

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7277268号  
(P7277268)

(45)発行日 令和5年5月18日(2023.5.18)

(24)登録日 令和5年5月10日(2023.5.10)

(51)国際特許分類	F I				
G 0 2 B	3/00	(2006.01)	G 0 2 B	3/00	Z
G 0 2 B	7/02	(2021.01)	G 0 2 B	7/02	A
			G 0 2 B	7/02	B

請求項の数 10 (全16頁)

(21)出願番号	特願2019-106575(P2019-106575)	(73)特許権者	000001007
(22)出願日	令和1年6月6日(2019.6.6)		キヤノン株式会社
(65)公開番号	特開2020-201325(P2020-201325		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
	A)	(74)代理人	100126240
(43)公開日	令和2年12月17日(2020.12.17)		弁理士 阿部 琢磨
審査請求日	令和4年5月30日(2022.5.30)	(74)代理人	100124442
			弁理士 黒岩 創吾
		(72)発明者	米谷 公一
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号キ
			ヤノン株式会社内
		審査官	植野 孝郎

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学素子、光学機器、撮像装置および光学素子の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1面を有する第1基材と、  
前記第1基材の前記第1面に設けられた樹脂部と、  
前記樹脂部の上に接合部を介して設けられる第2基材と、を備える光学素子であって、  
前記樹脂部は、前記接合部と接する第1領域と、前記第1領域を囲み前記接合部と接しない第2領域と、を有し、  
前記樹脂部の前記第2領域に、始点P1から前記樹脂部の周縁部に向かって厚みが厚くなる傾斜部が設けられ、  
前記光学素子の直径で積層方向に切断した断面において、  
前記傾斜部の始点P1を通る前記第1面の法線と直交する前記第1面の接線L1と、前記始点P1と前記傾斜部の厚みが最大となる点P2とを通る直線L2と、が25度以上45度以下の角度をなすことを特徴とする光学素子。

【請求項2】

前記傾斜部の始点P1を通る前記第1面の法線と直交する前記第1面の接線L1と、前記始点P1と前記傾斜部の厚みが最大となる点P2とを通る直線L2と、が30度以上45度以下の角度をなす請求項1に記載の光学素子。

【請求項3】

前記傾斜部は前記樹脂部の周縁部に設けられている請求項1または2に記載の光学素子。

【請求項4】

前記傾斜部の最大厚みが  $20\text{ }\mu\text{m}$  以上  $660\text{ }\mu\text{m}$  以下である請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の光学素子。

【請求項 5】

前記第 1 基材の前記第 1 面は凸面形状であり、前記第 2 基材の前記接合部と接する面は凹面形状であり、

前記樹脂部の前記第 1 領域は、中心から前記樹脂部の周縁部に向かって厚みが薄くなる偏肉形状である請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の光学素子。

【請求項 6】

前記樹脂部の厚みは  $10\text{ }\mu\text{m}$  以上  $3\text{ mm}$  以下である請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の光学素子。

【請求項 7】

筐体と、該筐体内に複数のレンズからなる光学系を備える光学機器であって、

前記レンズが請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の光学素子であることを特徴とする光学機器。

【請求項 8】

筐体と、該筐体内に複数のレンズからなる光学系と、該光学系を通過した光を受光する撮像素子と、を備える撮像装置であって、

前記レンズが請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の光学素子であることを特徴とする撮像装置。

【請求項 9】

前記撮像装置がカメラであることを特徴とする請求項 8 に記載の撮像装置。

【請求項 10】

第 1 面を有する第 1 基材と、前記第 1 基材の前記第 1 面に設けられ、第 1 領域と前記第 1 領域を囲む第 2 領域とを有する樹脂部と、前記樹脂部の第 1 領域の上に接合部を介して設けられる第 2 基材と、を備える光学素子の製造方法であって、

前記第 1 基材の前記第 1 面に、型を用いて、前記第 2 領域に始点 P 1 から周縁部に向かって厚みが厚くなる傾斜部が設けられた樹脂部を形成する工程と、

前記樹脂部の前記第 1 領域と前記第 2 基材とを接着剤で接合する工程と、を備え、

前記光学素子の直径で積層方向に切断した断面において、前記傾斜部の始点 P 1 を通る前記第 1 面の法線と直交する前記第 1 面の接線 L 1 と、前記始点 P 1 と前記傾斜部の厚みが最大となる点 P 2 とを通る直線 L 2 と、が  $25$  度以上  $45$  度以下の角度をなすことを特徴とする光学素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、2 枚の基材の間に樹脂部と接合部が設けられた光学素子に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、カメラやビデオカメラ等の撮像装置の高性能化の要求に伴い、撮影光学系を備えた光学機器を構成するレンズ等の光学素子には高い光学性能と対環境性能が求められている。このような光学素子では、例えば、2 枚の基材（ガラスまたは硬質プラスチック）の間に樹脂部を設けて接合されたものが知られている。また、光学機器の光学系が複数のレンズによって構成される場合、球面レンズによって生じる色収差を補正するために別のレンズを当該光学系に配置することが知られている。

【0003】

特許文献 1 には色収差を補正するためのレンズとして、2 枚の基材の間に樹脂部と接合部とが設けられた光学素子が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

10

20

30

40

50

【文献】特開 2016 - 194609 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献 1 に開示された光学素子は、基材と樹脂部の線膨張係数がそれぞれ異なるため、環境温度が変化したとき、それぞれの変形量が異なる。また、樹脂部は周縁部において、一方の面が基材に接し、もう一方の面が基材と接していない。そのため樹脂部は、基材と接していない面では大きく変形しようとするが、基材と接している面では基材に拘束され変形が抑制される。結果、基材と樹脂部との界面に発生した応力が樹脂部に残留するため、従来の光学素子は、基材と樹脂部との間で剥離が発生しやすいという課題があった。

10

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するための光学素子は、第 1 面を有する第 1 基材と、前記第 1 基材の前記第 1 面に設けられた樹脂部と、前記樹脂部の上に接合部を介して設けられる第 2 基材と、を備える光学素子であって、前記樹脂部は、前記接合部と接する第 1 領域と、前記第 1 領域を囲み前記接合部と接しない第 2 領域と、を有し、前記樹脂部の前記第 2 領域に、始点 P 1 から前記樹脂部の周縁部に向かって厚みが厚くなる傾斜部が設けられ、前記光学素子の直径で積層方向に切断した断面において、前記傾斜部の始点 P 1 を通る前記第 1 面の法線と直交する前記第 1 面の接線 L 1 と、前記始点 P 1 と前記傾斜部の厚みが最大となる点 P 2 とを通る直線 L 2 と、が 25 度以上 45 度以下の角度をなすことを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、環境温度の変化により樹脂部が変形しても、基材と樹脂部との界面で発生する応力による影響を低減させることができる。そのため、基材と樹脂部との間で剥離が発生しにくい光学素子を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図 1】本発明の光学素子の一実施態様を示す概略図である。

