μm	8 μm	
		リップル (400~450nm)	あり	あり	
		特定波長 (nm) (600~800nm)	λ ^H _R (0°, 70%) λ ^H _R (0°, 50%) λ ^H _R (0°, 20%) λ ^H _R (40°, 70%) λ ^H _R (40°, 50%) λ ^H _R (40°, 20%) △ λ ^H _R (70%) △ λ ^H _R (50%) △ λ ^H _R (20%)	743 749 761 683 697 712 60 52 49	715 719 727 659 676 684 56 43 43
		特定波長 (nm) (350~450nm)	λ ^L _R (0°, 70%) λ ^L _R (0°, 50%) λ ^L _R (0°, 20%) λ ^L _R (40°, 70%) λ ^L _R (40°, 50%) λ ^L _R (40°, 20%) △ λ ^L _R (70%) △ λ ^L _R (50%) △ λ ^L _R (20%)	414 410 408 396 394 390 18 16 18	411 410 409 389 386 383 22 24 26
		層数	3層	3層	
		A1, A2:有機色素 A3:有機色素+UV B1, B2: ホスホ酸銅	第二吸收膜:B2 (100 μm) SiO ₂ 膜(3 μm) 第一吸收膜:A3 (3 μm)	第二吸收膜:B2 (100 μm) SiO ₂ 膜(3 μm) 第一吸收膜:A3 (3 μm)	
		特定波長 (nm) (600~800nm)	λ ^H _A (0°, 70%) λ ^H _A (0°, 50%) λ ^H _A (0°, 20%)	608 634 669	
		特定波長 (nm) (350~450nm)	λ ^L _A (0°, 70%) λ ^L _A (0°, 50%) λ ^L _A (0°, 20%)	430 408 397	
吸收膜 (第二積層体)	構成	反射膜の 各特定波長 における 透過率(%)	λ ^H _R (0°, 70%) λ ^H _R (0°, 50%) λ ^H _R (0°, 20%) λ ^H _R (40°, 70%) λ ^H _R (40°, 50%) λ ^H _R (40°, 20%) λ ^L _R (0°, 70%) λ ^L _R (0°, 50%) λ ^L _R (0°, 20%) λ ^L _R (40°, 70%) λ ^L _R (40°, 50%) λ ^L _R (40°, 20%)	1.3 1.2 1.1 8.4 2.1 0.4 59.7 54.1 50.3 16.4 11.6 4.8	0.3 0.3 0.5 28.9 13.7 7.8 55.7 54.1 52.2 3.7 1.6 0.8

【0135】

【表4】

			実施例1	実施例2	実施例3	実施例4
赤外線カットフィルタ	構成	近赤外線反射膜 (第一積層体)	R1 リップルなし	R2 リップルなし	R3 リップルなし	R2 リップルなし
		吸収膜 (第二積層体)	A1 1層 UV 吸收なし	A2 1層 UV 吸收なし	A2+B1 2層 UV 吸收なし	A3 1層 UV 吸收あり
		フィルタ膜構成	反射膜(R1) 基板 吸収膜(A1)	反射膜(R2) 基板 吸収膜(A2)	反射膜(R3) 基板 第二吸収膜(B1) 第一吸収膜(A2)	反射膜(R2) 基板 吸収膜(A3)
特定波長 (nm) (600~800nm)	λ^H (0° , 70%)	614	621	612	621	10
	λ^H (0° , 50%)	638	644	635	643	
	λ^H (0° , 20%)	672	676	669	676	
	λ^H (40° , 70%)	612	618	607	620	
	λ^H (40° , 50%)	635	640	632	642	
	λ^H (40° , 20%)	658	663	661	663	
	△ λ^H (70%)	2	3	5	1	
	△ λ^H (50%)	3	4	3	1	
	△ λ^H (20%)	14	13	8	13	
	B/G比 (入射角=40°)	1.00	1.03	1.03	1.00	
特定波長 (nm) (350~450nm)	λ^L (0° , 70%)	414	410	411	426	20
	λ^L (0° , 50%)	412	406	406	409	
	λ^L (0° , 20%)	403	403	403	404	
	λ^L (40° , 70%)	415	393	397	433	
	λ^L (40° , 50%)	389	389	389	408	
	λ^L (40° , 20%)	384	385	385	398	
	△ λ^L (70%)	1	17	14	7	
	△ λ^L (50%)	23	17	17	1	
	△ λ^L (20%)	19	18	18	6	

