

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-206172

(P2007-206172A)

(43) 公開日 平成19年8月16日(2007.8.16)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO2B 5/28 (2006.01)	GO2B 5/28	2H048
GO2B 13/00 (2006.01)	GO2B 13/00	2H083
GO2B 5/26 (2006.01)	GO2B 5/26	2H087
GO3B 11/00 (2006.01)	GO3B 11/00	5C024
HO4N 5/335 (2006.01)	HO4N 5/335 U	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2006-22464 (P2006-22464)
 (22) 出願日 平成18年1月31日 (2006.1.31)

(71) 出願人 303000408
 コニカミノルタオプト株式会社
 東京都八王子市石川町2970番地
 (74) 代理人 100090033
 弁理士 荒船 博司
 (72) 発明者 平山 博士
 東京都八王子市石川町2970番地 コニ
 カミノルタオプト株式会社内
 Fターム(参考) 2H048 FA05 FA09 FA13 FA22 FA24
 GA04 GA09 GA19 GA24 GA33
 GA60 GA61
 2H083 AA04 AA26 AA32

最終頁に続く

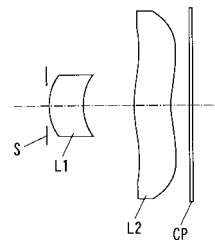
(54) 【発明の名称】 撮像系光学素子

(57) 【要約】

【課題】 光学系の小型化、薄型化とコストダウンに最適な赤外線カット機能を有する撮像系光学素子の提供

【解決手段】 撮像系を構成する光学素子の光学面に対して、少なくとも2面以上に $\lambda = 800 \sim 1200 \text{ nm}$ における反射率の最大値が30%以上である赤外線カットコートが形成されていることを特徴とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

撮像系を構成する光学素子の光学面に対して、少なくとも 2 面以上に $800 \sim 1200 \text{ nm}$ における反射率の最大値が 30% 以上である赤外線カットコートが形成されていることを特徴とする撮像系光学素子。

【請求項 2】

撮像系を構成する光学素子のうち、少なくとも 1 面はガラス基板に赤外線カットコートを形成したものであることを特徴とする請求項 1 に記載の撮像系光学素子。

【請求項 3】

撮像系を構成する光学素子のうち、少なくとも 1 面はプラスチックフィルムに赤外線カットコートを形成したものであることを特徴とする請求項 1 に記載の撮像系光学素子。

10

【請求項 4】

撮像系を構成する光学素子のうち、少なくとも 1 面は撮像レンズに赤外線カットコートを形成したものであることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の撮像系光学素子。

【請求項 5】

撮像系を構成する光学素子のうち、少なくとも 2 面は撮像レンズに赤外線カットコートを形成したものであることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の撮像系光学素子。

【請求項 6】

赤外線カットコートが形成された撮像レンズの素材はプラスチックであることを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載の撮像系光学素子。

20

【請求項 7】

設計波長を λ_0 、低屈折率層の屈折率を n_L 、低屈折率層の膜厚を d_L 、高屈折率層の屈折率を n_H 、高屈折率層の膜厚を d_H 、空気側から順番に第 1 層目、第 2 層目... と数えることとした場合、赤外線カットコートが以下の条件を満たす層構成であることを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の撮像系光学素子。

$$800 \text{ nm} < \lambda_0 < 1200 \text{ nm}$$

$$1.3 < n_L < 1.6$$

$$1.8 < n_H < 2.3$$

$$\text{第 1 層目は } 0.08 \lambda_0 < n_L d_L < 0.17 \lambda_0$$

$$\text{第 2 層目は } 0.2 \lambda_0 < n_H d_H < 0.3 \lambda_0$$

$$\text{第 3 層目は } 0.2 \lambda_0 < n_L d_L < 0.3 \lambda_0$$

30

【請求項 8】

第 4 層目は $0.2 \lambda_0 < n_H d_H < 0.3 \lambda_0$ であることを特徴とする請求項 7 に記載の撮像系光学素子。

【請求項 9】

第 5 層目は $0.2 \lambda_0 < n_L d_L < 0.3 \lambda_0$ であることを特徴とする請求項 8 に記載の撮像系光学素子。

【請求項 10】

第 6 層目は $0.2 \lambda_0 < n_H d_H < 0.3 \lambda_0$ であることを特徴とする請求項 9 に記載の撮像系光学素子。

40

【請求項 11】

第 7 層目は $0.2 \lambda_0 < n_L d_L < 0.3 \lambda_0$ であることを特徴とする請求項 10 に記載の撮像系光学素子。

【請求項 12】

第 8 層目は $0.2 \lambda_0 < n_H d_H < 0.3 \lambda_0$ であることを特徴とする請求項 11 に記載の撮像系光学素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【0001】

本発明は、撮像系光学素子に関し、特に、赤外線カット機能を有する撮像系光学素子に関する。

【背景技術】

【0002】

デジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ用の光学系ではCCDやCMOSなどの受光素子が用いられている。これらの受光素子は可視領域のみならず、赤外領域にも強い感度を有しており、受光特性を視感度に近付けるためには、 $\lambda = 800 \sim 1200 \text{ nm}$ の波長の光をカットする必要がある。従来はガラス基板に高屈折率材料と低屈折率材料とを交互に数十層積層した赤外線カットフィルタが用いられていた。

10

【0003】

しかし、ガラス基板に赤外線カットフィルタを形成した光学素子は高価であり、また、ガラス基板の厚みがあるため、近年の光学系の小型化、薄型化の要請には限界があった。そこで、特許文献1に記載のように、撮像系レンズの最も外側のレンズの一方の面に赤外線カットフィルタを形成することにより光学系を小型化、薄型化する技術が知られている。

