

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7347498号
(P7347498)

(45)発行日 令和5年9月20日(2023.9.20)

(24)登録日 令和5年9月11日(2023.9.11)

(51)国際特許分類		F I	
G 0 2 B	5/28 (2006.01)	G 0 2 B	5/28
G 0 2 B	5/22 (2006.01)	G 0 2 B	5/22
G 0 2 B	5/26 (2006.01)	G 0 2 B	5/26
B 3 2 B	7/023(2019.01)	B 3 2 B	7/023

請求項の数 9 (全24頁)

(21)出願番号	特願2021-509103(P2021-509103)	(73)特許権者	000000044 A G C 株式会社 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号
(86)(22)出願日	令和2年3月16日(2020.3.16)	(74)代理人	100107766 弁理士 伊東 忠重
(86)国際出願番号	PCT/JP2020/011524	(74)代理人	100070150 弁理士 伊東 忠彦
(87)国際公開番号	WO2020/196051	(72)発明者	長田 崇 静岡県榛原郡吉田町川尻3583番地の 5 A G C テクノグラス株式会社内
(87)国際公開日	令和2年10月1日(2020.10.1)	(72)発明者	坂上 貴尋 静岡県榛原郡吉田町川尻3583番地の 5 A G C テクノグラス株式会社内
審査請求日	令和4年8月4日(2022.8.4)	審査官	酒井 康博
(31)優先権主張番号	特願2019-63526(P2019-63526)		
(32)優先日	平成31年3月28日(2019.3.28)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学フィルタ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

光学フィルタであって、

430nm～650nmの波長範囲として定められる特定可視領域における光の平均透過率が80%以上であり、900nm～1000nmの波長範囲として定められる特定赤外領域における光の平均透過率が25%～85%のガラス基板と、

前記特定可視領域における光の平均透過率が80%以上であり、前記特定赤外領域における光の平均透過率が45%～65%の範囲であり、前記特定可視領域と前記特定赤外領域の間に、光を遮断する第1の遮断帯を有する第1の光学多層膜と、

前記特定可視領域における光の平均透過率が80%以上であり、前記特定赤外領域における光の平均透過率が45%～65%の範囲であり、前記特定赤外領域よりも長波長側に、光を遮断する第2の遮断帯を有する第2の光学多層膜と、

を有する、光学フィルタ。

【請求項2】

前記ガラス基板の前記特定赤外領域における光の平均透過率は、前記第1の光学多層膜と前記第2の光学多層膜との組み合わせによる前記特定赤外領域における光の平均透過率よりも低い、請求項1に記載の光学フィルタ。

【請求項3】

以下の(I)式で表される前記ガラス基板の吸収寄与度Pが32%以上である、請求項1または2に記載の光学フィルタ：

10

20

$$\text{吸収寄与度 } P (\%) = (V_1 / V_2) \times 100 \quad (\text{I}) \text{式}$$

ここで、 V_1 は、

$$V_1 = 100 (\%) -$$

前記ガラス基板の前記特定赤外領域における平均透過率 (%) (II)式

で表され、 V_2 は、

$$V_2 = 100 (\%) -$$

当該光学フィルタの前記特定赤外領域における平均透過率 (%) (III)式
で表される。

【請求項4】

当該光学フィルタは、第2特定赤外領域と称される $1100 \text{ nm} \sim 1200 \text{ nm}$ の波長
範囲における光の平均透過率が 2.5% 以下であり、

10

以下の (IV) 式で表される前記ガラス基板の第2の吸収寄与度 Q が 9% 以上である、
請求項1乃至3のいずれか一つに記載の光学フィルタ：

$$\text{第2の吸収寄与度 } Q (\%) = (W_1 / W_2) \times 100 \quad (\text{IV}) \text{式}$$

ここで、 W_1 は、

$$W_1 = 100 (\%) -$$

前記ガラス基板の前記第2特定赤外領域における平均透過率 (%) (V)式

で表され、 W_2 は、

$$W_2 = 100 (\%) -$$

当該光学フィルタの前記第2特定赤外領域における平均透過率 (%) (VI)式
で表される。

20

【請求項5】

前記ガラス基板は、鉄および/または銅を含有する、請求項1乃至4のいずれか一つに
記載の光学フィルタ。

【請求項6】

前記ガラス基板は、相互に対向する第1の主面および第2の主面を有し、

前記第1の光学多層膜および前記第2の光学多層膜は、いずれも前記第1の主面の側に
配置される、請求項1乃至5のいずれか一つに記載の光学フィルタ。

【請求項7】

前記ガラス基板は、相互に対向する第1の主面および第2の主面を有し、

30

前記第1の光学多層膜は、前記第1の主面の側に配置され、

前記第2の光学多層膜は、前記第2の主面の側に配置される、請求項1乃至5のいずれ
か一つに記載の光学フィルタ。

【請求項8】

前記特定可視領域において、光の平均透過率が 80% 以上である、請求項1乃至7のい
ずれか一つに記載の光学フィルタ。

【請求項9】

さらに、前記特定可視領域の光を遮断する第3の光学多層膜を備える、請求項1乃至8
のいずれか一つに記載の光学フィルタ。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

本発明は、赤外領域の波長の光を透過する光学フィルタに関する。

【背景技術】

【0002】

CCD (Charge Coupled Device) イメージセンサや CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) イメ
ージセンサ等の固体撮像素子は、人間の視感度特性に比べて赤外光に強い感度を有する。
このため、例えばデジタルカメラやデジタルビデオ等では、赤外線カットフィルタ等の光
学フィルタを用いることにより分光補正が行われている。

50

【0003】

一方、昼夜連続で撮像を行う監視カメラ等の撮像装置では、昼間は可視領域の波長を有する光が入射することで撮像を行うことができる。しかしながら、夜間は暗視下であるため、赤外領域の波長を有する光を取り込んで撮像を行う必要がある。このため、可視領域および赤外領域の両方の光を透過する光学フィルタを用いて分光補正を行うことが必要となる。

【0004】

なお、可視領域と赤外領域の両方の光を透過する光学フィルタは、基板の上に設置される光学多層膜を適正に設計することにより構成可能である。すなわち、高屈折率層と低屈折率層の繰り返し構造を有する光学多層膜を形成することにより、前述のような光学特性を発現させることができる。

10

【0005】

例えば、特許文献1、2には、高屈折率層と低屈折率層の繰り返し構造により、可視領域と赤外領域の両方の光を透過できる光学フィルタが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特開2006-10764号公報
特開2016-109809号公報

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

従来の光学フィルタでは、光学多層膜に含まれる層の数が増加すると、量産時に光学フィルタごとの光学特性のばらつきが大きくなる傾向にある。これは、光学多層膜に含まれる層の数が増えると、それぞれの層の厚さの変動が、光学特性に及ぼす影響が無視できなくなるからである。特に、赤外領域では、光学多層膜を構成する層の数が増加すると、透過率等の光学特性に無視できないほどのばらつきが生じ得る。

【0008】

本発明は、このような背景に鑑みなされたものであり、本発明では、光学多層膜に含まれる層の数が増えても、光学特性のばらつきを有意に抑制することが可能な光学フィルタを提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明では、光学フィルタであって、
430nm～650nmの波長範囲として定められる特定可視領域における光の平均透過率が80%以上であり、900nm～1000nmの波長範囲として定められる特定赤外領域における光の平均透過率が25%～85%のガラス基板と、

