

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2023-126175
(P2023-126175A)

(43)公開日 令和5年9月7日(2023.9.7)

(51)国際特許分類		F I		テーマコード (参考)	
G 0 2 B	1/113(2015.01)	G 0 2 B	1/113	2 H 1 9 9	
G 0 2 B	1/14 (2015.01)	G 0 2 B	1/14	2 H 2 4 9	
G 0 2 B	5/18 (2006.01)	G 0 2 B	5/18	2 K 0 0 9	
G 0 2 B	27/02 (2006.01)	G 0 2 B	27/02	Z	4 J 0 0 4
C 0 9 J	7/38 (2018.01)	C 0 9 J	7/38	4 J 0 4 0	
審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全19頁) 最終頁に続く					
(21)出願番号 特願2023-27543(P2023-27543)		(71)出願人 000003964			
(22)出願日 令和5年2月24日(2023.2.24)		日東電工株式会社			
(31)優先権主張番号 特願2022-29602(P2022-29602)		大阪府茨木市下穂積 1 丁目 1 番 2 号			
(32)優先日 令和4年2月28日(2022.2.28)		(74)代理人 100122471			
(33)優先権主張国・地域又は機関 日本国(JP)		弁理士 初井 孝文			
		(72)発明者 河本 裕介			
		大阪府茨木市下穂積 1 丁目 1 番 2 号 日東電工株式会社内			
		(72)発明者 澁谷 晃宏			
		大阪府茨木市下穂積 1 丁目 1 番 2 号 日東電工株式会社内			
		(72)発明者 武本 博之			
		大阪府茨木市下穂積 1 丁目 1 番 2 号 日東電工株式会社内			
		(72)発明者 服部 大輔			
		最終頁に続く			

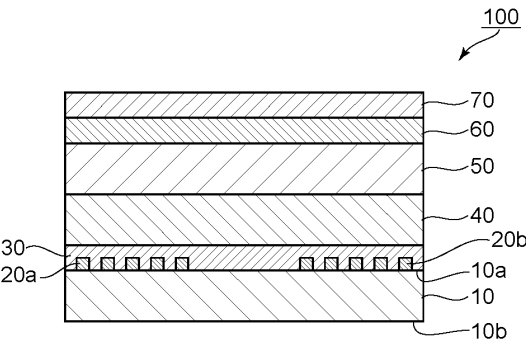
(54)【発明の名称】 光学部材ならびに該光学部材を用いた A R グラスおよびヘッドマウントディスプレイ

(57)【要約】

【課題】薄型軽量で、明るく、かつ、光漏れが抑制された A R 用光学部材を提供すること。

【解決手段】本発明の実施形態による光学部材は、第 1 主面および第 2 主面を有する光導波路と；光導波路の第 1 主面および第 2 主面の少なくとも 1 つの主面に設けられた、凹凸構造を有する光学素子と；少なくとも光導波路の光学素子が設けられた主面に設けられた多孔質層と；多孔質層の光導波路と反対側に設けられた、厚みが 3 μ m 以上である粘着剤層と；を有する。

【選択図】図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 主面および第 2 主面を有する光導波路と；

該第 1 主面および該第 2 主面の少なくとも 1 つの主面に設けられた、凹凸構造を有する光学素子と；

少なくとも該光導波路の該光学素子が設けられた主面に設けられた多孔質層と；

該多孔質層の該光導波路と反対側に設けられた、厚みが $3\ \mu\text{m}$ 以上である粘着剤層と；
を有する、光学部材。

【請求項 2】

前記多孔質層の屈折率が 1.20 以下である、請求項 1 に記載の光学部材。

10

【請求項 3】

前記多孔質層の厚みが $5\ \mu\text{m}$ 以下である、請求項 1 または 2 に記載の光学部材。

【請求項 4】

前記多孔質層のヘイズが 5% 未満である、請求項 1 から 3 のいずれかに記載の光学部材。

【請求項 5】

前記粘着剤層の貯蔵弾性率が $0.2 \times 10^5\ (\text{Pa})$ 以上である、請求項 1 から 4 のいずれかに記載の光学部材。

【請求項 6】

前記粘着剤層の外側に、厚みが $20\ \mu\text{m}$ 以上である樹脂フィルムで構成された保護層をさらに有する、請求項 1 から 5 のいずれかに記載の光学部材。

20

【請求項 7】

前記保護層のヤング率が $2\ \text{GPa}$ 以上である、請求項 6 に記載の光学部材。

【請求項 8】

前記保護層の外側にハードコート層をさらに有する、請求項 6 または 7 に記載の光学部材。

【請求項 9】

前記ハードコート層の外側に反射防止層をさらに有する、請求項 8 に記載の光学部材。

【請求項 10】

請求項 1 から 9 のいずれかに記載の光学部材を含む、AR グラス。

30

【請求項 11】

請求項 1 から 9 のいずれかに記載の光学部材を含む、ヘッドマウントディスプレイ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学部材ならびに該光学部材を用いた AR グラスおよびヘッドマウントディスプレイに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、いわゆる AR (Augmented Reality: 拡張現実) 技術が注目されている。AR は、代表的には、実在する風景にバーチャルの視覚情報を重ねて表示することで、目の前にある世界を「仮想的に拡張する」というものである。AR の開発に伴い、AR に用いられる AR グラスおよびヘッドマウントディスプレイ (Head Mounted Display: HMD) の開発が進められている。AR グラスおよび HMD には、代表的には、導波路を含む光学部材が用いられている。しかし、このような光学部材は、分厚い、重い、暗い、ならびに、水または汚れ等により光漏れが生じやすいという問題があり、実用化には種々の検討課題が残されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

50

【特許文献 1】米国特許出願公開第 2 0 1 7 / 0 1 3 1 5 4 5 号

【特許文献 2】米国特許出願公開第 2 0 2 0 / 0 3 7 9 1 8 4 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 4】

本発明は上記従来の課題を解決するためになされたものであり、その主たる目的は、薄型軽量で、明るく、かつ、光漏れが抑制された A R 用光学部材を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0 0 0 5】

本発明の実施形態による光学部材は、第 1 主面および第 2 主面を有する光導波路と；該第 1 主面および該第 2 主面の少なくとも 1 つの主面に設けられた、凹凸構造を有する光学素子と；少なくとも該光導波路の該光学素子が設けられた主面に設けられた多孔質層と；該多孔質層の該光導波路と反対側に設けられた、厚みが $3 \mu\text{m}$ 以上である粘着剤層と；を有する。 10

1 つの実施形態においては、上記多孔質層の屈折率は 1.20 以下である。

1 つの実施形態においては、上記多孔質層の厚みは $5 \mu\text{m}$ 以下である。

1 つの実施形態においては、上記多孔質層のヘイズは 5% 未満である。

1 つの実施形態においては、上記粘着剤層の貯蔵弾性率は $0.2 \times 10^5 (\text{Pa})$ 以上である。

1 つの実施形態においては、上記光学部材は、上記粘着剤層の外側に、厚みが $20 \mu\text{m}$ 以上である樹脂フィルムで構成された保護層をさらに有する。 20

1 つの実施形態においては、上記保護層のヤング率は 2GPa 以上である。

1 つの実施形態においては、上記光学部材は、上記保護層の外側にハードコート層をさらに有する。

1 つの実施形態においては、上記光学部材は、上記ハードコート層の外側に反射防止層をさらに有する。

本発明の別の局面によれば、A R グラスが提供される。該 A R グラスは、上記の光学部材を含む。

本発明のさらに別の局面によれば、ヘッドマウントディスプレイが提供される。該ヘッドマウントディスプレイは、上記の光学部材を含む。 30

【発明の効果】

【0 0 0 6】

本発明の実施形態によれば、薄型軽量で、明るく、かつ、光漏れが抑制された A R 用光学部材を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0 0 0 7】

【図 1】本発明の 1 つの実施形態による光学部材の概略断面図である。

【図 2】本発明の別の実施形態による光学部材の概略断面図である。

【図 3】本発明のさらに別の実施形態による光学部材の概略断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0 0 0 8】