【特許文献1】特開平10-10423号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、撮像系レンズの素材がプラスチックの場合、 $\lambda = 800 \sim 1200 \text{ nm}$ の波長の光をカットする数十層からなる積層膜を形成することは、クラックや応力による面変形等が発生するおそれがあり、技術的に大変困難であるという問題があった。また、撮像系レンズとしてのガラスレンズに数十層の赤外線カットコートをするには、ガラス基板上での赤外線カットコートと同様にコストがかかってしまうという問題があった。

20

【0005】

本発明はこのような点に鑑みてなされたものであり、光学系の小型化、薄型化とコストダウンに最適な赤外線カット機能を有する撮像系光学素子を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

30

【0006】

前記課題を解決するために、請求項1に記載の発明は、撮像系光学素子において、撮像系を構成する光学素子の光学面に対して、少なくとも2面以上に $\lambda = 800 \sim 1200 \text{ nm}$ における反射率の最大値が30%以上である赤外線カットコートが形成されていることを特徴とする。

【0007】

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の撮像系光学素子において、撮像系を構成する光学素子のうち、少なくとも1面はガラス基板に赤外線カットコートを形成したものであることを特徴とする。

【0008】

40

請求項3に記載の発明は、請求項1に記載の撮像系光学素子において、撮像系を構成する光学素子のうち、少なくとも1面はプラスチックフィルムに赤外線カットコートを形成したものであることを特徴とする。

【0009】

請求項4に記載の発明は、請求項1～3のいずれか一項に記載の撮像系光学素子において、撮像系を構成する光学素子のうち、少なくとも1面は撮像レンズに赤外線カットコートを形成したものであることを特徴とする。

【0010】

請求項5に記載の発明は、請求項1～3のいずれか一項に記載の撮像系光学素子におい

50

て、

撮像系を構成する光学素子のうち、少なくとも2面は撮像レンズに赤外線カットコート
を形成したものであることを特徴とする。

【0011】

請求項6に記載の発明は、請求項4又は5に記載の撮像系光学素子において、
赤外線カットコートが形成された撮像レンズの素材はプラスチックであることを特徴と
する。

【0012】

請求項7に記載の発明は、請求項1～6のいずれか一項に記載の撮像系光学素子におい
て、

設計波長を λ_0 、低屈折率層の屈折率を n_L 、低屈折率層の膜厚を d_L 、高屈折率層の
屈折率を n_H 、高屈折率層の膜厚を d_H 、空気側から順番に第1層目、第2層目...と数え
ることとした場合、赤外線カットコートが以下の条件を満たす層構成であることを特徴と
する。

$$800 \text{ nm} < \lambda_0 < 1200 \text{ nm}$$

$$1.3 < n_L < 1.6$$

$$1.8 < n_H < 2.3$$

$$\text{第1層目は } 0.08 < \frac{n_L d_L}{\lambda_0} < 0.17$$

$$\text{第2層目は } 0.2 < \frac{n_H d_H}{\lambda_0} < 0.3$$

$$\text{第3層目は } 0.2 < \frac{n_L d_L}{\lambda_0} < 0.3$$

【0013】

請求項8に記載の発明は、請求項7に記載の撮像系光学素子において、
第4層目は $0.2 < \frac{n_H d_H}{\lambda_0} < 0.3$ であることを特徴とする。

【0014】

請求項9に記載の発明は、請求項8に記載の撮像系光学素子において、
第5層目は $0.2 < \frac{n_L d_L}{\lambda_0} < 0.3$ であることを特徴とする。

【0015】

請求項10に記載の発明は、請求項9に記載の撮像系光学素子において、
第6層目は $0.2 < \frac{n_H d_H}{\lambda_0} < 0.3$ であることを特徴とする。

【0016】

請求項11に記載の発明は、請求項10に記載の撮像系光学素子において、
第7層目は $0.2 < \frac{n_L d_L}{\lambda_0} < 0.3$ であることを特徴とする。

【0017】

請求項12に記載の発明は、請求項11に記載の撮像系光学素子
第8層目は $0.2 < \frac{n_H d_H}{\lambda_0} < 0.3$ であることを特徴とする。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、光学系の小型化、薄型化とコストダウンに最適な赤外カット機能を有
する撮像系光学素子の提供が可能である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下に、本発明に係る撮像系光学素子の一実施形態について、図面を参照して説明する
。ただし、発明の範囲を図示例に限定するものではない。

【0020】

図1は本実施形態に係る撮影系（ここではズームレンズ）のレンズ群の構成を示す図で
ある。図1に示すように、撮影系は、物体側（空気側）より順に、絞りS、正の屈折率を
有する、物体側に凸面を配置したメニスカスレンズである第1レンズL1、正の屈折率を
有する、物体側に凸面を配置したメニスカスレンズである第2レンズL2、及びカバープ
レート（光学的ローパスフィルタ、IRカットフィルタ、CCD面を保護するカバーガラ
ス等）CPから構成されている。第1レンズL1及び第2レンズL2はプラスチックレン

10

20

30

40

50

ズであっても良いし、ガラスレンズであってもよく、一方がプラスチックレンズで他方がガラスレンズの組合せでもよい。

【0021】

プラスチックレンズの場合、低コストで非球面を得ることができ、撮像系の低コスト化を図ることができる。一方、ガラスレンズの場合、屈折率が高く、温度変化による性能変化及び形状変化が小さく、複屈折の影響が小さい等の利点がある。

【0022】

本実施形態における光学素子の光学面には、 $\lambda = 800 \sim 1200 \text{ nm}$ における反射率の最大値が30%以上である赤外線カットコートが、少なくとも2面以上に形成されている。赤外線カットコートは、可視域の光束に対して良好な透過率を有し、近赤外域の光束に対して実質的に低い透過率を有するコートである。