前記特定可視領域における光の平均透過率が80%以上であり、前記特定赤外領域における光の平均透過率が45%～65%の範囲であり、前記特定可視領域と前記特定赤外領域の間に、光を遮断する第1の遮断帯を有する第1の光学多層膜と、

40

前記特定可視領域における光の平均透過率が80%以上であり、前記特定赤外領域における光の平均透過率が45%～65%の範囲であり、前記特定赤外領域よりも長波長側に、光を遮断する第2の遮断帯を有する第2の光学多層膜と、

を有する、光学フィルタが提供される。

【発明の効果】

【0010】

本発明では、光学多層膜に含まれる層の数が増えても、光学特性のばらつきを有意に抑制することが可能な光学フィルタを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

50

【図 1】本発明の一実施形態による光学フィルタに含まれるガラス基板の透過率特性の一例を、模式的に示した図である。

【図 2】本発明の一実施形態による光学フィルタに含まれる第 1 の光学多層膜の透過率特性の一例を、模式的に示した図である。

【図 3】本発明の一実施形態による光学フィルタに含まれる第 2 の光学多層膜の透過率特性の一例を、模式的に示した図である。

【図 4】本発明の一実施形態による光学フィルタにおいて得られる透過率特性の一例を、模式的に示した図である。

【図 5】本発明の一実施形態による光学フィルタの断面を模式的に示した図である。

【図 6】本発明の別の実施形態による光学フィルタの断面を模式的に示した図である。

10

【図 7】本発明の一実施形態に使用されるガラス A の光学特性を示したグラフである。

【図 8】本発明の一実施形態に使用される第 1 の光学多層膜の、シミュレーション計算によって得られた光学特性を示したグラフである

【図 9】本発明の一実施形態に使用される第 2 の光学多層膜の、シミュレーション計算によって得られた光学特性を示したグラフである

【図 10】本発明の一実施形態に係る光学フィルタの、シミュレーション計算によって得られた光学特性を示したグラフである。

【図 11】本発明の別の実施形態に使用されるガラス B の光学特性を示したグラフである。

【図 12】本発明の別の実施形態に係る光学フィルタの、シミュレーション計算によって得られた光学特性を示したグラフである。

20

【図 13】比較例に使用されるガラス C の光学特性を示したグラフである。

【図 14】比較例に係る光学フィルタの、シミュレーション計算によって得られた光学特性を示したグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、図面を参照して、本発明の一実施形態について説明する。

【0013】

なお、本発明の一実施形態におけるガラス基板および光学フィルタの透過率は、特に記載がない限り、基板と空気との界面の反射を考慮した値である。また、光学多層膜の透過率は、白板ガラスに光学多層膜を設けた場合の透過率を表し、この透過率は、白板ガラスの光学多層膜が設けられていない裏面側の反射を考慮した値である。

30

【0014】

本発明の一実施形態では、
光学フィルタであって、

430nm～650nmの波長範囲として定められる特定可視領域における光の平均透過率が80%以上であり、900nm～1000nmの波長範囲として定められる特定赤外領域における光の平均透過率が25%～85%のガラス基板と、

前記特定可視領域における光の平均透過率が80%以上であり、前記特定赤外領域における光の平均透過率が45%～65%の範囲であり、前記特定可視領域と前記特定赤外領域の間に、光を遮断する第1の遮断帯を有する第1の光学多層膜と、

40

前記特定可視領域における光の平均透過率が80%以上であり、前記特定赤外領域における光の平均透過率が45%～65%の範囲であり、前記特定赤外領域よりも長波長側に、光を遮断する第2の遮断帯を有する第2の光学多層膜と、

を有する、光学フィルタが提供される。

【0015】

本願において、「特定可視領域」とは、波長が430nm～650nmの範囲を表し、「特定赤外領域」とは、波長が900nm～1000nmの範囲を表す。また、後述するように、波長1100nm～1200nmの範囲を、特に「第2特定赤外領域」と称する。

【0016】

本発明の一実施形態による光学フィルタは、ガラス基板を有する。該ガラス基板は、特

50

定可視領域における光の平均透過率が80%以上であり、特定赤外領域における光の平均透過率が25%~85%であるという特徴を有する。

【0017】

図1には、本発明の一実施形態による光学フィルタに使用されるガラス基板の透過率特性の一例を、模式的に示す。

【0018】

図1に示すように、このガラス基板は、特定可視領域における透過率が高くなっており、特定可視領域における平均透過率は、80%以上である。

【0019】

また、ガラス基板は、特定赤外領域では、特定可視領域に比べて透過率が低下する特徴を有し、特定赤外領域における平均透過率は、25%~85%の範囲である。

10

【0020】

また、本発明の一実施形態による光学フィルタは、第1の光学多層膜を有する。

【0021】

該第1の光学多層膜は、特定可視領域における光の平均透過率が80%以上であり、特定赤外領域における光の平均透過率が45%~65%の範囲である。また、第1の光学多層膜は、前記特定可視領域と前記特定赤外領域の間に、光を遮断する第1の遮断帯を有するという特徴を有する。

【0022】

図2には、本発明の一実施形態による光学フィルタに使用される第1の光学多層膜の透過率特性の一例を、模式的に示す。

20

【0023】

図2に示すように、第1の光学多層膜は、特定可視領域に第1の透過帯 B_{t1} を有し、特定赤外領域に第2の透過帯 B_{t2} を有する。また、第1の光学多層膜は、第1の透過帯 B_{t1} と、第2の透過帯 B_{t2} との間に、第1の遮断帯 C_{t1} を有する。

【0024】

第1の光学多層膜において、第1の透過帯 B_{t1} は、高い透過率を有し、例えば、特定可視領域の平均透過率は、80%以上である。

【0025】

また、第2の透過帯 B_{t2} は、中程度以上の透過率を有し、例えば、特定赤外領域の平均透過率は、45%~65%の範囲である。

30

【0026】

一方、第1の遮断帯 C_{t1} は、低い透過率を有し、例えば、波長780nm~830nmの範囲における平均透過率は、3%以下である。

【0027】

なお、第1の光学多層膜において、特定赤外領域よりも高い波長における光学特性は、特に限られない。従って、図2に示した曲線は、単なる一例である。

【0028】

さらに、本発明の一実施形態による光学フィルタは、第2の光学多層膜を有する。

【0029】

該第2の光学多層膜は、特定可視領域における光の平均透過率が80%以上であり、特定赤外領域における光の平均透過率が45%~65%の範囲である。また、第2の光学多層膜は、特定赤外領域よりも長波長側に、光を遮断する第2の遮断帯を有するという特徴を有する。

40

【0030】

図3には、本発明の一実施形態による光学フィルタに使用される第2の光学多層膜の透過率特性の一例を、模式的に示す。

【0031】

図3に示すように、第2の光学多層膜は、特定可視領域に第1の透過帯 B_{u1} を有し、特定赤外領域に第2の透過帯 B_{u2} を有する。また、第2の光学多層膜は、第2の透過帯 B_{u2}