以下、本発明の実施形態について説明するが、本発明はこれらの実施形態には限定されない。なお、見やすくするために、図面は模式的に表されており、図面における光学部材の各構成要素の厚み、サイズならびに構成要素間の厚み等の相互の比率は、実際とは異なっている。

【0 0 0 9】

A. 光学部材の全体構成

図 1 は、本発明の 1 つの実施形態による光学部材の概略断面図である。図示例の光学部材 100 は、光導波路 10 と、光学素子 20 a および 20 b と、多孔質層 30 と、粘着剤層 40 と、を有する。光導波路 10 は、第 1 主面 10 a および第 2 主面 10 b を有する。 40

光学素子 20a および 20b は、それぞれ凹凸構造を有する（以下、光学素子 20a および 20b をそれぞれ凹凸光学素子と称する場合がある）。凹凸光学素子 20a は、代表的には光導波路の入射用光学素子として機能し；凹凸光学素子 20b は、代表的には光導波路の出射用光学素子として機能する。凹凸光学素子 20a および 20b は、光導波路 10 の第 1 主面 10a および第 2 主面 10b の少なくとも 1 つの主面に設けられている。凹凸光学素子 20a および 20b は、それぞれが光導波路の同一主面に設けられてもよく、互いに異なる主面に設けられてもよい。図示例では、凹凸光学素子 20a および 20b は、光導波路 10 の第 1 主面 10a に設けられている。多孔質層 30 は、少なくとも光導波路 10 の凹凸光学素子 20a および 20b が設けられた主面（図示例では第 1 主面 10a）に設けられている。多孔質層 30 は、代表的には凹凸光学素子 20a および 20b を覆うように設けられており、1 つの実施形態においては光導波路 10 の凹凸光学素子 20a および 20b が設けられた主面（図示例では第 1 主面 10a）の実質的に全面に設けられている。粘着剤層 40 は、多孔質層 30 の光導波路 10 と反対側（すなわち、多孔質層の外側表面）に設けられている。粘着剤層の厚みは 3 μ m 以上である。このような構成であれば、薄型軽量で、明るく、かつ、光漏れが抑制された AR 用光学部材を実現することができる。

10

【0010】

必要に応じて、粘着剤層 40 の外側（多孔質層 30 と反対側）に、保護層 50、ハードコート層 60、および / または反射防止層 70 が設けられてもよい。図示例においては、粘着剤層 40 側から順に保護層 50、ハードコート層 60 および反射防止層 70 が設けられている。目的および所望の構成に応じて、保護層 50、ハードコート層 60 および反射防止層 70 の少なくとも 1 つは省略されてもよい。保護層、ハードコート層および反射防止層が設けられない場合には、粘着剤層 40 の表面には、光学部材が使用に供されるまでは離ライナー（図示せず）が仮着されていることが好ましい。はく離ライナーを仮着することにより、粘着剤層を保護するとともに、光学フィルムのロール形成が可能となる。

20

【0011】

図 2 は、本発明の別の実施形態による光学部材の概略断面図である。図示例の光学部材 101 においては、光導波路 10 の凹凸光学素子 20a および 20b が設けられた主面（図示例では第 1 主面 10a）に加えて、凹凸光学素子が設けられていない主面（図示例では第 2 主面 10b）にも多孔質層 30 および粘着剤層 40 が設けられている。図示例においては、粘着剤層 40、40 の外側に粘着剤層側から順に保護層 50、50、ハードコート層 60、60、および反射防止層 70、70 が設けられているが、図 1 の実施形態と同様に、これらの一部または全部は省略されてもよい。

30

【0012】

図 3 は、本発明のさらに別の実施形態による光学部材の概略断面図である。図示例の光学部材 102 においては、光導波路 10 の第 1 主面 10a に加えて、第 2 主面 10b にも凹凸光学素子 20b が設けられている。これ以外は、図 2 の実施形態と同様である。

【0013】

光学部材の全光線透過率は、好ましくは 60% 以上 99% 以下であり、より好ましくは 70% 以上 98% 以下であり、さらに好ましくは 80% 以上 97% 以下である。また、光学部材のヘイズは、好ましくは 0.1% 以上 3% 以下であり、より好ましくは 0.2% 以上 2.5% 以下であり、さらに好ましくは 0.3% 以上 2% 以下である。本発明の実施形態によれば、光学部材全体として優れた透明性を実現することができる。その結果、光学部材は AR グラスおよび HMD（以下、AR グラスおよび HMD をまとめて「AR グラス等」と称する場合がある）に好適に用いられ得る。

40

【0014】

光学部材の厚みは、好ましくは 0.35 mm ~ 4.8 mm であり、より好ましくは 0.55 mm ~ 3.8 mm であり、さらに好ましくは 0.75 mm ~ 2.8 mm である。本発明の実施形態によれば、厚いカバーガラスを用いずに光学部材を構成できるので、カバーガラスを用いる従来の AR グラス用光学部材に比べて、厚みを 5 分の 1 程度まで薄型化す

50

ることができ、結果として、重量も3分の1程度まで軽量化することができる。その結果、光学部材はARガラス等に好適に用いられ得る。本明細書において「光学部材の厚み」とは、光学部材の一方の最外層から他方の最外層までの総厚みを意味する。例えば図1の実施形態においては、光学部材の厚みは反射防止層の外側表面から光導波路の第2主面までの厚みであり；また例えば図2および図3の実施形態においては、光学部材の厚みは一方の反射防止層の外側表面から他方の反射防止層の外側表面までの厚みである。

【0015】

上記の実施形態は、適宜組み合わせてもよく適宜改変してもよい。例えば、図1および図2に示す実施形態において、凹凸光学素子20aまたは20bのいずれか一方を光導波路の第2主面10bに設けてもよく；図3に示す実施形態において、凹凸光学素子20aを光導波路の第2主面10bに設けてもよく；図1～図3に示す実施形態において、凹凸光学素子20aを光導波路の第1主面10aおよび第2主面10bの両方に設けてもよい。

10

【0016】

以下、光学部材の構成要素について詳細に説明する。

【0017】

B．光導波路

光導波路10は、代表的には、光導波路に入射した光が全反射を利用して光導波路内を伝搬し、所定の位置で所定の方向に出射するよう構成されている。光導波路10は、上記のとおり第1主面10aと第2主面10bとを有する。光学部材がARガラス等に用いられる場合、画像源（図示せず）からの光（代表的には、画像の投影光）が、第1主面および／または第2主面に設けられた入射用光学素子（図示例の凹凸光学素子20a）を通過して光導波路に入射する。入射光は全反射により光導波路内を伝搬し、第1主面および／または第2主面に設けられた出射用光学素子（図示例の凹凸光学素子20b）を通過して出射し、ARガラス等の使用者に視認される。凹凸光学素子20aおよび20bを適切に構成することにより、画像源からの光が画像情報を維持したままで出射される。その結果、画像源からの画像がARガラス等の使用者に視認され得る。

20

【0018】

光導波路は、ガラスで構成されてもよくプラスチックで構成されてもよい。光導波路の屈折率は、好ましくは1.4～2.5であり、より好ましくは1.6～2.4であり、さらに好ましくは2.0～2.3である。屈折率がこのような範囲であれば、良好な外部からの光入射、良好な外部への光出射、および良好な光導波路内部での全反射を実現することができる。光導波路のアップ数は、好ましくは10以上80以下であり、より好ましくは15以上70以下である。

30

【0019】

光導波路（第1主面および第2主面）の厚みムラ（TTV：Total Thickness Variation）は、好ましくは5μm以下であり、より好ましくは3μm以下であり、さらに好ましくは1μm以下である。厚みムラは小さいほど好ましく、例えばゼロであり得る。光導波路の厚みムラがこのような範囲であれば、光導波路内における光路のひずみを小さくすることができる。

40

【0020】

光導波路（第1主面および第2主面）の表面粗さRaは、好ましくは10nm以下であり、より好ましくは5nm以下であり、さらに好ましくは1nm以下である。表面粗さRaがこのような範囲であれば、ヘイズを小さくすることができる。このような表面粗さRaは、例えば光導波路の第1主面および第2主面を研磨することにより実現され得る。一方、表面粗さRaは、例えば0.1nm以上であり得る。なお、Raは、JIS B 0601に基づく算術平均粗さをいう。

