

(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2012-224496

(P2012-224496A)

(43) 公開日 平成24年11月15日(2012.11.15)

| | | | | | |
|---------------|--------------|------------------|----------------|--------------|------------------|
| (51) Int. Cl. | | F I | | テーマコード (参考) | |
| C03C | 3/155 | (2006.01) | C O 3 C | 3/155 | 4 G O 6 2 |
| C03C | 3/068 | (2006.01) | C O 3 C | 3/068 | |
| C03C | 3/19 | (2006.01) | C O 3 C | 3/19 | |
| G02B | 1/02 | (2006.01) | G O 2 B | 1/02 | |

審査請求 有 請求項の数 23 O L (全 25 頁)

| | | | |
|-----------|----------------------------|----------|------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2011-92538 (P2011-92538) | (71) 出願人 | 000128784 |
| (22) 出願日 | 平成23年4月18日 (2011.4.18) | | 株式会社オハラ |
| | | | 神奈川県相模原市中央区小山1丁目15番30号 |
| | | (74) 代理人 | 100106002 |
| | | | 弁理士 正林 真之 |
| | | (74) 代理人 | 100120891 |
| | | | 弁理士 林 一好 |
| | | (74) 代理人 | 100131705 |
| | | | 弁理士 新山 雄一 |
| | | (72) 発明者 | 巴 広明 |
| | | | 神奈川県相模原市中央区小山1-15-3 |
| | | | O 株式会社オハラ内 |
| | | 最終頁に続く | |

(54) 【発明の名称】 光学ガラス、プリフォーム、及び光学素子

(57) 【要約】

【課題】高屈折率及び高分散の特性を得ながらも、モールドプレス成形時における金型の消耗を低減し、且つ表面の曲面が滑らかで均一な光学素子を得ることが可能な光学ガラスと、これを用いたプリフォーム及び光学素子を提供する。

【解決手段】光学ガラスは、酸化物換算組成の全質量に対する質量%で、 Bi_2O_3 成分を50.0～80.0%及び B_2O_3 成分を5.0～30.0%含有し、屈折率(n_d)が1.90以上であり、液相温度における粘性が0.25 Pa・s以上である。プリフォーム及び光学素子は、この光学ガラスからなる。

【選択図】なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

酸化物換算組成の全質量に対する質量％で、 Bi_2O_3 成分を 50.0 ~ 80.0 % 及び B_2O_3 成分を 5.0 ~ 30.0 % 含有し、屈折率 (nd) が 1.90 以上であり、液相温度における粘性が 0.25 Pa・s 以上である光学ガラス。

【請求項 2】

酸化物換算組成のガラス全質量に対する Ln_2O_3 成分 (式中、Ln は La、Gd、Y、Yb からなる群より選択される 1 種以上) の質量和が 0.1 % 以上である請求項 1 記載の光学ガラス。

【請求項 3】

酸化物換算組成の全質量に対する質量％で、
 La_2O_3 成分 0 ~ 20.0 % 及び / 又は
 Gd_2O_3 成分 0 ~ 20.0 % 及び / 又は
 Y_2O_3 成分 0 ~ 15.0 % 及び / 又は
 Yb_2O_3 成分 0 ~ 6.0 %
 をさらに含有する請求項 1 又は 2 記載の光学ガラス。

10

【請求項 4】

酸化物換算組成の全質量に対する質量％で、 SiO_2 成分の含有量が 20.0 % 以下である請求項 1 から 3 のいずれか記載の光学ガラス。

【請求項 5】

酸化物換算組成における質量比 ($\text{SiO}_2 / \text{B}_2\text{O}_3$) が 0.80 以下である請求項 4 記載の光学ガラス。

20

【請求項 6】

酸化物換算組成のガラス全質量に対する質量％で
 TiO_2 成分 0 ~ 20.0 % 及び / 又は
 ZrO_2 成分 0 ~ 13.0 % 及び / 又は
 Nb_2O_5 成分 0 ~ 15.0 % 及び / 又は
 Ta_2O_5 成分 0 ~ 15.0 % 及び / 又は
 WO_3 成分 0 ~ 15.0 %