50

u_2 よりも長波長側に、第 2 の遮断帯 C_{u2} を有する。

【 0 0 3 2 】

第 2 の光学多層膜において、第 1 の透過帯 B_{u1} は、高い透過率を有する。例えば、特定可視領域の平均透過率は、80%以上である。

【 0 0 3 3 】

また、第 2 の透過帯 B_{u2} は、中程度の透過率を有し、例えば、特定赤外領域の平均透過率は、45%～65%の範囲である。

【 0 0 3 4 】

第 2 の遮断帯 C_{u2} は、低い透過率を有し、例えば、波長 1050 nm～1200 nm の範囲における平均透過率は、5%以下である。

10

【 0 0 3 5 】

なお、第 2 の光学多層膜において、特定可視領域～特定赤外領域の間の光学特性は、特に限られない。従って、図 3 に示した曲線は、単なる一例である。

【 0 0 3 6 】

本発明の一実施形態による光学フィルタは、前述のような特徴を有するガラス基板、第 1 の光学多層膜および第 2 の光学多層膜を有するため、光学フィルタの光学特性は、各部材の光学特性の組み合わせとして、図 4 のように表される。

【 0 0 3 7 】

図 4 には、本発明の一実施形態による光学フィルタにおいて得られる透過率特性の一例を、模式的に示す。

20

【 0 0 3 8 】

図 4 に示すように、本発明の一実施形態による光学フィルタの透過率曲線は、特定可視領域に第 1 の透過帯 B_{a1} を有し、特定赤外領域に第 2 の透過帯 B_{a2} を有する。

【 0 0 3 9 】

また、本発明の一実施形態による光学フィルタの透過率曲線は、第 1 の透過帯 B_{a1} と第 2 の透過帯 B_{a2} の間に、第 1 の遮断帯 C_{a1} を有し、第 2 の透過帯 B_{a2} よりも長波長側に第 2 の遮断帯 C_{a2} を有する。

【 0 0 4 0 】

第 1 の透過帯 B_{a1} は、高い透過率を有し、例えば、特定可視領域における平均透過率は、80%以上である。また、第 2 の透過帯 B_{a2} は、中程度の透過率を有し、例えば、特定赤外領域における平均透過率は、40%～90%の範囲である。

30

【 0 0 4 1 】

第 1 の遮断帯 C_{a1} は、低い透過率を有し、例えば、波長 700 nm～850 nm の範囲における平均透過率は、5%以下である。また、第 2 の遮断帯 C_{a2} は、低い透過率を有し、例えば、波長 1050 nm～1200 nm の範囲における平均透過率は、5%以下である。

【 0 0 4 2 】

なお、図 4 に示した例では、第 1 の透過帯 B_{a1} は、波長 430 nm～650 nm の範囲にわたって認められ、第 2 の透過帯 B_{a2} は、波長 900 nm～1000 nm の範囲にわたって認められている。

40

【 0 0 4 3 】

しかしながら、これは単なる一例であり、特定可視領域における平均透過率が 80%以上である限り、第 1 の透過帯 B_{a1} は、より狭い領域に存在してもよい。同様に、特定赤外領域における平均透過率が 40%～60%の範囲である限り、第 2 の透過帯 B_{a2} は、より狭い領域に存在してもよい。

【 0 0 4 4 】

また、図 4 に示した例では、第 1 の遮断帯 C_{a1} は、波長 700 nm～850 nm の範囲に認められ、第 2 の遮断帯 C_{a2} は、波長 1000 nm 以上の領域に認められる。

【 0 0 4 5 】

しかしながら、これは単なる一例であって、波長 700 nm～850 nm の範囲におけ

50

る平均透過率が5%以下である限り、第1の遮断帯 C_{a1} は、より狭い領域に存在してもよい。

【0046】

第2の遮断帯 C_{a2} についても同様のことが言える。

【0047】

ここで、図4から明らかなように、本発明の一実施形態による光学フィルタは、特定可視領域および特定赤外領域の両方において、光を透過できる。このため本発明の一実施形態による光学フィルタは、例えば、昼夜連続で撮像を行う撮像装置等に利用できる。

【0048】

また、本発明の一実施形態による光学フィルタにおいて、ガラス基板は、特定赤外領域における光の平均透過率が25%~85%であるという特徴を有する。

10

【0049】

従来の光学フィルタでは、光学多層膜に含まれる層の数が増加すると、これに伴い、光学特性のばらつきが大きくなる傾向にある。これは、光学多層膜に含まれる層の数が増え、それぞれの層の厚さが僅かに変動しただけでも、光学特性に及ぼす影響が無視できなくなるからである。特に、特定赤外領域では、光学多層膜を構成する層の数が増加すると、透過率等の光学特性に、無視できないほどの大きなばらつきが生じてしまう。

【0050】

しかしながら、光学フィルタの一部材として、前述の特徴を有するガラス基板を使用した場合、特定赤外領域において、光の一部が吸収される。このため、第1の光学多層膜における第2の透過帯 B_{t2} 、および第2の光学多層膜における第2の透過帯 B_{u2} に生じ得る特性ばらつきの影響は、ガラス基板による光の吸収特性により、有意に軽減または排除される。

20

【0051】

従って、本発明の一実施形態による光学フィルタでは、第1の光学多層膜および/または第2の光学多層膜に含まれる層の数が増えても、ガラス基板、第1の光学多層膜、および第2の光学多層膜の組み合わせによって発現する、第2の透過帯 B_{a2} における光学特性のばらつきを有意に抑制することが可能となる。

【0052】

なお、本発明の一実施形態による光学フィルタでは、ガラス基板による光の吸収特性のため、特定赤外領域における光学フィルタの透過率は、幾分低下する。しかしながら、それでも、本発明の一実施形態による光学フィルタの第2の透過帯 B_{a2} の透過率は、例えば40%~60%の範囲に維持することができる。

30

【0053】

さらに、本発明の一実施形態による光学フィルタでは、前述の特徴により、第2の透過帯 B_{a2} に生じ得る、入射光の角度依存性の問題も有意に抑制できる。

【0054】

すなわち、従来の光学フィルタでは、光学多層膜の最適な組み合わせにより、特定赤外領域に透過帯が発現される。しかしながら、そのような光学多層膜の光学特性は、光の入射角度によって変化するという問題がある。

40

【0055】

一方、本発明の一実施形態による光学フィルタでは、特定赤外領域における第2の透過帯 B_{a2} は、ガラス基板の吸収特性により、例えば40%~60%の範囲まで低下される。また、このようなガラス基板の吸収特性は、入射角度依存性が比較的小さいという特徴を有する。

【0056】

このため、本発明の一実施形態による光学フィルタでは、第2の透過帯 B_{a2} の光学特性が入射光の角度に影響を受け難くなり、角度依存性の問題を軽減することができる。

【0057】

(本発明の一実施形態による光学フィルタ)

50

以下、図5を参照して、本発明の一実施形態についてより詳しく説明する。

【0058】

図5には、本発明の一実施形態による光学フィルタ（以下、「第1の光学フィルタ」と称する）100の断面を模式的に示す。

【0059】

図5に示すように、第1の光学フィルタ100は、ガラス基板110と、第1の光学多層膜130と、第2の光学多層膜160と、を有する。

【0060】

ガラス基板110は、相互に対向する第1の主面112および第2の主面114を有し、第1の光学多層膜130および第2の光学多層膜160は、いずれもガラス基板110の第1の主面112上に配置される。

10

【0061】

なお、図1に示した例では、第2の光学多層膜160は、第1の光学多層膜130に比べてより基板側に設置されている。しかしながら、第1の光学多層膜130および第2の光学多層膜160は、逆の順番で配置されてもよい。