【図 2】図 1 の光学素子の部分拡大図である。

30

【図 3】本発明の光学素子を製造するときに用いる型の一実施態様を示す概略図である。

【図 4】本発明の光学素子の製造方法の一実施態様における樹脂部を形成する工程を示す概略図である。

【図 5】本発明の光学素子の製造方法の一実施態様における第 2 基材を接合する工程を示す概略図である。

【図 6】本発明の撮像装置の一実施態様を示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

[ 光学素子 ]

図 1 は本発明の光学素子の一実施態様を示す概略図であり、図 1 ( a ) は積層方向からみた上面図であり、A - A 直線は光学素子 31 の中心 O を通る直線である。また、図 1 ( b ) は、光学素子 31 を光学素子の直径 ( A - A 直線 ) で積層方向に切断したときの部分断面図である。

40

【0010】

光学素子 31 は、第 1 基材 11 と第 2 基材 21 の間に、樹脂部 12 と、接合部 22 とが設けられている。以下、樹脂部 12 と対向する面が凸面形状である第 1 基材 11 と、樹脂部 12 と、接合部 22 と、接合部 22 と対向する面が凹面形状である第 2 基材 21 とが順に積層されている例を用いて説明する。なお、光学素子 31 の光の入射側は特に限定されない。すなわち、第 1 基材 11 あるいは第 2 基材 21 のどちら側から光を入射するものであっても良い。

50

## 【 0 0 1 1 】

第 1 基材 1 1 は、外径（最大外径）が 1 であり、第 1 面 1 1 A を有する。第 1 面 1 1 A の上には樹脂部 1 2 が設けられている。第 1 面 1 1 A は、樹脂部 1 2 との密着性を良くするためにシランカップリング剤等によりプライマー処理することができる。第 1 基材 1 1 の材質は、例えば、珪酸ガラスや硼珪酸ガラス、リン酸ガラスに代表される一般的な光学ガラスに限らず、石英ガラス、ガラスセラミックなど、種々のガラスを用いることができる。また、ガラスのみならず透光性を有する（硬質）プラスチックを用いることもできる。凸面形状の曲率は、光学素子の所望の光学性能に応じて適宜設定することができる。

## 【 0 0 1 2 】

樹脂部 1 2 は第 1 基材 1 1 上に設けられる。樹脂部 1 2 の外径（最大外径）  $c$  の大きさは、第 1 基材 1 1 の外径以下である。すなわち、  $c$  1 の関係が成り立っている。また、樹脂部 1 2 の外径  $c$  の大きさは、第 2 基材 2 2 の外径 2 より大きい。すなわち、  $2 < c$  の関係が成り立っている。樹脂部 1 2 は、接合部 2 2 と接する第 1 領域 1 2 A と、第 1 領域 1 2 A を囲み、接合部 2 2 と接しない第 2 領域 1 2 B とからなる。

## 【 0 0 1 3 】

樹脂部 1 2 の第 1 領域 1 2 A は、中心付近において厚みが最も厚く、周縁部に向かって連続的に厚みが薄くなる、いわゆる偏肉形状である。光学素子の光学有効域において、樹脂部 1 2 が偏肉形状であることにより色収差補正の効果を高めることができる。ここで樹脂部 1 2 の厚みとは、第 1 基材の第 1 面 1 1 A の面法線方向における樹脂部 1 2 の厚みのことである。樹脂部 1 2 の厚みは、色収差補正機能と割れが発生する確率を低くするという観点で、  $10 \mu\text{m}$  以上  $3 \text{ mm}$  以下であることが好ましい。厚みが  $10 \mu\text{m}$  未満であると色収差補正機能が十分でないおそれがある。一方、厚みが  $3 \text{ mm}$  を超えると厚み方向で応力分布が発生し、割れが発生するおそれがある。

## 【 0 0 1 4 】

樹脂部 1 2 の第 2 領域 1 2 B は、傾斜部 1 1 2 が設けられている。図 2 は、図 1（b）に示した光学素子の部分拡大図であり、以下、図 2 を用いて傾斜部 1 1 2 について説明する。

## 【 0 0 1 5 】

傾斜部 1 1 2 は、始点 P 1 から樹脂部 1 2 の周縁部に向かう径方向に厚みが厚くなっている。点 P 2 は、傾斜部 1 1 2 の厚みが最大となる点である。図 2 において、傾斜部の厚みは始点 P 1 から点 P 2 まで線形に連続的に増加しているが、線形な増加でなくとも良い。また傾斜部 1 1 2 は、第 2 領域 1 2 B のすべてに設けられている必要はなく、図 2 のように始点 P 1 と第 1 領域 1 2 A の間には、樹脂部 1 2 が周縁部に向かう径方向に厚みが薄くなる部分を有していてもよい。また、後述する傾斜角度が  $25$  度未満の角度で樹脂部 1 2 が周縁部に向かう径方向に厚みが厚くなる部分を有していてもよい。なお、傾斜部 1 1 2 は樹脂部 1 2 の周縁部（外周）に設けられていることが好ましい。

## 【 0 0 1 6 】

次に、傾斜部 1 1 2 の傾斜角度について説明する。まず、始点 P 1 を通る第 1 基材の第 1 面 1 1 の面法線を L 3、前記面法線 L 3 と直交する第 1 面 1 1 の点 P 0 における接線を L 1 とする。なお、点 P 0 は面法線 L 3 を通る点である。また、始点 P 1 と傾斜部 1 1 2 の厚みが最大となる点 P 2 とを通る直線を L 2 とする。このとき、接線 L 1 と直線 L 2 とがなす角度が  $25$  度以上  $45$  度以下である。本明細書において、この接線 L 1 と直線 L 2 とがなす角度を傾斜部の傾斜角度と定義する。

## 【 0 0 1 7 】

接線 L 1 と直線 L 2 とがなす角度（傾斜角度）が  $25$  度未満であると、樹脂部 1 2 の第 1 基材の第 1 面 1 1 A との界面に発生する第 1 面 1 1 A の面法線方向の応力が樹脂部 1 2 に与える影響が大きい。そのため、光学素子を高温（例えば、温度  $70$  ）環境に放置した後室温（例えば、  $23 \pm 2$  ）に戻した際に、樹脂部 1 2 の第 1 基材の第 1 面 1 1 A との界面において剥離（浮き）が生じやすい。また周縁部を起点とした剥離が生じやすい。一方、接線 L 1 と直線 L 2 とがなす角度が  $45$  度より大きいと、樹脂部 1 2 の第 1 基

10

20

30

40

50

材の第1面11Aとの界面に発生する第1面11Aの接線方向の応力が樹脂部12に与える影響が大きい。そのため、光学素子を高温環境に放置した後に室温に戻した際に、周縁部に剥離の起点が生じると、樹脂部12の周縁部から中心方向に向かって、剥離が進展しやすい。