10

【0023】

本発明の赤外線カットコートは、設計波長を λ_0 、低屈折率層の屈折率を n_L 、低屈折率層の膜厚を d_L 、高屈折率層の屈折率を n_H 、高屈折率層の膜厚を d_H 、空気側から順番に第1層目、第2層目...と数えることとした場合、以下の条件を満たす層構成であることが好ましい。

$$800 \text{ nm} < \lambda_0 < 1200 \text{ nm}$$

$$1.3 < n_L < 1.6$$

$$1.8 < n_H < 2.3$$

$$\text{第1層目は } 0.08 < \lambda_0 / n_L d_L < 0.17$$

$$\text{第2層目は } 0.2 < \lambda_0 / n_H d_H < 0.3$$

$$\text{第3層目は } 0.2 < \lambda_0 / n_L d_L < 0.3$$

20

【0024】

また、赤外線カットコートを構成する層数には特に制限は無いが、赤外線カットコートの空気側から偶数番目の層は $0.2 < \lambda_0 / n_H d_H < 0.3$ であることが好ましく、3以上の奇数番目の層は $0.2 < \lambda_0 / n_L d_L < 0.3$ であることが好ましい。

【0025】

また、本実施形態の撮像系は、薄いプラスチックフィルム上に高屈折率の樹脂と低屈折率の樹脂を交互に積層した赤外線カットフィルタと、 $\lambda = 800 \sim 1200 \text{ nm}$ における反射率の最大値が30%以上である赤外線カットコートを形成した撮像系レンズと、を組み合わせて構成することとしても良い。なお、プラスチックフィルムを使用せず、 $\lambda = 800 \sim 1200 \text{ nm}$ における反射率の最大値が30%以上である赤外線カットコートを複数面に形成することとしてもよい。

30

撮像系全体としては赤外領域での透過率をいかに0%に近づけるか、もしくは所定のCD、CMOS感度に影響のないレベルまで透過率を低減させるかが重要となる。

複数の面に赤外線カットコートが設けられる場合の撮像系全体の赤外領域($800 \sim 1200 \text{ nm}$)の透過率は以下の方法で求めることができる。赤外線カットコートが4面に形成されており、それぞれの赤外領域の反射率を x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 と仮定すると、透過率 $(1 - x_1)(1 - x_2)(1 - x_3)(1 - x_4)$ であらわされる。たとえば、 $x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = 0.6$ (反射率60%)とすれば、透過率 $(1 - 0.6)^4 = 0.0256$ であり、透過率は約2.6%まで低減される。実際は面内部の多重反射もあり、この数値よりも少し高い透過率になってしまう場合も考えられるが、おおよその透過率は上記計算式により得られる。

40

【0026】

このように、本発明によれば、赤外カット機能を有する撮像系光学素子を複数組み合わせ、 $\lambda = 800 \sim 1200 \text{ nm}$ の近赤外領域の光をカットすることが可能である。

【実施例】

【0027】

(実施例1：プラスチックフィルムと撮像系レンズの4面に赤外線カットコートを形成)

実施例1に係る光学系を図2を参照して説明する。

50

CCDに入射する赤外線をカットするため、プラスチックフィルム基板の上に高屈折率樹脂 ($n = 1.8$) と低屈折率樹脂 ($n = 1.5$) を交互に80層積層した赤外線カットフィルタIRCFを設けた。反射特性を図3に示す。プラスチックフィルムの赤外線カットフィルタは高屈折率樹脂と低屈折率樹脂の屈折率差を大きくすることができないため、赤外線をカットできる帯域を広くとることができず、 $\lambda = 800 \sim 1200 \text{ nm}$ の範囲をカバーしきれない。

【0028】

そこで、補助的に $\lambda = 800 \sim 1200 \text{ nm}$ における反射率の最大値が30%以上である赤外線カットコートIRC1及びIRC2を形成したプラスチックレンズである第1レンズL1と赤外線カットコートIRC3及びIRC4を形成したプラスチックレンズである第2レンズL2とを組み合わせた撮像系を用いた。赤外線カットコートIRC1～IRC4は、プラスチックレンズ上にTiO₂を主成分とする材料とSiO₂を主成分とする材料とを交互に6層積層することで形成した。第1レンズL1及び第2レンズL2それぞれの片面の反射率特性を図4に示す。図4に示すように、第1レンズL1と第2レンズL2のそれぞれの面は、可視光域の $\lambda = 400 \sim 700 \text{ nm}$ において、十分な反射防止性能を有している。また、 $\lambda = 800 \sim 1200 \text{ nm}$ における反射率の最大値は40%程度と、単体では、通常の赤外線カットフィルタとしては十分な性能を持ち合わせていないものの、図4の特性を有する赤外線カットコートを4面に設けるとともに、図3の特性を有するプラスチックフィルムタイプの赤外線カットフィルタIRCFと組み合わせることで、 $\lambda = 800 \sim 1200 \text{ nm}$ の反射率を高く設定できる。上述のように、実施例1によれば、撮像系レンズの4面に図4の特性を有する赤外線カットコートIRC1～IRC4を形成し、プラスチックフィルムタイプの赤外線カットフィルタIRCFと組み合わせることで、可視光に対する十分な反射防止性能を有しながら、 $\lambda = 800 \sim 1200 \text{ nm}$ において高い反射率を有する光学系を構成し、CCDへ赤外線が入射するのを防ぐことができる。

【0029】

(実施例2：撮像系レンズの複数面に赤外線カットコートを形成)