【0021】

光導波路は、単独で用いてもよく2枚以上（例えば、2枚、3枚、4枚）を積層して用いてもよい。光導波路の厚みは、例えば0.3mm～4.0mmであり得る。光導波路の

50

厚みは、例えば 0.3 mm ~ 1.3 mm であってもよく、また例えば 0.4 mm ~ 1.2 mm であってもよく、また例えば 0.5 mm ~ 1.1 mm であってもよい。あるいは、光導波路の厚みは、例えば 1.3 mm ~ 2.0 mm であってもよく、また例えば 1.4 mm ~ 1.9 mm であってもよく、また例えば 1.5 mm ~ 1.8 mm であってもよい。あるいは、光導波路の厚みは、例えば 2.0 mm ~ 4.0 mm であってもよく、また例えば 2.2 mm ~ 3.8 mm であってもよく、また例えば 2.4 mm ~ 3.6 mm であってもよい。

【0022】

C. 光学素子

凹凸光学素子 20a は、画像源からの光導波路に入射した光を導波方向に導くよう構成されており；凹凸光学素子 20b は、光導波路内を伝搬した光を、視認可能な方向に出射するよう構成されている。以下、凹凸光学素子 20a および 20b をまとめて、単に凹凸光学素子と称する場合がある。凹凸光学素子 20a と凹凸光学素子 20b を区別する必要がある場合には、それぞれの符号を明記する。ただし、凹凸光学素子 20a および 20b をまとめて凹凸光学素子としている場合であっても、凹凸光学素子 20a および 20b は、それぞれ同一の構成であってもよく、互いに異なる構成であってもよい。

【0023】

凹凸光学素子の凹凸構造としては、光拡散、光散乱、光反射、光回折などの光の方向変換機能を発現し得る任意の適切な微細凹凸形状を採用することができる。凹凸光学素子の代表例としては、回折格子、ホログラム素子、メタサーフェスが挙げられる。以下、一例として回折格子について説明する。

【0024】

回折格子は、代表的には、溝またはスリットにより回折パターンが形成されている。回折パターンは、目的に応じて適切に設定され得る。回折パターンは、平面視ストライプ状の一次元回折パターンであってもよく、平面視格子状の二次元回折パターンであってもよい。一次元回折パターンは、代表的には、それぞれ一方向に延びる凸部とスリットが交互に形成されている。凸部が延びる方向から見た凸部の断面形状は、矩形であってもよく、平行四辺形（傾斜型）であってもよく、台形であってもよい。一次元回折パターンは、断面波形で一方向に延びる凹凸形状を有していてもよい。一次元回折パターンは、ストライプが延びる方向が光の導波方向に平行であってもよく、光の導波方向に直交する方向であってもよく、光の導波方向に対して所定の角度を規定する斜め方向であってもよい。二次元回折パターンは、平面視矩形の凸部を形成するようにスリットが設けられていてもよく、平面視平行四辺形の凸部を形成するようにスリットが設けられていてもよい。上記の回折パターンを適宜組み合わせてもよい。例えば、ストライプが延びる方向が異なる（例えば、ストライプが延びる方向が互いに直交する）2つの一次元回折パターンを組み合わせてもよく、このような2つの一次元回折パターンと二次元回折パターンの3つの回折パターンを組み合わせてもよい。

【0025】

凹凸のピッチは、好ましくは 30 nm ~ 700 nm であり、より好ましくは 40 nm ~ 600 nm であり、さらに好ましくは 50 nm ~ 500 nm である。凸部およびスリット（凹部）の幅は、それぞれがピッチの 1/2 であってもよく、ピッチの 1/2 となっていないくてもよい（それぞれが目的に応じて任意の適切な幅を有していてもよい）。凹凸の高さ h は、好ましくは 10 nm ~ 800 nm であり、より好ましくは 20 nm ~ 700 nm であり、さらに好ましくは 30 nm ~ 600 nm であり、特に好ましくは 40 nm ~ 500 nm である。

【0026】

凹凸光学素子は、光導波路と一体で構成されてもよく、光導波路に別途形成されてもよい。凹凸光学素子が光導波路と一体で構成される場合、凹凸光学素子は、例えば光導波路を切削することにより形成されてもよく；また例えば、プラスチック製光導波路においてはナノインプリンティングにより形成されてもよい。凹凸光学素子が光導波路に別途形成

10

20

30

40

50

される場合、凹凸光学素子は、代表的には誘電体または樹脂で構成され得る。誘電体の具体例としては、アルミナ、チタニア、シリコンが挙げられる。誘電体の屈折率は、好ましくは $1.6 \sim 4.0$ であり、より好ましくは $2.0 \sim 3.5$ である。凹凸光学素子が誘電体で構成される場合には、凹凸光学素子は例えばスパッタリングにより形成され得る。樹脂の具体例としては、熱硬化性樹脂、UV硬化性樹脂が挙げられる。このような樹脂の屈折率は、好ましくは $1.5 \sim 1.9$ である。凹凸光学素子が樹脂で構成される場合には、凹凸光学素子は、例えば光導波路上に当該樹脂を薄膜塗工し、ナノインプリンティングすることにより形成され得る。凹凸光学素子がメタサーフェスである場合には、凹凸光学素子は、例えば以下の文献に記載の方法で形成され得る。A broadband achromatic metalens in the visible (Nature Nanotechnology volume 13, pages 227-232 (2018))のSupplementary Information内「Supplementary Section 2. Details of experiments」。

10

【0027】

D. 多孔質層

多孔質層30は、代表的には、内部に空隙を有する。多孔質層の空隙率は、好ましくは35体積%以上であり、より好ましくは38体積%以上であり、特に好ましくは40体積%以上である。空隙率がこのような範囲であれば、屈折率が特に低い多孔質層を形成することができる。低屈折率層の空隙率の上限は、例えば90体積%以下であり、好ましくは75体積%以下である。空隙率がこのような範囲であれば、強度に優れた多孔質層を形成することができる。空隙率は、エリプソメーターで測定した屈折率の値から、Lorenz-Lorenz's formula (ローレンツ-ローレンツの式)より空隙率を算出された値である。

20

【0028】

多孔質層の屈折率は、好ましくは 1.20 以下であり、より好ましくは 1.18 以下であり、さらに好ましくは 1.16 以下であり、特に好ましくは 1.14 以下である。一方、多孔質層の屈折率は、好ましくは 1.05 以上であり、より好ましくは 1.08 以上であり、さらに好ましくは 1.10 以上である。このような屈折率を有する多孔質層を光導波路の凹凸光学素子が設けられた主面に設けることにより、光導波路および凹凸光学素子の光学特性に実質的な影響を与えることなく光漏れを抑制することができる。さらに、多孔質層は後述するように非常に薄くすることができるので、光学部材(結果として、ARグラス)の薄型軽量化に貢献することができる。また、多孔質層の屈折率が上記のような範囲であれば、所定の機械的強度を確保することができ、破損が抑制され得る。屈折率は、特に断らない限り、波長 550 nm において測定した屈折率をいう。屈折率は、後述の実施例の「(1)多孔質層の屈折率」に記載の方法によって測定された値である。

30

【0029】

多孔質層の全光線透過率は、好ましくは $85\% \sim 99\%$ であり、より好ましくは $87\% \sim 98\%$ であり、さらに好ましくは $89\% \sim 97\%$ である。このような屈折率を有する多孔質層を光導波路の凹凸光学素子が設けられた主面に設けることにより、上記の屈折率による効果を発現しつつ、優れた透明性を確保することができる。その結果、光学部材はARグラス等に好適に用いられ得る。

40

【0030】

多孔質層のヘイズは、例えば 5% 未満であり、好ましくは 3% 未満である。一方、ヘイズは、例えば 0.1% 以上であり、好ましくは 0.2% 以上である。このようなヘイズを有する多孔質層を光導波路の凹凸光学素子が設けられた主面に設けることにより、上記の屈折率による効果を発現しつつ、優れた透明性を確保することができる。その結果、光学部材はARグラス等に好適に用いられ得る。ヘイズは、例えば、以下のような方法により測定できる。