である請求項 1 から 5 のいずれか記載の光学ガラス。

30

【請求項 7】

酸化物換算組成のガラス全質量に対する質量和 ($\text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2 + \text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{Ta}_2\text{O}_5 + \text{WO}_3$) が 0.1 % 以上である請求項 6 記載の光学ガラス。

【請求項 8】

酸化物換算組成における質量比 $\text{Ln}_2\text{O}_3 / (\text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2 + \text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{Ta}_2\text{O}_5 + \text{WO}_3)$ が 0.30 以上 4.00 以下である請求項 6 又は 7 記載の光学ガラス。

【請求項 9】

酸化物換算組成のガラス全質量に対して、質量％で

MgO 成分 0 ~ 8.0 % 及び / 又は
 CaO 成分 0 ~ 15.0 % 及び / 又は
 SrO 成分 0 ~ 15.0 % 及び / 又は
 BaO 成分 0 ~ 30.0 % 及び / 又は
 ZnO 成分 0 ~ 30.0 %

である請求項 1 から 8 のいずれか記載の光学ガラス。

40

【請求項 10】

酸化物換算組成のガラス全質量に対する RO 成分 (式中、R は Mg、Ca、Sr、Ba、Zn からなる群より選択される 1 種以上) の質量和が 30.0 % 以下である請求項 9 記載の光学ガラス。

【請求項 11】

酸化物換算組成における質量比 $\text{RO} / \text{Ln}_2\text{O}_3$ が 0.82 以下である請求項 9 又は 1

50

0 記載の光学ガラス。

【請求項 1 2】

酸化物換算組成における質量比 $RO / (TiO_2 + ZrO_2 + Nb_2O_5 + Ta_2O_5 + WO_3)$ が 1.90 以下である請求項 9 から 11 のいずれか記載の光学ガラス。

【請求項 1 3】

酸化物換算組成の全質量に対する質量%で、

Li_2O 成分 0 ~ 15.0 % 及び / 又は

Na_2O 成分 0 ~ 15.0 % 及び / 又は

K_2O 成分 0 ~ 15.0 %

である請求項 1 から 12 のいずれか記載の光学ガラス。

10

【請求項 1 4】

酸化物換算組成のガラス全質量に対する Rn_2O 成分 (式中、 Rn は Li 、 Na 、 K からなる群より選択される 1 種以上) の質量和が 15.0 % 以下である請求項 13 記載の光学ガラス。

【請求項 1 5】

酸化物換算組成のガラス全質量に対して、質量%で

P_2O_5 成分 0 ~ 15.0 % 及び / 又は

GeO_2 成分 0 ~ 20.0 % 及び / 又は

TeO_2 成分 0 ~ 20.0 % 及び / 又は

Al_2O_3 成分 0 ~ 5.0 % 及び / 又は

Ga_2O_3 成分 0 ~ 5.0 % 及び / 又は

SnO_2 成分 0 ~ 3.0 % 及び / 又は

CeO_2 成分 0 ~ 3.0 % 及び / 又は

Sb_2O_3 成分 0 ~ 3.0 %

である請求項 1 から 14 のいずれか記載の光学ガラス。

20

【請求項 1 6】

アッベ数 (d) が 15 以上 30 以下である請求項 1 から 15 のいずれか記載の光学ガラス。

【請求項 1 7】

分光透過率が 70 % を示す波長 (λ_0) が 490 nm 以下である請求項 1 から 16 のいずれか記載の光学ガラス。

30

【請求項 1 8】

液相温度が 900 以下である請求項 1 から 17 のいずれか記載の光学ガラス。

【請求項 1 9】

請求項 1 から 18 のいずれか 1 項の光学ガラスからなる研磨加工用及び / 又は精密プレス成形用のプリフォーム。

【請求項 2 0】

請求項 19 のプリフォームを研磨してなる光学素子。

【請求項 2 1】

請求項 19 のプリフォームを精密プレス成形してなる光学素子。

40

【請求項 2 2】

請求項 1 から 21 のいずれか 1 項の光学ガラスからなる光学素子。

【請求項 2 3】

請求項 20 から 22 のいずれかに記載の光学素子を有する光学機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学ガラス、プリフォーム、及び光学素子に関する。