実施例2に係る光学系を図5を参照して説明する。

CCDに入射する赤外線をカットするため、 $\lambda = 800 \sim 1200 \text{ nm}$ における反射率の最大値が30%以上である赤外線カットコートIRC1及びIRC2を形成したプラスチックレンズである第1レンズL1と赤外線カットコートIRC3及びIRC4を形成したプラスチックレンズである第2レンズL2とを組み合わせた撮像系を用いた。赤外線カットコートIRC1～IRC4は、プラスチックレンズ上にTiO₂を主成分とする材料とSiO₂を主成分とする材料とを交互に8層積層することで形成した。第1レンズL1及び第2レンズL2それぞれの片面の反射率特性を図6に示す。図6に示すように、第1レンズL1と第2レンズL2のそれぞれの面は、可視光域の $\lambda = 400 \sim 700 \text{ nm}$ において、十分な反射防止性能を有している。また、 $\lambda = 800 \sim 1200 \text{ nm}$ における反射率の最大値は60%程度と、通常の赤外線カットフィルタとしては十分な性能を持ち合わせていないものの、4面に図6の特性を有する赤外線カットフィルタIRC1～IRC4を形成することで、可視光に対する十分な反射防止性能を有しながら、 $\lambda = 800 \sim 1200 \text{ nm}$ において高い反射率を有する光学系を構成し、CCDへ赤外線が入射するのを防ぐことができる。

【0030】

(実施例3：プラスチックフィルムと撮像系レンズの3面に赤外線カットコートを形成)

実施例3に係る光学系を図7を参照して説明する。

CCDの赤外線をカットするため、プラスチックフィルム基板の上に高屈折率樹脂 ($n = 1.8$) と低屈折率樹脂 ($n = 1.5$) を交互に80層積層した赤外線カットフィルタIRCFを設けた。反射特性を図3に示す。プラスチックフィルムタイプの赤外線カットフィルタは高屈折率樹脂と低屈折率樹脂の屈折率差を大きくとることができないため、赤外線をカットできる帯域を広くとることができず、 $\lambda = 800 \sim 1200 \text{ nm}$ の範囲をカバー

10

20

30

40

50

しきれない。

そこで、補助的に $\lambda = 800 \sim 1200 \text{ nm}$ における反射率の最大値が 30% 以上である赤外線カットコート I R C 1 及び I R C 2 を形成したプラスチックレンズである第 1 レンズ L 1 と赤外線カットコート I R C 3 及び反射防止コート A R C を形成したプラスチックレンズである第 2 レンズ L 2 とを組み合わせた撮像系を用いた。プラスチックレンズ上に TiO_2 を主成分とする材料と SiO_2 を主成分とする材料を交互に 8 層積層することで形成した。赤外線カットコートが形成されたレンズ面の反射率特性は実施例 2 と同様であり、図 6 に示される。図 6 に示すように、可視光域の $\lambda = 400 \sim 700 \text{ nm}$ においては十分な反射防止性能を有している。また、 $\lambda = 800 \sim 1200 \text{ nm}$ における反射率の最大値は 60% 程度と、通常の IR カットフィルタとしては、十分な性能を持ち合わせていないものの、図 6 の特性を有する赤外線カットコートを 3 面に設けるとともに、図 3 の特性を有するプラスチックフィルムタイプの赤外線カットフィルタ I R C F と組み合わせることで、 $\lambda = 800 \sim 1200 \text{ nm}$ の反射率を高く設定できる。上述のように、実施例 3 によれば、撮像系レンズの第 1 面、第 2 面、第 3 面の 3 面に図 6 の特性を有する赤外線カットコート I R C 1 ~ I R C 3 を形成し、プラスチックフィルムタイプの赤外線カットフィルタ I R C F と組み合わせることで、可視光に対する十分な反射防止性能を有しながら、 $\lambda = 800 \sim 1200 \text{ nm}$ において高い反射率を有する光学系を構成し、C C D へ赤外線が入射するのを防ぐことができた。なお、レンズの第 4 面には図 8 に示す、通常の反射防止コート A R C を施した。その層構成を表 1 に示す。

【表 1】

設計波長 $\lambda_0 = 1000 \text{ nm}$

層番号	材料	屈折率 (n)	物理膜厚 (d)	光学膜厚 (nd / λ_0)
	基板	1.52		
4	TiO2	2.15	33.5	0.072
3	SiO2	1.47	189.5	0.279
2	TiO2	2.15	121.5	0.261
1	SiO2	1.47	87.1	0.128
	空気	1		

第 4 面のみ第 1 面から第 3 面と異なり、通常の反射防止コートとした理由であるが、撮像系の構成図を見ると分かるように第 4 面のみレンズ周辺の曲率が小さく、面が斜めに大きく傾いており、通常の蒸着では周辺部にも均一なコーティングを施すことが困難なためである。すると、周辺部の膜厚が薄くなり、反射特性が短波長側にシフトし、十分な反射防止特性を発揮することが難しくなる。ただし、蒸着の方法を工夫する、あるいはスパッタなどの他の膜形成方法を使用することでこの問題も解決可能である。

【0031】

以下、本発明で用いられる赤外線カットコートの具体的な層構成及び反射特性を示す。
(赤外線カットコート 1)

撮像系レンズの片面に、可視領域では反射防止膜として機能し、赤外領域では赤外線カットフィルタとして機能するコーティングを撮像系レンズの光学面に形成した。詳しくは、低屈折率材料の SiO_2 を主成分とする材料と高屈折率材料の TiO_2 を主成分とする材料とを交互に 6 層積層して形成した。成膜方法としては、真空蒸着法を採用したが、スパッタ、塗布等の別の方法を採用してもよい。表 2 に層構成を、図 9 に得られた撮像系レンズの片面の反射率特性を示す。また、空気側 (撮像系レンズ最上面) から第 1 層、第 2 層... と順番に数えることとする。

設計波長を $\lambda_0 = 1000 \text{ nm}$ として、第1層目は低屈折率材料の SiO_2 を $0.128 \lambda_0$ 、第2層目は高屈折率材料の TiO_2 を $0.261 \lambda_0$ 、第3層目は低屈折率材料の SiO_2 を $0.279 \lambda_0$ 、成膜した。この層構成のうち、反射防止膜としての機能を担うのは主に第1層目、第4層目、第5層目及び第6層目であり、赤外線カットフィルタとしての機能を担うのは主に第2層目と第3層目である。特に、第2層目と第3層目は赤外線波長 $\lambda_0 = 1000 \text{ nm}$ において約 $0.25 \lambda_0$ となるように設計している。

