

(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2010-59012

(P2010-59012A)

(43) 公開日 平成22年3月18日(2010.3.18)

|                             |               |             |
|-----------------------------|---------------|-------------|
| (51) Int.Cl.                | F I           | テーマコード (参考) |
| <b>C03C 3/066 (2006.01)</b> | C O 3 C 3/066 | 4 G O 6 2   |
| <b>C03C 3/068 (2006.01)</b> | C O 3 C 3/068 |             |

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

|           |                              |          |                       |
|-----------|------------------------------|----------|-----------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2008-225929 (P2008-225929) | (71) 出願人 | 000005430             |
| (22) 出願日  | 平成20年9月3日(2008.9.3)          |          | フジノン株式会社              |
|           |                              |          | 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324番地 |
|           |                              | (74) 代理人 | 100109656             |
|           |                              |          | 弁理士 三反崎 泰司            |
|           |                              | (74) 代理人 | 100098785             |
|           |                              |          | 弁理士 藤島 洋一郎            |
|           |                              | (72) 発明者 | 齊藤 元昭                 |
|           |                              |          | 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324番地 |
|           |                              |          | フジノン株式会社内             |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学ガラス

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 より高い屈折率を有すると共により成形性に優れた光学ガラスを提供する。

【解決手段】 光学ガラスは、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ 、 $\text{B}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZnO}$ を含み、以下の条件式(1)および条件式(2)を満足する。但し、条件式(1)、(2)において、Xは全体における $\text{Bi}_2\text{O}_3$ の含有率(重量%)であり、Yは全体における $\text{B}_2\text{O}_3$ の含有率(重量%)である。条件式(1)を満足することで結晶化が回避され、高い透明性が確保される。また、条件式(2)の下限を上回ることによってd線に対する屈折率Ndが1.9以上となり、条件式(2)の上限を下回ることによってガラス化し易くなる。 $X+Y \geq 75 \cdots (1)$   $2.5 < X/Y < 13 \cdots (2)$

【選択図】 なし

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

酸化ビスマス ( $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ) と、  
 酸化硼素 ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ) と、  
 酸化珪素 ( $\text{SiO}_2$ ) と、  
 酸化アルミニウム ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) と、  
 酸化亜鉛 ( $\text{ZnO}$ ) と  
 を含み、以下の条件式 (1) および条件式 (2) を満足する  
 ことを特徴とする光学ガラス。

$$X + Y \geq 75 \quad \cdots \cdots (1)$$

$$2.5 < X/Y < 13 \quad \cdots \cdots (2)$$

(但し、X は酸化ビスマスの含有率 (重量%) であり、Y は酸化硼素の含有率 (重量%) である。)

## 【請求項 2】

前記酸化ビスマスの含有率は 60 重量% 以上 90 重量% 以下であり、  
 前記酸化硼素の含有率は 5 重量% 以上 30 重量% 以下であり、  
 前記酸化珪素の含有率は 0 より大きく 5 重量% 以下であり、  
 前記酸化アルミニウムの含有率は 0.5 重量% 以上 5 重量% 以下であり、  
 前記酸化亜鉛の含有率は 0.5 重量% 以上 3 重量% 以下である  
 ことを特徴とする請求項 1 記載の光学ガラス。

## 【請求項 3】

さらに、酸化バリウム ( $\text{BaO}$ )、酸化ランタン ( $\text{La}_2\text{O}_3$ )、酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ )、酸化ニオブ ( $\text{Nb}_2\text{O}_3$ )、および酸化アンチモン ( $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ) のうちの少なくとも 1 種を含む

ことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 記載の光学ガラス。

## 【請求項 4】

前記酸化バリウムの含有率は 0 重量% 以上 15 重量% 以下であり、  
 前記酸化ランタンの含有率は 0 重量% 以上 7 重量% 以下であり、  
 前記酸化チタンの含有率は 0 重量% 以上 5 重量% 以下であり、  
 前記酸化ニオブの含有率は 0 重量% 以上 5 重量% 以下であり、  
 前記酸化アンチモンの含有率は 0.03 重量% 以上 2 重量% 以下である  
 ことを特徴とする請求項 3 記載の光学ガラス。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、比較的低い温度での高精度なプレス成形に適した光学ガラスに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、CCD (Charge Coupled Device: 電荷結合素子) や CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) などの撮像素子により画像情報を取り込むデジタルカメラやカメラ付携帯電話が急速に普及しつつある。特に最近では、高画質を達成するために画素数の大きな撮像素子が開発され、それに伴い撮像レンズに対しても高い光学性能が求められてきている。その一方で、小型化の要求も強まっている。

## 【0003】

このような要求に応えるため、上記の撮像レンズとしては、高精度な寸法を有する金型によりプレス成形されたガラスのモールドレンズが採用されることが多い。このようなプレス成形によれば、研磨による成形に比べ、非球面を有する光学レンズや微小な寸法の光学レンズを容易かつ効率的に作製することができる。

## 【0004】

ところで、このようなプレス成形は、原料となる光学ガラスの屈伏温度以上の高温で行

われるので、熱や応力などの物理的負荷を大きく受ける金型は高い耐久性が必要とされる。当然ながら、光学ガラスの屈伏温度が高くなるほど金型への物理的負荷も増大するので、金型の長寿命化のためには光学ガラスの屈伏温度をできるだけ低く抑える必要がある。

【0005】

その一方で、撮像レンズの小型化や広角化を進めるにあたり、光学ガラスの高屈折率化も強く求められている。

【0006】

こうした背景から、高屈折率でありながら、比較的低い屈伏温度（およびガラス転移温度）を有する光学ガラスの開発がいくつかなされている（例えば、特許文献1，2参照）

。

10

【特許文献1】特開2006-151758号公報

【特許文献2】特開2007-70156号公報

【特許文献3】特開2006-327926号公報

【特許文献4】特開2007-99610号公報

【特許文献5】特開2007-106625号公報

【特許文献6】特開2007-106627号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、最近では、撮像レンズの小型化および高性能化が著しく、光学ガラスのさらなる高屈折率化および加工容易性が求められている。

20

【0008】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、より高い屈折率を有すると共に成形性に優れた光学ガラスを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の光学ガラスは、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$  と、 $\text{B}_2\text{O}_3$  と、 $\text{SiO}_2$  と、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  と、 $\text{ZnO}$  とを含み、以下の条件式（1）および条件式（2）を満足するものである。但し、条件式（1），（2）において、Xは全体における $\text{Bi}_2\text{O}_3$ の含有率（重量％）であり、Yは全体における $\text{B}_2\text{O}_3$ の含有率（重量％）である。

30

$$X + Y \geq 75 \quad \dots\dots (1)$$

$$2.5 < X/Y < 13 \quad \dots\dots (2)$$

【0010】

本発明の光学ガラスでは、上記の各種材料を含み、かつ、条件式（1）および条件式（2）を満足しているので、高い屈折率が確保されると共に、プレス成形に適した性能（例えばプレス成形されたときに曇りなどの不具合が生じにくいなどの特性）が発揮される。具体的には、d線に対して1.9を超える屈折率と、450℃を下回る低いガラス転移温度とが得られる。 $\text{SiO}_2$  および $\text{Al}_2\text{O}_3$ を含むことで、ガラスの屈伏温度Atから、それを50℃程度上回る温度に至るまでの成形温度領域における耐失透性が向上する。

【0011】

40

本発明の光学ガラスでは、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ の含有率が60重量％以上90重量％以下であり、 $\text{B}_2\text{O}_3$ の含有率が5重量％以上30重量％以下であり、 $\text{SiO}_2$ の含有率が0より大きく5重量％以下であり、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ の含有率が0.5重量％以上5重量％以下であり、 $\text{ZnO}$ の含有率が0より大きく5重量％以下であるとよい。