【0018】

また、接線L1と直線L2とがなす角度が45度より大きいと、樹脂部12をレプリカ成形で成形する際に、離型不良が発生する可能性が高くなる。これは接線L1と直線L2とがなす角度が45度より大きいと、樹脂部12の周縁部の厚みが他の部分に対し相対的に厚くなり、離型する際に必要な力が大きくなるためである。以上の理由より、傾斜部112の傾斜角度は25度以上45度以下となるようにした。より好ましい傾斜角度は30度以上45度以下である。

10

【0019】

傾斜部112の最大厚みは、20 $\mu$ m以上660 $\mu$ m以下であることが好ましい。傾斜部の最大厚みとは第1基材11の面法線のうち、点P2を通る法線上の、第1基材11と点P2とを結ぶ線分の距離である。厚みが20 $\mu$ m未満であると、樹脂部12の第1基材の第1面11Aとの界面に発生する、第1面11Aの面法線方向の応力が樹脂部12に与える影響が大きい。そのため、上述した傾斜角度を満たしても、光学素子を高温環境に放置した後に室温に戻した際に、樹脂部12と第1基材の第1面11Aとの界面において剥離が生じやすくなるおそれがある。一方、厚みが660 $\mu$ mを超えると、樹脂部12をレプリカ成形で成形する際に、離型不良が発生する可能性が高くなるおそれがある。これは樹脂部12の周縁部の厚みが他の部分に対し相対的に厚くなり、離型する際に必要な力が大きくなるためである。より好ましい傾斜部の最大厚みは、樹脂層12の最小厚みの2倍以上13倍以下である。

20

【0020】

また、応力開放部112の点P1から樹脂部12の端部までの距離（光軸方向と直交する方向の距離）は0.2mmから0.55mmであることが好ましい。0.2mmより短いと、上述した傾斜角度を満たしても最大厚みが十分でなく、樹脂部12の第1基材の第1面11Aとの界面において剥離が生じやすくなるおそれがある。また、0.55mmより大きくなると、光学有効外域の大きさが大きくなり、光学素子をレンズとして光学系に用いる際に、光学系の設計の自由度が低くなるおそれがある。また、図2において傾斜部112は点P2から紙面下方向に垂直に下りて形成され第1基材11と接している（光軸と平行な方向に下りている）が、端部の形状はこの形でなくても良い。中心方向に凹んだ形状でも良いし、径方向に凸形状であっても良い。また、点P2より外周側に広がった裾を引いたような形状でも良い。

30

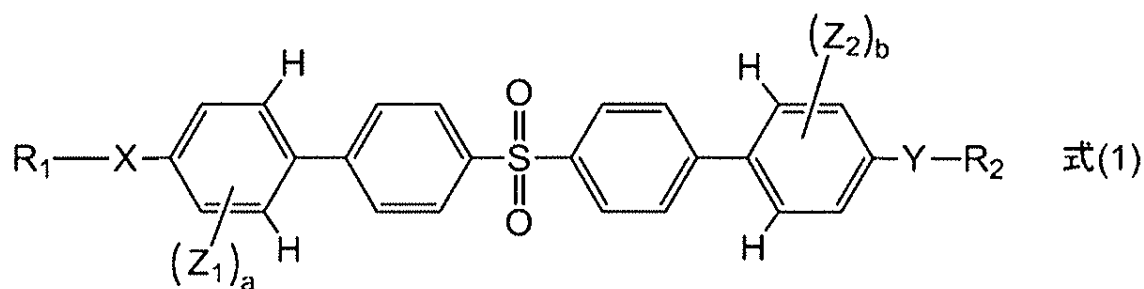
【0021】

樹脂部12の材料は所望の光学特性によって適当なものを選択することが可能であり、例えば、熱硬化性樹脂や光硬化性樹脂を用いることができる。熱硬化性樹脂および光硬化性樹脂としては、光学特性を調整する目的で微粒子を分散させたものを用いてもよい。樹脂部12の材料としては、簡便な製造プロセスを採用できるという観点においては、光硬化性樹脂が好ましい。光硬化性樹脂としては、高い光学特性が得られるという観点において、アクリル樹脂が好ましい。アクリル樹脂としては、アクリロイル基またはメタクリロイル基を有する下記式（1）で示される化合物が重合または共重合したものを用いることができる。

40

【0022】

## 【化 1】



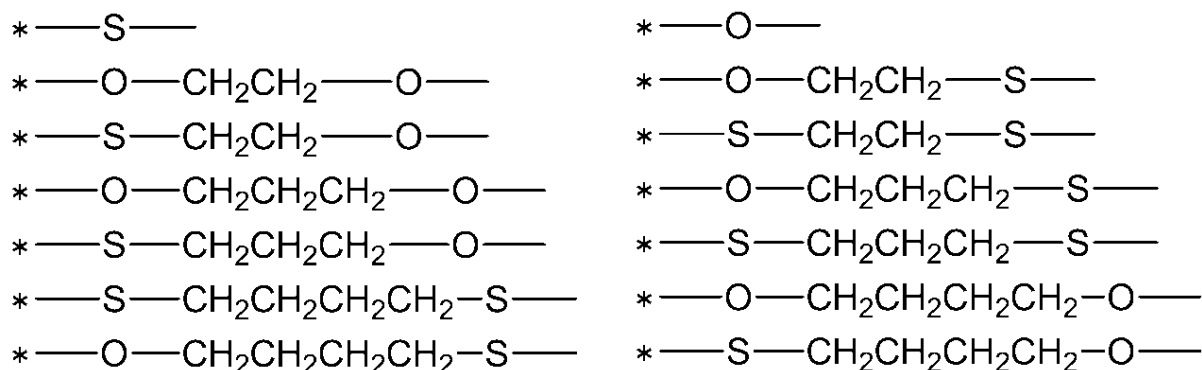
10

## 【0023】

式(1)において、XおよびYは、それぞれ下記に示される置換基から選択されるいずれかの置換基である。

## 【0024】

## 【化 2】



20

( \* は、R<sub>1</sub>またはR<sub>2</sub>との結合手を表す。 )

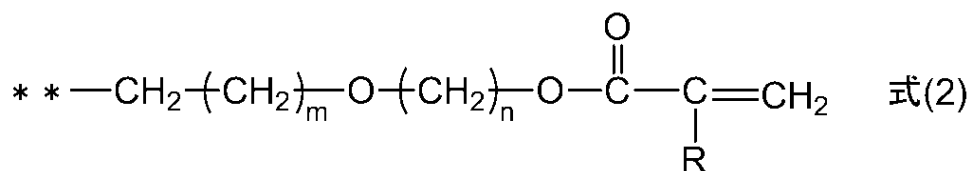
## 【0025】

式(1)において、R<sub>1</sub>およびR<sub>2</sub>は、それぞれ水素原子、炭素数1乃至2のアルキル基および(メタ)アクリロイル基(アクリロイル基またはメタアクリロイル基を意味する、以下において同じ)から選択されるいずれかの置換基である。Z<sub>1</sub>およびZ<sub>2</sub>は、それぞれ水素原子、ハロゲン原子、炭素数1乃至2のアルコキシ基、炭素数1乃至2のアルキルチオ基、無置換の炭素数1乃至2のアルキル基および下記式(2)に示す置換基から選択されるいずれかの置換基である。

