

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5853638号  
(P5853638)

(45) 発行日 平成28年2月9日(2016.2.9)

(24) 登録日 平成27年12月18日(2015.12.18)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 5/08 (2006.01)  
G02B 27/02 (2006.01)G02B 5/08  
G02B 27/02D  
Z

請求項の数 9 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2011-256682 (P2011-256682)  
 (22) 出願日 平成23年11月24日 (2011.11.24)  
 (65) 公開番号 特開2013-109301 (P2013-109301A)  
 (43) 公開日 平成25年6月6日 (2013.6.6)  
 審査請求日 平成26年11月18日 (2014.11.18)

(73) 特許権者 000002369  
 セイコーエプソン株式会社  
 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号  
 (74) 代理人 100125689  
 弁理士 大林 章  
 (74) 代理人 100121108  
 弁理士 高橋 太朗  
 (72) 発明者 矢野 邦彦  
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

審査官 居島 一仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ハーフミラー及び画像表示装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

透光性の樹脂により形成された一対の樹脂基材と、  
 前記樹脂基材に挟まれ、少なくとも銀を含む金属膜と、  
 前記金属膜と前記樹脂基材との間にそれぞれ介在される一対の誘電体膜とを備え、  
 前記誘電体膜は、  
 前記金属膜に接し、前記金属膜と比較して高い屈折率を有するZrO<sub>2</sub>で形成された一対の高屈折率層と、  
 前記樹脂基材と前記高屈折率層との間に設けられた一対のブロック層とを含み、  
 前記ブロック層は、

前記樹脂基材上においてSiO<sub>2</sub>で形成されたSiO<sub>2</sub>層と、  
 前記SiO<sub>2</sub>層上においてAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>で形成されたAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層とを含む、  
 ことを特徴とするハーフミラー。

## 【請求項 2】

前記誘電体膜が、前記樹脂基材と前記ブロック層との間に介在され、ZrO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>又はSiO<sub>2</sub>のいずれかで形成され、又はこれらを積層させた保護層をさらに含むことを特徴とする請求項1に記載のハーフミラー。

## 【請求項 3】

前記高屈折率層において、前記ZrO<sub>2</sub>に代えて、前記金属膜と比較して高い屈折率を有するZrとTiとの合金、又はこれらの混合酸化物を用いることを特徴とする請求項1

又は 2 に記載のハーフミラー。

【請求項 4】

透光性の樹脂により形成された一対の樹脂基材と、  
前記樹脂基材に挟まれ、少なくとも銀を含む金属膜と、  
前記金属膜と前記樹脂基材との間にそれぞれ介在される一対の誘電体膜とを備え、  
前記誘電体膜は、  
前記金属膜に接し、前記金属膜と比較して高い屈折率を有する Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> で形成された高屈折率層と、

前記樹脂基材と前記高屈折率層との間に設けられたブロック層とを含み、  
前記ブロック層は、  
前記樹脂基材上において SiO<sub>2</sub> で形成された SiO<sub>2</sub> 層と、  
前記 SiO<sub>2</sub> 層上において ZrO<sub>2</sub> で形成された ZrO<sub>2</sub> 層とを含む、  
ことを特徴とするハーフミラー。

【請求項 5】

透光性の樹脂により形成された一対の樹脂基材と、  
前記樹脂基材に挟まれ、少なくとも銀を含む金属膜と、  
前記金属膜と前記樹脂基材との間にそれぞれ介在される第 1 及び第 2 の誘電体膜とを備え、  
前記第 1 の誘電体膜は、  
前記金属膜に接し、前記金属膜と比較して高い屈折率を有する Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> で形成された高屈折率層と、  
前記樹脂基材と前記高屈折率層との間に設けられ、前記樹脂基材上において SiO<sub>2</sub> で形成された SiO<sub>2</sub> 層と、前記 SiO<sub>2</sub> 層上において Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> で形成された Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層とを含むブロック層とを含み、

前記第 2 の誘電体膜は、  
前記金属膜に接し、前記金属膜と比較して高い屈折率を有する ZrO<sub>2</sub> で形成された高屈折率層と、  
前記樹脂基材と前記高屈折率層との間に設けられ、前記樹脂基材上において Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> で形成された Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層を含むブロック層とを含む、  
ことを特徴とするハーフミラー。

【請求項 6】

前記誘電体膜が、前記樹脂基材と前記ブロック層との間に介在され、ZrO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 又は SiO<sub>2</sub> のいずれかで形成され、又はこれらを積層させた保護層をさらに含むことを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載のハーフミラー。

【請求項 7】

前記高屈折率層において、前記 ZrO<sub>2</sub> に代えて、前記金属膜と比較して高い屈折率を有する Zr と Ti の合金、又はこれらの混合酸化物で形成された Zr 含有層を有すること を特徴とする請求項 4 乃至 6 のうちいずれか 1 項に記載のハーフミラー。

【請求項 8】

前記 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層は、5 nm 以上であり、且つ前記誘電体膜の厚さがそれぞれ 200 nm 以上 1 μm 以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のうちいずれか 1 項に記載のハーフミラー。

【請求項 9】

映像を表示する表示部と、  
請求項 1 乃至 8 のうちいずれか 1 項に記載のハーフミラーとを備え、  
前記ハーフミラーは、外光を透過するとともに前記表示部で表示される映像を反射し、前記外光と前記映像とを重ねて表示することを特徴とする画像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

**【0001】**

本発明は、ハーフミラー及びこれを用いた画像表示装置に関する。

**【背景技術】****【0002】**

従来より、ヘッドマウントディスプレイ、ヘッドアップディスプレイ、ビデオカメラのビューファインダーなどの画像表示装置においては、光束を複数に分割するためのハーフミラーが用いられている。このハーフミラーは、撮影装置に搭載される観察系の光学系において、液晶ディスプレイ等の表示手段に表示した画像情報と外景からの光の双方を同一視野で観察するために、液晶ディスプレイ上の画像を、観察者の眼に向かって反射させる一方で、外光を透過させる。

10

**【0003】**

このようなハーフミラーとしては、透明基材が接合されたプリズムタイプのビームスプリッターがあり、一方の透明基材の表面上に、銀などの金属により成膜した後に、その薄膜層上部に屈折率を一致させた他方の透明基材を接着して、薄膜層を挟み込んだ構成となっており、透過光は直進し、外部からの透過像の歪を少なくすることができる。

**【0004】**

この薄膜層については、誘電体材料からなる高屈折率膜や低屈折率膜を積層した誘電体多層膜や、金属膜を誘電体膜で挟んだタイプのものがあり（例えば、特許文献1）、後者の金属膜を誘電体膜で挟んだものは可視光全域程度の広い波長範囲で、偏光依存性や入射角依存性が小さくできる特徴があり、外部の光を透過観察しつつ画像情報を表示するシースルー型の光学系を作成するのに好適である。

20

**【0005】**

ところで、上述した薄膜層としては、銀の変わりに他の金属、例えばアルミを使ってもハーフミラーとすることができますが、吸収による損失が大きいという問題があるとともに、1~5 nmと極端に薄い層を均質に精度良く形成できないという困難さがある。また、銀の薄膜層は、熱による拡散や粒状化やガス成分との酸化等の変質反応が生じやすい問題がある。