【0062】

ガラス基板110は、特定可視領域における光の平均透過率が80%以上である。また、ガラス基板110は、特定赤外領域における光の平均透過率が25%~85%の範囲にある。ガラス基板110は、例えば、前述の図1に示したような透過率特性を有する。

【0063】

第1の光学多層膜130は、特定可視領域における光の平均透過率が80%以上である。また、第1の光学多層膜130は、特定赤外領域における光の平均透過率が45%~65%の範囲であり、特定可視領域と特定赤外領域の間に、光を遮断する第1の遮断帯を有する。

20

【0064】

第1の光学多層膜130は、例えば、前述の図2に示したような透過率特性を有してもよい。

【0065】

第1の光学多層膜130は、「高屈折率層」と「低屈折率層」との繰り返し構造を有する。なお、「高屈折率層」とは、波長500nmにおける屈折率が2.0以上の層を意味し、「低屈折率層」とは、波長500nmにおける屈折率が1.6以下の層を意味する。

30

【0066】

例えば、図5に示した例では、第1の光学多層膜130は、第1の高屈折率層132-1、第1の低屈折率層132-2、第2の高屈折率層132-3、第2の低屈折率層132-4、……、第mの低屈折率層132-mを有する。ここで、mは、例えば2~100の整数である。

【0067】

一方、第2の光学多層膜160は、特定可視領域における光の平均透過率が80%以上である。また、第2の光学多層膜160は、特定赤外領域における光の平均透過率が45%~65%の範囲であり、特定赤外領域よりも長波長側に、光を遮断する第2の遮断帯を有する。

40

【0068】

第2の光学多層膜160は、例えば、前述の図3に示したような透過率特性を有してもよい。

【0069】

第2の光学多層膜160も、第1の光学多層膜130と同様、「高屈折率層」と「低屈折率層」との繰り返し構造を有する。

【0070】

例えば、図5に示した例では、第2の光学多層膜160は、第1の高屈折率層162-1、第1の低屈折率層162-2、第2の高屈折率層162-3、第2の低屈折率層16

50

2 - 4、……、第 n の低屈折率層 1 6 2 - n を有する。ここで、n は、例えば、2 ~ 1 3 0 の整数である。

【0 0 7 1】

ただし、後述するように、第 2 の光学多層膜 1 6 0 の構成、例えば各層の厚さは、第 1 の光学多層膜 1 3 0 とは異なっている。

【0 0 7 2】

このような構成を有する第 1 の光学フィルタ 1 0 0 では、前述の図 4 に示したような透過率特性を得ることができる。

【0 0 7 3】

第 1 の光学フィルタ 1 0 0 では、前述のように、第 1 の光学多層膜 1 3 0 および第 2 の光学多層膜 1 6 0 に生じ得る特性ばらつきの影響は、ガラス基板 1 1 0 による光の吸収特性により、有意に軽減または排除される。

【0 0 7 4】

従って、第 1 の光学フィルタ 1 0 0 では、第 1 の光学多層膜 1 3 0 および / または第 2 の光学多層膜 1 6 0 に含まれる層の数が増えても、第 2 の透過帯 B_{a2} における光学特性のばらつきを、有意に抑制することができる。

【0 0 7 5】

また、第 1 の光学フィルタ 1 0 0 では、特定赤外領域における光の入射角度依存性を有意に抑制できる。

【0 0 7 6】

(光学フィルタの各構成部材について)

次に、本発明の一実施形態による光学フィルタに使用される各部材について、より詳しく説明する。

【0 0 7 7】

なお、以下の説明では、明確化のため、各部材を表す際に、図 5 に示した参照符号を使用する。

【0 0 7 8】

(ガラス基板 1 1 0)

ガラス基板 1 1 0 は、前述のような特徴を有する限り、いかなる組成を有してもよい。

【0 0 7 9】

ガラス基板 1 1 0 は、赤外線吸収成分を含有する、赤外線吸収ガラスであってもよい。

【0 0 8 0】

赤外線吸収成分は、例えば、鉄および / または銅であってもよい。赤外線吸収成分の量は、0 . 0 5 カチオン % 以上であってもよい。

ガラス基板 1 1 0 は、例えば、銅を含有するフツリン酸ガラス、銅を含有するリン酸ガラス、鉄を含有するリン酸ガラスなどが挙げられるが、これらに限らない。

【0 0 8 1】

ガラス基板 1 1 0 は、前述のように、特定可視領域において、8 0 % 以上の平均透過率を有する。特定可視領域における平均透過率は、8 1 % 以上であることが好ましく、8 2 % 以上であることがより好ましい。

【0 0 8 2】

また、ガラス基板 1 1 0 は、特定赤外領域において、2 5 % ~ 8 5 % の平均透過率を有する。特定赤外領域における平均透過率は、3 0 % ~ 8 0 % の範囲であることが好ましく、3 5 % ~ 7 5 % の範囲であることがより好ましい。

【0 0 8 3】

ガラス基板 1 1 0 の厚さは、特に限られない。ただし、第 1 の光学フィルタ 1 0 0 が小型デバイスに使用される場合、第 1 の光学フィルタ 1 0 0 の薄肉化のため、ガラス基板 1 1 0 の厚さは、0 . 0 5 mm ~ 2 mm の範囲であることが好ましい。

【0 0 8 4】

なお、ガラス基板 1 1 0 は、特定赤外領域における平均透過率を T_{g l a s s} (%) とし

10

20

30

40

50

たとき、

$$T_{\text{glass}} < T_{t_1+t_2} \quad (1) \text{式}$$

を満たしてもよい。ここで、 $T_{t_1+t_2} (\%)$ は、第1の光学多層膜130と第2の光学多層膜160の組み合わせによって得られる、特定赤外領域における平均透過率である。

【0085】

(1)式を満たす場合、第1の光学フィルタ100において、量産上の透過率のばらつきを少なくすることができるという効果が得られる。

【0086】

(第1の光学多層膜130)

第1の光学多層膜130は、前述のような特徴を有する限り、いかなる層構成を有してもよい。

10

【0087】

第1の光学多層膜130は、前述のように、高屈折率層と低屈折率層の繰り返し構造を有してもよい。

【0088】

繰り返しの回数は、特に限られないが、例えば、1回～50回の範囲である(すなわち層数は、2～100)。繰り返しの回数は、20回以下であることが好ましく、15回以下であることがより好ましい。

【0089】

なお、前述のように、第1の光学フィルタ100では、第1の光学多層膜130における繰り返し回数を、例えば20回以上に高めても、光学特性のばらつきを有意に抑制することができる。このため、従来に比べて、繰り返し回数を有意に増やすことができ、これにより、より精密な光学フィルタの光学設計を行うことが可能となる。

20

【0090】

高屈折率層としては、例えば、酸化チタン、酸化タンタル、および酸化ニオブなどが挙げられる。低屈折率層としては、例えば、酸化ケイ素およびフッ化マグネシウムなどが挙げられる。例えば、波長500nmにおける酸化チタンの屈折率は、結晶状態にもよるが、一般に、2.3～2.8の範囲であり、酸化ケイ素の屈折率は、一般に1.4～1.5の範囲である。

【0091】

第1の光学多層膜130において、前述の図2に示したような透過率特性は、各高屈折率層および各低屈折率層の厚さを調整することにより、得ることができる。

30

【0092】

(第2の光学多層膜160)