30

## 【0026】

## 【化 3】



40

( 式(2)において、\* \* は、結合手を表し、mは、0または1であり、nは、2乃至4のいずれかの整数であり、Rは、水素またはメチル基である。 )

## 【0027】

式(1)において、aおよびbは、それぞれ0乃至2のいずれかの整数である。aが2のとき2つのZ<sub>1</sub>は、同じであってもよいし異なってもよい。bが2のとき2つのZ<sub>2</sub>は、同じであってもよいし異なってもよい。

## 【0028】

50

接合部 2 2 は樹脂部の第 1 領域 1 2 A 上に設けられ、樹脂部 1 2 と第 2 基材 2 1 とを接合させる層である。接合部 2 2 の材質は樹脂であり、樹脂部 1 2 と第 2 基材 2 1 との密着力が高くなるように選択される。樹脂は特に限定されず、熱硬化性樹脂でも光硬化性樹脂でも構わないが、製造方法が簡便であり、製造時の変形が少ない光硬化性樹脂が好ましい。製造プロセス上、樹脂部に変形を生じさせないという観点においてアクリル系光硬化樹脂を用いることが好ましい。また、接合部 2 2 の厚みは  $1\text{ }\mu\text{m}$  以上  $30\text{ }\mu\text{m}$  以下であることが好ましい。ここで接合部 2 2 の厚みとは、第 2 基材 2 1 の接合部 2 2 と接する面の面法線方向における接合部 2 2 の厚みのことである。接合部 2 2 の厚みが  $1\text{ }\mu\text{m}$  未満であると、樹脂部 1 2 と第 2 基材 2 1 との密着性が十分でなくなるおそれがある。一方、接合部 2 2 の厚みが  $100\text{ }\mu\text{m}$  より大きいと、環境温度の変化に対する体積変化が大きくなり、色収差補正機能が悪化するおそれがある。

10

#### 【0029】

第 2 基材 2 1 は、外径（最大外径）が 2 であり、外径 2 の大きさは樹脂部の外径 c より小さい。第 2 基材 2 1 の接合部 2 2 と接する面はシランカップリング剤等によりプライマー処理することができる。第 2 基材 2 1 の材質は、例えば、珪酸ガラスや硼珪酸ガラス、リン酸ガラスに代表される一般的な光学ガラスに限らず、石英ガラス、ガラスセラミックなど、種々のガラスを用いることができる。また、ガラスのみならず透光性を有する（硬質）プラスチックを用いることもできる。凹面形状の曲率は、光学素子の所望の光学性能に応じて適宜設定することができる。

#### 【0030】

20

##### [ 光学素子の製造方法 ]

次に、本発明の光学素子の製造方法の一実施態様を説明する。以下、凸面形状を有する第 1 基材 1 1 と、樹脂部 1 2 と、接合部 2 2 と、凹面形状を有する第 2 基材 2 1 とが順に積層される光学素子の製造方法を用いて説明する。図 3 は樹脂部 1 2 を形成するために用いる型の概略図であり、図 4 , 5 は本発明の光学素子の製造方法の一実施態様を示した図であり、図 4 は樹脂部 1 2 を形成する工程を示した概略図である。

#### 【0031】

図 3 に示す型 1 3 は、樹脂部 1 2 を形成するために用いる。型 1 3 は、樹脂部の第 1 領域 1 2 A を形成する凹面 1 3 A と、樹脂部の第 2 領域 1 2 B に設けられる傾斜部 1 1 2 を形成する斜面 1 3 B とを有する。斜面 1 3 B は傾斜部の厚みが樹脂部の周縁部に向かって厚みが厚くなるように、型 1 3 の中心から外周方向に傾斜している。この斜面 1 3 B の開始位置は、光学素子の光学有効域の外部、すなわち光学有効外域である。また、斜面 1 3 B の開始位置は、第 2 基材 2 1 の外径 2 を超える位置に形成されている。型 1 3 の材質は特に限定されないが、例えば、超硬合金を用いることができる。

30

#### 【0032】

まず、図 4 ( a ) のように、樹脂の設置面が凸面形状である第 1 基材 1 1 と、樹脂の設置面が凹面形状である型 1 3 を用意し、型 1 3 および第 1 基材 1 1 に樹脂 1 2 a を塗布する。樹脂 1 2 a は、型 1 3 および第 1 基材 1 1 のいずれか一方に塗布する方法でも構わない。樹脂 1 2 a は未硬化の樹脂であり、樹脂部 1 2 の前駆体である。樹脂 1 2 a としては、例えば、光エネルギーを与えて硬化可能な光硬化性樹脂もしくは熱エネルギーを与えて硬化可能な熱硬化性樹脂を用いることができる。また、塗布する方法は特に限定されないが、例えば、ディスペンサーを用いることができる。なお、以下の説明では、樹脂 1 2 a として光硬化性樹脂を用いた場合について説明する。

40

#### 【0033】

次に、図 4 ( b ) のように支持部材 1 4 、可動部 1 5 および固定部 1 8 からなる第 1 治具を用意し、第 1 基材 1 1 の樹脂 1 2 a を塗布した面を型 1 3 側に向けて第 1 治具に設置する。このとき、型 1 3 の中心軸と第 1 基材 1 1 の中心軸とが一致するように可動部 1 5 を用いて調整する。

#### 【0034】

続いて、図 4 ( c ) のように第 1 基材 1 1 の光学有効外域の位置に加圧部材 1 6 を接触

50

させて加圧する。加圧部材 16 は特に限定されないが、例えば、同心円状の均等な距離の複数箇所にゴムを設け、その複数個のゴムと第 1 基材 11 が接触する構成を採用することができる。また、加圧部材 16 にかかる圧力は、使用する樹脂の粘度、基材の形状等により決まるが、 $0.01 \sim 10 \text{ N/mm}^2$  の範囲であれば充填性、泡の巻き込み等の課題が発生しにくい。

【0035】

次に、図 4 (d) のように支持部材 14 を移動させて、型 13 と第 1 基材 11 との距離を縮めて樹脂 12a を第 1 基材 11 の径方向に充填する。樹脂 12a が所望の厚さになったところで、支持部材 14 の移動を終了させる。その後、加圧部材 16 を第 1 基材 11 上から取り除く。

【0036】

次に、図 4 (e) のように、第 1 基材 11 を通して光源 17 から光を樹脂 12a に照射することにより、樹脂 12a を硬化させる。樹脂 12a が硬化したのちに、型 13 を離型し、第 1 基材 11 上に樹脂部 12 を形成する。ここで、照射に際しては、酸素による光硬化性樹脂の硬化阻害を防止するために、窒素ガスを流し酸素濃度を  $0.01\%$  以下にすることが好ましい。