【0012】

また、本発明の光学ガラスでは、さらに、 $\text{BaO}$ 、 $\text{La}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_3$ 、および $\text{Sb}_2\text{O}_3$ のうち少なくとも1種を含むようにするとよい。その場合、 $\text{BaO}$ の含有率は0重量％以上15重量％以下であり、 $\text{La}_2\text{O}_3$ の含有率は0重量％以上7重量％以下であり、 $\text{TiO}_2$ の含有率は0重量％以上5重量％以下であり、 $\text{Nb}_2\text{O}_3$ の含有率は0重量％以上5重量％以下であり、 $\text{Sb}_2\text{O}_3$ の含有率は0.03重量％以上2重

50

量%以下であるとよい。

【発明の効果】

【0013】

本発明の光学ガラスによれば、高価な酸化ゲルマニウム（Ge）を含まずに、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$  および  $\text{B}_2\text{O}_3$  を主成分として条件式（1）および条件式（2）を満足するようにバランスよく含み、かつ、副成分として  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  および  $\text{ZnO}$  を含むようにしたので、屈折率を高めつつ屈伏温度（およびガラス転移温度）を低く抑えることができるうえ、プレス成形の際の失透をも防止することができる。このような光学ガラスであれば、比較的低い温度での成形が可能となるので、小型でありながら高い光学性能を有するモールドレンズの量産に好適である。また、本発明の光学ガラスは、従来使用されていた砒素（As）や鉛（Pb）、あるいはテルル（Te）などの環境有害物質を含んでいないので、環境保全の観点からも好ましいものである。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

以下、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【0015】

本発明の光学ガラスは、例えばデジタルスチルカメラや銀塩カメラ、あるいは携帯電話用のモジュールカメラなどに搭載される撮像レンズに好適なものである。

【0016】

この光学ガラスは、構成成分として酸化ビスマス（ $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ）と、酸化硼素（ $\text{B}_2\text{O}_3$ ）と、酸化珪素（ $\text{SiO}_2$ ）と、酸化アルミニウム（ $\text{Al}_2\text{O}_3$ ）と、酸化亜鉛（ $\text{ZnO}$ ）とを含んでおり、かつ、以下の条件式（1）および条件式（2）を満足している。但し、Xは $\text{Bi}_2\text{O}_3$ の含有率（%）であり、Yは $\text{B}_2\text{O}_3$ の含有率（%）である。なお、本発明では、各成分の含有率（%）については全て「重量%」を意味する。

20

【0017】

$$X + Y \geq 75 \quad \dots\dots (1)$$

$$2.5 < X/Y < 13 \quad \dots\dots (2)$$

【0018】

$\text{Bi}_2\text{O}_3$  および  $\text{B}_2\text{O}_3$  は、この光学ガラスを構成する主成分である。条件式（1）を満足することで、結晶化を回避し、高い透明性を確保することができる。また、条件式（2）の下限を上回ることによってd線に対する屈折率Ndが1.9以上となり、条件式（2）の上限を下回ることによってガラス化し易くなる。

30

【0019】

$\text{Bi}_2\text{O}_3$  は、この光学ガラスの屈折率を高めつつ、屈伏温度Ts（およびガラス転移温度Tg）を低下させるのに有効な成分である。 $\text{Bi}_2\text{O}_3$  の含有率を全体の60%以上90%以下とすることで、高い屈折率と低い屈伏温度（およびガラス転移温度）とを両立させつつ、耐失透性を得ることができる。

【0020】

$\text{B}_2\text{O}_3$  は、この光学ガラスの骨格物質である。 $\text{B}_2\text{O}_3$  の含有率を全体の5%以上とすることで光学ガラスとしての構造が安定化し、30%以下とすることで高屈折率を実現しやすくなる。