【0 1 3 6】

【表5】

			実施例5	実施例6	実施例7	実施例8
赤外線 カットフ ィルタ	構成	近赤外線反射膜 (第一積層体)	R4 リップルなし	R5 リップルあり	R6 リップルあり	R7 リップルあり
		吸収膜 (第二積層体)	A3+B1 2層 UV 吸收あり	A2+B1 2層 UV 吸收なし	A3 1層 UV 吸收あり	A3+B1 2層 UV 吸收あり
		フィルタ膜構成	反射膜(R4) 基板 第二吸収膜(B1) 第一吸収膜(A3)	反射膜(R5) 基板 第二吸収膜(B1) 第一吸収膜(A2)	反射膜(R6) 基板 吸収膜(A3)	反射膜(R7) 基板 第二吸収膜(B1) 第一吸収膜(A3)
	特定波長 (nm) (600~800nm)	λ^H (0° , 70%)	611	621	620	610
		λ^H (0° , 50%)	634	643	642	634
		λ^H (0° , 20%)	669	675	675	668
		λ^H (40° , 70%)	606	617	618	607
		λ^H (40° , 50%)	632	637	636	630
		λ^H (40° , 20%)	661	663	663	662
		△ λ^H (70%)	5	4	2	3
		△ λ^H (50%)	2	6	6	4
		△ λ^H (20%)	8	12	12	6
特定波長 (nm) (350~450nm)	λ^L	λ^L (0° , 70%)	427	413	428	435
		λ^L (0° , 50%)	409	411	412	414
		λ^L (0° , 20%)	404	407	408	409
		λ^L (40° , 70%)	436	397	429	440
		λ^L (40° , 50%)	409	394	420	412
		λ^L (40° , 20%)	398	389	398	399
		△ λ^L (70%)	9	16	1	5
		△ λ^L (50%)	0	17	8	2
		△ λ^L (20%)	6	18	10	10
	B/G比 (入射角=40°)	1.00	1.01	1.02	1.02	

10

20

【0 1 3 7】

【表 6】

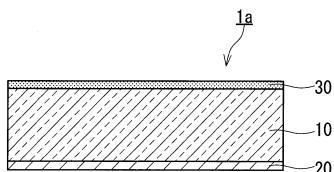
			実施例9	実施例10	
赤外線 カットフィルタ	構成	近赤外線反射膜 (第一積層体)	R7 リップルあり	R8 リップルあり 第一反射膜R81 第二反射膜R82	10
		吸收膜 (第二積層体)	A3+SiO ₂ +B1 3層 UV 吸收あり	A3+SiO ₂ +B1 3層 UV 吸收あり	
		フィルタ膜構成	反射膜(R7) 第二吸收膜(B2) SiO ₂ 膜 第一吸收膜(A3)	第一反射膜(R81) 第二吸收膜(B2) SiO ₂ 膜 第一吸收膜(A3) 第二反射膜(R82)	
特定波長 (nm) (600~800nm)	λ ^H (0° , 70%)	610	615		20
	λ ^H (0° , 50%)	634	637		
	λ ^H (0° , 20%)	668	669		
	λ ^H (40° , 70%)	607	611		
	λ ^H (40° , 50%)	630	633		
	λ ^H (40° , 20%)	662	659		
	△λ ^H (70%)	3	4		
	△λ ^H (50%)	4	4		
	△λ ^H (20%)	6	10		
	B/G比 (入射角=40°)	1.00	1.00		
特定波長 (nm) (350~450nm)	λ ^L (0° , 70%)	428	423		30
	λ ^L (0° , 50%)	414	411		
	λ ^L (0° , 20%)	409	410		
	λ ^L (40° , 70%)	440	430		
	λ ^L (40° , 50%)	412	421		
	λ ^L (40° , 20%)	399	399		
	△λ ^L (70%)	12	7		
	△λ ^L (50%)	2	10		
	△λ ^L (20%)	10	11		
	B/G比 (入射角=40°)				

【符号の説明】

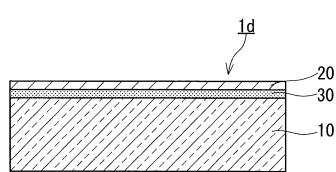
【0 1 3 8】

- | | |
|-----------|------------|
| 1 a ~ 1 h | 赤外線カットフィルタ |
| 1 0 | 透明誘電体基板 |
| 2 0 | 近赤外線反射膜 |
| 3 0 | 吸収膜 |
| 1 0 0 | 撮像光学系 |