**【0006】**

このような銀の反応性を抑えるために、従来では、成膜時において高真空中に排気するとともに基材温度を低くするとともに、大気中において変質を抑える保護層を形成しておく必要があった。また、銀の光学的物性を損なわない範囲で少量の安定化成分と合金化したり、或いは、特許文献2のように安定して形成するために、隣接するCr等の金属層を極薄く形成するなどの手法も知られている。

30

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0007】**

【特許文献1】米国特許3559090号公報

【特許文献2】特許第3563955号公報

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】**

40

**【0008】**

しかしながら、表示装置においては、光学部品の軽量化、低コスト化のためにプリズムを樹脂基材で形成することがある。樹脂基材には特有の吸水性や不安定な分子が含まれ、成膜時の真空状態において、基材から水分や有機成分が滲出し、揮発して膜中に取り込まれるため、銀層や銀層を挟む誘電体膜の密度が低下してしまい、銀層の拡散・変質が従来のガラス基材より生じやすくなってしまう問題があった。

**【0009】**

そこで、本発明は、ハーフミラーの基材として樹脂材料を用いることにより光学部品の軽量化及び低コスト化を図るとともに、光量の損失を低減しつつ、ハーフミラーに含まれる金属膜の光学特性の安定化を図ることを解決課題の一つとする。

50

## 【課題を解決するための手段】

## 【0010】

以上の課題を解決するため、本発明に係るハーフミラーは、透光性の樹脂により形成された一対の樹脂基材と、前記樹脂基材に挟まれ、少なくとも銀を含む金属膜と、前記金属膜と前記樹脂基材との間にそれぞれ介在される一対の誘電体膜とを備え、前記誘電体膜は、前記金属膜に接し、前記金属膜と比較して高い屈折率を有するZrO<sub>2</sub>で形成された一対の高屈折率層と、前記樹脂基材と前記高屈折率層との間に設けられた一対のブロック層とを含み、前記ブロック層は、前記樹脂基材上においてSiO<sub>2</sub>で形成されたSiO<sub>2</sub>層と、前記SiO<sub>2</sub>層上においてAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>で形成されたAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層とを含むことを特徴とする。

10

## 【0011】

この発明によれば、銀で形成された金属膜がZrO<sub>2</sub>で形成された高屈折率層で覆われることから、高屈折率を確保でき、さらに、SiO<sub>2</sub>及びAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>で形成されたブロック層により樹脂基材と金属膜との距離を十分に確保するとともに、樹脂基材と直接接触するのを、樹脂との付着性が高いSiO<sub>2</sub>層とするため、成膜時において、樹脂基材から水分や有機成分が滲出し、揮発して、金属膜を挟む誘電体膜の密度が低下するのを回避することができる。

## 【0012】

また、上述したハーフミラーでは、前記誘電体膜が、前記樹脂基材と前記ブロック層との間に介在され、ZrO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>又はSiO<sub>2</sub>のいずれかで形成され、又はこれらを積層させた保護層をさらに含むことが好ましい。この場合には、ZrO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>又はSiO<sub>2</sub>のいずれかで形成され、又はこれらを積層させた保護層を、さらに樹脂基材側に形成させることにより、より適切な反射率・透過率を確保しつつ、より確実に樹脂基材特有の金属膜に対する変質効果を抑制することができる。

20

## 【0013】

また、上述したハーフミラーでは、前記高屈折率層において、前記ZrO<sub>2</sub>に代えて、前記金属膜と比較して高い屈折率を有するZrとTiとの合金、又はこれらの混合酸化物を用いることができる。この場合には、ZrとTiとの合金、又はこれらの混合酸化物によって、より高い屈折率を確保することができる。

30

## 【0014】

また、本発明に係るハーフミラーは、透光性の樹脂により形成された一対の樹脂基材と、前記樹脂基材に挟まれ、少なくとも銀を含む金属膜と、前記金属膜と前記樹脂基材との間にそれぞれ介在される一対の誘電体膜とを備え、前記誘電体膜は、前記金属膜に接し、前記金属膜と比較して高い屈折率を有するAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>で形成された高屈折率層と、前記樹脂基材と前記高屈折率層との間に設けられたブロック層とを含み、前記ブロック層は、前記樹脂基材上においてSiO<sub>2</sub>で形成されたSiO<sub>2</sub>層と、前記SiO<sub>2</sub>層上においてZrO<sub>2</sub>で形成されたZrO<sub>2</sub>層とを含むことを特徴とする。

40

## 【0015】

この発明によれば、銀で形成された金属膜がAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>で形成された高屈折率層で覆われることから、高屈折率が確保できるとともに、樹脂基材と直接接触するのを、樹脂との付着性が高いZrO<sub>2</sub>層とするため、成膜時において、樹脂基材から水分や有機成分が滲出し、揮発して、金属膜を挟む誘電体膜の密度が低下するのを回避することができる。

## 【0016】

さらに、本発明に係るハーフミラーは、透光性の樹脂により形成された一対の樹脂基材と、前記樹脂基材に挟まれ、少なくとも銀を含む金属膜と、前記金属膜と前記樹脂基材との間にそれぞれ介在される第1及び第2の誘電体膜とを備え、前記第1の誘電体膜は、前記金属膜に接し、前記金属膜と比較して高い屈折率を有するAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>で形成された高屈

50

折率層と、前記樹脂基材と前記高屈折率層との間に設けられ、前記樹脂基材上において  $SiO_2$  で形成された  $SiO_2$  層と、前記  $SiO_2$  層上において  $Al_2O_3$  で形成された  $Al_2O_3$  層とを含むプロック層とを含み、前記第2の誘電体膜は、前記金属膜に接し、前記金属膜と比較して高い屈折率を有する  $ZrO_2$  で形成された高屈折率層と、前記樹脂基材と前記高屈折率層との間に設けられ、前記樹脂基材上において  $Al_2O_3$  で形成された  $Al_2O_3$  層を含むプロック層とを含むことを特徴とする。

### 【0017】

この発明によれば、第1及び第2の誘電体膜において、銀で形成された金属膜が、 $Al_2O_3$  又は  $ZrO_2$  で形成された高屈折率層で覆われることから、高屈折率が確保できる。また、第1及び第2の誘電体膜において、樹脂基材と直接接触するのを、樹脂との付着性が高い  $SiO_2$  層又は  $Al_2O_3$  層とし、さらに  $Al_2O_3$  層により樹脂からの距離を十分に確保するため、成膜時において、樹脂基材から水分や有機成分が滲出し、揮発して、金属膜を挟む誘電体膜の密度が低下するのを回避することができる。

### 【0018】

上述したハーフミラーにおいて、前記誘電体膜が、前記樹脂基材と前記プロック層との間に介在され、 $ZrO_2$ 、 $Al_2O_3$  又は  $SiO_2$  のいずれかで形成され、又はこれらを積層させた保護層をさらに含むことが好ましい。この場合には、 $ZrO_2$ 、 $Al_2O_3$  又は  $SiO_2$  のいずれかで形成され、又はこれらを積層させた保護層を、さらに樹脂基材側に形成させることにより、より適切な反射率・透過率を確保しつつ、より確実に樹脂基材特有の金属膜に対する変質効果を抑制することができる。