このような構成にすることで、可視光波長 $\lambda_1 = 500 \text{ nm}$ にはおいて約 $0.5 \lambda_1$ となり、光学薄膜としては不在層とみなせ、可視領域の反射防止性能を阻害することはない。一方、赤外線波長 $\lambda_0 = 1000 \text{ nm}$ においては約 $0.25 \lambda_0$ となり、光学薄膜として反射膜の基本構造を有するため、赤外領域の反射率を高めることができる。

10

【表2】

設計波長 $\lambda_0 = 1000 \text{ nm}$

層番号	材料	屈折率 (n)	物理膜厚 (d)	光学膜厚 (nd / λ_0)
	基板	1.52		
6	TiO2	2.15	25.3	0.054
5	Sio2	1.47	38.2	0.056
4	Tio2	2.15	33.5	0.072
3	Sio2	1.47	189.5	0.279
2	Tio2	2.15	121.5	0.261
1	Sio2	1.47	87.7	0.128
	空気	1		

20

【0032】

(赤外線カットコート2)

30

撮像系レンズの片面に、可視領域では反射防止膜として機能し、赤外領域では赤外線カットフィルタとして機能するコーティングを撮像系レンズの光学面に形成した。詳しくは、低屈折率材料の SiO_2 を主成分とする材料と高屈折率材料の TiO_2 を主成分とする材料とを交互に6層積層して形成した。成膜方法としては、真空蒸着法を採用したが、スパッタ、塗布等の別の方法を採用してもよい。表3に層構成を、図10に得られた撮像系レンズの片面の反射率特性を示す。また、空気側(撮像系レンズ最上面)から第1層、第2層...と順番に数えることとする。

設計波長を $\lambda_0 = 1000 \text{ nm}$ として、第1層目は低屈折率材料の SiO_2 を $0.130 \lambda_0$ 、第2層目は高屈折率材料の TiO_2 を $0.260 \lambda_0$ 、第3層目は低屈折率材料の SiO_2 を $0.253 \lambda_0$ 、第4層目は高屈折率材料の TiO_2 を $0.271 \lambda_0$ 、成膜した。この層構成のうち、反射防止膜としての機能を担うのは主に第1層目、第4層目、第5層目及び第6層目であり、赤外線カットフィルタとしての機能を担うのは主に第2層目、第3層目及び第4層目である。特に、第2層目、第3層目及び第4層目は赤外線波長 $\lambda_0 = 1000 \text{ nm}$ において約 $0.25 \lambda_0$ となるように設計している。

40

このような構成にすることで、可視光波長 $\lambda_1 = 500 \text{ nm}$ にはおいて約 $0.5 \lambda_1$ となり、光学薄膜としては不在層とみなせ、可視領域の反射防止性能を阻害することはない。一方、赤外線波長 $\lambda_0 = 1000 \text{ nm}$ においては約 $0.25 \lambda_0$ となり、光学薄膜として反射膜の基本構造を有するため、赤外領域の反射率を高めることができる。

【表 3】

設計波長 $\lambda_0=1000\text{nm}$

層番号	材料	屈折率 (n)	物理膜厚 (d)	光学膜厚 (nd / λ_0)
	基板	1.52		
6	TiO ₂	2.15	11.4	0.025
5	SiO ₂	1.47	34.1	0.050
4	TiO ₂	2.15	126.3	0.271
3	SiO ₂	1.47	172.2	0.253
2	TiO ₂	2.15	121.1	0.260
1	SiO ₂	1.47	88.8	0.130
	空気	1		

10

【0033】

(赤外線カットコート3)

20

撮像系レンズの片面に、可視領域では反射防止膜として機能し、赤外領域では赤外線カットフィルタとして機能するコーティングを撮像系レンズの光学面に形成した。詳しくは、低屈折率材料のSiO₂を主成分とする材料と高屈折率材料のTiO₂を主成分とする材料とを交互に8層積層して形成した。成膜方法としては、真空蒸着法を採用したが、スパッタ、塗布等の別の方法を採用してもよい。表4に層構成を、図11に得られた撮像系レンズの片面の反射率特性を示す。また、空気側(撮像系レンズ最上面)から第1層、第2層...と順番に数えることとする。

設計波長を $\lambda_0 = 1000\text{nm}$ として、第1層目は低屈折率材料のSiO₂を $0.130 \lambda_0$ 、第2層目は高屈折率材料のTiO₂を $0.260 \lambda_0$ 、第3層目は低屈折率材料のSiO₂を $0.259 \lambda_0$ 、第4層目は高屈折率材料のTiO₂を $0.274 \lambda_0$ 、第5層目は低屈折率材料のSiO₂を $0.285 \lambda_0$ 、成膜した。この層構成のうち、反射防止膜としての機能を担うのは主に第1層目、第6層目、第7層目及び第8層目であり、赤外線カットフィルタとしての機能を担うのは主に第2層目、第3層目、第4層目及び第5層目である。特に、第2層目、第3層目、第4層目及び第5層目は赤外線波長 $\lambda_0 = 1000\text{nm}$ において約 $0.25 \lambda_0$ となるように設計している。

30

このような構成にすることで、可視光波長 $\lambda_1 = 500\text{nm}$ にはおいて約 $0.5 \lambda_1$ となり、光学薄膜としては不在層とみなせ、可視領域の反射防止性能を阻害することはない。一方、赤外線波長 $\lambda_0 = 1000\text{nm}$ においては約 $0.25 \lambda_0$ となり、光学薄膜として反射膜の基本構造を有するため、赤外領域の反射率を高めることができる。