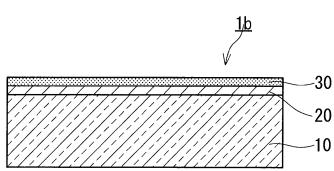
【図1】



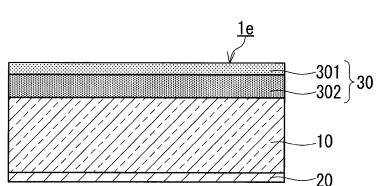
【図4】



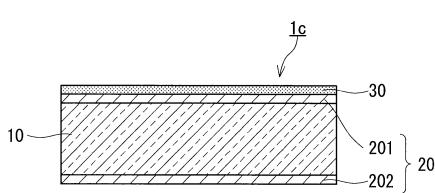
【図2】



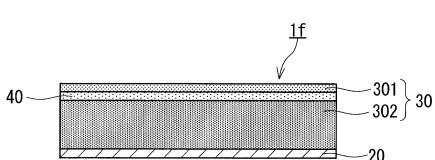
【図5】



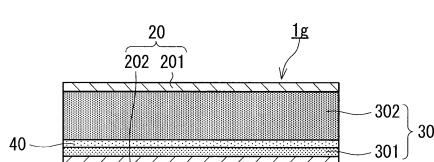
【図3】



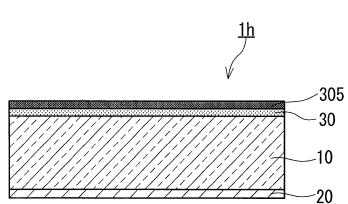
【図6】



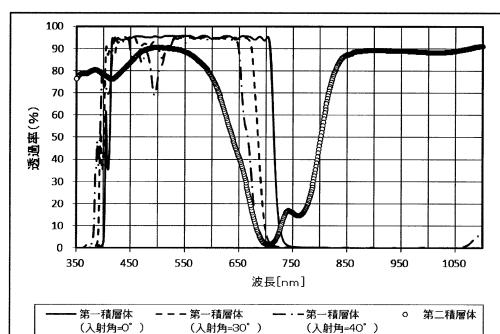
【図7】



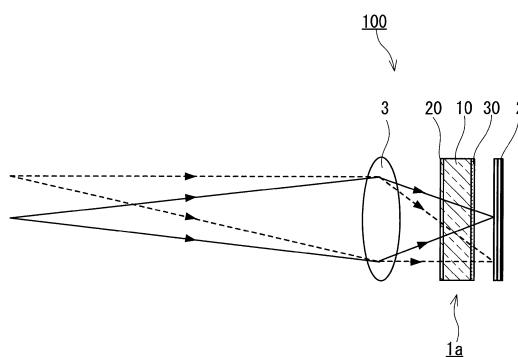
【図8】



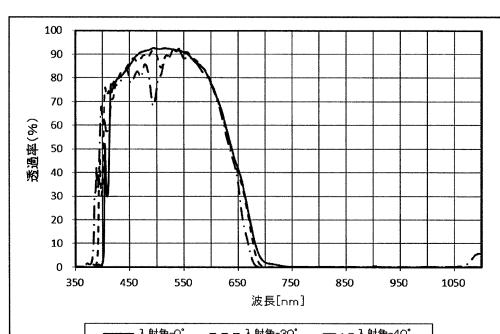
【図10】



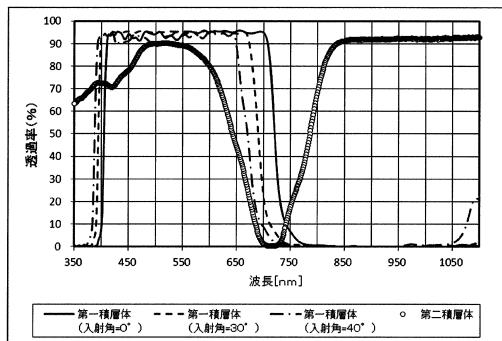
【図9】