### 【0019】

上述したハーフミラーにおいて、前記高屈折率層において、前記  $ZrO_2$  に代えて、前記金属膜と比較して高い屈折率を有する  $Zr$  と  $Ti$  の合金、又はこれらの混合酸化物を用いることができる。この場合には、 $Zr$  と  $Ti$  の合金、又はこれらの混合酸化物によって、より高い屈折率を確保することができる。

### 【0020】

上述したハーフミラーにおいて、前記  $Al_2O_3$  層は、5 nm 以上であり、且つ前記一对の誘電体膜の厚さがそれぞれ 200 nm 以上 1  $\mu m$  以下であることが好ましい。一对の誘電体膜の厚さを 1  $\mu m$  以上まで誘電体膜を厚く形成した場合では、樹脂基材との線膨張率の差に起因する膜の割れや剥離が生じてしまうが、200 nm 以上 1  $\mu m$  以下とした場合には、誘電体膜の厚みを持たせることにより樹脂基材と金属膜との距離を十分に確保することができ、樹脂基材特有の金属膜に対する変質効果を抑制することができる。

### 【0021】

本発明に係る画像表示装置は、映像を表示する表示部と、上述したハーフミラーとを備え、前記ハーフミラーは、外光を透過するとともに前記表示部で表示される映像を反射し、前記外光と前記映像とを重ねて表示することを特徴とする。

この発明によれば、液晶ディスプレイ等の表示部で表示された映像を、ハーフミラーを通じて、観察可能に表示する画像表示装置において、ハーフミラーの樹脂基材として樹脂材料を用いることにより光学部品の軽量化及び低コスト化を図ることができる。また、ハーフミラーの金属膜として銀を用いることにより光量の損失を低減し、金属膜を挟む誘電体膜のプロック層や保護層により長期間に渡り、耐久性、耐熱性を向上させ、光学特性の安定化を図ることができる。

### 【図面の簡単な説明】

### 【0022】

【図1】は、実施形態に係るヘッドマウントディスプレイ (HMD) の光路を示す要部断面図である。

【図2】(a) は、ハーフミラーの膜構成を示す模式的断面図であり、(b) は、(a) に示した膜構成に、さらに保護層を形成した模式的断面図である。

【図3】実施例1の膜構成により形成されたハーフミラーにおける、ハーフミラーの入射

10

20

30

40

50

角度20～34度における反射率Rと分光透過率Tを示すグラフである。

【図4】実施例2の膜構成により形成されたハーフミラーにおける、ハーフミラーの入射角度20～34度における反射率Rと分光透過率Tを示すグラフである。

【図5】実施例3の膜構成により形成されたハーフミラーにおける、ハーフミラーの入射角度20～34度における反射率Rと分光透過率Tを示すグラフである。

【図6】実施例4の膜構成により形成されたハーフミラーにおける、ハーフミラーの入射角度20～34度における反射率Rと分光透過率Tを示すグラフである。

【図7】実施例5の膜構成により形成されたハーフミラーにおける、ハーフミラーの入射角度20～34度における反射率Rと分光透過率Tを示すグラフである。

【図8】実施例6の膜構成により形成されたハーフミラーにおける、ハーフミラーの入射角度20～34度における反射率Rと分光透過率Tを示すグラフである。 10

【発明を実施するための形態】

【0023】

以下に添付図面を参照して、本発明に係るヘッドマウントディスプレイ（以下、HMDと称する）の実施形態を詳細に説明する。なお、図面においては、各部の寸法の比率は実際のものとは適宜に異ならせてある。また、かかる実施の形態は、本発明の一態様を示すものであり、この発明を限定するものではなく、本発明の技術的思想の範囲内に任意に変更可能である。

【0024】

図1は、実施形態に係るHMD100の光路を示す要部断面図である。図1に示すように、HMD100は、液晶ディスプレイ等の表示手段1で表示された映像を、観察者の眼前に観察可能に表示する画像表示装置であり、観察者の頭部に装着され、観察者の眼EYの前方に配置されるHMD本体内に種々の装置が組み込まれている。このHMD本体は、使用者の眼前に配置される筐体であり、その筐体の内部に表示手段1と、光学系6と、導光手段10とを備えている。なお、HMD本体の筐体は、前方が開放状態であるか、若しくはガラス等の透明な部材が配置された状態となっている。 20

【0025】

表示手段1は、本実施形態では透過型液晶パネルであり、この表示手段1から射出された映像は、光学系6を通じて、導光手段10の映像入射面10aに入射される。光学系6は、表示手段1から射出された光を拡大して、導光手段10の映像入射面10aに入射させるレンズ群である。本実施例では、この光学系6には、表示手段1の前方に配置された対物レンズL1と、調整用の調整レンズL2と、導光手段10に向けて集光する集光レンズL3とが含まれている。なお、この光学系6は、表示装置1の大きさによって映像に倍率をかける必要がない場合には不要である。また、図示しないが、表示手段1と導光手段10との間には、空気或いは透明プラスチックやガラスなどの導光媒質があつたり、さらにはレンズがあつたり、HMDの光学仕様によって種々の光学要素が配置されるようになつている。 30

【0026】

一方、導光手段10は、観察者の眼EYの前方に設けられ、外界の被写体OBJから入射された外光と、表示装置1から入射された光とを合成して、眼EYに入射させるビームスプリッターであり、具体的には、内部にハーフミラー4を備えるとともに、外界からの光が入射される外光入射面10cと、表示装置1から射出された光が入射される映像入射面10aと、映像入射面10aから入射された光を反射させる反射面10bと、外界からの光及び反射面10bからの反射光が合成されて射出される射出面10dとを有している。 40

【0027】

この導光手段10は、透明樹脂で成形された2つの樹脂基材11及び12で構成され、これら2つの樹脂基材11及び12の接合面に沿ってハーフミラー4が形成されている。この樹脂基材11及び12としては、アクリル、ウレタン、ポリカーボネート、シクロオレフィン、スチレン等の単体若しくは混合した材料を用いることができる。 50

## 【0028】

前記ハーフミラー4は、外光入射面10cから入射された外光を透過させるとともに、反射面10bで反射された表示装置1からの光を反射させる。すなわち、表示手段1で表示された映像に基づく光束(可視光束)は、光学系6を通じて映像入射面10aより導入され、反射面10bで全反射された後に、ハーフミラー4で反射され、射出面10dを通過して観察者の眼EYに導光される。そして、ハーフミラー4では、外景である被写体OBJの映像と、表示手段1からの虚像とが、空間的に重畳して双方を同一視野で同一視度として観察できるようになっている。