【表 4】

設計波長 $\lambda_0=1000\text{nm}$

層番号	材料	屈折率 (n)	物理膜厚 (d)	光学膜厚 (nd/λ_0)
	基板	1.52		
8	TiO ₂	2.15	20.7	0.045
7	SiO ₂	1.47	44.5	0.065
6	TiO ₂	2.15	27.6	0.059
5	SiO ₂	1.47	193.7	0.285
4	TiO ₂	2.15	127.4	0.274
3	SiO ₂	1.47	176.2	0.259
2	TiO ₂	2.15	121.1	0.260
1	SiO ₂	1.47	88.2	0.130
	空気	1		

10

20

【0034】

(赤外線カットコート4)

撮像系レンズの片面に、可視領域では反射防止膜として機能し、赤外領域では赤外線カットフィルタとして機能するコーティングを撮像系レンズの光学面に形成した。詳しくは、低屈折率材料のSiO₂を主成分とする材料と高屈折率材料のTiO₂を主成分とする材料とを交互に8層積層して形成した。成膜方法としては、真空蒸着法を採用したが、スパッタ、塗布等の別の方法を採用してもよい。表5に層構成を、図12に得られた撮像系レンズの片面の反射率特性を示す。また、空気側(撮像系レンズ最上面)から第1層、第2層...と順番に数えることとする。

30

設計波長を $\lambda_0 = 1000\text{nm}$ として、第1層目は低屈折率材料のSiO₂を $0.133\lambda_0$ 、第2層目は高屈折率材料のTiO₂を $0.258\lambda_0$ 、第3層目は低屈折率材料のSiO₂を $0.257\lambda_0$ 、第4層目は高屈折率材料のTiO₂を $0.256\lambda_0$ 、第5層目は低屈折率材料のSiO₂を $0.257\lambda_0$ 、第6層目は高屈折率材料のTiO₂を $0.280\lambda_0$ 、成膜した。この層構成のうち、反射防止膜としての機能を担うのは主に第1層目、第7層目及び第8層目であり、赤外線カットフィルタとしての機能を担うのは主に第2層目、第3層目、第4層目、第5層目及び第6層目である。特に、第2層目、第3層目、第4層目、第5層目及び第6層目は赤外線波長 $\lambda_0 = 1000\text{nm}$ において約 $0.25\lambda_0$ となるように設計している。

40

このような構成にすることで、可視光波長 $\lambda_1 = 500\text{nm}$ にはおいて約 $0.5\lambda_1$ となり、光学薄膜としては不在層とみなせ、可視領域の反射防止性能を阻害することはない。一方、赤外線波長 $\lambda_0 = 1000\text{nm}$ においては約 $0.25\lambda_0$ となり、光学薄膜として反射膜の基本構造を有するため、赤外領域の反射率を高めることができる。

【表 5】

設計波長 $\lambda_0=1000\text{nm}$

層番号	材料	屈折率 (n)	物理膜厚 (d)	光学膜厚 (nd/λ_0)
	基板	1.52		
8	TiO ₂	2.15	14.2	0.030
7	SiO ₂	1.47	36.0	0.053
6	TiO ₂	2.15	130.2	0.280
5	SiO ₂	1.47	175.1	0.257
4	TiO ₂	2.15	119.1	0.256
3	SiO ₂	1.47	175.2	0.257
2	TiO ₂	2.15	120.2	0.258
1	SiO ₂	1.47	90.5	0.133
	空気	1		

10

20

【0035】

(赤外線カットコート5)

撮像系レンズの片面に、可視領域では反射防止膜として機能し、赤外領域では赤外線カットフィルタとして機能するコーティングを撮像系レンズの光学面に形成した。詳しくは、低屈折率材料のSiO₂を主成分とする材料と高屈折率材料のTiO₂を主成分とする材料とを交互に10層積層して形成した。成膜方法としては、真空蒸着法を採用したが、スパッタ、塗布等の別の方法を採用してもよい。表6に層構成を、図13に得られた撮像系レンズの片面の反射率特性を示す。また、空気側(撮像系レンズ最上面)から第1層、第2層...と順番に数えることとする。

30

設計波長を $\lambda_0 = 1000\text{nm}$ として、第1層目は低屈折率材料のSiO₂を $0.136\lambda_0$ 、第2層目は高屈折率材料のTiO₂を $0.272\lambda_0$ 、第3層目は低屈折率材料のSiO₂を $0.268\lambda_0$ 、第4層目は高屈折率材料のTiO₂を $0.277\lambda_0$ 、第5層目は低屈折率材料のSiO₂を $0.264\lambda_0$ 、第6層目は高屈折率材料のTiO₂を $0.267\lambda_0$ 、第7層目は低屈折率材料のSiO₂を $0.287\lambda_0$ 、成膜した。この層構成のうち、反射防止膜としての機能を担うのは主に第1層目、第8層目、第9層目及び第10層目であり、赤外線カットフィルタとしての機能を担うのは主に第2層目、第3層目、第4層目、第5層目、第6層目及び第7層目である。特に、第2層目、第3層目、第4層目、第5層目、第6層目及び第7層目は赤外線波長 $\lambda_0 = 1000\text{nm}$ において約 $0.25\lambda_0$ となるように設計している。

40

このような構成にすることで、可視光波長 $\lambda_1 = 500\text{nm}$ にはおいて約 $0.5\lambda_1$ となり、光学薄膜としては不在層とみなせ、可視領域の反射防止性能を阻害することはない。一方、赤外線波長 $\lambda_0 = 1000\text{nm}$ においては約 $0.25\lambda_0$ となり、光学薄膜として反射膜の基本構造を有するため、赤外領域の反射率を高めることができる。