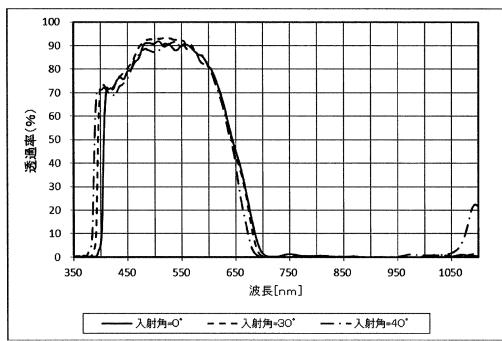
【図11】



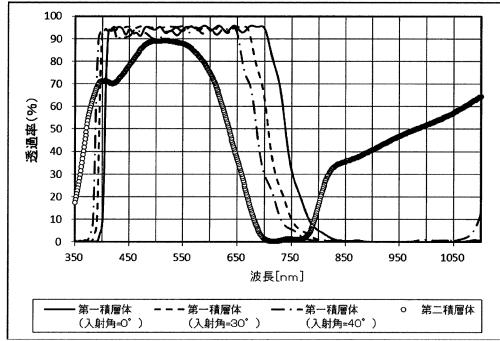
【図12】



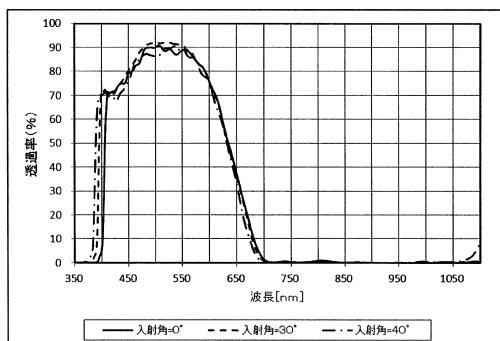
【図13】



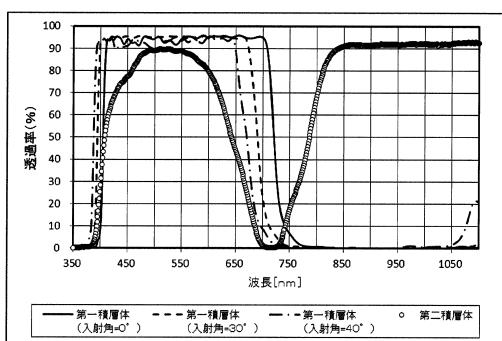
【図14】



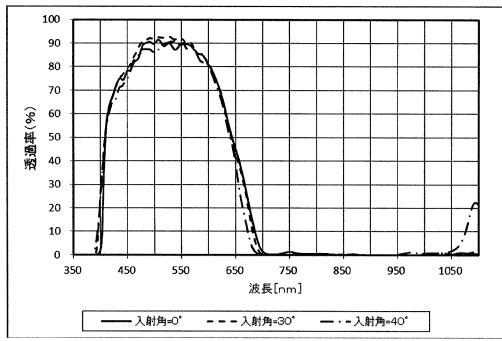
【図15】



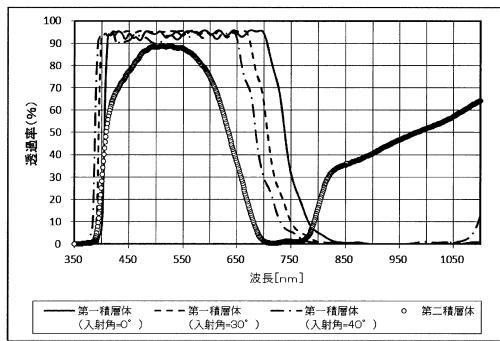
【図16】



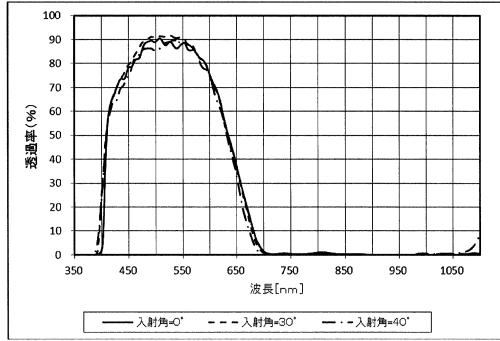
【図17】



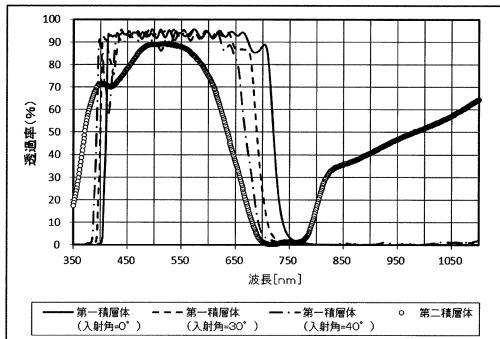
【図18】



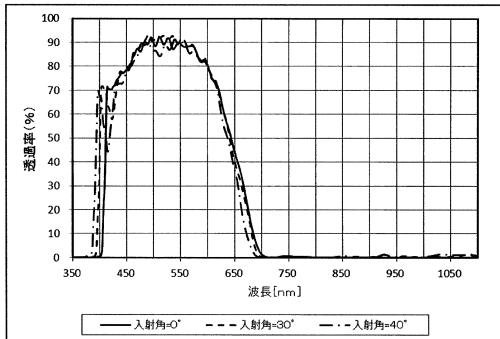
【図19】



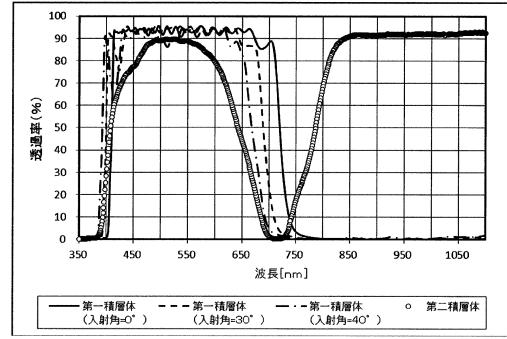
【図20】