【0037】

また、樹脂部 12 の硬化を促進するために、離型後に、 $70^\circ\text{C}$  以上  $100^\circ\text{C}$  以下の温度で加熱を行いながら光を照射することが好ましい。さらに、樹脂部 12 の硬化反応率を樹脂部の厚み方向に一樣にするという観点においては、加熱は真空中で行うことが好ましい。大気中の酸素による樹脂部 12 の硬化阻害を抑制できるためである。このとき、真空度としては  $20 \text{ Pa}$  以下が好ましい。なお、樹脂部 12 の硬化反応率は  $40\%$  以上  $80\%$  以下が好ましい。硬化反応率が  $40\%$  未満であると樹脂部 12 の硬化が不十分であり、温度や湿度の変化による樹脂部の体積変化が大きくなるため、光学性能の劣化につながるおそれがある。一方、硬化反応率が  $80\%$  を超えると、樹脂部 12 に割れが生じるおそれがある。

【0038】

図 5 は、第 2 基材 21 を接合する工程を示す概略図である。

【0039】

まず、凹面形状を有する第 2 基材 21 を用意する。図 5 (a) のように、樹脂部の第 1 領域 12A と、第 2 基材 21 に接着剤 22a を塗布する。ここで接着剤 22a は、光エネルギーを与えて硬化可能な光硬化性接着剤もしくは熱エネルギーを与えて硬化可能な熱硬化性接着剤を用いることができる。また、塗布する方法も特に限定されないが、例えば、ディスペンサーを用いることができる。なお、以下の説明では、光硬化性接着剤を用いた場合について説明する。

【0040】

次に、図 5 (b) のように第 2 基材 21 を樹脂部 22 上に塗布された接着剤 22a と対向、接近させる。さらに、図 5 (c) のように接着剤 22a の厚みが所望の厚みになるように、第 1 基材 11 と第 2 基材 21 とを接近させて、第 1 基材 11 および第 2 基材 21 の径方向に接着剤 22a を充填する。

【0041】

そして、図 5 (d) のように、光源 23 により接着剤 22a を硬化させ、接合部 22 を形成する。接合部 22 を介して樹脂部 12 と第 2 基材 21 とが接合される。

【0042】

以上の工程により、図 1 に示した本発明の光学素子を製造することができる。

【0043】

[ 撮像装置 ]

図 6 は、本発明の撮像装置の好適な実施形態の一例である、一眼レフデジタルカメラ 600 の構成を示している。図 6 において、カメラ本体 602 と光学機器であるレンズ鏡筒 601 とが結合されているが、レンズ鏡筒 601 はカメラ本体 602 に対して着脱できない

10

20

30

40

50



わゆる交換レンズである。

【 0 0 4 4 】

被写体からの光は、レンズ鏡筒 6 0 1 の筐体内（筐体 6 2 0 内）の撮影光学系の光軸上に配置された複数のレンズ 6 0 3、6 0 5 などからなる光学系を通過し、撮像素子に受光される。本発明の光学素子は例えば、レンズ 6 0 3 に用いることができる。

【 0 0 4 5 】

ここで、レンズ 6 0 5 は内筒 6 0 4 によって支持されて、フォーカシングやズーミングのためにレンズ鏡筒 6 0 1 の外筒に対して可動支持されている。

【 0 0 4 6 】

撮影前の観察期間では、被写体からの光は、カメラ本体の筐体 6 2 1 内の主ミラー 6 0 7 により反射され、プリズム 6 1 1 を透過後、ファインダレンズ 6 1 2 を通して撮影者に撮影画像が映し出される。主ミラー 6 0 7 は例えばハーフミラーとなっており、主ミラーを透過した光はサブミラー 6 0 8 により A F（オートフォーカス）ユニット 6 1 3 の方向に反射され、例えばこの反射光は測距に使用される。また、主ミラー 6 0 7 は主ミラーホルダ 6 4 0 に接着などによって装着、支持されている。不図示の駆動機構を介して、撮影時には主ミラー 6 0 7 とサブミラー 6 0 8 を光路外に移動させ、シャッター 6 0 9 を開き、撮像素子 6 1 0 にレンズ鏡筒 6 0 1 から入射した撮影光像を結像させる。また、絞り 6 0 6 は、開口面積を変更することにより撮影時の明るさや焦点深度を変更できるよう構成される。

【 0 0 4 7 】

なお、本発明の撮像装置として一眼レフデジタルカメラを一例として説明したが、本発明の光学素子はビデオカメラ、スマートフォン、ドローン等の撮影光学系を有する各種撮像装置に適用可能である。

【実施例】

【 0 0 4 8 】

次に、実施例を挙げて本発明の光学素子、およびその製造方法を具体的に説明する。まず、本発明の光学素子は以下の方法を用いて評価した。その評価方法について記載する。

【 0 0 4 9 】

（光学素子の形状評価）

光学素子の樹脂部の傾斜部の形状評価（厚み、傾斜角度）は、光学素子を図 1 の A - A 線で切断し、その断面を光学顕微鏡で観察、測長することによって評価した。

【 0 0 5 0 】

（高温耐久試験後の剥がれ評価）

光学素子を恒温槽に投入し、20 から 70 まで 10 / 時間の速度 5 時間かけて昇温し、70 で 1 時間保持した後、70 から 20 まで 10 / 時間の速度で 5 時間かけて降温した。20 まで降温した後に恒温槽より光学素子を取り出して、室温（23 ± 2 ）にて光学素子の剥離の有無を光学顕微鏡にて観察した。第 1 基材と樹脂部の間に径方向もしくは周方向に 0 . 0 5 m m 以上の剥離が確認されたものを剥がれがあると評価した。作製した 5 個の光学素子のうち、1 個も剥がれが発生しなかったものを A とした。作製した 5 個の光学素子のうち、1 個剥がれが発生したものを B とした。作製した 5 個の光学素子のうち、2 個以上剥がれが発生したものを C とした。

【 0 0 5 1 】

（硬化反応率の測定方法）

樹脂部の硬化反応率は、フーリエ変換赤外分光分析装置（F T I R、P e r k i n E l m e r 社製、商品名：S p e c t r u m O n e）を用いて測定した。具体的には、F T I R によって得られた樹脂の吸光スペクトルの炭素の二重結合に係るピーク面積を求め、以下の式を用いて算出した。

【 0 0 5 2 】

【数 1】

10

20

30

40

$$\left(1 - \frac{S1/S2}{S3/S4}\right) \times 100$$

S 1 : 硬化状態における二重結合に係るピーク面積

10

S 2 : 硬化状態における二重結合に係らないピーク面積

S 3 : 未硬化状態における二重結合に係るピーク面積

S 4 : 未硬化状態における二重結合に係らないピーク面積

【 0 0 5 3 】

( 実施例 1 )