## 【0029】

図2(a)及び(b)は、図1に示したハーフミラー4の膜構成を示す模式的断面図である。図2(a)に示すように、このハーフミラー4は、樹脂基材11又は12の表面上に成膜された一対の誘電体膜41,41と、この誘電体膜41,41により挟まれた金属膜40とから概略構成されている。本実施形態において金属膜40は、銀で形成されている。なお、この金属膜40としては、銀とCu、Au、Pd等の他の金属との合金で形成し、樹脂基材11,12に成膜された誘電体膜41,41に対する銀膜の結合力(付着性)を強化してもよく、これにより、耐熱性や安定性、光学特性を向上させてもよい。

10

## 【0030】

また、誘電体膜41,41は、金属膜40に接する上下一対の高屈折率層41a,41aと、樹脂基材11,12に接するブロック層41b,41bとから構成され、これら高屈折率層41a,41aとブロック層41b,41bとしては、 $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ , ZrとTiの混合酸化物、LaとTiの混合酸化物、LaとAlとの混合酸化物、 $\text{CeO}_2$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{HfO}_2$ 、及びこれらの混合物の中から一つ又は複数の組み合わせを選定することができる。

20

## 【0031】

詳述すると、高屈折率層41a,41aとしては、屈折率が高く、吸収の少ない $\text{ZrO}_2$ や $\text{TiO}_2$ を主成分とすることでき、膜厚により選択的にAg膜の内面反射を減少させられ、分光特性を平坦化している。また、高屈折率層41a,41aとしては、 $\text{ZrO}_2$ 層に代えて、ZrとTiとの合金、又はこれらの混合酸化物で形成されたZr含有層とすることもできる。この場合には、ZrとTiとの合金、又はこれらの混合酸化物によって、より高い屈折率を確保することができる。

30

## 【0032】

ブロック層41b,41bとしては、 $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 又は珪素酸化物の $\text{SiO}$ や $\text{SiO}_2$ のいずれかで形成され、又はこれらが積層され、樹脂基材11,12との密着性がよく、熱膨張・吸湿膨張による変形を緩和する材料が用いられる。また、このブロック層41b,41bとしては、複数の材質を積層させることができ、例えば、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜を、樹脂基材11,12と接触するように形成してもよい。そして、このブロック層41b,41bとして $\text{Al}_2\text{O}_3$ を用いた場合には、その $\text{Al}_2\text{O}_3$ 層は、5nm以上とする。また、一対の誘電体膜41,41の厚さがそれぞれ200nm以上1μm以下とする。このように誘電体膜41,41の厚みを持たせることにより樹脂基材11,12と金属膜40との距離を十分に確保することができ、樹脂基材特有の金属膜40に対する変質効果を抑制することができる。

40

## 【0033】

さらに、誘電体膜41,41には、図2(b)に示すように、樹脂基材11,12と前記ブロック層41b,41bとの間に介在され、 $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 又は $\text{SiO}_2$ のいずれかで形成され、又はこれらを積層させた保護層41c,41cを形成してもよい。このように保護層41c,41cを、さらに樹脂基材11,12側に形成させることにより、より適切な反射率・透過率を確保しつつ、より確実に樹脂基材特有の金属膜40に対する変質効果を抑制することができる。

## 【0034】

なお、図2(a)及び(b)に示した誘電体膜41,41は、各膜構造を金属膜40の

50

表裏において、別々に組み合わせて用い、膜構造（組成や層数）の異なる第1及び第2の誘電体膜としてもよく、画像表示装置の映像や外光の入射方向・射出方向に応じて、その反射率や透過率を調整するようにしてもよい。

【0035】

次に本発明に係るハーフミラーの膜構成の具体的な実施例について説明する。

（実施例1）

樹脂基材11, 12として、屈折率  $n = 1.50$ （屈折率  $n$  の値は、可視光の中央の波長 550 nm における代表値）のアクリル樹脂を用い、下表のような材料、屈折率及び膜厚により10層の成膜を施した。

【表1】

10

・基板 アクリル樹脂  $n = 1.50$

・光線入射角 20~34度

層	材料	屈折率	膜厚(nm)
1	ZrO <sub>2</sub>	2.02	6.2
2	SiO <sub>2</sub>	1.46	169.4
3	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.57	17.5
4	ZrO <sub>2</sub>	2.02	78.7
5	Ag	0.06	18.0
6	ZrO <sub>2</sub>	2.02	45.6
7	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.57	17.5
8	SiO <sub>2</sub>	1.46	528.9
9	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.57	16.3
10	SiO <sub>2</sub>	1.46	59.6

合計 957.8

20

30

同表に示すように、本実施例では、金属膜40（第5層）として、屈折率0.06及び膜厚18.0 nmのAg膜を用い、これを挟み込むようにZrO<sub>2</sub>で高屈折率層41a, 41a（第4層及び第6層）を形成し、さらにこれを挟み込むように、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>で形成された第1のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層（第3層及び第7層）を形成し、さらにこれを挟み込むようにSiO<sub>2</sub>で形成されたSiO<sub>2</sub>層（第2層及び第8層）を形成している。また、本実施例では、SiO<sub>2</sub>層を挟み込むように、さらに保護層41c, 41cが形成されている。この保護層41c, 41cは、本実施例では、ZrO<sub>2</sub>のみで形成され、一方の樹脂基材に接触されるZrO<sub>2</sub>層（第1層及び第9~10層）と、他方の樹脂基材に接触されるSiO<sub>2</sub>層と、このSiO<sub>2</sub>層を覆うAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層とから構成されている。

40

【0036】

プロック層41b, 41bを形成するAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は、その膜厚が5 nm以上であり、且つ一対の誘電体膜41, 41の厚さがそれぞれ200 nm以上1 μm以下となっている。すなわち、第1層~第4層の合計厚さ、及び第6層~第10層の合計厚さのそれぞれが、200 nm以上1 μm以下となっている。

【0037】

図3は、本実施例の膜構成により形成されたハーフミラーにおける、ハーフミラーの入射角度20~34度における反射率Rと分光透過率Tを示すグラフである。この図から解かるように本実施例では可視光域の波長400~660 nm間では平坦な分光特性で、波長550 nmの反射率は62.0%、透過率は35.0%、吸収は3.0%であり、吸収

50

の少ない優れた光学特性のハーフミラーを達成している。

【0038】

このような本実施例によれば、銀で形成された金属膜がZrO<sub>2</sub>で形成された高屈折率層41a, 41aで覆われることから高屈折率を確保でき、さらに、SiO<sub>2</sub>及びAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>で形成されたブロック層により樹脂基材と金属膜との距離を十分に確保することができる。また、ZrO<sub>2</sub>で形成され、又はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>及びSiO<sub>2</sub>を積層させた保護層41c, 41cを、さらに樹脂基材11, 12側に形成させることにより、より適切な反射率・透過率を確保しつつ、より確実に樹脂基材特有の金属膜に対する変質効果を抑制することができる。特に、樹脂基材11, 12と直接接触するのを、樹脂との付着性が高いZrO<sub>2</sub>又はSiO<sub>2</sub>層とするため、成膜時において、樹脂基材11, 12から水分や有機成分が滲出し、揮発して、金属膜40を挟む誘電体膜41, 41の密度が低下するのを回避することができる。10

【0039】

(実施例2)