【表 6】

設計波長 $\lambda_0=1000\text{nm}$

層番号	材料	屈折率 (n)	物理膜厚 (d)	光学膜厚 (nd / λ_0)
	基板	1.52		
10	TiO ₂	2.15	22.5	0.048
9	SiO ₂	1.47	45.1	0.066
8	TiO ₂	2.15	30.4	0.065
7	SiO ₂	1.47	195.5	0.287
6	TiO ₂	2.15	124.0	0.267
5	SiO ₂	1.47	179.8	0.264
4	TiO ₂	2.15	129.0	0.277
3	SiO ₂	1.47	182.3	0.268
2	TiO ₂	2.15	126.7	0.272
1	SiO ₂	1.47	92.9	0.136
	空気	1		

10

20

【0036】

(赤外線カットコート6)

撮像系レンズの片面に、可視領域では反射防止膜として機能し、赤外領域では赤外線カットフィルタとして機能するコーティングを撮像系レンズの光学面に形成した。詳しくは、低屈折率材料のSiO₂を主成分とする材料と高屈折率材料のTiO₂を主成分とする材料とを交互に10層積層して形成した。成膜方法としては、真空蒸着法を採用したが、スパッタ、塗布等の別の方法を採用してもよい。表7に層構成を、図14に得られた撮像系レンズの片面の反射率特性を示す。また、空気側(撮像系レンズ最上面)から第1層、第2層...と順番に数えることとする。

30

設計波長を $\lambda_0 = 1000\text{nm}$ として、第1層目は低屈折率材料のSiO₂を $0.125\lambda_0$ 、第2層目は高屈折率材料のTiO₂を $0.274\lambda_0$ 、第3層目は低屈折率材料のSiO₂を $0.267\lambda_0$ 、第4層目は高屈折率材料のTiO₂を $0.269\lambda_0$ 、第5層目は低屈折率材料のSiO₂を $0.267\lambda_0$ 、第6層目は高屈折率材料のTiO₂を $0.264\lambda_0$ 、第7層目は低屈折率材料のSiO₂を $0.267\lambda_0$ 、第8層目は高屈折率材料のTiO₂を $0.284\lambda_0$ 、成膜した。この層構成のうち、反射防止膜としての機能を担うのは主に第1層目、第9層目及び第10層目であり、赤外線カットフィルタとしての機能を担うのは主に第2層目、第3層目、第4層目、第5層目、第6層目、第7層目及び第8層目である。特に、第2層目、第3層目、第4層目、第5層目、第6層目、第7層目及び第8層目は赤外線波長 $\lambda_0 = 1000\text{nm}$ において約 $0.25\lambda_0$ となるように設計している。

40

このような構成にすることで、可視光波長 $\lambda_1 = 500\text{nm}$ にはおいて約 $0.5\lambda_1$ となり、光学薄膜としては不在層とみなせ、可視領域の反射防止性能を阻害することはない。一方、赤外線波長 $\lambda_0 = 1000\text{nm}$ においては約 $0.25\lambda_0$ となり、光学薄膜として反射膜の基本構造を有するため、赤外領域の反射率を高めることができる。

【表 7】

設計波長 $\lambda_0=1000\text{nm}$

層番号	材料	屈折率 (n)	物理膜厚 (d)	光学膜厚 (nd/λ_0)
	基板	1.52		
10	TiO ₂	2.15	12.9	0.028
9	SiO ₂	1.47	38.1	0.056
8	TiO ₂	2.15	131.9	0.284
7	SiO ₂	1.47	181.6	0.267
6	TiO ₂	2.15	122.7	0.264
5	SiO ₂	1.47	181.4	0.267
4	TiO ₂	2.15	125.1	0.269
3	SiO ₂	1.47	181.3	0.267
2	TiO ₂	2.15	127.6	0.274
1	SiO ₂	1.47	84.8	0.125
	空気	1		