図 1 に例示した光学素子を図 4 および図 5 に示した工程で作製した。第 1 基材 1 1 には、硝材 ( H O Y A 株式会社製、商品名 : T A F D 4 5 ) の両面を球面形状に加工した 4 2 m m のものを用いた。型 1 3 は超硬合金 ( 富士ダイス株式会社製、商品名 : F 1 0 ) を鏡面加工したものであり、樹脂部 1 2 の形状を反転したものである。また、型 1 3 は、中心から 1 9 . 4 5 m m まで、一定の曲率 ( 曲率半径 R = 5 7 . 3 4 m m ) を持つ凹面形状 ( 凹面 1 3 A ) に加工されている。その凹面形状を囲んで、型 1 3 の端部には斜面 1 3 B が形成されている。斜面 1 3 B は中心から 1 9 . 5 5 m m の位置から型の外側に向かい樹脂部 1 2 の厚みを厚く形成できるような形状となっている。また、凹面 1 3 A と斜面 1 3 B との間は、型の設置面と平行な方向 ( 水平方向 ) に 0 . 1 m m の直線が加工されている。

20

【 0 0 5 4 】

すなわち、実施例 1 において樹脂部 1 2 は、中心において最大厚み 1 . 0 m m 、中心から 1 9 . 4 5 m m の位置において最小厚み 5 0 μ m と連続的に薄くなるように、型 1 3 の形状を設計した。また、樹脂部 1 2 が中心からの距離 1 9 . 5 5 m m の位置から周縁部に向かって、図 2 に示した接線 L 1 と直線 L 2 とが 4 5 ° の角度をなして、徐々に厚みが厚くなる傾斜部が設けられるように、型 1 3 の形状を設計した。

30

【 0 0 5 5 】

まず、ディスペンサー ( 武蔵エンジニアリング社製、商品名 : S M P - 3 ) を用いて第 1 基材 1 1 と型 1 3 に樹脂 1 2 a を塗布した ( 図 4 ( a ) ) 。樹脂 1 2 a にはアクリル系の光硬化性樹脂を用いた。次いで、支持部材 1 4 、可動部 1 5 および固定部 1 8 からなる第 1 治具を用意し、第 1 基材の樹脂 1 2 a を塗布した面を型 1 3 側に向けて第 1 治具に設置した。このとき、型 1 3 の中心軸と第 1 基材 1 1 の中心軸との水平方向の距離が 2 0 μ m 以下になるように可動部 1 5 を用いて調整した ( 図 4 ( b ) ) 。

【 0 0 5 6 】

次いで、第 1 基材 1 1 の光学有効外域の位置である中心からの距離 1 8 . 0 m m の位置に加圧部材 1 6 が接触するように、1 5 0 N で加圧した ( 図 4 ( c ) ) 。さらに、支持部材 1 4 を移動させて、型 1 3 と第 1 基材 1 1 との距離を縮めて樹脂 1 2 a を第 1 基材 1 1 の径方向に充填した。樹脂 1 2 a が中心からの距離が 1 9 . 7 5 m m から 2 0 . 1 0 m m の位置のところまで充填されたところで、支持部材 1 4 の移動を終了させた。その後、加圧部材 1 6 を第 1 基材 1 1 上から取り除いた ( 図 4 ( d ) ) 。

40

【 0 0 5 7 】

次に、第 1 基材 1 1 を通して光源 1 7 から光を樹脂 1 2 a に照射して第 1 基材 1 1 上に樹脂部 1 2 を形成した。ここで光の照射量は 5 J であった。そして、樹脂部 1 2 を型 1 3 から離型した ( 図 4 ( e ) ) 。なお、照射は、窒素ガスを流し酸素濃度を 0 . 0 1 % 以下にした状態で行った。このときの樹脂部の硬化反応率は 4 0 % であった。また、離型後に樹脂部の硬化を促進するために、真空度 1 0 P a 、温度 9 0 ° C の条件で真空加熱を行いな

50

がら、光を照射した。ここで光の照射量は  $10\text{ J}$  であった。真空加熱を行った後の樹脂部 12 の硬化反応率は  $70\%$  であった。

【0058】

次に、第2基材21を用意した。第2基材21には、硝材（株式会社オハラ社製、商品名：S-TIL2）の両面を球面形状（曲率半径  $R = 57.34\text{ mm}$ ）に加工した  $38.6\text{ mm}$  のものを用いた。樹脂部12に光硬化性の接着剤22a（協立化学産業社製、商品名：WR8807LK）を塗布した（図5（a））。次に、第2基材21を樹脂部12上に塗布された接着剤22aと対向、接近させた（図5（b））。さらに、第1基材11と第2基材21との距離を接近させることにより、接着剤22aの厚みが  $15\text{ }\mu\text{m}$  になるように充填した（図5（c））。そして、光源23により接着剤22aを硬化させ、接合部22を介して樹脂部12と第2基材21を接合した（図5（d））。以上の工程により、実施例1の光学素子を作製した。

10

【0059】

以上の方法で実施例1の光学素子を5個作成し評価を行った。

【0060】

実施例1の光学素子は、いずれも樹脂部の形状（厚みおよび傾斜部の傾斜角度）は設計通りになっていることを確認した。また、傾斜部の最大厚みは  $0.56\text{ mm}$ （ $560\text{ }\mu\text{m}$ ）であった。実施例1の光学素子は、高温耐久試験後に第1基材11と樹脂部12の周縁部における剥がれが確認されなかった。実施例1の光学素子の評価結果は表1にまとめた。

【0061】

20

（実施例2）

樹脂部12を形成する型13の斜面13Bの角度を変更した点以外は、実施例1と同様の製造方法で実施例2の光学素子を作製した。実施例2の光学素子は、図2に示した接線L1と直線L2とが  $30^\circ$  の角度をなして、徐々に厚みが厚くなるように傾斜部を設計した。

【0062】

続いて、実施例2の光学素子を5個作成し評価を行った。

【0063】

実施例2の光学素子は、いずれも樹脂部の形状は設計通りになっていることを確認した。また、傾斜部の最大厚みは  $0.32\text{ mm}$ （ $320\text{ }\mu\text{m}$ ）であった。実施例2の光学素子は、高温耐久試験後に第1基材11と樹脂部12の周縁部における剥がれが確認されなかった。実施例2の光学素子の評価結果は表1にまとめた。

30

【0064】

（実施例3）

樹脂部12を形成する型13の斜面13Bの角度を変更した点以外は、実施例1と同様の製造方法で実施例3の光学素子を作製した。実施例3の光学素子は、図2に示した接線L1と直線L2とが  $38^\circ$  の角度をなして、徐々に厚みが厚くなるように傾斜部を設計した。

【0065】

続いて、実施例3の光学素子を5個作成し評価を行った。

40

【0066】

実施例3の光学素子は、いずれも樹脂部の形状は設計通りになっていることを確認した。また、傾斜部の最大厚みは  $0.438\text{ mm}$ （ $438\text{ }\mu\text{m}$ ）であった。実施例3の光学素子は、高温耐久試験後に第1基材11と樹脂部12の周縁部における剥がれが確認されなかった。実施例3の光学素子の評価結果は表1にまとめた。