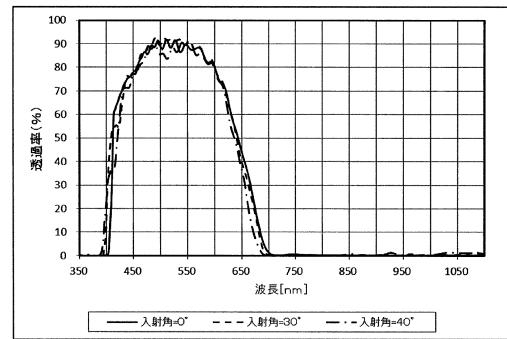
【図21】



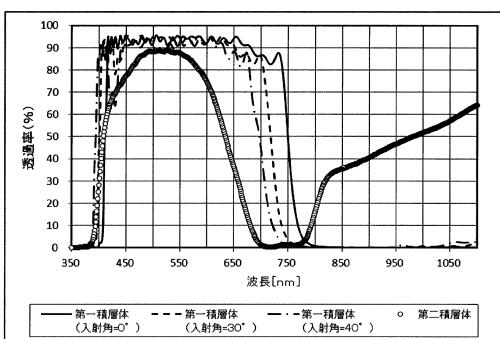
【図22】



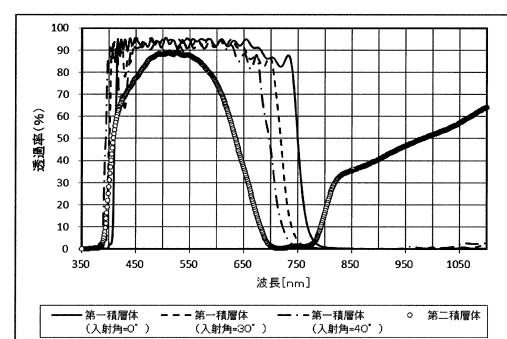
【図23】



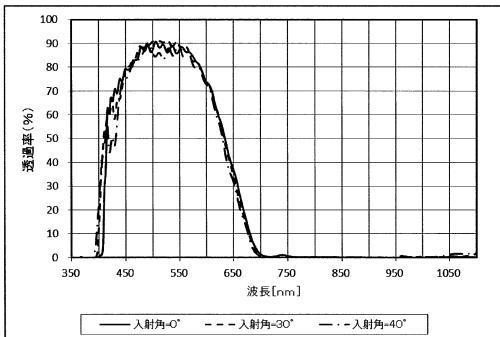
【図24】



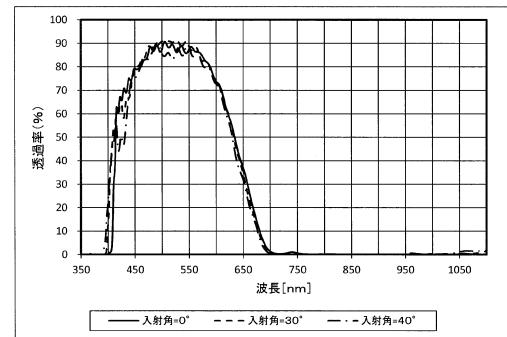
【図26】



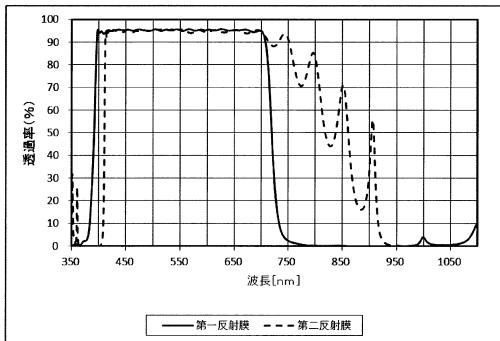
【図25】



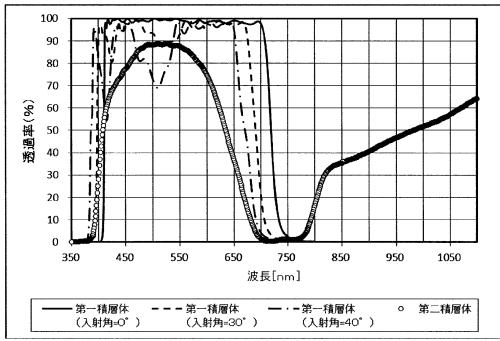
【図27】



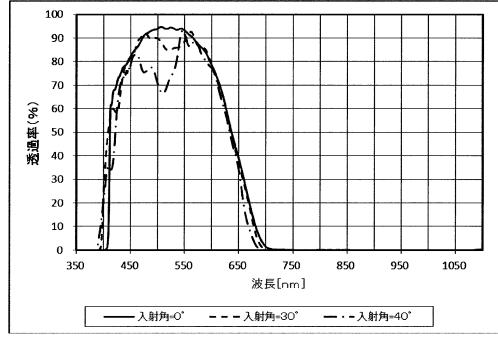
【図28】



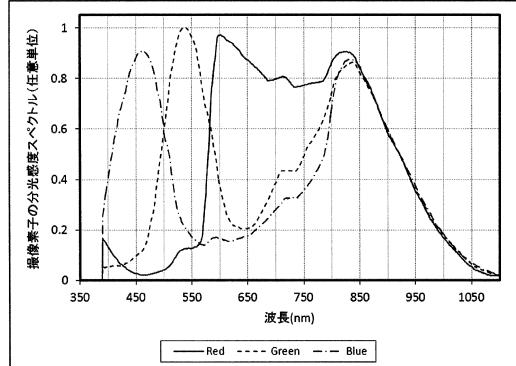
【図29】



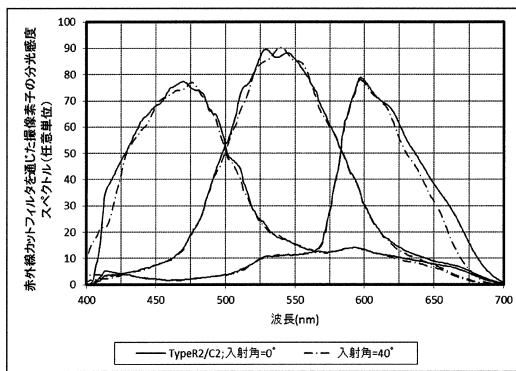
【図30】