40

【0021】

$\text{SiO}_2$  は、成形温度領域（ガラスの屈伏温度Atから、それを50℃程度上回る温度に至るまでの温度領域）における結晶化を防ぐ作用を有する。 $\text{SiO}_2$  の含有率における好ましい範囲は0より大きく5%以下である。すなわち、この光学ガラスに僅かでも $\text{SiO}_2$  が含まれていれば上記の結晶化防止の機能が発揮される。また、5%以下の含有率とすることで、光学ガラスとしての溶解性が良好に保たれる。

【0022】

$\text{Al}_2\text{O}_3$  は、この光学ガラスの粘性を増すと共に結晶の成長を遅らせることで耐失透性を改善するように機能する。 $\text{Al}_2\text{O}_3$  の含有率を全体の0.5%以上5%以下とする

50

ことで、上記の機能を効果的に発揮することができる。

【0023】

ZnOは、この光学ガラスの溶解性を向上させる機能を発揮するものである。ZnOの含有率は、全体の0.5%以上3%以下であるとよい。

【0024】

この光学ガラスは、任意成分として、さらに酸化バリウム(BaO)、酸化ランタン(La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、酸化チタン(TiO<sub>2</sub>)、酸化ニオブ(Nb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、および酸化アンチモン(Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)のうちの少なくとも1種を含むようにしてもよい。

【0025】

BaOは、溶解性や構造上の安定性を得るために適宜添加される。このBaOは、製造段階において原料として添加する炭酸バリウム(BaCO<sub>3</sub>)または硝酸バリウム(Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>)が溶解時に分解して解離ガスを放出したあとに残存するものである。解離ガスは脱泡剤として機能する。BaOの含有率は、全体の15%以下であるとよい。

【0026】

La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は、この光学ガラスの分散を小さくする(すなわち、アッペ数を大きくする)効果をもたらす。過剰に添加すると加工時に失透が生じる傾向にあるので、その含有率を全体の7%以下とすることが望ましい。

【0027】

TiO<sub>2</sub>は、この光学ガラスにおける高屈折率を確保するための有効な成分であるうえ、Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>との共存により加工時の耐失透性を向上させるものである。また、TiO<sub>2</sub>の含有率を全体の5%以下とすることで、良好な溶解性が得られる。

【0028】

Nb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は、TiO<sub>2</sub>と同様、この光学ガラスにおける屈折率を高める機能を発揮する。Nb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の含有率を全体の5%以下とすることで、良好な溶解性が得られる。

【0029】

Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は、脱泡作用および消色作用を有するものである。Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の含有率は、0.03%以上2%以下であるとよい。

【0030】

この光学ガラスは、例えば次のように製造することができる。具体的には、まず、上記した各構成材料の原料粉末を所定の割合で混合して混合原料を得る。次に、この混合原料を所定の温度に加熱された坩堝に所定量ずつ投入し、坩堝の温度を維持しながら順次溶融させる(溶融処理)。さらに、坩堝の温度を維持しつつ、溶融した混合原料を所定時間に亘って攪拌したのち(攪拌処理)、所定時間、静止状態を保持することで泡を除去する(清澄処理)。最後に、坩堝の温度を維持した状態で攪拌しながら坩堝から流出させ、予め所定温度に加熱された鋳型に鋳込み、徐冷することにより本実施の形態の光学ガラスを得る。

【0031】

さらに、この光学ガラスを用いてレンズを形成する場合には、次のように行う。まず、上記の光学ガラスを成形する光学素子の大きさや形状に応じて、所望の大きさや形状に加工し、プリフォームを形成する。次に、所望の形状に高精度に加工された金型によってプリフォームを挟み込み、プレス成形を行う。この際、プリフォームの軟化点近傍まで金型およびプリフォームの双方を昇温したのち加圧を行い、その加圧状態を維持しながらガラス転移点以下まで降温する。成形されたレンズを金型から取り出したのち、必要に応じてアニーリングを行うなど所定の工程を経ることによりレンズの製造が完了する。