空隙層(多孔質層)を $50\text{ mm} \times 50\text{ mm}$ のサイズにカットし、ヘイズメーター(村色彩技術研究所社製:HM-150)にセットしてヘイズを測定する。ヘイズ値については、以下の式より算出する。

50

$$\text{ヘイズ}(\%) = [\text{拡散透過率}(\%) / \text{全光線透過率}(\%)] \times 100(\%)$$

【0031】

多孔質層の厚みは、好ましくは $5\mu\text{m}$ 以下であり、より好ましくは $4\mu\text{m}$ 以下であり、さらに好ましくは $3\mu\text{m}$ 以下であり、特に好ましくは $2\mu\text{m}$ 以下であり、とりわけ好ましくは $1.5\mu\text{m}$ 以下である。一方、多孔質層の厚みは、好ましくは 300nm 以上であり、より好ましくは 400nm 以上であり、さらに好ましくは 500nm 以上である。多孔質層の厚みがこのような範囲であれば、優れた透明性を確保しつつ、光漏れを良好に抑制することができる。

【0032】

多孔質層は、上記所望の特性を有する限りにおいて、任意の適切な構成が採用され得る。多孔質層は、好ましくは塗工または印刷等により形成され得る。多孔質層を構成する材料としては、例えば、国際公開第2004/113966号、特開2013-254183号公報、および特開2012-189802号公報に記載の材料を採用し得る。代表例としては、ケイ素化合物が挙げられる。ケイ素化合物としては、例えば、シリカ系化合物；加水分解性シラン類、ならびにその部分加水分解物および脱水縮合物；シラノール基を含有するケイ素化合物；ケイ酸塩を酸やイオン交換樹脂に接触させることにより得られる活性シリカが挙げられる。有機ポリマー；重合性モノマー（例えば、（メタ）アクリル系モノマー、およびスチレン系モノマー）；硬化性樹脂（例えば、（メタ）アクリル系樹脂、フッ素含有樹脂、およびウレタン樹脂）も挙げられる。これらの材料は、単独で用いてもよく組み合わせて用いてもよい。多孔質層は、このような材料の溶液または分散液を塗工または印刷等することにより形成され得る。

【0033】

多孔質層における空隙（孔）のサイズは、空隙（孔）の長軸の直径および短軸の直径のうち、長軸の直径を指すものとする。空隙（孔）のサイズは、例えば、 $2\text{nm} \sim 500\text{nm}$ である。空隙（孔）のサイズは、例えば 2nm 以上であり、好ましくは 5nm 以上であり、より好ましくは 10nm 以上であり、さらに好ましくは 20nm 以上である。一方、空隙（孔）のサイズは、例えば 500nm 以下であり、好ましくは 200nm 以下であり、より好ましくは 100nm 以下である。空隙（孔）のサイズの範囲は、例えば $2\text{nm} \sim 500\text{nm}$ であり、好ましくは $5\text{nm} \sim 500\text{nm}$ であり、より好ましくは $10\text{nm} \sim 200\text{nm}$ であり、さらに好ましくは $20\text{nm} \sim 100\text{nm}$ である。空隙（孔）のサイズは、目的および用途等に応じて、所望のサイズに調整することができる。空隙（孔）のサイズは、BET試験法により定量化できる。

【0034】

空隙（孔）のサイズは、BET試験法により定量化できる。具体的には、比表面積測定装置（マイクロメリティック社製：ASAP2020）のキャピラリに、サンプル（形成された空隙層）を 0.1g 投入した後、室温で24時間、減圧乾燥を行って、空隙構造内の気体を脱気する。そして、上記サンプルに窒素ガスを吸着させることで吸着等温線を描き、細孔分布を求める。これによって、空隙サイズが評価できる。

【0035】

上記内部に空隙を有する多孔質層としては、例えば、多孔質層、および／または空気層を少なくとも一部に有する多孔質層が挙げられる。多孔質層は、代表的には、エアロゲル、および／または粒子（例えば、中空微粒子および／または多孔質粒子）を含む。多孔質層は、好ましくはナノポーラス層（具体的には、90%以上の微細孔の直径が $10^{-1}\text{nm} \sim 10^3\text{nm}$ の範囲内の多孔質層）であり得る。

【0036】

上記粒子としては、任意の適切な粒子を採用し得る。粒子は、代表的には、シリカ系化合物からなる。粒子の形状としては、例えば、球状、板状、針状、ストリング状、およびブドウの房状が挙げられる。ストリング状の粒子としては、例えば、球状、板状、または針状の形状を有する複数の粒子が数珠状に連なった粒子、短繊維状の粒子（例えば、特開2001-188104号公報に記載の短繊維状の粒子）、およびこれらの組み合わせが

挙げられる。ストリング状の粒子は、直鎖状であってもよく、分岐状であってもよい。ブドウの房状の粒子としては、例えば、球状、板状、および針状の粒子が複数凝集してブドウの房状になったものが挙げられる。粒子の形状は、例えば透過電子顕微鏡で観察することによって確認できる。

【0037】

以下、多孔質層の具体的な構成の一例について説明する。本実施形態の多孔質層は、微細な空隙構造を形成する一種類または複数種類の構成単位からなり、該構成単位同士が触媒作用を介して化学的に結合している。構成単位の形状としては、例えば、粒子状、繊維状、棒状、平板状が挙げられる。構成単位は、1つの形状のみを有していてもよく、2つ以上の形状を組み合わせで有していてもよい。以下においては、主として、多孔質層が、上記微細孔粒子どうしが化学的に結合している多孔体の空隙層である場合について説明する。

10

【0038】

このような空隙層は、空隙層形成工程において、例えば微細孔粒子どうしを化学的に結合させることにより形成され得る。なお、本発明の実施形態において「粒子」（例えば、上記微細孔粒子）の形状は特に限定されず、例えば球状でもよく他の形状でもよい。また、本発明の実施形態において、上記微細孔粒子は、例えば、ゾルゲル数珠状粒子、ナノ粒子（中空ナノシリカ・ナノバルーン粒子）、ナノ繊維等であってもよい。微細孔粒子は、代表的には無機物を含む。無機物の具体例としては、ケイ素（Si）、マグネシウム（Mg）、アルミニウム（Al）、チタン（Ti）、亜鉛（Zn）、ジルコニウム（Zr）が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。1つの実施形態においては、上記微細孔粒子は、例えばケイ素化合物の微細孔粒子であり、上記多孔体は、例えばシリコン多孔体である。上記ケイ素化合物の微細孔粒子は、例えば、ゲル状シリカ化合物の粉碎体を含む。また、多孔質層および/または空気層を少なくとも一部に有する多孔質層の別形態としては、例えば、ナノファイバー等の繊維状物質からなり、該繊維状物質が絡まり合い空隙が形成されて層を成している空隙層がある。このような空隙層の製造方法は特に限定されず、例えば、上記微細孔粒子どうしが化学的に結合している多孔体の空隙層の場合と同様である。さらに別の形態としては、中空ナノ粒子やナノクレイを用いた空隙層、中空ナノバルーンやフッ化マグネシウムを用いて形成した空隙層が挙げられる。空隙層は、単一の構成物質からなる空隙層であってもよいし、複数の構成物質からなる空隙層であってもよい。空隙層は、単一の上記形態で構成されていてもよく、複数の上記形態を含んで構成されていてもよい。