樹脂基材11, 12として、屈折率n=1.50のアクリル樹脂を用い、下表のような材料、屈折率及び膜厚により7層の成膜を施した。

【表2】

・基板 アクリル樹脂 n=1.50

・光線入射角 20~34度

層	材料	屈折率	膜厚(nm)
1	SiO <sub>2</sub>	1.46	162.9
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.57	17.5
3	ZrO <sub>2</sub>	2.02	80.3
4	Ag	0.06	17.9
5	ZrO <sub>2</sub>	2.02	43.8
6	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.57	17.5
7	SiO <sub>2</sub>	1.46	161.8

20

合計 501.8

30

同表に示すように、本実施例では、金属膜40(第4層)として、屈折率0.06及び膜厚17.9nmのAg膜を用い、これを挟み込むようにZrO<sub>2</sub>で高屈折率層41a, 41a(第3層及び第5層)を形成し、さらにこれを挟み込むように、ブロック層41b, 41bとして、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>で形成されたAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層を形成し、さらにこれを挟み込むようにSiO<sub>2</sub>で形成されたSiO<sub>2</sub>層を形成している。

【0040】

ブロック層41b, 41bを形成するAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は、その膜厚が5nm以上であり、且つ一対の誘電体膜41, 41の厚さがそれぞれ200nm以上1μm以下となっている。すなわち、第1層~第3層の合計厚さ、及び第5層~第7層の合計厚さのそれぞれが、200nm以上1μm以下となっている。40

【0041】

図4は、本実施例の膜構成により形成されたハーフミラーにおける、ハーフミラーの入射角度20~34度における反射率Rと分光透過率Tを示すグラフである。この図から解かるように本実施例では可視光域の波長400~660nm間では平坦な分光特性で、波長550nmの反射率は64.0%、透過率は34.5%、吸収は1.5%であり、吸収の少ない優れた光学特性のハーフミラーを達成している。

【0042】

50

このような本実施例によれば、銀で形成された金属膜がZrO<sub>2</sub>で形成された高屈折率層41a, 41aで覆われることから高屈折率を確保でき、さらに、SiO<sub>2</sub>及びAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>で形成されたブロック層により樹脂基材11, 12と金属膜40との距離を十分に確保することができ、成膜時において、樹脂基材11, 12から水分や有機成分が滲出し、揮発して、金属膜40を挟む誘電体膜41, 41の密度が低下するのを回避することができる。

【0043】

(実施例3)

樹脂基材11, 12として、屈折率n=1.50のアクリル樹脂を用い、下表のような材料、屈折率及び膜厚により5層の成膜を施した。

10

【表3】

・基板 アクリル樹脂 n= 1.50

・光線入射角 20~34度

層	材料	屈折率	膜厚(nm)
1	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.57	194.0
2	ZrO <sub>2</sub>	2.02	85.8
3	Ag	0.06	17.4
4	ZrO <sub>2</sub>	2.02	48.7
5	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.57	296.3

合計 642.1

20

同表に示すように、本実施例では、金属膜40(第3層)として、屈折率0.06及び膜厚17.4nmのAg膜を用い、これを挟み込むようにZrO<sub>2</sub>で高屈折率層41a, 41a(第2層及び第3層)を形成し、さらにこれを挟み込むように、ブロック層41b, 41bとしてのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>で形成されたAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層を形成している。

30

【0044】

ブロック層41b, 41bを形成するAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は、その膜厚が5nm以上であり、且つ一対の誘電体膜41, 41の厚さがそれぞれ200nm以上1μm以下となっている。すなわち、第1層~第2層の合計厚さ、及び第4層~第5層の合計厚さのそれぞれが、200nm以上1μm以下となっている。

30

【0045】

図5は、本実施例の膜構成により形成されたハーフミラーにおける、ハーフミラーの入射角度20~34度における反射率Rと分光透過率Tを示すグラフである。この図から解かるように本実施例では可視光域の波長400~660nm間では平坦な分光特性で、波長550nmの反射率は64.0%、透過率は35.5%、吸収は0.5%であり、吸収の少ない優れた光学特性のハーフミラーを達成している。

40

【0046】

このような本実施例によれば、銀で形成された金属膜がZrO<sub>2</sub>で形成された高屈折率層41a, 41aで覆われることから高屈折率を確保でき、さらに、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>で形成されたブロック層により樹脂基材11, 12と金属膜40との距離を十分に確保することができ、成膜時において、樹脂基材11, 12から水分や有機成分が滲出し、揮発して、金属膜40を挟む誘電体膜41, 41の密度が低下するのを回避することができる。

【0047】

(実施例4)

樹脂基材11, 12として、屈折率n=1.50のアクリル樹脂を用い、下表のような

50

材料、屈折率及び膜厚により 10 層の成膜を施した。

【表 4】

・基板 アクリル樹脂  $n = 1.50$

・光線入射角 20~34度

層	材料	屈折率	膜厚(nm)
1	ZrO <sub>2</sub>	2.02	8.9
2	SiO <sub>2</sub>	1.46	202.2
3	ZrO <sub>2</sub>	2.02	50.2
4	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.57	17.5
5	Ag	0.06	17.3
6	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.57	17.5
7	ZrO <sub>2</sub>	2.02	30.2
8	SiO <sub>2</sub>	1.46	541.0
9	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.57	21.4
10	SiO <sub>2</sub>	1.46	52.8

10

20

合計 959.0

同表に示すように、本実施例では、金属膜 40 (第 5 層) として、屈折率 0.06 及び膜厚 17.3 nm の Ag 膜を用い、これを挟み込むように Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> で高屈折率層 41a, 41a (第 4 層及び第 6 層) を形成し、さらにこれを挟み込むように、ブロック層 41b, 41b として、ZrO<sub>2</sub> で形成された ZrO<sub>2</sub> 層 (第 3 層及び第 7 層) を形成し、さらにこれを挟み込むように SiO<sub>2</sub> で形成された SiO<sub>2</sub> 層 (第 2 層及び第 8 層) を形成している。また、本実施例では、ブロック層 41b, 41b を挟み込むように、さらに保護層 41c, 41c が形成されている。この保護層 41c, 41c は、本実施例では、ZrO<sub>2</sub> のみで形成され、一方の樹脂基材に接触される ZrO<sub>2</sub> 層 (第 1 層及び第 9~10 層) と、他方の樹脂基材に接触される SiO<sub>2</sub> 層と、この SiO<sub>2</sub> 層を覆う Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層とから構成されている。

【0048】

ブロック層 41b, 41b を形成する Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は、その膜厚が 5 nm 以上であり、且つ一対の誘電体膜 41, 41 の厚さがそれぞれ 200 nm 以上 1 μm 以下となっている。すなわち、第 1 層~第 4 層の合計厚さ、及び第 6 層~第 10 層の合計厚さのそれぞれが、200 nm 以上 1 μm 以下となっている。

【0049】

図 6 は、本実施例の膜構成により形成されたハーフミラーにおける、ハーフミラーの入射角度 20~34 度における反射率 R と分光透過率 T を示すグラフである。この図から解かるように本実施例では可視光域の波長 400~660 nm 間では平坦な分光特性で、波長 550 nm の反射率は 64.0 %、透過率は 34.0 %、吸収は 3.0 % であり、吸収の少ない優れた光学特性のハーフミラーを達成している。