第2の光学多層膜160は、前述のような特徴を有する限り、いかなる層構成を有してもよい。

【0093】

第2の光学多層膜160は、前述のように、高屈折率層と低屈折率層の繰り返し構造を有してもよい。

【0094】

繰り返しの回数は、特に限られないが、例えば、1回～70回の範囲である(すなわち層数は、2～140)。繰り返しの回数は、50回以下であることが好ましく、26回以下であることがより好ましい。

40

【0095】

なお、前述のように、第1の光学フィルタ100では、第2の光学多層膜160における繰り返し回数を、例えば20回以上に高めても、光学特性のばらつきを有意に抑制することができる。このため、従来に比べて、繰り返し回数を有意に増やすことができる。

【0096】

高屈折率層としては、例えば、酸化チタンが挙げられ、低屈折率層としては、例えば、酸化ケイ素が挙げられる。

50

【0097】

第2の光学多層膜160において、前述の図3に示したような透過率特性は、各高屈折率層および各低屈折率層の厚さを調整することにより、得ることができる。

【0098】

(第1の光学フィルタ100)

第1の光学フィルタ100は、例えば、図4に示したような透過率特性を有する。

【0099】

第1の光学フィルタ100は、特定可視領域における平均透過率が80%以上であってもよい。特定可視領域における平均透過率は、85%以上であることが好ましく、90%以上であることがより好ましい。

10

【0100】

第1の光学フィルタ100は、特定可視領域に第1の透過帯 B_{a1} を有する。第1の透過帯 B_{a1} は、波長430nm~650nmの範囲全体にわたって存在してもよい。

【0101】

また、第1の光学フィルタ100は、特定赤外領域に第2の透過帯 B_{a2} を有する。第2の透過帯 B_{a2} は、波長900nm~1000nmの範囲全体にわたって存在してもよい。また、第2の透過帯 B_{a2} は、中心波長が920nm~980nmの範囲にあってもよく、あるいは、中心波長が930nm~960nmの範囲にあってもよい。

【0102】

また、第1の光学フィルタ100は、波長780nm~830nmの範囲における平均透過率が、3%未満であってもよい。さらに、第1の光学フィルタ100は、第2特定赤外領域における平均透過率が、2.5%以下であってもよい。

20

【0103】

ここで、第1の光学フィルタ100において、以下の(2)式で表されるガラス基板110の吸収寄与度Pは、32%以上であってもよい：

$$\text{吸収寄与度 } P (\%) = (V_1 / V_2) \times 100 \quad (2) \text{ 式}$$

ここで、 V_1 は、

$$V_1 = 100 (\%) - T_{\text{glass}} (\%) \quad (3) \text{ 式}$$

で表され、 V_2 は、

$$V_2 = 100 (\%) -$$

30

第1の光学フィルタ100の特定赤外領域における平均透過率(%) (4)式で表される。

【0104】

また、第1の光学フィルタ100において、以下の(5)式で表されるガラス基板110の第2の吸収寄与度Qは、9%以上であってもよい：

$$\text{第2の吸収寄与度 } Q (\%) = (W_1 / W_2) \times 100 \quad (5) \text{ 式}$$

ここで、 W_1 は、

$$W_1 = 100 (\%) -$$

$$\text{ガラス基板110の第2特定赤外領域における平均透過率} (\%) \quad (6) \text{ 式}$$

で表され、 W_2 は、

40

$$W_2 = 100 (\%) -$$

第1の光学フィルタ100の第2特定赤外領域における平均透過率(%) (7)式で表される。

【0105】

前述のように、「第2特定赤外領域」とは、波長1100nm~1200nmの範囲を表す。

【0106】

(本発明の別の実施形態による光学フィルタ)

次に、図6を参照して、本発明の別の実施形態による光学フィルタについて説明する。

【0107】

50

図 6 には、本発明の別の実施形態による光学フィルタ（以下、「第 2 の光学フィルタ」と称する）200 の断面を模式的に示す。

【0108】

図 6 に示すように、第 2 の光学フィルタ 200 は、ガラス基板 110 と、第 1 の光学多層膜 130 と、第 2 の光学多層膜 160 とを有する。

【0109】

ただし、第 2 の光学フィルタ 200 においては、第 1 および第 2 の光学多層膜の配置が、前述の第 1 の光学フィルタ 100 とは異なっている。すなわち、第 2 の光学フィルタ 200 では、ガラス基板 110 の第 1 の主面 112 の側に、第 1 の光学多層膜 130 が設置され、ガラス基板 110 の第 2 の主面 114 の側に、第 2 の光学多層膜 160 が設置される。

10

【0110】

このような構成の第 2 の光学フィルタ 200 においても、前述の図 4 に示したような透過率特性を得ることができる。

【0111】

また、第 2 の光学フィルタ 200 においても、第 1 の光学フィルタ 100 の場合と同様の効果、すなわち、第 1 の光学多層膜 130 および / または第 2 の光学多層膜 160 に含まれる層の数が増えても、第 2 の透過帯 B_{a2} における光学特性のばらつきを、有意に抑制することができるという効果が得られる。

【0112】

さらに、第 2 の光学フィルタ 200 においても、特定赤外領域における光の入射角度依存性を有意に抑制できる。

20

【0113】

以上、第 1 の光学フィルタ 100 および第 2 の光学フィルタ 200 を例に、本発明の一実施形態による構成について説明した。

【0114】

しかしながら、本発明において、光学フィルタが別の構成を有し得ることは、当業者には明らかである。

【0115】

例えば、第 1 の光学フィルタ 100 または第 2 の光学フィルタ 200 において、さらに、特定可視領域に第 3 の遮断帯を有する第 3 の光学多層膜を設置してもよい。この場合、特定可視領域に透過帯を有さず、特定赤外領域のみに透過帯（例えば、第 2 の透過帯 B_{a2} ）を有する光学フィルタを得ることができる。

30

【0116】

このような特徴を有する第 1 および第 2 の光学フィルタ 100、200 は、例えば、監視カメラ、車載カメラ、およびウェブカメラなどの撮像装置等に適用できる。

【実施例】

【0117】

以下、本発明の実施例について説明する。

【0118】

なお、以下の説明において、例 1 および例 2 は実施例であり、例 3 は比較例である。また、シミュレーション計算は、光学薄膜設計ソフト（TF Calc、Software Spectra Inc 製）を用いて行った。また、第 2 の主面 114 には反射防止膜（不図示）がある。

40

【0119】

（例 1）

ガラス基板、第 1 の光学多層膜、および第 2 の光学多層膜を組み合わせ、前述の図 5 に示したような光学フィルタ（以下、「例 1 に係る光学フィルタ」と称する）を構成した。

【0120】

ガラス基板には、以下の表 1 における「ガラス A」の組成を有する赤外線吸収ガラスを

50

使用した。ガラス基板の厚さは、0.3 mmである。

【0121】

【表1】

		ガラスA	ガラスB
cat%	P	65.0	45.2
	B	0.0	0.0
	Al	16.9	9.5
	Li	2.8	25.2
	Na	2.8	0.0
	K	1.8	0.0
	Mg	2.3	3.4
	Ca	0.0	4.7
	Sr	0.0	5.8
	Ba	1.1	6.0
	Zn	4.0	0.0
	Cu	0.0	0.2
Fe	3.4	0.0	
カチオン合計		100.0	100.0
anion%	O	100.0	85.8
	F	0.0	14.2
アニオン合計		100.0	100.0