【背景技術】

【0002】

50

近年、光学系を用いた機器の高集積化及び高機能化が急速に進められたことで、光学系に対する高精度化、軽量化及び小型化の要求がますます強まっている。この要求を実現するために、高屈折率高分散ガラスを用いて作製した非球面レンズを用いた光学設計が行われている。

【0003】

非球面レンズ等の光学素子を研削や研磨法で作製する場合、光学素子の製造コストが高くなり生産効率も悪くなる。そのため、光学素子の作製は、ゴブ或いはガラスブロックを切断・研磨したプリフォーム材を加熱軟化させ、これを高精度な面を持つ金型で加圧成形させるモールドプレスによることが多い。

【0004】

モールドプレスを行うことにより、研削及び研磨工程が省略されることで、光学素子を低コストで作製でき、且つ大量生産を実現できる。しかし、光学素子の低コスト化及び大量生産を実現するためには、モールドプレスに用いられる金型を繰り返し使用できることが重要である。金型を繰り返し使用するには、プリフォーム材を加熱軟化させる際の加熱温度をできるだけ低く設定することで、金型の表面酸化を抑える必要がある。

【0005】

ここで、モールドプレス時の加熱温度と、ガラス転移点やガラスの屈伏点との間には相関性があり、ガラス転移点や屈伏点を低くすることで、モールドプレス時の加熱温度が低くなるため、金型の表面酸化の進行を抑えることができる。

【0006】

さらに、光学素子を低コストで作製するには、モールドプレスを行う前のプリフォームの製造コストも低いことが望まれる。

【0007】

プリフォームの製造方法としては、ガラス融液を滴下して冷却する方法が挙げられる。この方法を用いることで、プリフォームの量産性を高めることができ、プリフォームの製造コストを低くすることができる。さらに、この方法にて得られたプリフォームは、球形又は両凸のレンズ形状に近いため、特に球形や両凸のレンズを形成する場合におけるモールドプレスによる形状変化量を小さくでき、光学素子の量産性を高めることもできる。

【0008】

このようなモールドプレスに用いられるガラスとして、特許文献1及び2には P_2O_5 を主成分としたガラスが開示されている。また、特許文献3には Bi_2O_3 を主成分としたガラスが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開平07-097234号公報

【特許文献2】特開2002-173336号公報

【特許文献3】特開2009-040647号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかし、高屈折率及び高分散のガラスは、ガラス成形酸化物の量が相対的に少ないため、溶解したガラス材料や加熱軟化したガラスの粘性が低くなる傾向にある。特に、ガラス転移点や屈伏点の低いガラスは、その傾向が強い。

【0011】

そのため、溶解したガラス材料からなるガラス融液を滴下してプリフォームを作製する場合、滴下される融液が細長くなり、得られるプリフォームの形状も細長くなることで、球形等の所望の形状を得ることが困難である。

【0012】

また、このようなガラスからなるプリフォームをモールドプレスに用いた場合、成形型

10

20

30

40

50

の内部でガラスが必要以上に軟化されるため、所望の形状の光学素子を得ることが困難になり易い。

【0013】

しかも、ガラスを成形する際、ガラス融液の加熱温度を液相温度（失透温度）よりも高温にしなければならない。例えば、プリフォームを作製する際にはガラス融液の温度を液相温度より高くしなければならない。ガラス融液の加熱温度を液相温度より低くした場合には、得られるプリフォームや光学素子が失透する。一方で、ガラス融液の加熱温度を液相温度より高くした場合には、プリフォームの成形が困難になる。

【0014】

この点、特許文献1及び2のガラスは、プレス成形を行う際に結晶が析出し難いため、プリフォームや光学素子の成形は可能である。しかし、特許文献1及び2のガラスは、ガラス転移点や屈伏点が高いため、ガラスの金型への焼き付きや金型の表面酸化による早期消耗等の問題点があった。

10

【0015】

また、特許文献3のガラスは、液相温度が高く、液相温度における粘性も低いため、ガラスを失透させずに成形することが困難である問題点があった。

【0016】

本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、高屈折率及び高分散の特性を得ながらも、モールドプレス成形時における金型の消耗を低減し、且つ表面の曲面が滑らかで均一な光学素子を得ることが可能な光学ガラスを提供することにある。