【0050】

このような本実施例によれば、銀で形成された金属膜が Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> で形成された高屈折率層 41a, 41a で覆われることから高屈折率を確保でき、さらに、SiO<sub>2</sub> 及び ZrO<sub>2</sub> で形成されたブロック層により樹脂基材と金属膜との距離を十分に確保することができる。また、ZrO<sub>2</sub> で形成され、又は Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 及び SiO<sub>2</sub> を積層させた保護層 41c, 41c を、さらに樹脂基材 11, 12 側に形成させることにより、より適切な反射率

30

40

50

・透過率を確保しつつ、より確実に樹脂基材特有の金属膜に対する変質効果を抑制することができる。特に、樹脂基材11, 12と直接接触するのを、樹脂との付着性が高いZrO<sub>2</sub>又はSiO<sub>2</sub>層とするため、成膜時において、樹脂基材11, 12から水分や有機成分が滲出し、揮発して、金属膜40を挟む誘電体膜41, 41の密度が低下するのを回避することができる。

【0051】

(実施例5)

樹脂基材11, 12として、屈折率n=1.50のアクリル樹脂を用い、下表のような材料、屈折率及び膜厚により7層の成膜を施した。

【表5】

10

・基板 アクリル樹脂 n=1.50

・光線入射角 20~34度

層	材料	屈折率	膜厚(nm)
1	SiO <sub>2</sub>	1.46	162.2
2	ZrO <sub>2</sub>	2.02	52.2
3	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.57	17.5
4	Ag	0.06	17.0
5	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.57	17.5
6	ZrO <sub>2</sub>	2.02	25.5
7	SiO <sub>2</sub>	1.46	215.5

20

合計 507.4

同表に示すように、本実施例では、金属膜40(第4層)として、屈折率0.06及び膜厚17.0nmのAg膜を用い、これを挟み込むようにAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>で高屈折率層41a, 41a(第3層及び第5層)を形成し、さらにこれを挟み込むように、ブロック層41b, 41bとしてZrO<sub>2</sub>で形成されたZrO<sub>2</sub>層を形成し、さらにこれを挟み込むようにSiO<sub>2</sub>で形成されたSiO<sub>2</sub>層を形成している。

30

【0052】

高屈折率層41a, 41aを形成するAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は、その膜厚が5nm以上であり、且つ一対の誘電体膜41, 41の厚さがそれぞれ200nm以上1μm以下となっている。すなわち、第1層~第3層の合計厚さ、及び第5層~第7層の合計厚さのそれぞれが、200nm以上1μm以下となっている。

30

【0053】

図7は、本実施例の膜構成により形成されたハーフミラーにおける、ハーフミラーの入射角度20~34度における反射率Rと分光透過率Tを示すグラフである。この図から解かるように本実施例では可視光域の波長400~660nm間では平坦な分光特性で、波長550nmの反射率は63.5%、透過率は35.5%、吸収は1.0%であり、吸収の少ない優れた光学特性のハーフミラーを達成している。

40

【0054】

このような本実施例によれば、銀で形成された金属膜がAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>で形成された高屈折率層41a, 41aで覆われることから高屈折率を確保でき、さらに、SiO<sub>2</sub>及びZrO<sub>2</sub>で形成されたブロック層により樹脂基材と金属膜との距離を十分に確保することができ、成膜時において、樹脂基材11, 12から水分や有機成分が滲出し、揮発して、金属膜40を挟む誘電体膜41, 41の密度が低下するのを回避することができる。

【0055】

50

## (実施例 6 )

また、上述した実施例 1 ~ 5 で説明した各膜構造を、金属膜 4 0 の表裏において別々に組み合わせて用い、画像表示装置の映像や外光の入射方向・射出方向に応じて、その反射率や透過率を調整するようにしてもよい。

## 【 0 0 5 6 】

下表に、本実施例に係る膜構造を示す。ここでは、金属膜 4 0 の表面側では、第 1 の誘電体膜 4 1 として実施例 5 で説明した膜構造とし、裏面側では、第 2 の誘電体膜 4 1 として実施例 3 で説明した膜構造とする。具体的には、樹脂基材 1 1 , 1 2 として、屈折率  $n = 1.50$  のアクリル樹脂を用い、下表のような材料、屈折率及び膜厚により 6 層の成膜を施した。

## 【表 6 】

・基板 アクリル樹脂  $n = 1.50$

・光線入射角 20~34 度

層	材料	屈折率	膜厚(nm)
1	SiO <sub>2</sub>	1.46	218.2
2	ZrO <sub>2</sub>	2.02	32.1
3	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.57	17.5
4	Ag	0.06	16.9
5	ZrO <sub>2</sub>	2.02	80.6
6	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.57	204.4

合計 569.6

同表に示すように、本実施例では、金属膜 4 0 (第 4 層) として、屈折率 0.06 及び膜厚 16.9 nm の Ag 膜を用い、その表面側 (上方側) では、第 1 の誘電体膜 4 1 , 4 1 として、これを覆うように Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> で高屈折率層 4 1 a , 4 1 a (第 3 層) を形成し、さらにこれを覆うように、ブロック層 4 1 b , 4 1 b として ZrO<sub>2</sub> で形成された ZrO<sub>2</sub> 層を形成し、さらにこれを覆うように SiO<sub>2</sub> で形成された SiO<sub>2</sub> 層を形成している。

## 【 0 0 5 7 】

一方、金属膜 4 0 の裏面側 (下方側) では、第 2 の誘電体膜 4 1 , 4 1 として、金属膜 4 0 (第 3 層) を覆うように ZrO<sub>2</sub> で高屈折率層 4 1 a , 4 1 a (第 5 層) を形成し、さらにこれを覆うように、ブロック層 4 1 b , 4 1 b として、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> で形成された Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層 (第 6 層) を形成している。

## 【 0 0 5 8 】

ブロック層 4 1 b , 4 1 b を形成する Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は、その膜厚が 5 nm 以上であり、且つ一対の誘電体膜 4 1 , 4 1 の厚さがそれぞれ 200 nm 以上 1 μm 以下となっている。すなわち、第 1 層 ~ 第 3 層の合計厚さ、及び第 5 層 ~ 第 6 層の合計厚さのそれぞれが、200 nm 以上 1 μm 以下となっている。なお、上記第 1 及び第 2 の誘電体膜 4 1 , 4 1 にも上述した実施例の保護層を付加して、8 層乃至 10 層の膜構成としてもよい。

## 【 0 0 5 9 】

図 8 は、本実施例の膜構成により形成されたハーフミラーにおける、ハーフミラーの入射角度 20 ~ 34 度における反射率 R と分光透過率 T を示すグラフである。この図から解かるように本実施例では可視光域の波長 400 ~ 660 nm 間では平坦な分光特性で、波長 550 nm の反射率は 63.0 %、透過率は 36.0 %、吸収は 1.0 % であり、吸収の少ない優れた光学特性のハーフミラーを達成している。