【0032】

このように、本実施の形態の光学ガラスによれば、上記した各成分を所定量ずつ含むようにしたので、より高い屈折率を確保しつつ、屈伏温度(およびガラス転移温度)を低くすることができる。具体的には、例えばd線に対する屈折率を1.90以上としつつ、ガラス転移温度を450℃以下とすることができる。そのうえ、ガラスの屈伏温度の近傍の温度でプレス成形を行った場合であっても、それに伴う失透(いわゆる低温失透)を容易

10

20

30

40

50

に回避することができる。また、この光学ガラスは、ナトリウム (Na) やカリウム (K) あるいはリチウム (Li) などの 1 価のアルカリ金属の酸化物を含まないので、光学ガラスとしての構造が安定化し、成形時に曇りなどの外観不良が生じにくい。また、 $\text{Sb}_2\text{O}_3$  を添加するようにすれば、実用上、支障となるような着色を回避することができる。

#### 【0033】

したがって、このような光学ガラスを用いることで、良好な光学特性を有するモールドレンズを、より効率的に製造することができる。さらに、この光学ガラスのプレス成形に用いる金型に加わる熱的な負荷を低減することができるので、金型の長寿命化に有利となる。さらに、この光学ガラスはヒ素 (As)、鉛 (Pb) あるいはテルル (Te) などの環境有害物質を含まないので、環境保全の観点からも好ましいものである。

10

#### 【実施例】

#### 【0034】

次に、本発明における光学ガラスの具体的な実施例について説明する。

#### 【0035】

図 1 は、本発明の実施例としての光学ガラスを構成する各成分およびその含有率 (重量%) を示したものである (実施例 1 ~ 11)。実施例 1 ~ 11 では、いずれも、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$  の含有率が 60% 以上 90% 以下であり、 $\text{B}_2\text{O}_3$  の含有率が 5% 以上 30% 以下であり、 $\text{SiO}_2$  の含有率が 0 より大きく 5% 以下であり、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  の含有率が 0.5% 以上 5% 以下である。ここで、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$  および  $\text{B}_2\text{O}_3$  の含有率は、いずれも、上記した条件式 (1) および条件式 (2) の要件を満たしている。さらに、実施例 1 ~ 11 の光学ガラスは、0.5% 以上 3% 以下の含有率の  $\text{ZnO}$  と、0% 以上 15% 以下の含有率の  $\text{BaO}$  と、0.03% 以上 2% 以下の含有率の  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  とをそれぞれ含んでいる。また、実施例 7 ~ 10 には、 $\text{La}_2\text{O}_3$  が 0 より大きく 7% 以下の含有率で含まれており、実施例 8 には 3.0% の  $\text{TiO}_2$  が含まれており、実施例 3 には 3.0% の  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  が含まれている。なお、図 1 に示した本実施例における各構成要素の含有率は、 $\text{Sb}_2\text{O}_3$  を除く全ての構成要素の合計重量を 100% として算出した数値で表したものである。

20

#### 【0036】

図 1 は、さらに、実施例 1 ~ 11 の光学ガラスにおける各種の特性値を示している。具体的には、実施例 1 ~ 11 の光学ガラスについて、d 線に対する屈折率  $n_d$ 、ガラス転移点  $T_g$  (°C)、失透テスト (1) および失透テスト (2) における失透の有無をそれぞれ示す。なお、失透テスト (1)、(2) は、それぞれ以下のようにして行う。具体的には、各実施例の光学ガラスを粉砕してガラス粒子とし、そのガラス粒子を所定温度 (失透テスト (1) では 800°C ~ 1000°C、失透テスト (2) では 450°C ~ 550°C) の雰囲気中に 30 分間放置したのち、室温まで冷却する。冷却されたガラスを偏光顕微鏡によって観察し、曇りの有無や微結晶の有無を確認する。