図7には、ガラスAの光学特性を示す。

【0122】

ガラスAの特定赤外領域における平均透過率 T_{glass} は、46.9%であった。また、ガラスAの第2特定赤外領域における平均透過率は、38.3%であった。

【0123】

以下の表2および表3には、それぞれ、ガラス基板の上に積層される第1の光学多層膜および第2の光学多層膜の構成を示す。

【0124】

【表 2】

部材	層No.	材料	厚さ (nm)
第1の光学 多層膜	1	TiO ₂	107.45
	2	SiO ₂	144.52
	3	TiO ₂	82.01
	4	SiO ₂	135.34
	5	TiO ₂	80.54
	6	SiO ₂	132.54
	7	TiO ₂	80.75
	8	SiO ₂	132.08
	9	TiO ₂	81.57
	10	SiO ₂	132.2
	11	TiO ₂	82.59
	12	SiO ₂	134.54
	13	TiO ₂	93.22
	14	SiO ₂	79.79
	15	TiO ₂	16.38
	16	SiO ₂	26.41
	17	TiO ₂	78.71
	18	SiO ₂	39.45
	19	TiO ₂	29.67
	20	SiO ₂	24.92
	21	TiO ₂	60.63
	22	SiO ₂	85.93

【 0 1 2 5 】

10

20

30

40

50

【表 3】

部材	層No.	材料	厚さ (nm)	部材	層No.	材料	厚さ (nm)
第2の 光学 多層膜	1	TiO ₂	26.75	第2の 光学 多層膜	27	TiO ₂	23.93
	2	SiO ₂	30.83		28	SiO ₂	65.62
	3	TiO ₂	36.26		29	TiO ₂	30.34
	4	SiO ₂	209.68		30	SiO ₂	33.07
	5	TiO ₂	30.27		31	TiO ₂	127.48
	6	SiO ₂	28.18		32	SiO ₂	174.76
	7	TiO ₂	133.29		33	TiO ₂	127.22
	8	SiO ₂	185.43		34	SiO ₂	27.26
	9	TiO ₂	115.76		35	TiO ₂	33.5
	10	SiO ₂	191.02		36	SiO ₂	71.28
	11	TiO ₂	121.52		37	TiO ₂	11.82
	12	SiO ₂	52.35		38	SiO ₂	79.26
	13	TiO ₂	23.17		39	TiO ₂	44.84
	14	SiO ₂	72.35		40	SiO ₂	24.19
	15	TiO ₂	24.57		41	TiO ₂	41.11
	16	SiO ₂	48.74		42	SiO ₂	42.96
	17	TiO ₂	118.94		43	TiO ₂	119.62
	18	SiO ₂	169.17		44	SiO ₂	64.57
	19	TiO ₂	102.3		45	TiO ₂	19.67
	20	SiO ₂	43.04		46	SiO ₂	36.83
	21	TiO ₂	16.72		47	TiO ₂	233.38
	22	SiO ₂	51.99		48	SiO ₂	16.54
	23	TiO ₂	13.04		49	TiO ₂	135
	24	SiO ₂	12.33		50	SiO ₂	19.26
	25	TiO ₂	119.43		51	TiO ₂	130.28
	26	SiO ₂	42.42		52	SiO ₂	26.36

第1の光学多層膜は、高屈折率層と低屈折率層の繰り返し構造とし、層数は、22とした。また、第2の光学多層膜は、高屈折率層と低屈折率層の繰り返し構造とし、層数は、52とした。第1の光学多層膜および第2の光学多層膜のいずれにおいても、高屈折率層はTiO₂とし、低屈折率層はSiO₂とした。

【0126】

なお、第1の光学多層膜は、第2の光学多層膜の上に積層した。すなわち、ガラス基板、第2の光学多層膜、および第1の光学多層膜の順に積層して、例1に係る光学フィルタを構成した。

【0127】

10

20

30

40

50

ここで、表 2 および表 3 の記載において、層番号が小さい層ほど、ガラス基板に近いことを意味する。従って、例 1 では、ガラス基板の一方の主面上に、第 2 の光学多層膜を構成する、厚さ 26.75 nm の第 1 の層から順に、合計 5 2 層を積層し、その後、さらに第 1 の光学多層膜を構成する、厚さ 107.45 nm の第 1 の層から順に、合計 2 2 層を積層する構成とした。

【0128】

図 8 には、シミュレーション計算によって得られた第 1 の光学多層膜の光学特性を示す。また、図 9 には、シミュレーション計算によって得られた第 2 の光学多層膜の光学特性を示す。

【0129】

第 1 の光学多層膜と第 2 の光学多層膜の組み合わせの特定赤外領域における平均透過率 T_{t1+t2} (%) は、79.4%であった。

【0130】

図 10 には、シミュレーション計算によって得られた例 1 に係る光学フィルタの光学特性を示す。

【0131】

例 1 に係る光学フィルタの特定可視領域における平均透過率は、96.9%であった。また、特定赤外領域における平均透過率は、40.1%であり、第 2 特定赤外領域における平均透過率は、1.0%であった。

【0132】

前述の (2) 式に基づき、ガラス基板の吸収寄与度 P を求めた。その結果、
 吸収寄与度 P (%) = $(V_1 / V_2) \times 100 = \{ (100 - 46.9) / (100 - 40.1) \} \times 100 = 88.6\%$
 となった。

【0133】

また、前述の (5) 式に基づき、ガラス基板の第 2 の吸収寄与度 Q を求めた。その結果、
 第 2 の吸収寄与度 Q (%) = $(W_1 / W_2) \times 100 = \{ (100 - 38.3) / (100 - 1.0) \} \times 100 = 62.3\%$
 となった。

【0134】

(例 2)

例 1 と同様の方法により、光学フィルタ (以下、「例 2 に係る光学フィルタ」と称する) を構成した。

【0135】

ただし、この例 2 では、ガラス基板として、前述の表 1 における「ガラス B」の組成を有する赤外線吸収ガラスを使用した。

【0136】

その他の条件は、例 1 と同様である。

【0137】

図 11 には、ガラス B の光学特性を示す。

【0138】

ガラス B の特定赤外領域における平均透過率 T_{glass} は、80.0%であった。また、ガラス B の第 2 特定赤外領域における平均透過率は、84.2%であった。

【0139】

図 12 には、シミュレーション計算によって得られた例 2 に係る光学フィルタの光学特性を示す。

【0140】

例 2 に係る光学フィルタの特定可視領域における平均透過率は、94.3%であった。また、特定赤外領域における平均透過率は、42.5%であり、第 2 特定赤外領域における平均透過率は、1.8%であった。

10

20

30

40

50

【 0 1 4 1 】

前述の(2)式および(5)式に基づき、ガラス基板の吸収寄与度Pおよび第2の吸収寄与度Qを求めた。その結果、吸収寄与度Pは34.8%であり、第2の吸収寄与度Qは15.4%であった。

【 0 1 4 2 】

(例3)

例1と同様の方法により、光学フィルタ(以下、「例3に係る光学フィルタ」と称する)を構成した。

【 0 1 4 3 】

ただし、この例3では、ガラス基板として、市販のガラス(D263、Schott社製)を使用した。以下、このガラス基板を「ガラスC」と称する。

10

【 0 1 4 4 】

その他の条件は、例1と同様である。

【 0 1 4 5 】

図13には、ガラスCの光学特性を示す。

【 0 1 4 6 】

ガラスCの特定赤外領域における平均透過率 T_{glass} は、92.0%であった。また、ガラスCの第2特定赤外領域における平均透過率は92.0%であった。

【 0 1 4 7 】

図14には、シミュレーション計算によって得られた例3に係る光学フィルタの光学特性を示す。

20

【 0 1 4 8 】

例3に係る光学フィルタの特定可視領域における平均透過率は、98.0%であった。また、特定赤外領域における平均透過率は、74.3%であり、第2特定赤外領域における平均透過率は、2.6%であった。