## 【0060】

このような本実施例によれば、銀で形成された金属膜が $ZrO_2$ 又は $Al_2O_3$ で形成された高屈折率層41a, 41aで覆われることから高屈折率を確保でき、さらに、 $Al_2O_3$ で形成され、又は $ZrO_2$ 及び $SiO_2$ を積層させたプロック層により樹脂基材と金属膜との距離を十分に確保することができ、より適切な反射率・透過率を確保しつつ、より確実に樹脂基材特有の金属膜に対する変質効果を抑制することができる。特に、樹脂基材11, 12と直接接觸するのを、樹脂との付着性が高い $Al_2O_3$ 又は $SiO_2$ 層とするため、成膜時において、樹脂基材11, 12から水分や有機成分が滲出し、揮発して、金属膜40を挟む誘電体膜41, 41の密度が低下するのを回避することができる。

## 【0061】

なお、上述した各実施例は、本発明の一例である。このため、本発明は上述した実施例に限定されることなく、本発明に係る技術的思想を逸脱しない範囲であれば、設計等に応じて種々の変更が可能であることはもちろんである。また、上述した実施形態では、画像表示装置の一例として、ヘッドマウントディスプレイを例示したが、例えば、ヘッドアップディスプレイ、ビデオカメラ等の撮影装置のビューファインダーなど、液晶ディスプレイ等の表示部で表示された映像を、ハーフミラーを通じて、観察可能に表示するものであればいかなる構成であってもよい。

10

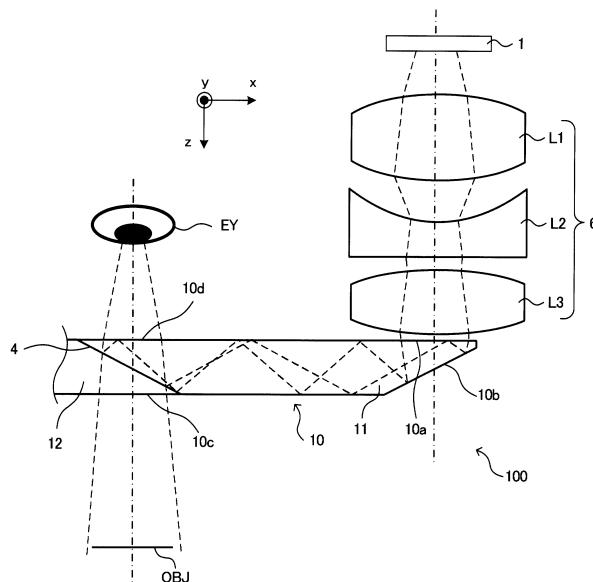
## 【符号の説明】

## 【0062】

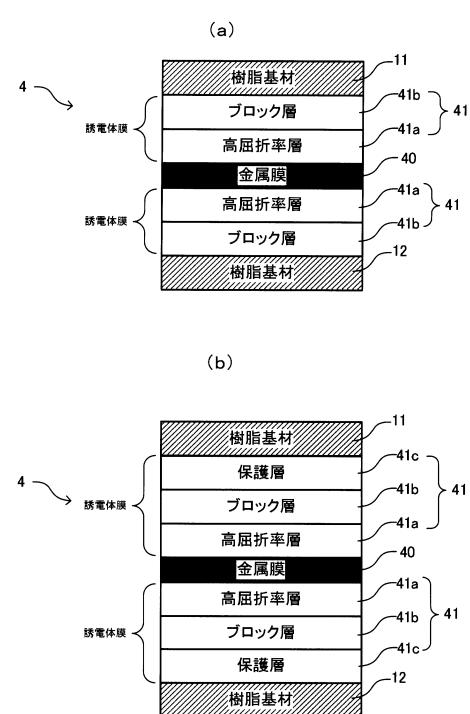
EY…眼、L1…対物レンズ、L2…調整レンズ、L3…集光レンズ、OBJ…被写体、  
4…ハーフミラー、6…光学系、10…導光手段、10a…映像入射面、10b…反射面  
、10c…外光入射面、10d…射出面、11, 12…樹脂基材、40…金属膜、41,  
41…誘電体膜、41a…高屈折率層、41b…プロック層、41c…保護層