20

30

【0039】

本実施形態においては、多孔体の多孔質構造は、例えば、孔構造が連続した連泡構造体であり得る。連泡構造体とは、例えば上記シリコン多孔体において、三次元的に孔構造が連なっていることを意味し、孔構造の内部空隙が連続している状態ともいえる。多孔質体が連泡構造を有することにより、空隙率を高めることが可能である。ただし、中空シリカのような独泡粒子（個々に孔構造を有する粒子）を使用する場合には、連泡構造を形成できない。一方、例えばシリカゾル粒子（ゾルを形成するゲル状ケイ素化合物の粉碎物）を使用する場合、当該粒子が三次元の樹状構造を有するために、塗工膜（ゲル状ケイ素化合物の粉碎物を含むゾルの塗工膜）中で当該樹状粒子が沈降および堆積することで、容易に連泡構造を形成することが可能である。多孔質層は、より好ましくは、連泡構造が複数の細孔分布を含むモノリス構造を有する。モノリス構造は、例えば、ナノサイズの微細な空隙が存在する構造と、同ナノ空隙が集合した連泡構造とを含む階層構造を意味する。モノリス構造を形成する場合、例えば、微細な空隙で膜強度を付与しつつ、粗大な連泡空隙で高い空隙率を付与し、膜強度と高空隙率とを両立することができる。このようなモノリス構造は、好ましくは、シリカゾル粒子に粉碎する前段階のゲル（ゲル状ケイ素化合物）において、生成する空隙構造の細孔分布を制御することにより形成され得る。また例えば、ゲル状ケイ素化合物を粉碎する際、粉碎後のシリカゾル粒子の粒度分布を所望のサイズに制御することにより、モノリス構造を形成することができる。

40

50

【 0 0 4 0 】

多孔質層は、例えば上記のようにゲル状化合物の粉砕物を含み、当該粉砕物同士が化学的に結合している。多孔質層における粉砕物同士の化学的な結合（化学結合）の形態は、特に制限されず、例えば架橋結合、共有結合、水素結合が挙げられる。

【 0 0 4 1 】

多孔質層における上記粉砕物の体積平均粒子径は、例えば $0.10\text{ }\mu\text{m}$ 以上であり、好ましくは $0.20\text{ }\mu\text{m}$ 以上であり、より好ましくは $0.40\text{ }\mu\text{m}$ 以上である。一方、体積平均粒子径は、例えば $2.00\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、好ましくは $1.50\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、より好ましくは $1.00\text{ }\mu\text{m}$ 以下である。体積平均粒子径の範囲は、例えば $0.10\text{ }\mu\text{m} \sim 2.00\text{ }\mu\text{m}$ であり、好ましくは $0.20\text{ }\mu\text{m} \sim 1.50\text{ }\mu\text{m}$ であり、より好ましくは $0.40\text{ }\mu\text{m} \sim 1.00\text{ }\mu\text{m}$ である。粒度分布は、例えば、動的光散乱法、レーザー回折法等の粒度分布評価装置、および走査型電子顕微鏡（SEM）、透過型電子顕微鏡（TEM）等の電子顕微鏡等により測定することができる。なお、体積平均粒子径は、粉砕物の粒度のバラツキの指標である。

10

【 0 0 4 2 】

ゲル状化合物の種類は、特に制限されない。ゲル状化合物としては、例えばゲル状ケイ素化合物が挙げられる。

【 0 0 4 3 】

また、多孔質層（空隙層）においては、例えば、含まれるケイ素原子がシロキサン結合していることが好ましい。具体例として、空隙層に含まれる全ケイ素原子のうち、未結合のケイ素原子（つまり、残留シラノール）の割合は、例えば 50% 未満であり、好ましくは 30% 以下であり、より好ましくは 15% 以下である。

20

【 0 0 4 4 】

以下、このような多孔質層の形成方法の一例について説明する。

【 0 0 4 5 】

当該方法は、代表的には、光導波路上に多孔質層（空隙層）の前駆体である空隙構造を形成する前駆体形成工程、および、前駆体形成工程後に当該前駆体内部で架橋反応を起こさせる架橋反応工程、を含む。当該方法は、微細孔粒子を含む含有液（以下、「微細孔粒子含有液」または単に「含有液」という場合がある。）を作製する含有液作製工程、および、当該含有液を乾燥させる乾燥工程をさらに含み、前駆体形成工程において、乾燥体中の微細孔粒子どうしを化学的に結合させて前駆体を形成する。含有液は、特に限定されず、例えば、微細孔粒子を含む懸濁液である。なお、以下においては、主として、微細孔粒子がゲル状化合物の粉砕物であり、空隙層がゲル状化合物の粉砕物を含む多孔体（好ましくはシリコン多孔体）である場合について説明する。ただし、多孔質層は、微細孔粒子がゲル状化合物の粉砕物以外である場合も、同様に形成することができる。

30

【 0 0 4 6 】

上記の方法によれば、例えば、非常に低い屈折率を有する多孔質層（空隙層）が形成される。その理由は、例えば以下のように推測される。ただし、当該推測は、多孔質層の形成方法を限定するものではない。

【 0 0 4 7 】

上記粉砕物は、ゲル状ケイ素化合物を粉砕したものであるため、粉砕前のゲル状ケイ素化合物の三次元構造が、三次元基本構造に分散された状態となっている。さらに、上記方法では、ゲル状ケイ素化合物の破砕物を樹脂フィルム上に塗工することで、三次元基本構造に基づく多孔性構造の前駆体が形成される。つまり、上記の方法によれば、ゲル状ケイ素化合物の三次元構造とは異なる、粉砕物の塗工による新たな多孔構造（三次元基本構造）が形成される。このため、最終的に得られる空隙層においては、例えば空気層と同程度に機能する低屈折率を実現することができる。さらに、上記の方法においては、破砕物同士を化学的に結合させるため、三次元基本構造が固定化される。このため、最終的に得られる空隙層は、空隙を有する構造であるにもかかわらず、十分な強度と可撓性とを維持することができる。

40

50

【0048】

多孔質層の具体的な構成および形成方法の詳細は、例えば国際公開第2019/151073号に記載されている。当該公報の記載は、本明細書に参考として援用される。

【0049】

E. 粘着剤層

粘着剤層40は、粘着剤層を構成する粘着剤が通常の状態では多孔質層の空隙に浸透しない程度の硬さを有する。したがって、粘着剤層の23における貯蔵弾性率は、好ましくは 0.2×10^5 (Pa)以上であり、より好ましくは 0.4×10^5 (Pa)以上であり、さらに好ましくは 0.6×10^5 (Pa)以上であり、特に好ましくは 0.8×10^5 (Pa)以上であり、とりわけ好ましくは 1.0×10^5 (Pa)以上である。一方、粘着剤層の耐久性を考慮すると、粘着剤層の23における貯蔵弾性率は、好ましくは 5.0×10^7 (Pa)以下であり、より好ましくは 4.0×10^7 (Pa)以下であり、さらに好ましくは 3.0×10^7 (Pa)以下であり、特に好ましくは 2.0×10^7 (Pa)以下であり、とりわけ好ましくは 1.0×10^7 (Pa)以下である。また例えば、粘着剤層の23における貯蔵弾性率は、 1.0×10^6 (Pa)以下であってもよい。このような粘着剤層は、外力に対する緩衝機能(クッション機能)を有し、多孔質層の破損を抑制し得る柔らかさを有する。貯蔵弾性率は、JIS K 7244-1「プラスチック-動的機械特性の試験方法」に記載の方法に準拠して、周波数1 Hzの条件で、-50 ~ 150 の範囲で昇温速度5 / 分で測定した際の、23における値を読み取ることにより求められる。

【0050】

粘着剤層を構成する粘着剤としては、上記のような特性を有する限りにおいて任意の適切な粘着剤が用いられ得る。粘着剤としては、代表的には、アクリル系粘着剤(アクリル系粘着剤組成物)が挙げられる。アクリル系粘着剤組成物は、代表的には、(メタ)アクリル系ポリマーを主成分(ベースポリマー)として含む。(メタ)アクリル系ポリマーは、粘着剤組成物の固形分中、例えば50重量%以上、好ましくは70重量%以上、より好ましくは90重量%以上の割合で粘着剤組成物に含有され得る。(メタ)アクリル系ポリマーは、モノマー単位としてアルキル(メタ)アクリレートの主成分として含有する。なお、(メタ)アクリレートはアクリレートおよび/またはメタアクリレートをいう。アルキル(メタ)アクリレートのアルキル基としては、例えば、1個~18個の炭素原子を有する直鎖状または分岐鎖状のアルキル基が挙げられる。当該アルキル基の平均炭素数は、好ましくは3個~9個である。(メタ)アクリル系ポリマーを構成するモノマーとしては、アルキル(メタ)アクリレート以外に、カルボキシ基含有モノマー、ヒドロキシ基含有モノマー、アミド基含有モノマー、芳香環含有(メタ)アクリレート、複素環含有(メタ)アクリレート等のコモノマーが挙げられる。コモノマーは、好ましくはヒドロキシ基含有モノマーおよび/または複素環含有(メタ)アクリレートであり、より好ましくはN-アクリロイルモルホリンである。アクリル系粘着剤組成物は、好ましくは、シランカップリング剤および/または架橋剤を含有し得る。シランカップリング剤としては、例えばエポキシ基含有シランカップリング剤が挙げられる。架橋剤としては、例えば、イソシアネート系架橋剤、過氧化物系架橋剤が挙げられる。このような粘着剤層またはアクリル系粘着剤組成物の詳細は、例えば特許第4140736号に記載されており、当該特許公報の記載は本明細書に参考として援用される。