10

20

30

40

50

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】本実施形態の撮像系のレンズ断面図である。

【図2】実施例1に係る撮像系のレンズ断面図である。

【図3】実施例1及び実施例3における赤外線カットフィルタの反射特性を示す図である。

【図4】実施例1における赤外線カットコートが設けられたレンズ面の反射率特性を示す図である。

【図5】実施例1に係る撮像系のレンズ断面図である。

【図6】実施例2における赤外線カットコートが設けられたレンズ面の反射率特性を示す図である。

【図7】実施例3に係る撮像系のレンズ断面図である。

【図8】実施例3における反射防止コートが設けられたレンズ面の反射率特性を示す図である。

【図9】本発明で用いられる赤外線カットコートが設けられたレンズ面の反射率特性を示す図である。

【図10】本発明で用いられる赤外線カットコートが設けられたレンズ面の反射率特性を示す図である。

【図11】本発明で用いられる赤外線カットコートが設けられたレンズ面の反射率特性を示す図である。

【図12】本発明で用いられる赤外線カットコートが設けられたレンズ面の反射率特性を示す図である。

【図13】本発明で用いられる赤外線カットコートが設けられたレンズ面の反射率特性を示す図である。

【図14】本発明で用いられる赤外線カットコートが設けられたレンズ面の反射率特性を示す図である。

【符号の説明】

【0038】

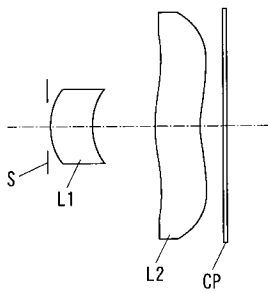
L1 第1レンズ

L2 第2レンズ

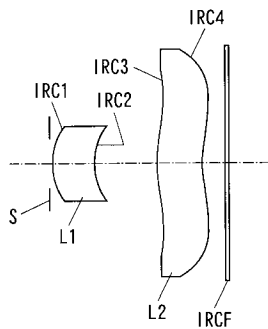
S 絞り

CP カバープレート

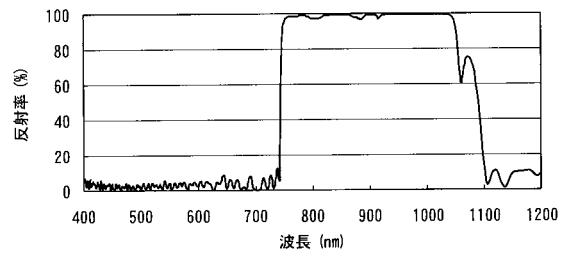
【図1】



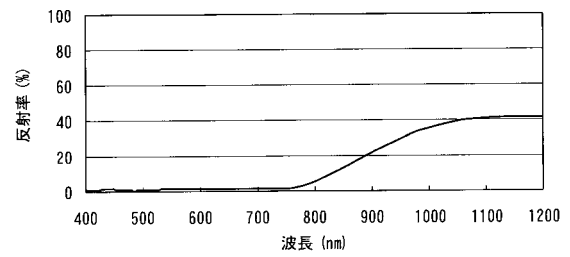
【図2】



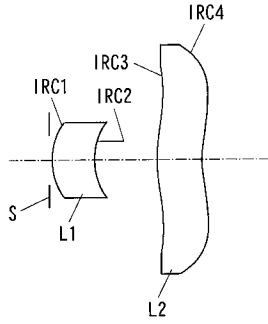
【図3】



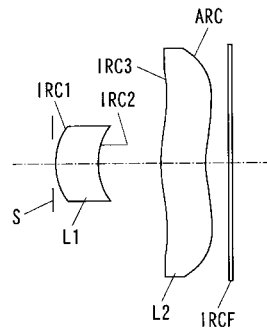
【図4】



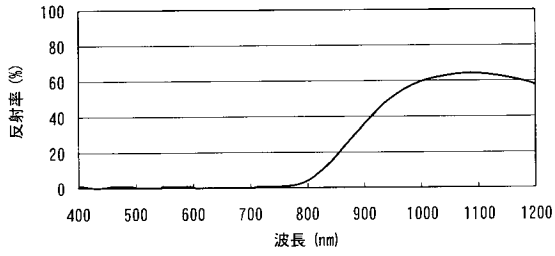
【 図 5 】



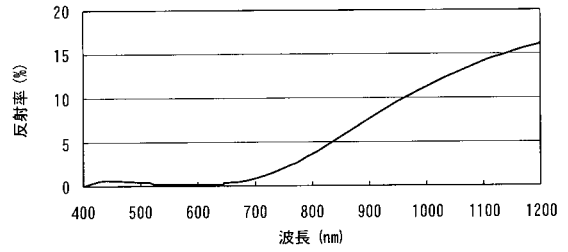
【 図 7 】



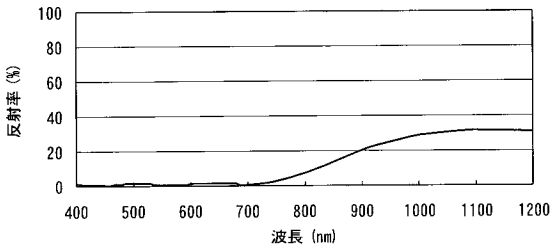
【 図 6 】



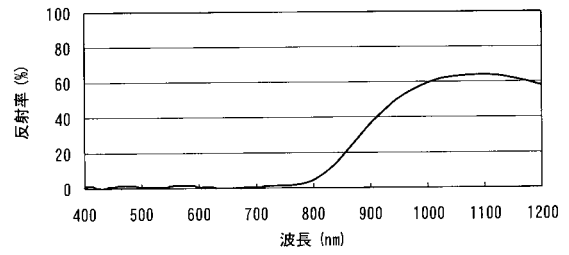
【 図 8 】



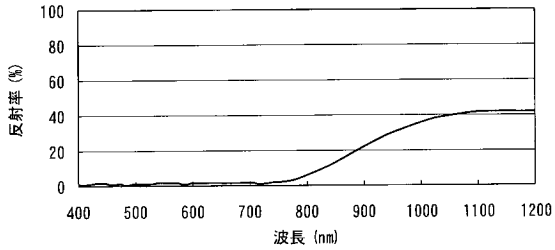
【 図 9 】



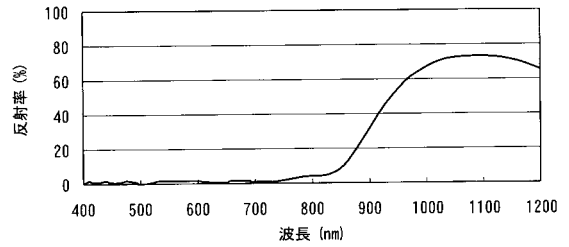
【 図 1 2 】



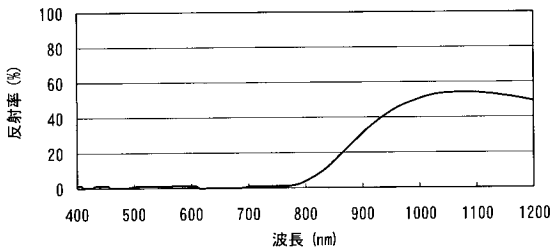
【 図 1 0 】



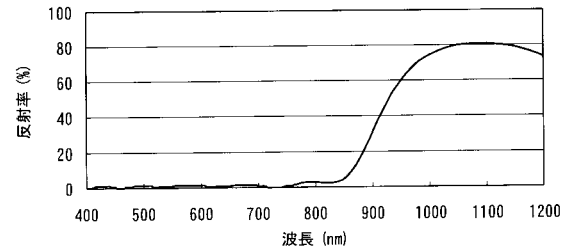
【 図 1 3 】



【 図 1 1 】



【 図 1 4 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA01 KA03 LA01 PA02 PA17 PB02 QA02 QA06 QA12 QA21
QA32 QA41 RA01 RA11 RA12 RA34 RA43 UA01
5C024 AX06 BX01 CY47 EX42 EX51 GX03