20

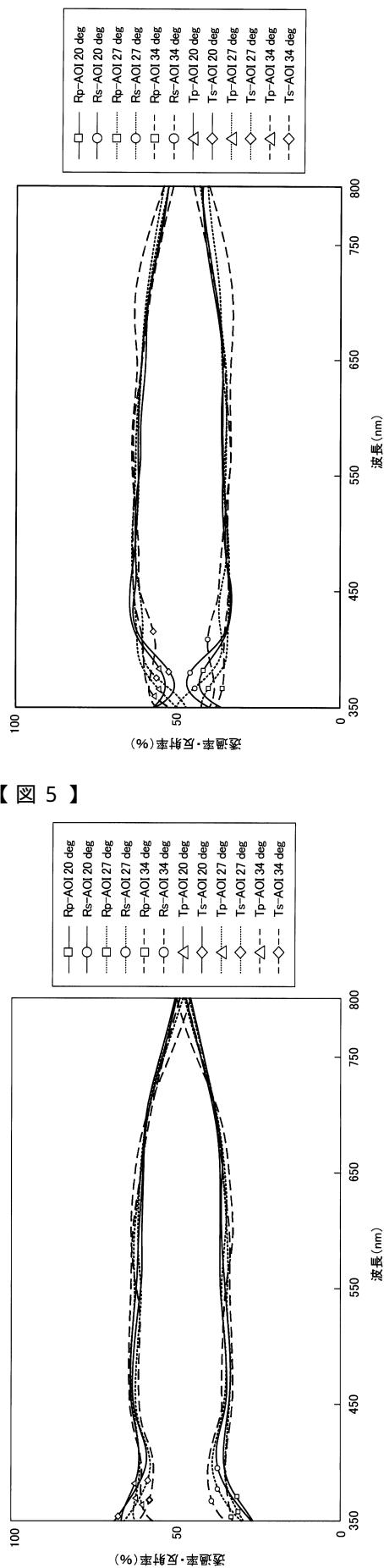
## 【図1】



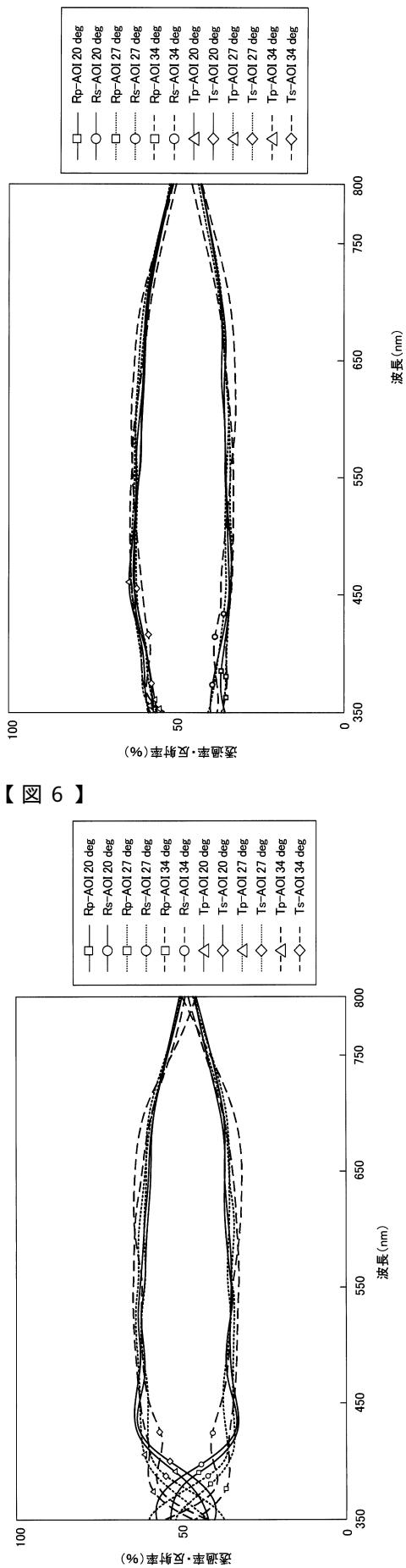
## 【図2】



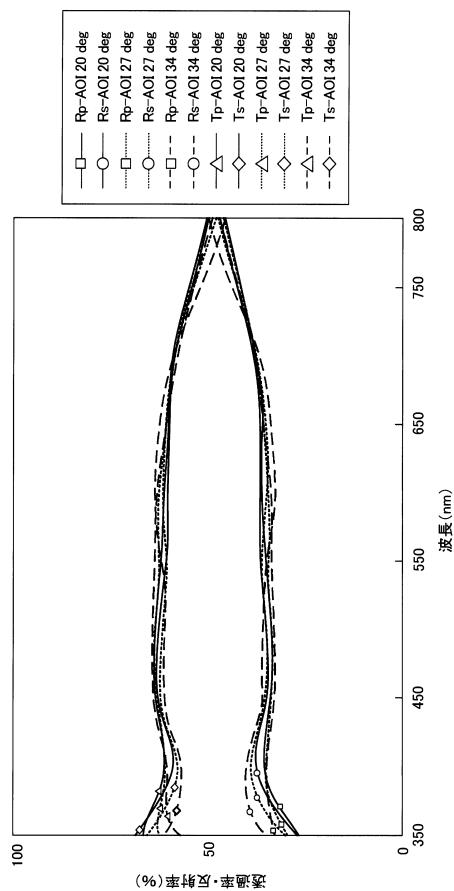
【図3】



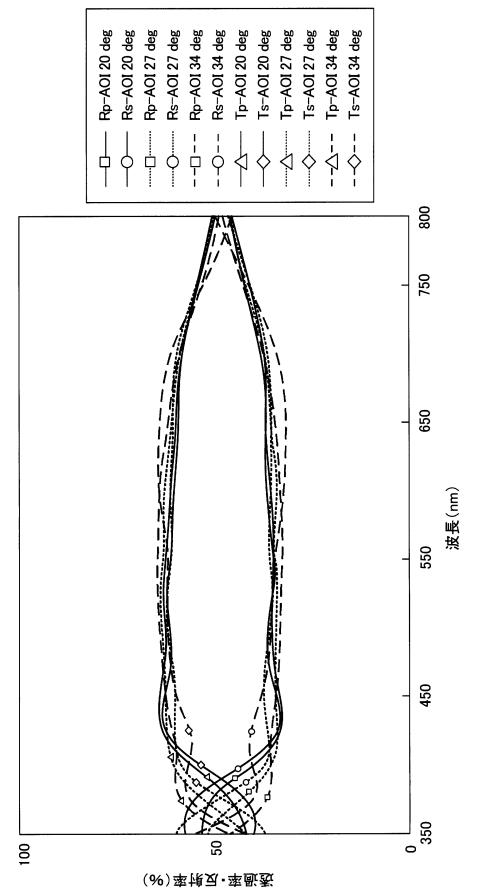
【図4】



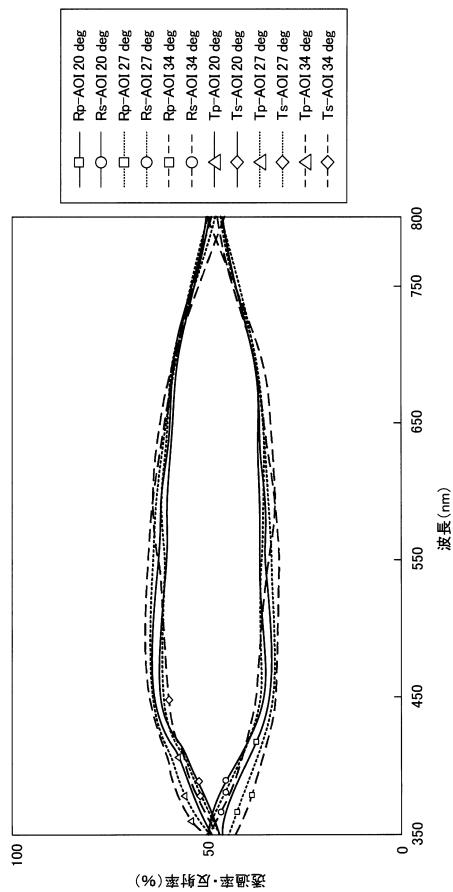
【図5】



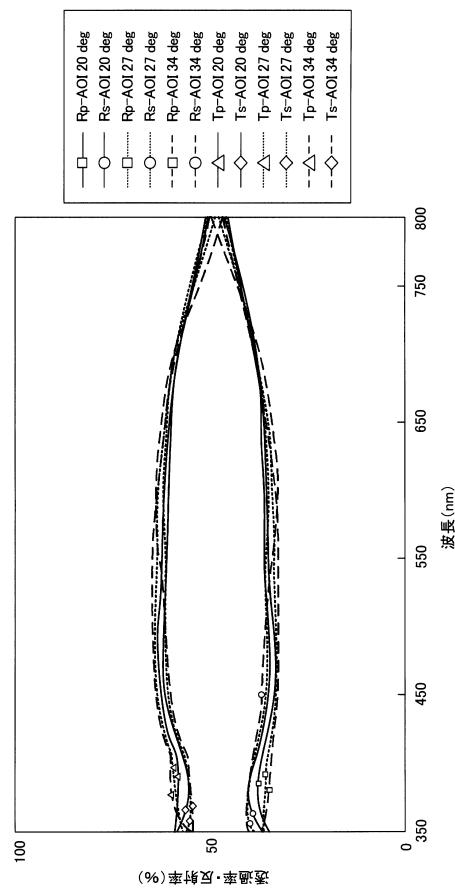
【図6】



【図7】



【図8】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平11-249067(JP, A)  
特開平11-142623(JP, A)  
特開平05-127005(JP, A)  
米国特許出願公開第2004/0120060(US, A1)  
特開平05-127004(JP, A)  
特開2011-068542(JP, A)  
特開2010-204380(JP, A)  
特開2008-129153(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B5/00-5/136  
G02B27/00-27/64  
G02B1/10-1/18