【0051】

粘着剤層の厚みは、上記のとおり3 μm 以上であり、好ましくは10 μm 以上であり、より好ましくは25 μm 以上であり、さらに好ましくは30 μm 以上であり、特に好ましくは40 μm 以上である。粘着剤層の厚みがこのような範囲であれば、多孔質層の破損を良好に抑制することができ、結果として、光導波路および凹凸光学素子の光学特性を良好に維持するとともに、光漏れを良好に抑制することができる。粘着剤層の厚みが15 μm 以上であれば上記効果が得られるので、厚みの上限に制限はない。ただし、薄型軽量化およびコストの観点から、粘着剤層の厚みは、例えば200 μm 以下であってもよく、また

例えば $150\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよく、また例えば $120\text{ }\mu\text{m}$ 以下であってもよい。

【0052】

F．保護層

保護層50の厚みは、好ましくは $20\text{ }\mu\text{m}$ 以上であり、より好ましくは $25\text{ }\mu\text{m}$ 以上であり、さらに好ましくは $30\text{ }\mu\text{m}$ 以上である。一方、保護層の厚みは、好ましくは $200\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、より好ましくは $150\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、さらに好ましくは $120\text{ }\mu\text{m}$ 以下である。保護層の厚みがこのような範囲であれば、光学部材をARグラス等に適用した場合に、優れた表面保護性能を付与するとともに、多孔質層の破損を抑制することができる。

【0053】

保護層50のヤング率は、好ましくは 2 GPa 以上であり、より好ましくは 2.5 GPa 以上であり、さらに好ましくは 3 GPa 以上である。一方、保護層のヤング率は、好ましくは 10 GPa 以下であり、より好ましくは 9 GPa 以下であり、さらに好ましくは 8 GPa 以下である。保護層のヤング率がこのような範囲であれば、光学部材をARグラス等に適用した場合に、優れた表面保護性能を付与するとともに、多孔質層の破損を抑制することができる。

【0054】

保護層50は、任意の適切な樹脂フィルムで構成されている。樹脂フィルムの形成材料としては、例えば、(メタ)アクリル系樹脂、ジアセチルセルロース、トリアセチルセルロース等のセルロース系樹脂、ノルボルネン系樹脂等のシクロオレフィン系樹脂、ポリプロピレン等のオレフィン系樹脂、ポリエチレンテレフタレート系樹脂等のエステル系樹脂、ポリアミド系樹脂、ポリカーボネート系樹脂、これらの共重合体樹脂等が挙げられる。なお、「(メタ)アクリル系樹脂」とは、アクリル系樹脂および/またはメタクリル系樹脂をいう。

【0055】

保護層50の透湿度は、好ましくは $0.1\text{ g/m}^2/24\text{ hr} \sim 1000\text{ g/m}^2/24\text{ hr}$ であり、より好ましくは $0.5\text{ g/m}^2/24\text{ hr} \sim 800\text{ g/m}^2/24\text{ hr}$ であり、さらに好ましくは $1\text{ g/m}^2/24\text{ hr} \sim 500\text{ g/m}^2/24\text{ hr}$ である。保護層の透湿度がこのような範囲であれば、多孔質層の破損をさらに抑制することができる。

【0056】

G．ハードコート層

ハードコート層60は、好ましくはH以上、より好ましくは2H以上、さらに好ましくは3H以上の鉛筆硬度を有する。一方、ハードコート層の鉛筆硬度は、好ましくは6H以下であり、より好ましくは5H以下である。ハードコート層の鉛筆硬度がこのような範囲であれば、光学部材をARグラス等に適用した場合に、優れた表面保護性能を付与するとともに、多孔質層の破損を抑制することができる。鉛筆硬度は、JIS K 5400の「鉛筆硬度試験」に基づいて測定され得る。

【0057】

ハードコート層の厚みは、例えば $0.5\text{ }\mu\text{m} \sim 30\text{ }\mu\text{m}$ であってもよく、また例えば $1\text{ }\mu\text{m} \sim 20\text{ }\mu\text{m}$ であってもよく、また例えば $2\text{ }\mu\text{m} \sim 15\text{ }\mu\text{m}$ であってもよい。ハードコート層の厚みがこのような範囲であれば、光学部材をARグラス等に適用した場合に、優れた表面保護性能を付与するとともに、多孔質層の破損を抑制することができる。

【0058】

ハードコート層は、上記のような特性を満足する限りにおいて、任意の適切な材料で構成され得る。ハードコート層は、例えば、熱硬化性樹脂または電離放射線(例えば、可視光、紫外線)硬化性樹脂の硬化層である。ハードコート層は、例えば、熱硬化性樹脂または電離放射線(例えば、可視光、紫外線)硬化型樹脂の硬化層であり得る。紫外線硬化型樹脂が好ましい。簡便な操作および高効率でハードコート層を形成することができるからである。紫外線硬化型樹脂の具体例としては、ポリエステル系、(メタ)アクリル系、ウレタン系、アミド系、シリコン系、エポキシ系、不飽和ポリエステルの紫外線硬化型

10

20

30

40

50

樹脂が挙げられる。(メタ)アクリル系紫外線硬化型樹脂は、ウレタン(メタ)アクリレート、ポリエステル(メタ)アクリレート、エポキシ(メタ)アクリレートを包含する。紫外線硬化型樹脂には、紫外線硬化型のモノマー、オリゴマー、ポリマーが含まれ得る。好ましい紫外線硬化型樹脂としては、紫外線重合性の官能基を好ましくは2個以上、より好ましくは3~6個有するアクリル系のモノマー成分またはオリゴマー成分を含む樹脂組成物が挙げられる。代表的には、紫外線硬化型樹脂には、光重合開始剤が配合されている。

【0059】

ハードコート層は、任意の適切な方法により形成され得る。ハードコート層は、好ましくは、保護層上にハードコート層形成用樹脂組成物を塗工し、乾燥させ、乾燥した塗工膜に紫外線を照射して硬化させることにより形成され得る。 10

【0060】

ハードコート層の詳細は、例えば特開2011-237789号公報、特開2016-224443号公報に記載されている。当該公報の記載は、本明細書に参考として援用される。

【0061】

H. 反射防止層

反射防止層70の構成としては、任意の適切な構成が採用され得る。反射防止層の代表的な構成としては、(1)光学膜厚が120nm~140nmである、屈折率1.35~1.55程度の低屈折率層の単一層；(2)光導波路側から順に中屈折率層と高屈折率層と低屈折率層とを有する積層体；(3)高屈折率層と低屈折率層との交互多層積層体；が挙げられる。 20

【0062】

低屈折率層を形成し得る材料としては、例えば、酸化ケイ素(SiO_2)、フッ化マグネシウム(MgF_2)が挙げられる。低屈折率層の屈折率は、代表的には1.35~1.55程度である。高屈折率層を形成し得る材料としては、例えば、酸化チタン(TiO_2)、酸化ニオブ(Nb_2O_3 または Nb_2O_5)、スズドープ酸化インジウム(ITO)、アンチモンドープ酸化スズ(ATO)、 $\text{ZrO}_2\text{-TiO}_2$ が挙げられる。高屈折率層の屈折率は、代表的には1.60~2.20程度である。中屈折率層を形成し得る材料としては、例えば、酸化チタン(TiO_2)、低屈折率層を形成し得る材料と高屈折率層を形成し得る材料との混合物(例えば、酸化チタンと酸化ケイ素との混合物)が挙げられる。中屈折率層の屈折率は、代表的には1.50~1.85程度である。低屈折率層、中屈折率層および高屈折率層の厚みは、反射防止層の層構造、所望の反射防止性能等に応じた適切な光学膜厚が実現されるように設定され得る。 30