30

#### 【0037】

また、比較例 1 ~ 5 として、それぞれ、条件式 (1) および条件式 (2) の少なくとも一方を満たさない光学ガラス、または  $\text{SiO}_2$  および  $\text{Al}_2\text{O}_3$  のうちの少なくとも 1 種の含有率が所定の範囲から外れた光学ガラスを作製した。詳細には、比較例 1、4 は条件式 (2) を外れるものであり、比較例 2 は  $\text{Al}_2\text{O}_3$  の含有率が高すぎるものであり、比較例 3 は  $\text{SiO}_2$  の含有率が高すぎるものであり、比較例 5 は条件式 (1) を外れるものである。それらの比較例 1 ~ 5 の各成分および各特性値について図 2 に示す。

40

#### 【0038】

図 1 に示した各数値データから明らかなように、実施例 1 ~ 11 では、1.90 を超える高い屈折率  $n_d$  を確保しつつ、450°C を下回るガラス転移点  $T_g$  とすることができた。そのうえ、失透も生じなかった。一方、比較例 1、2 では、いずれも失透が生じてしまった。また、比較例 3 では、 $\text{SiO}_2$  の含有率が高すぎたため、十分に溶解することができず、溶け残りがみられた。さらに、比較例 4、5 では、失透は生じなかったものの、屈折率  $n_d$  が 1.9 に達しなかった。

#### 【0039】

50

これらの結果から、本実施例の成分を有する光学ガラスは、屈折率  $n_d$  およびガラス転移温度  $T_g$  のバランスが非常に良好であるうえ、加工に伴う失透が生じにくい、実用性に優れたものであることがわかった。すなわち、本実施例の光学ガラスは、比較的低い温度において高精度なプレス成形が可能であり、より高い光学性能を有するレンズの構成材料として好適なものであることが確認できた。

#### 【0040】

以上、実施の形態および実施例を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施の形態および実施例に限定されず、種々の変形が可能である。例えば、光学ガラスの成分は、上記各実施例で示した値に限定されず、他の値をとり得るものである。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0041】

【図1】本発明の光学ガラスの実施例における各成分およびその含有率、ならびに各種特性値を示す説明図である（実施例1～11）。

【図2】比較例としての光学ガラスにおける各成分およびその含有率、ならびに各種特性値を示す説明図である（比較例1～5）。

【図1】

| 成分        | 単位  | 実施例1  | 実施例2  | 実施例3  | 実施例4  | 実施例5  | 実施例6  | 実施例7  | 実施例8  | 実施例9  | 実施例10 | 実施例11 |
|-----------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $Bi_2O_3$ | wt% | 64.0  | 72.0  | 76.0  | 86.0  | 78.0  | 78.0  | 70.0  | 67.0  | 67.0  | 71.0  | 82.0  |
| $B_2O_3$  | wt% | 20.0  | 25.0  | 18.0  | 7.0   | 15.0  | 15.0  | 15.0  | 15.0  | 12.0  | 17.0  | 13.0  |
| 条件式(1)    | wt% | 84.0  | 97.0  | 94.0  | 93.0  | 93.0  | 93.0  | 85.0  | 82.0  | 79.0  | 88.0  | 95.0  |
| 条件式(2)    | wt% | 3.20  | 2.88  | 4.22  | 12.29 | 5.20  | 5.20  | 4.67  | 4.47  | 5.58  | 4.18  | 6.31  |
| $SiO_2$   | wt% | <1.0  | <1.0  | <1.0  | <1.0  | 3.0   | <1.0  | <1.0  | <1.0  | <1.0  | <1.0  | 1.0   |
| $Al_2O_3$ | wt% | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   | 4.0   | 2.0   | 2.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   |
| ZnO       | wt% | 3.0   | 1.0   | 1.0   | 3.0   | 1.0   | 1.0   | 3.0   | 3.0   | 1.0   | 1.0   | 1.0   |
| BaO       | wt% | 12.0  | 1.0   | 1.0   | 3.0   | 2.0   | 2.0   | 3.0   | 3.0   | 15.0  | 8.0   | 2.0   |
| $La_2O_3$ | wt% | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 7.0   | 7.0   | 4.0   | 2.0   | 0.0   |
| $TiO_2$   | wt% | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| $Nb_2O_5$ | wt% | 0.0   | 0.0   | 3.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| $Sb_2O_3$ | wt% | 0.05  | 0.10  | 0.50  | 2.00  | 1.00  | 0.50  | 0.30  | 0.10  | 0.50  | 0.50  | 1.50  |
| $n_d$     | —   | 1.917 | 1.903 | 2.035 | 2.162 | 2.004 | 1.993 | 2.008 | 2.035 | 2.027 | 1.988 | 2.067 |
| $\nu_d$   | —   | 20.7  | 22.5  | 20.0  | 16.4  | 20.5  | 20.1  | 23.1  | 23.6  | 20.8  | 22.2  | 18.9  |
| $T_g$     | °C  | 426   | 447   | 439   | 388   | 432   | 417   | 432   | 447   | 405   | 423   | 418   |
| 失透率(1)    | —   | ○     | ○     | ○     | ○     | ○     | ○     | ○     | ○     | ○     | ○     | ○     |
| 失透率(2)    | —   | ○     | ○     | ○     | ○     | ○     | ○     | ○     | ○     | ○     | ○     | ○     |