【0067】

（実施例4）

樹脂部12を形成する型13の斜面13Bの角度を変更した点以外は、実施例1と同様の製造方法で実施例4の光学素子を作製した。実施例4の光学素子は、図2に示した接線L1と直線L2とが  $25^\circ$  の角度をなして、徐々に厚みが厚くなるように傾斜部を設計し

50

た。

【 0 0 6 8 】

続いて、実施例 4 の光学素子を 5 個作成し評価を行った。

【 0 0 6 9 】

実施例 4 の光学素子は、いずれも樹脂部の形状は設計通りになっていることを確認した。また、傾斜部の最大厚みは 0 . 2 4 4 m m ( 2 4 4 μ m ) であった。実施例 4 の光学素子は、高温耐久試験後に第 1 基材 1 1 と樹脂部 1 2 の周縁部における剥がれが 5 個中 1 個の光学素子で確認された。実施例 4 の光学素子の評価結果は表 1 にまとめた。

【 0 0 7 0 】

( 比較例 1 )

樹脂部 1 2 を形成する型 1 3 の斜面 1 3 B の角度を変更した点以外は、実施例 1 と同様の製造方法で比較例 1 の光学素子を作製した。比較例 1 の光学素子は、図 2 に示した接線 L 1 と直線 L 2 とが 1 5 ° の角度をなして、徐々に厚みが厚くなるように傾斜部を設計した。

【 0 0 7 1 】

続いて、比較例 1 の光学素子を 5 個作成し評価を行った。

【 0 0 7 2 】

比較例 1 の光学素子は、いずれも樹脂部の形状は設計通りになっていることを確認した。比較例 1 の光学素子は、高温耐久試験後に第 1 基材 1 1 と樹脂部 1 2 の周縁部における剥がれが 5 個中 3 個の光学素子で確認された。比較例 1 の光学素子の評価結果は表 1 にまとめた。

【 0 0 7 3 】

( 比較例 2 )

樹脂部 1 2 を形成する型 1 3 の斜面 1 3 B の角度を変更した点以外は、比較例 1 と同様の製造方法で比較例 2 の光学素子を作製した。比較例 2 の光学素子は、図 2 に示した接線 L 1 と直線 L 2 とが 5 5 ° の角度をなして、徐々に厚みが厚くなるように傾斜部を設計した。製造の際、離型後の樹脂部 1 2 の傾斜部の先端部 ( 最大厚みとなる点 P 2 付近 ) が破損し、型 1 3 に付着した。そのため、1 回成形するごとに型 1 3 のクリーニングをする必要があった。

【 0 0 7 4 】

続いて、比較例 2 の光学素子を 5 個作成し評価を行った。

【 0 0 7 5 】

比較例 2 の光学素子は、高温耐久試験後に第 1 基材 1 1 と樹脂部 1 2 の周縁部における剥がれが 5 個中 2 個の光学素子で確認された。また、その剥離領域は実施例 4 、比較例 1 と比べて大きかった。比較例 2 の光学素子の評価結果は表 1 にまとめた。

【 0 0 7 6 】

【表 1】

表 1

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	比較例 1	比較例 2
傾斜部の角度	4 5 °	3 0 °	3 8 °	2 5 °	1 5 °	5 5 °
作製個数	5 個	5 個	5 個	5 個	5 個	5 個
剥がれた個数	0 個	0 個	0 個	1 個	3 個	2 個
評価結果	A	A	A	B	C	C

【 0 0 7 7 】

以上より、接線 L 1 と直線 L 2 とが 3 0 度以上 4 5 度以下の角度をなす ( 傾斜部の傾斜角度が 3 0 度以上 4 5 度以下である ) 実施例 1 ~ 3 は高温環境試験後においても、第 1 基

10

20

30

40

50

材 1 1 と樹脂部 1 2 との界面で剥離が生じなかった。一方、接線 L 1 と直線 L 2 とのなす角度が 30 度未満であった比較例 1、実施例 4 は高温環境試験後において、第 1 基材 1 1 と樹脂部 1 2 との界面で剥離が生じた。しかし、接線 L 1 と直線 L 2 とのなす角度が 25 度であった実施例 4 は比較例 1 よりは剥がれた個数が少なかった。また、接線 L 1 と直線 L 2 とのなす角度が 45 度より大きかった比較例 2 は、離型の際に傾斜部の先端に欠けが生じてしまった。また、比較例 2 は高温環境試験後において、第 1 基材 1 1 と樹脂部 1 2 との界面で剥離が生じた。

#### 【0078】

これらの要因をさらに調べるために、実施例 1、2 および比較例 1、2 の光学素子の形状をモデル化し、高温耐久試験後に傾斜部 1 1 2 の第 1 基材 1 1 との界面に発生する応力を、有限要素法を用いてシミュレーション解析した。なお、解析ソフトには A b a q u s を用いた。

10

#### 【0079】

比較例 1 のモデルにおける、第 1 基材 1 1 と傾斜部 1 1 2 の界面に発生する応力のうち、第 1 基材の第 1 面 1 1 A の面法線方向の応力の最大値を 1 としたとき、実施例 2 の応力の最大値は 0.78 であった。また、実施例 1 の応力の最大値は 0.62 であった。

#### 【0080】

これは、接線 L 1 と直線 L 2 とがなす角度が大きくなることにより、傾斜部 1 1 2 が剥がれをひきおこす方向（第 1 面 1 1 A の面法線方向）の面積が増加し、傾斜部 1 1 2 の単位面積当たりの法線方向の応力が低減したためである。すなわち、このシミュレーション結果は、実施例 1、2 では高温耐久試験後に剥離が発生しなかったのに対し、比較例 1 では剥離が発生したことを裏付けるものであった。

20

#### 【0081】

次に実施例 1 のモデルにおける、第 1 基材 1 1 と傾斜部 1 1 2 の界面に発生する応力のうち、第 1 基材の第 1 面 1 1 A の接線方向の応力の最大値を 1 としたとき、比較例 2 の応力の最大値は 1.1 であった。これは、接線 L 1 と直線 L 2 とがなす角度が大きくなることにより、傾斜部 1 1 2 の剥離が進展する方向（第 1 面 1 1 A の接線方向の基材 1 1 に対し接線方向）の面積が減少し、傾斜部 1 1 2 の単位面積当たりの接線方向の応力が増加したためである。すなわち、このシミュレーション結果は、実施例 1 では高温耐久試験後に剥離が発生しなかったのに対し、比較例 2 では剥離が発生したことを裏付けるものであった。また、比較例 2 が比較例 1 や実施例 4 より剥離が大きかったことを裏付けるものであった。

30

#### 【0082】

以上、本発明によれば、環境温度の変化により樹脂部が変形しても、基材と樹脂部との界面に発生する応力による影響を低減させることができる。そのため、基材と樹脂部との間で剥がれが発生しにくい光学素子を提供することができる。また、上述した実施例において、第 1 基材が凸面形状、第 2 基材が凹面形状としたが、第 1 基材および第 2 基材は平面形状であってもよい。同様に、上述した実施例において、樹脂部の第 1 領域における形状は中心部から周縁部に向かって連続的に厚みが薄くなる偏肉形状であったが、傾斜部以外の部分では一様な厚みであってもよい。