【0063】

上記の反射防止層は、代表的にはドライプロセスにより形成される。ドライプロセスの具体例としては、PVD(Physical Vapor Deposition)法、CVD(Chemical Vapor Deposition)法が挙げられる。PVD法としては、真空蒸着法、反応性蒸着法、イオンビームアシスト法、スパッタリング法、イオンプレーティング法が挙げられる。CVD法としては、プラズマCVD法が挙げられる。好ましくは、スパッタリング法である。膜厚ムラの小さい、より均一な成膜が可能となるからである。 40

【0064】

上記の反射防止層の厚みは、例えば20nm~300nm程度である。

【0065】

反射防止層70は、電離放射線硬化性樹脂組成物の硬化層であってもよい。電離放射線硬化性樹脂組成物は、電離放射線硬化性樹脂を含む。電離放射線硬化性樹脂としては、代表的には、熱硬化性樹脂、紫外線硬化性樹脂、光(可視光)硬化性樹脂、電子線硬化性樹脂が挙げられる。例えば、電離放射線硬化性樹脂としては、シリコーン樹脂、ポリエステル樹脂、ポリエーテル樹脂、エポキシ樹脂、ウレタン樹脂、アルキッド樹脂、スピロアセ 50

タール樹脂、ポリブタジエン樹脂、ポリチオールポリエン樹脂が挙げられる。また例えば、電離放射線硬化性樹脂は、熱、光（紫外線等）または電子線等により硬化するアクリレート基および／またはメタクリレート基を有する硬化型化合物であり得る。具体例としては、多価アルコールのような多官能化合物のアクリレートおよび／またはメタクリレート等のオリゴマーまたはプレポリマーが挙げられる。電離放射線硬化性樹脂は、単独で用いてもよく２種以上を組み合わせて用いてもよい。電離放射線硬化性樹脂組成物は、目的に応じて、反応性希釈剤、フッ素元素含有添加剤、中空粒子、および／または中実粒子をさらに含んでもよい。本実施形態の反射防止層は、代表的には、以下の製造方法により形成され得る：電離放射線硬化性樹脂組成物を希釈溶媒で希釈した反射防止層形成用塗工液を塗工する；塗工膜を乾燥する；および、乾燥した塗工膜を硬化させる。本実施形態の反射防止層の厚みは、例えば $0.1\ \mu\text{m} \sim 50\ \mu\text{m}$ であってもよく、また例えば $0.3\ \mu\text{m} \sim 40\ \mu\text{m}$ であってもよく、また例えば $0.5\ \mu\text{m} \sim 30\ \mu\text{m}$ であってもよく、また例えば $1.0\ \mu\text{m} \sim 20\ \mu\text{m}$ であってもよく、また例えば $2.0\ \mu\text{m} \sim 10\ \mu\text{m}$ であってもよい。

10

【実施例】

【００６６】

以下、実施例によって本発明を具体的に説明するが、本発明はこれら実施例によって限定されるものではない。なお、各特性の測定方法は以下の通りである。また、特に明記しない限り、実施例における「％」および「部」は重量基準である。

【００６７】

20

（１）多孔質層の屈折率

光導波路に多孔質層を形成した後に、 $50\text{ mm} \times 50\text{ mm}$ のサイズにカットし、これを粘着層を介してガラス板（厚み： 3 mm ）の表面に貼合した。上記ガラス板の裏面中央部（直径 20 mm 程度）を黒マジックで塗りつぶして、該ガラス板の裏面で反射しないサンプルとした。エリブソメーター（J. A. Woollam Japan社製：VASE）に上記サンプルをセットし、 550 nm の波長、入射角 $50 \sim 80$ 度の条件で、屈折率を測定した。

【００６８】

（２）光導波路保護

（２－１）鉛筆硬度

30

加重を 500 g としたこと以外はJIS K 5400の「鉛筆硬度試験」に基づいて測定した。

（２－２）画像の白ボケ

実施例および比較例で得られた光学部材を介して所定の画像を入射および出射させ、出射画像を目視により観察した。観察画像を参考例１の光導波路単体からの出射画像と比較し、以下の基準で評価した。

（良好）：白っぽさは認められなかった

×（不良）：白っぽさが認められた

（２－３）表面汚染耐性

実施例および比較例で得られた光学部材の表面に 0.1 ml の水滴を滴下した状態で、（２－２）と同様にして出射画像を目視により観察し、以下の基準で評価した。

40

（良好）：画像の乱れも光漏れも認められなかった

×（不良）：画像の乱れおよび／または光漏れが認められた

【００６９】

〔製造例１〕多孔質層形成用塗工液の調製

（１）ケイ素化合物のゲル化

2.2 g のジメチルスルホキシド（DMSO）に、ケイ素化合物の前駆体であるメチルトリメトキシシラン（MTMS）を 0.95 g 溶解させて混合液Aを調製した。この混合液Aに、 0.01 mol/L のシュウ酸水溶液を 0.5 g 添加し、室温で 30 分撹拌を行うことでMTMSを加水分解して、トリス（ヒドロキシ）メチルシランを含む混合液Bを

50

生成した。

5.5 g の DMSO に、28 重量 % のアンモニア水 0.38 g、および純水 0.2 g を添加した後、さらに、上記混合液 B を追添し、室温で 15 分攪拌することで、トリス（ヒドロキシ）メチルシランのゲル化を行い、ゲル状ケイ素化合物を含む混合液 C を得た。

（２）熟成処理

上記のように調製したゲル状ケイ素化合物を含む混合液 C を、そのまま、40℃ で 20 時間インキュベートして、熟成処理を行った。

（３）粉碎処理

つぎに、上記のように熟成処理したゲル状ケイ素化合物を、スパチュラを用いて数 mm ～数 cm サイズの顆粒状に砕いた。次いで、混合液 C にイソプロピルアルコール（IPA）を 40 g 添加し、軽く攪拌した後、室温で 6 時間静置して、ゲル中の溶媒および触媒をデカンテーションした。同様のデカンテーション処理を 3 回行うことにより、溶媒置換し、混合液 D を得た。次いで、混合液 D 中のゲル状ケイ素化合物を粉碎処理（高圧メディアレス粉碎）した。粉碎処理（高圧メディアレス粉碎）は、ホモジナイザー（エスエムテ社製、商品名「UH-50」）を使用し、5 cc のスクリュウ瓶に、混合液 D 中のゲル状化合物 1.85 g および IPA を 1.15 g 秤量した後、50 W、20 kHz の条件で 2 分間の粉碎で行った。

この粉碎処理によって、上記混合液 D 中のゲル状ケイ素化合物が粉碎されたことにより、混合液 D は、粉碎物のゾル液 E となった。ゾル液 E に含まれる粉碎物の粒度バラツキを示す体積平均粒子径を、動的光散乱式ナノトラック粒度分析計（日機装社製、UPA-E X150 型）にて確認したところ、0.50 ～ 0.70 であった。さらに、0.75 g のゾル液 E に対し、光塩基発生剤（和光純薬工業株式会社：商品名 WPBG266）の 1.5 重量 % 濃度 MEK（メチルエチルケトン）溶液を 0.062 g、ビス（トリメトキシシリル）エタンの 5 % 濃度 MEK 溶液を 0.036 g の比率で添加し、多孔質層形成用塗工液を得た。