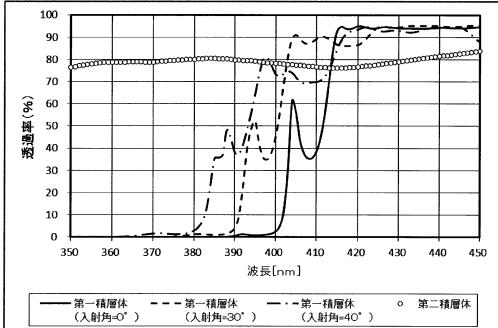
【図31】



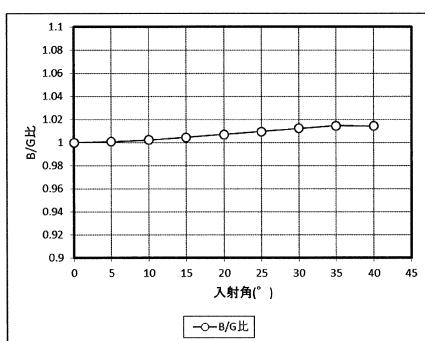
【図32】



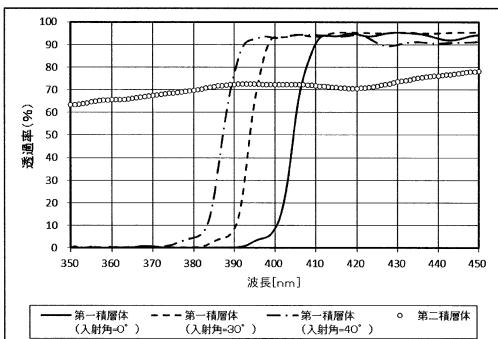
【図34】



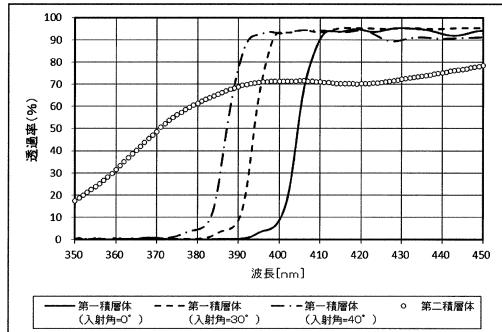
【図33】



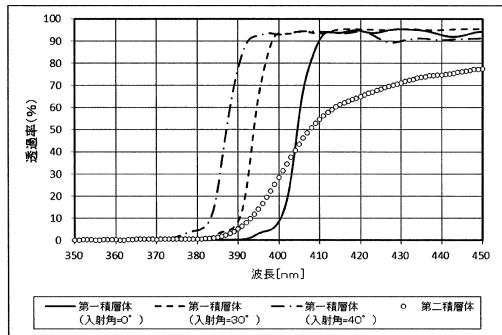
【図35】



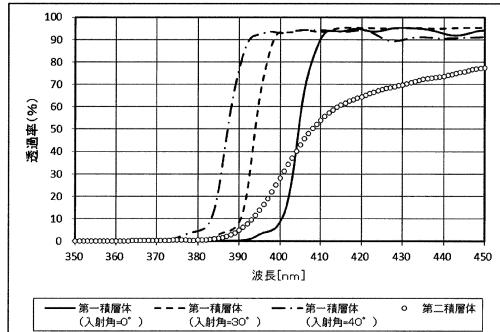
【図36】



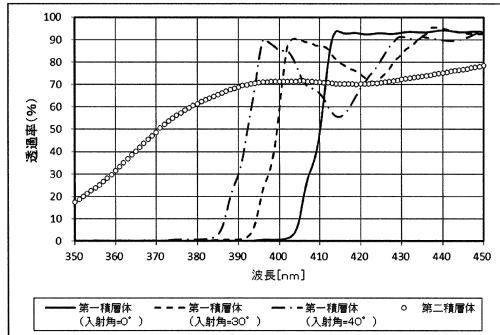
【図37】



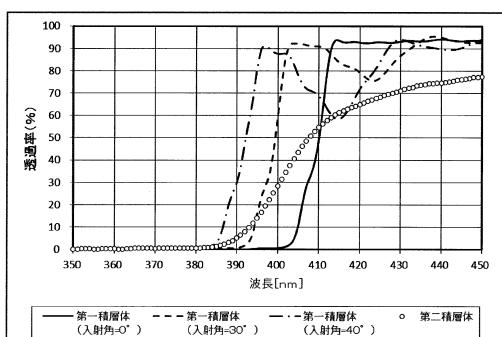
【図38】



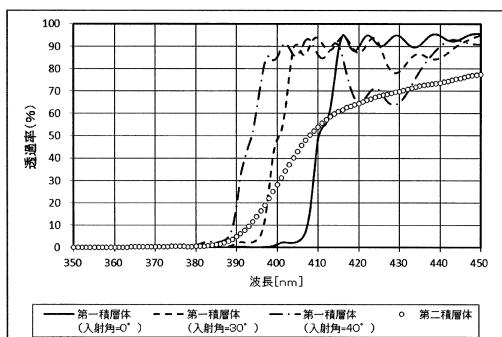
【図39】



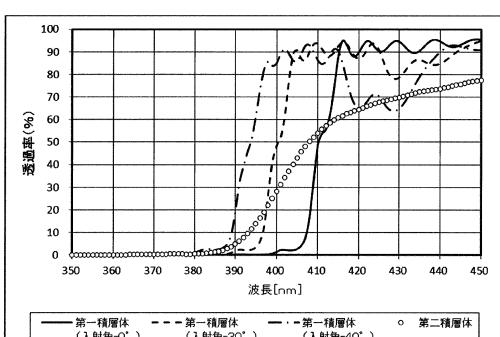
【図40】