40

#### 【符号の説明】

#### 【0083】

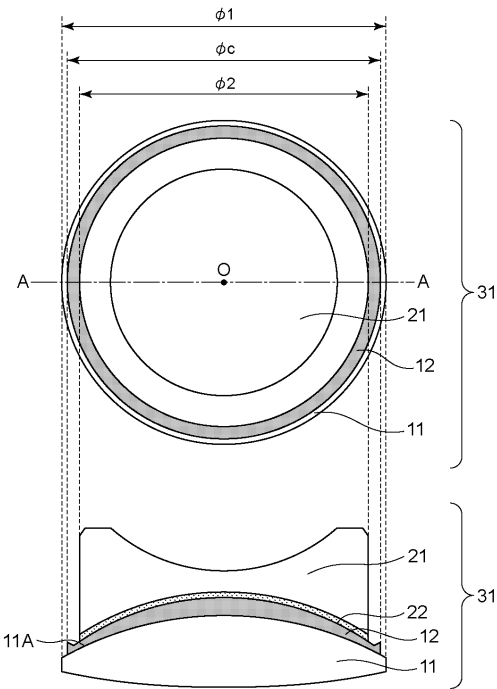
- 1 1 第 1 基材
- 1 2 樹脂部
- 1 2 a 樹脂
- 2 1 第 2 基材
- 2 2 接合部
- 2 2 a 接着剤
- 3 1 光学素子
- 1 1 2 傾斜部

50

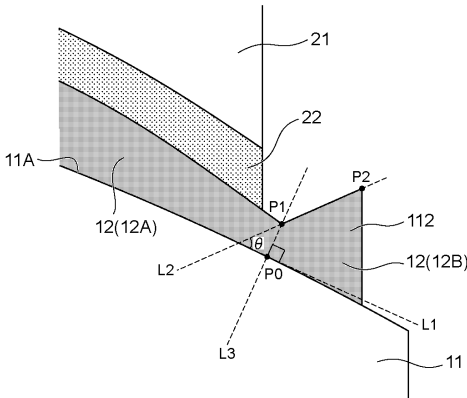
6 0 0 デジタルカメラ（撮像装置）  
6 0 1 レンズ鏡筒（光学機器）  
6 0 3 レンズ（光学素子）

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

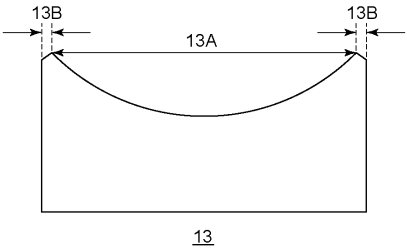
20

30

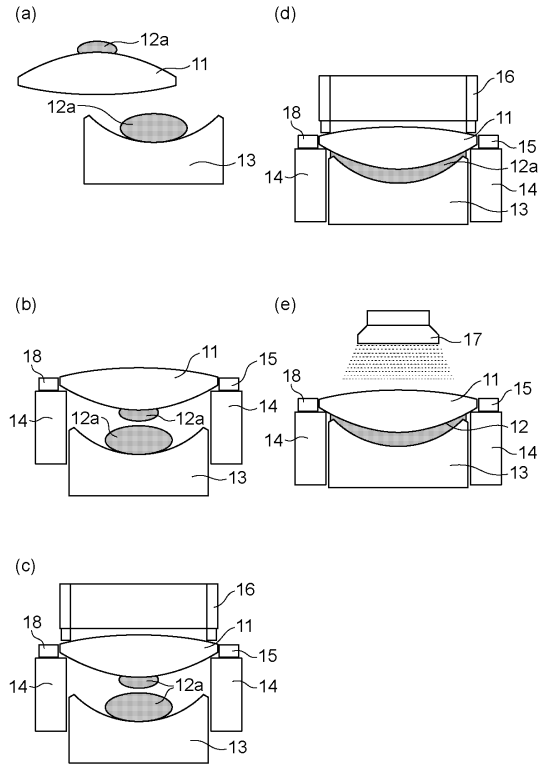
40

50

【図 3】



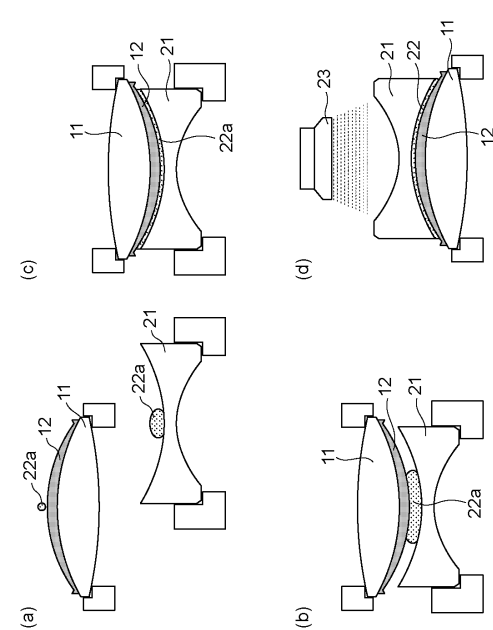
【図 4】



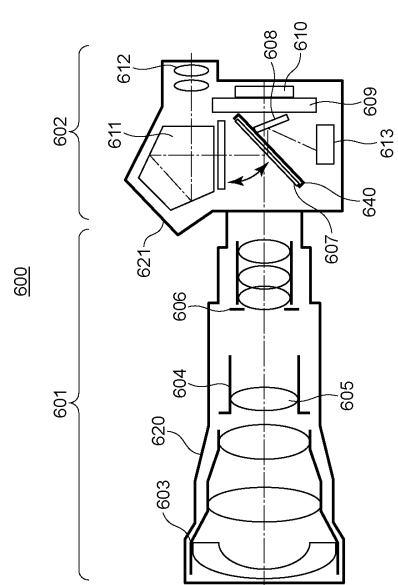
10

20

【図 5】



【図 6】



30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 1 1 - 1 1 2 7 4 8 ( J P , A )  
特開 2 0 1 0 - 2 7 1 4 5 0 ( J P , A )  
特開 2 0 1 6 - 1 9 4 6 0 9 ( J P , A )  
特開 2 0 1 0 - 1 1 7 4 7 2 ( J P , A )  
特開 2 0 1 2 - 1 5 9 7 2 6 ( J P , A )  
特開 2 0 1 1 - 1 0 2 9 0 6 ( J P , A )
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)  
G 0 2 B 3 / 0 0 - 3 / 1 4  
G 0 2 B 1 / 0 0 - 1 / 0 8  
G 0 2 C 1 / 0 0 - 1 3 / 0 0  
G 0 2 B 7 / 0 2