【0070】

[製造例 2] 粘着剤層を構成する粘着剤の調製

攪拌羽根、温度計、窒素ガス導入管、冷却器を備えた 4 つ口フラスコに、ブチルアクリレート 90.7 部、N-アクリロイルモルホリン 6 部、アクリル酸 3 部、2-ヒドロキシブチルアクリレート 0.3 部、重合開始剤として 2,2'-アゾビスイソブチロニトリル 0.1 重量部を酢酸エチル 100 g と共に仕込み、緩やかに攪拌しながら窒素ガスを導入して窒素置換した後、フラスコ内の液温を 55℃ 付近に保って 8 時間重合反応を行い、アクリル系ポリマー溶液を調製した。得られたアクリル系ポリマー溶液の固形分 100 部に対して、イソシアネート架橋剤（日本ポリウレタン工業社製のコロネート L，トリメチロールプロパンのトリレンジイソシアネートのアダクト体）0.2 部、ベンゾイルパーオキサイド（日本油脂社製のナイパー BMT）0.3 部、 γ -グリシドキシプロピルメトキシシラン（信越化学工業社製：KBM-403）0.2 部を配合したアクリル系粘着剤溶液を調製した。次いで、上記アクリル系粘着剤溶液を、シリコーン処理を施したポリエチレンテレフタレート（PET）フィルム（三菱化学ポリエステルフィルム社製、厚さ：38 μ m）の片面に、乾燥後の粘着剤層の厚さが 20 μ m になるように塗布し、150℃ で 3 分間乾燥を行い、粘着剤層を形成した。得られた粘着剤の貯蔵弾性率は、 1.0×10^5 (Pa) であった。

【0071】

[実施例 1]

市販の AR グラス（Vuzix 社製、製品名「M4000」）から光導波路を取り出した。光導波路の厚みは 1.05 mm であった。さらに、光導波路には回折格子（凹凸光学素子）が形成されていた。この光導波路の両面に、製造例 1 で調製した多孔質層形成用塗工液を塗工した。塗工膜を、温度 100℃ で 1 分処理して乾燥し、多孔質層（厚み 1.2 μ m）を形成した。得られた多孔質層の空隙率は 60 体積 % であり、屈折率は 1.18 であった。次に、それぞれの多孔質層表面に製造例 2 で形成した粘着剤層（厚み 10 μ m、

貯蔵弾性率 $1.3 \times 10^5 \text{ Pa}$) を転写した。さらに、それぞれの粘着剤層の表面に、保護層としてのPETフィルム(三菱化学ポリエステルフィルム社製、厚み $50 \mu\text{m}$ 、弾性率 4.0 GPa) を積層した。このようにして、光学部材を作製した。得られた光学部材を上記評価に供した。結果を表1に示す。

【0072】

[実施例2]

それぞれの保護層としてPETフィルムの代わりにトリアセチルセルロース(TAC)フィルム(厚み $80 \mu\text{m}$ 、弾性率 3.0 GPa) を用いたこと以外は実施例1と同様にして光学部材を作製した。得られた光学部材を実施例1と同様の評価に供した。結果を表1に示す。

10

【0073】

[比較例1]

粘着剤層および保護層を形成しなかったこと以外は実施例1と同様にして光学部材を作製した。得られた光学部材を実施例1と同様の評価に供した。結果を表1に示す。

【0074】

[比較例2]

多孔質層を形成しなかったこと以外は実施例1と同様にして光学部材を作製した。得られた光学部材を実施例1と同様の評価に供した。結果を表1に示す。

【0075】

[参考例1]

20

光導波路単体を光学部材として実施例1と同様の評価に供した。結果を表1に示す。

【0076】

[実施例3~7]

粘着剤層の厚み、保護層の厚みおよび保護層のヤング率を表1のように変更したこと以外は実施例1と同様にして光学部材を作製した。得られた光学部材を実施例1と同様の評価に供した。結果を表1に示す。

【0077】

【表1】

	多孔質層	粘着剤層 厚み (μm)	粘着剤層 貯蔵弾性率 (10^5 Pa)	保護層 厚み (μm)	保護層 ヤング率 (GPa)	鉛筆 硬度	画像 白ボケ	表面汚 染耐性
実施例1	あり	20	1.3	50	4	4H	○	○
実施例2	あり	20	1.3	80	3	3H	○	○
比較例1	あり	なし	—	なし	—	B以下	○	○
比較例2	なし	20	1.3	50	4	4H	×	×
参考例1	なし	なし	—	なし	—	B以下	基準	×
実施例3	あり	10	1.3	80	3	3H	○	○
実施例4	あり	10	1.3	50	4	4H	○	○
実施例5	あり	5	1.3	60	3	4H	○	○
実施例6	あり	5	1.3	80	3	3H	○	○
実施例7	あり	5	1.3	50	4	4H	○	○

30

40

【0078】

表1から明らかなように、本発明の実施例によれば、表面の汚染を抑制し、白ボケおよび光漏れが抑制された出射画像を実現し得る光学部材が得られることがわかる。さらに、実施例の光学部材は総厚みが約 1.2 mm であり、顕著な薄型化(結果として、顕著な軽量化)が実現されている。

【産業上の利用可能性】

【0079】

50

本発明の実施形態による光学部材は、A R グラスおよびH M D に好適に用いられ得る。

【符号の説明】

【 0 0 8 0 】

- 1 0

光 導 波 路
- 1 0 a

第 1 主 面
- 1 0 b

第 2 主 面
- 2 0 a

凹 凸 光 学 素 子
- 2 0 b

凹 凸 光 学 素 子
- 3 0

多 孔 質 層
- 4 0

粘 着 剤 層
- 5 0

保 護 層
- 6 0

ハ ー ド コ ー ト 層
- 7 0

反 射 防 止 層
- 1 0 0

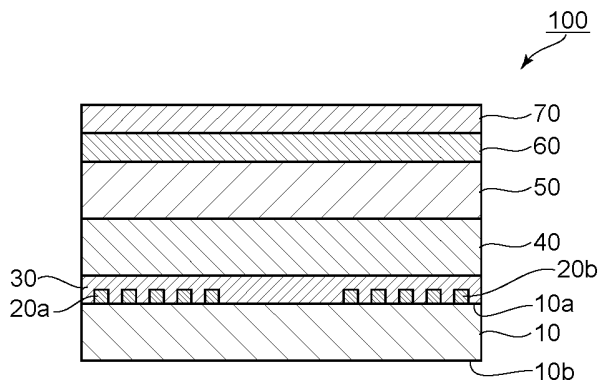
光 学 部 材
- 1 0 1

光 学 部 材
- 1 0 2

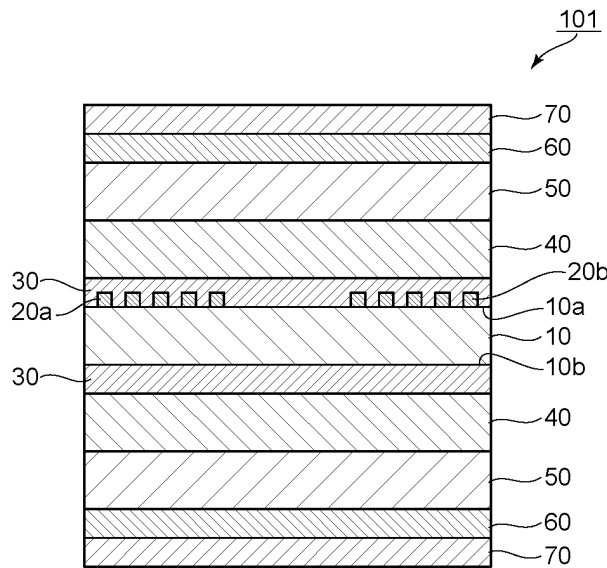
光 学 部 材

【 図 面 】

【 図 1 】



【 図 2 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

C 0 9 J 201/00 (2006.01)

F I
C 0 9 J 201/00

テーマコード (参考)

大阪府茨木市下穂積 1 丁目 1 番 2 号 日東電工株式会社内

(72)発明者 森島 諒太

大阪府茨木市下穂積 1 丁目 1 番 2 号 日東電工株式会社内

F ターム (参考)

2H199 CA12 CA53 CA67 CA87

2H249 AA07 AA13 AA40 AA43 AA44 AA50 AA60 AA62 AA65

2K009 AA02 AA10 AA15 BB02 BB11 CC03 CC34 CC38 DD02

4J004 AA10 AB01 DB03 EA06 FA08

4J040 DF031 EF282 GA05 GA07 HD30 HD35 JA09 JB09 KA16 LA06

MA10 MB03 NA17