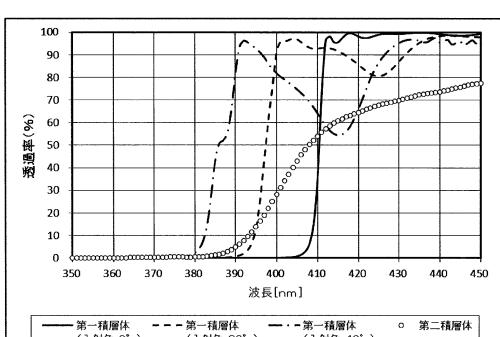
【図41】



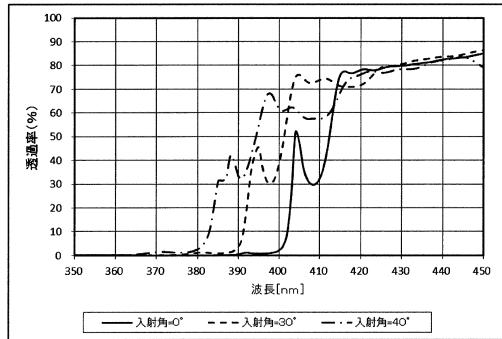
【図42】



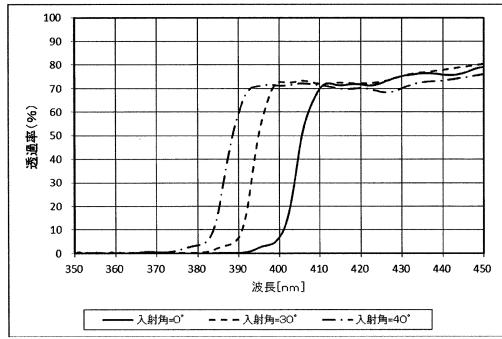
【図43】



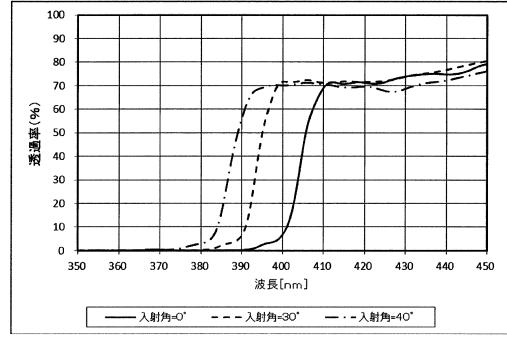
【図44】



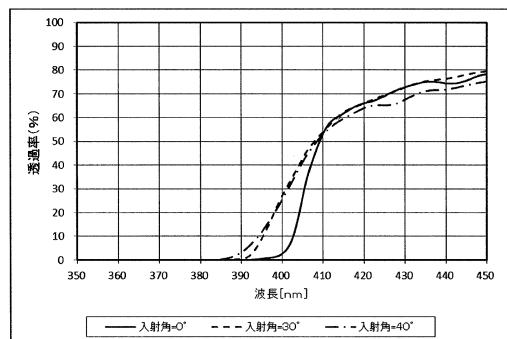
【図45】



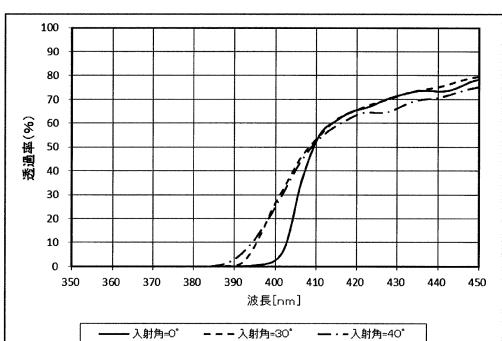
【図46】



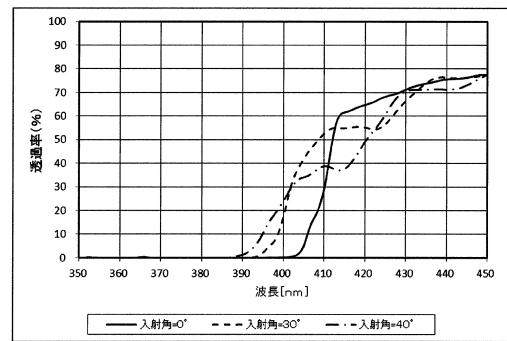
【図47】



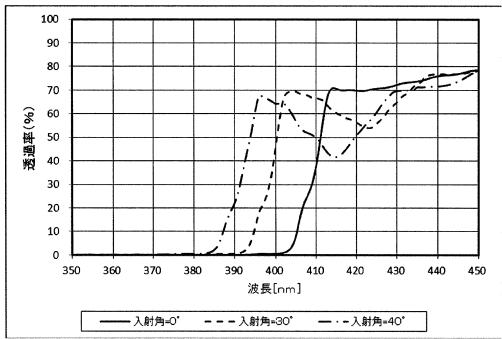
【図48】



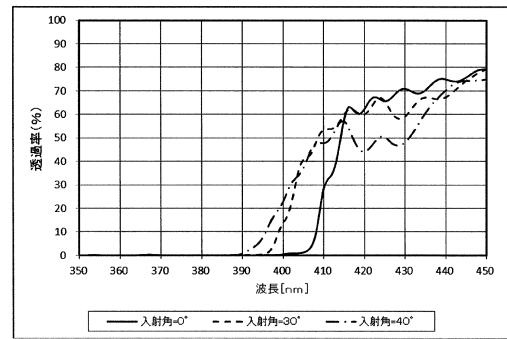
【図50】



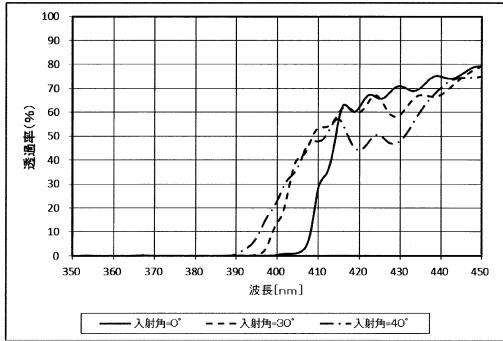
【図49】