【図2】

| 成分        | 単位  | 比較例1 | 比較例2 | 比較例3   | 比較例4  | 比較例5  |
|-----------|-----|------|------|--------|-------|-------|
| $Bi_2O_3$ | wt% | 91.3 | 76.8 | 78.8   | 58.7  | 56.7  |
| $B_2O_3$  | wt% | 4.6  | 15.6 | 13.1   | 25.0  | 17.0  |
| 条件式(1)    | wt% | 95.9 | 92.4 | 91.9   | 83.7  | 73.7  |
| 条件式(2)    | —   | 19.8 | 4.9  | 6.0    | 2.35  | 3.33  |
| $SiO_2$   | wt% | 0.3  | 0.3  | 6.1    | 0.3   | 0.3   |
| $Al_2O_3$ | wt% | 2.0  | 6.0  | 1.0    | 1.0   | 1.0   |
| ZnO       | wt% | 1.8  | 1.3  | 1.0    | 3.0   | 3.0   |
| BaO       | wt% | 0.0  | 0.0  | 0.0    | 12.0  | 15.0  |
| $La_2O_3$ | wt% | 0.0  | 0.0  | 0.0    | 0.0   | 7.0   |
| $TiO_2$   | wt% | 0.0  | 0.0  | 0.0    | 0.0   | 0.0   |
| $Nb_2O_5$ | wt% | 0.0  | 0.0  | 0.0    | 0.0   | 0.0   |
| $Sb_2O_3$ | wt% | 0.1  | 0.1  | 0.1    | 0.05  | 0.05  |
| $n_d$     | —   | —    | —    | 溶け残りあり | 1.846 | 1.896 |
| $\nu_d$   | —   | —    | —    |        | 27.3  | 26.3  |
| $T_g$     | °C  | —    | —    |        | 492   | 480   |
| 失透率(1)    | —   | ×    | ×    |        | ○     | ○     |
| 失透率(2)    | —   | ×    | ×    |        | ○     | ○     |

---

フロントページの続き

Fターム(参考) 4G062 AA04 BB01 DA02 DA03 DB02 DB03 DC03 DC04 DD01 DE02  
DE03 DF01 EA01 EA10 EB01 EC01 ED01 EE01 EF01 EG01  
EG02 EG03 EG04 FA01 FA10 FB01 FB02 FB03 FC01 FD01  
FE01 FF01 FG01 FG02 FG03 FH01 FJ01 FK01 FK02 FK03  
FL01 GA06 GA07 GB01 GC01 GD01 GE01 HH01 HH03 HH05  
HH07 HH09 HH11 HH13 HH15 HH17 HH20 JJ03 JJ04 JJ07  
JJ10 KK01 KK03 KK05 KK07 KK10 MM02 NN02 NN32