【 0 1 4 9 】

前述の(2)式および(5)式に基づき、ガラス基板の吸収寄与度Pおよび第2の吸収寄与度Qを求めた。その結果、吸収寄与度Pは31.3%であり、第2の吸収寄与度Qは8.2%であった。

【 0 1 5 0 】

以下の表4には、例1～例3に係る光学フィルタの主要な光学特性をまとめて示した。

30

【 0 1 5 1 】

40

50

【表 4】

	例1	例2	例3
ガラス基板の特定赤外領域における平均透過率 T_{glass} (%)	46.9	80.0	92.0
ガラス基板の第2特定赤外領域における平均透過率 (%)	38.3	84.2	92.0
第1の光学多層膜と第2の光学多層膜の組み合わせによる特定赤外領域の平均透過率 T_{t1+t2} (%)	79.4	79.4	79.4
第1の光学多層膜による特定可視領域の平均透過率 (%)	92.8	92.8	92.8
第2の光学多層膜による特定可視領域の平均透過率 (%)	84.8	84.8	84.8
第1の光学多層膜による特定赤外領域の平均透過率 T_{t1} (%)	57.9	57.9	57.9
第2の光学多層膜による特定赤外領域の平均透過率 T_{t2} (%)	50.4	50.4	50.4
ガラス基板の吸収寄与度P (%)	88.6	34.8	31.3
ガラス基板の第2の吸収寄与度Q (%)	62.3	15.4	8.2
光学フィルタの特定可視領域における平均透過率 (%)	96.9	94.3	98.0
光学フィルタの特定赤外領域における平均透過率 (%)	40.1	42.5	74.3
光学フィルタの第2特定赤外領域における平均透過率 (%)	1.0	1.8	2.6

(評価)

例1～例3に係る光学フィルタにおいて、いくつかの仮定の下、透過率特性に生じ得るばらつきをモンテカルロシミュレーションにより評価した。

【0152】

前提条件として、ガラス基板上に、前述の表2に示した構成の第1の光学多層膜および前述の表3に示した構成の第2の光学多層膜(全体層数74層)を積層する際に、各層の厚さに $3\sigma = 2.6\%$ のばらつきが生じると仮定した。また、ガラス基板の厚さにも、 $\pm 1.2\mu\text{m}$ のばらつきが生じると仮定した。

【0153】

10

20

30

40

50

上記の仮定の下、シミュレーションにより、100通りの光学フィルタを構成した。また、得られた光学フィルタの100通りの透過率特性から、特定赤外領域における平均透過率のばらつき度合いを評価した。

【0154】

結果を以下の表5に示す。

【0155】

【表5】

10

	例1	例2	例3
標準偏差σ	1.499	1.713	4.002

20

表5から、例3に係る光学フィルタの場合、特定赤外領域における平均透過率の標準偏差は、4.002であった。これに対して、例1および例2に係る光学フィルタの場合、標準偏差は、いずれも2未満となった。

【0156】

このように、例1および例2に係る光学フィルタでは、特定赤外領域における光学特性のばらつきが有意に抑制されることがわかった。

【0157】

本願は、2019年3月28日に出願した日本国特許出願第2019-063526号に基づく優先権を主張するものであり、同日本国出願の全内容を本願に参照により援用する。

30

【符号の説明】

【0158】

- 100 第1の光学フィルタ
- 110 ガラス基板
- 112 第1の主面
- 114 第2の主面
- 130 第1の光学多層膜
- 132-1 第1の高屈折率層
- 132-2 第1の低屈折率層
- 132-3 第2の高屈折率層
- 132-4 第2の低屈折率層
- 132-m 第mの低屈折率層
- 160 第2の光学多層膜
- 162-1 第1の高屈折率層
- 162-2 第1の低屈折率層
- 162-3 第2の高屈折率層
- 162-4 第2の低屈折率層
- 162-n 第mの低屈折率層

40

50

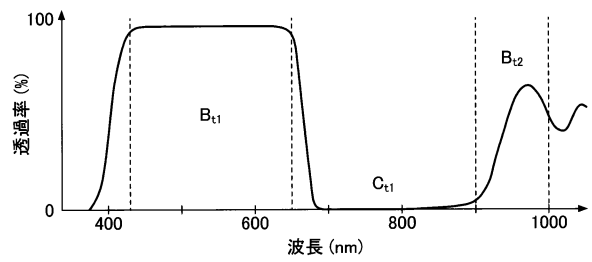
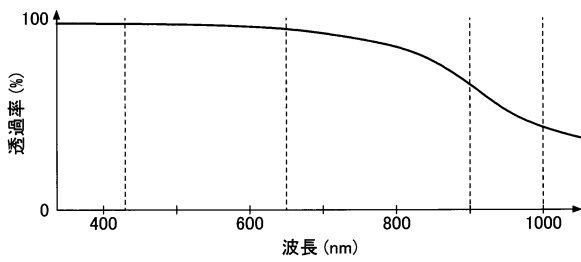
- 2 0 0 第 2 の光学フィルタ
- B a 1 光学フィルタの第 1 の透過帯
- B a 2 光学フィルタの第 2 の透過帯
- B t 1 第 1 の光学多層膜の第 1 の透過帯
- B t 2 第 1 の光学多層膜の第 2 の透過帯
- B u 1 第 2 の光学多層膜の第 1 の透過帯
- B u 2 第 2 の光学多層膜の第 2 の透過帯
- C a 1 光学フィルタの第 1 の遮断帯
- C a 2 光学フィルタの第 2 の遮断帯
- C t 1 第 1 の光学多層膜の第 1 の遮断帯
- C u 2 第 2 の光学多層膜の第 2 の遮断帯

10

【 図 面 】

【 図 1 】

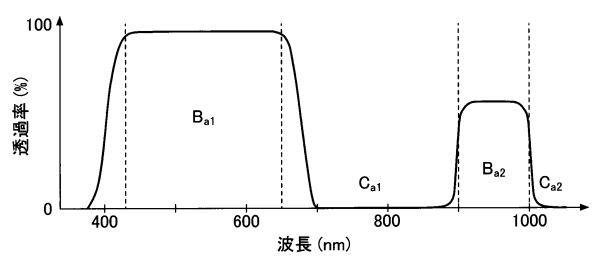
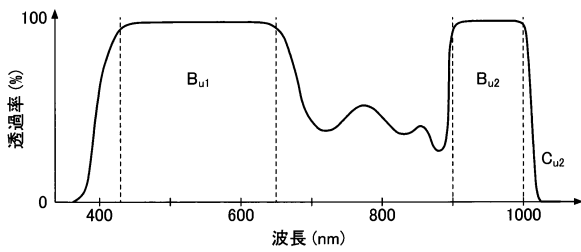
【 図 2 】