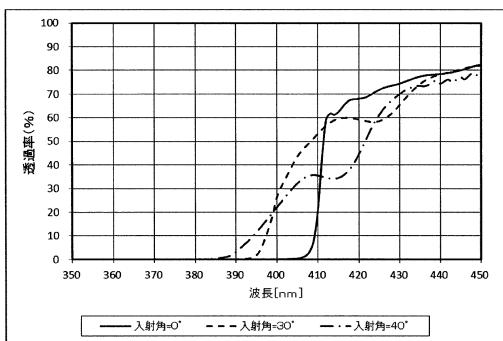
【図51】



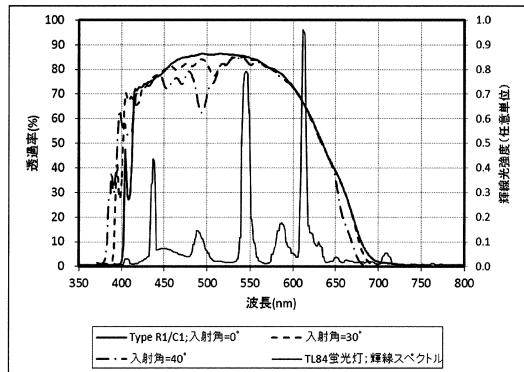
【図 5 2】



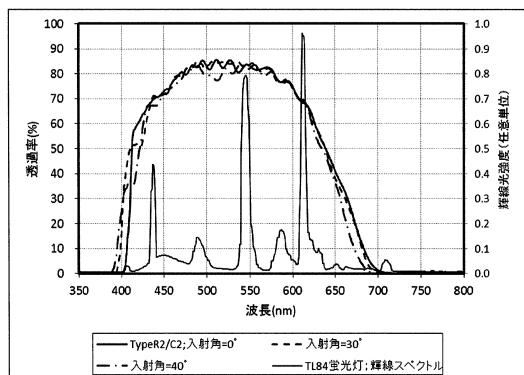
【図 5 3】



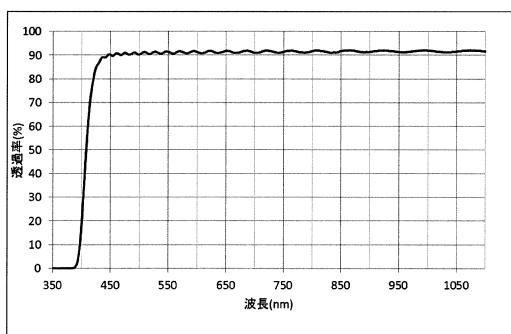
【図 5 4】



【図 5 5】



【図 5 6】



フロントページの続き

(72)発明者 蔡 雷
東京都港区三田三丁目5番27号 日本板硝子株式会社内

審査官 高橋 純平

(56)参考文献 国際公開第2017/051867 (WO, A1)
特開2011-100084 (JP, A)
国際公開第2016/133099 (WO, A1)
特開2018-004869 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B 5 / 22
G 02 B 5 / 26
G 03 B 11 / 00
B 32 B 7 / 023