20

【 図 3 】

【 図 4 】

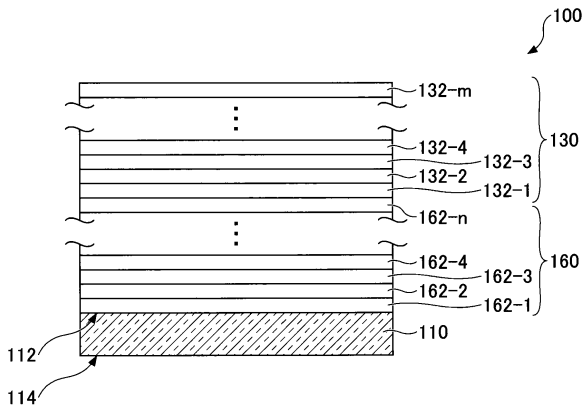


30

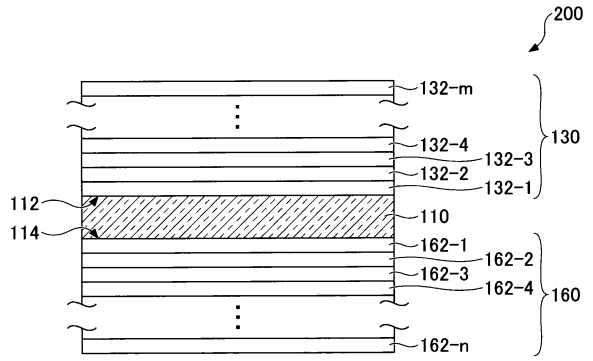
40

50

【 図 5 】

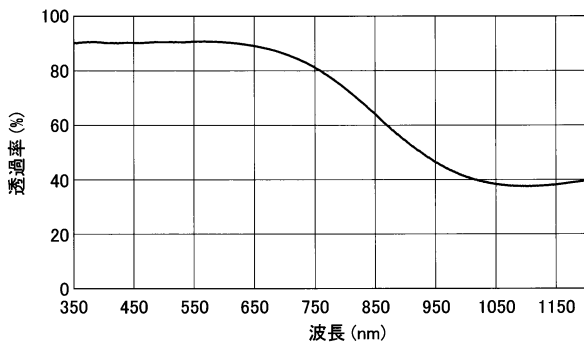


【 図 6 】

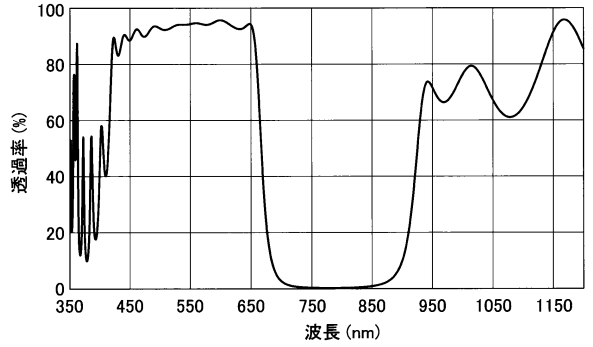


10

【 図 7 】



【 図 8 】



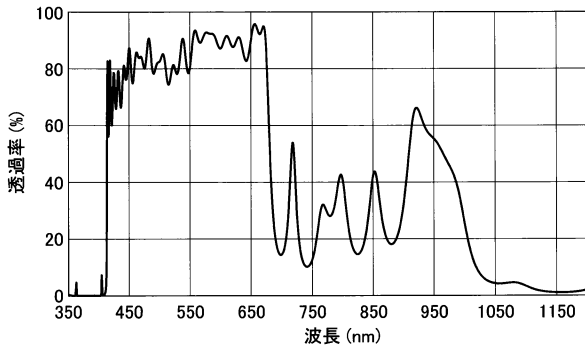
20

30

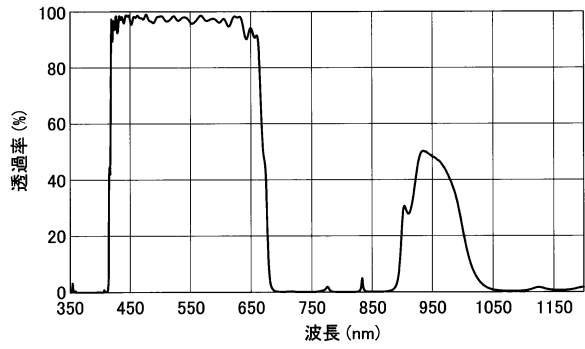
40

50

【図 9】

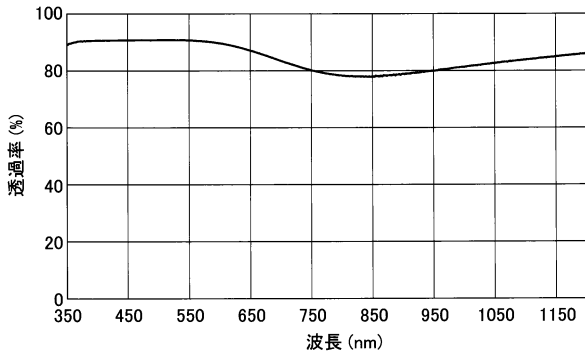


【図 10】

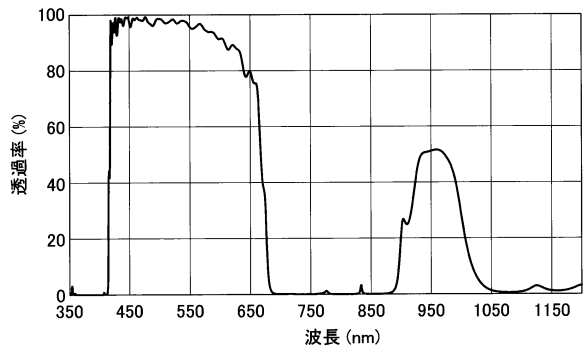


10

【図 11】



【図 12】



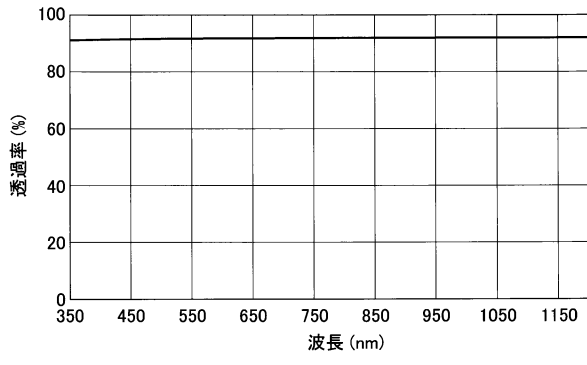
20

30

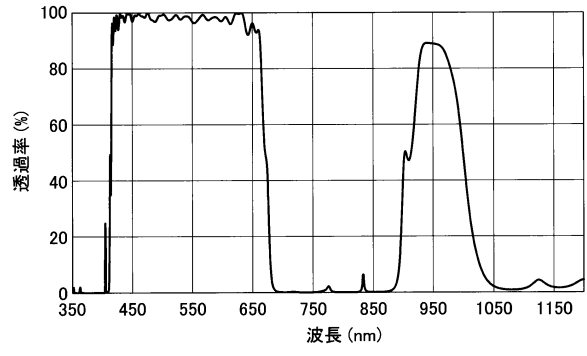
40

50

【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2014-048402(JP,A)
特開2018-060163(JP,A)
国際公開第2018/043564(WO,A1)
国際公開第2014/103921(WO,A1)
特開2006-078672(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G02B 5/20 - 5/28
B32B 7/023