20

【課題を解決するための手段】

【0017】

本発明者らは、上記課題を解決するために、鋭意試験研究を重ねた結果、 Bi_2O_3 成分及び B_2O_3 成分を併用し、他の各成分の含有量を調整することによって、ガラス転移点や屈伏点が低くなり、且つガラスの液相温度における粘性が高められることを見出し、本発明を完成するに至った。具体的には、本発明は以下のようなものを提供する。

【0018】

(1) 酸化物換算組成の全質量に対する質量％で、 Bi_2O_3 成分を50.0～80.0％及び B_2O_3 成分を5.0～30.0％含有し、屈折率(n_d)が1.90以上であり、液相温度における粘性が0.25 Pa・s以上である光学ガラス。

30

【0019】

(2) 酸化物換算組成のガラス全質量に対する Ln_2O_3 成分（式中、LnはLa、Gd、Y、Ybからなる群より選択される1種以上）の質量和が0.1％以上である(1)記載の光学ガラス。

【0020】

(3) 酸化物換算組成の全質量に対する質量％で、
 La_2O_3 成分 0～20.0％及び／又は
 Gd_2O_3 成分 0～20.0％及び／又は
 Y_2O_3 成分 0～15.0％及び／又は
 Yb_2O_3 成分 0～6.0％
をさらに含有する(1)又は(2)記載の光学ガラス。

40

【0021】

(4) 酸化物換算組成の全質量に対する質量％で、 SiO_2 成分の含有量が20.0％以下である(1)から(3)のいずれか記載の光学ガラス。

【0022】

(5) 酸化物換算組成における質量比($\text{SiO}_2 / \text{B}_2\text{O}_3$)が0.80以下である(4)記載の光学ガラス。

【0023】

(6) 酸化物換算組成のガラス全質量に対する質量％で

50

TiO_2 成分 0 ~ 20 . 0 % 及び / 又は
 ZrO_2 成分 0 ~ 13 . 0 % 及び / 又は
 Nb_2O_5 成分 0 ~ 15 . 0 % 及び / 又は
 Ta_2O_5 成分 0 ~ 15 . 0 % 及び / 又は
 WO_3 成分 0 ~ 15 . 0 %

である (1) から (5) のいずれか記載の光学ガラス。

【 0 0 2 4 】

(7) 酸化物換算組成のガラス全質量に対する質量和 ($\text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2 + \text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{Ta}_2\text{O}_5 + \text{WO}_3$) が 0 . 1 % 以上である (6) 記載の光学ガラス。

【 0 0 2 5 】

(8) 酸化物換算組成における質量比 $\text{Ln}_2\text{O}_3 / (\text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2 + \text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{Ta}_2\text{O}_5 + \text{WO}_3)$ が 0 . 30 以上 4 . 00 以下である (6) 又は (7) 記載の光学ガラス。

【 0 0 2 6 】

(9) 酸化物換算組成のガラス全質量に対して、質量 % で

MgO 成分 0 ~ 8 . 0 % 及び / 又は
 CaO 成分 0 ~ 15 . 0 % 及び / 又は
 SrO 成分 0 ~ 15 . 0 % 及び / 又は
 BaO 成分 0 ~ 30 . 0 % 及び / 又は
 ZnO 成分 0 ~ 30 . 0 %

である (1) から (8) のいずれか記載の光学ガラス。

【 0 0 2 7 】

(10) 酸化物換算組成のガラス全質量に対する RO 成分 (式中、R は Mg、Ca、Sr、Ba、Zn からなる群より選択される 1 種以上) の質量和が 30 . 0 % 以下である (9) 記載の光学ガラス。

【 0 0 2 8 】

(11) 酸化物換算組成における質量比 $\text{RO} / \text{Ln}_2\text{O}_3$ が 0 . 82 以下である (9) 又は (10) 記載の光学ガラス。

【 0 0 2 9 】

(12) 酸化物換算組成における質量比 $\text{RO} / (\text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2 + \text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{Ta}_2\text{O}_5 + \text{WO}_3)$ が 1 . 90 以下である (9) から (11) のいずれか記載の光学ガラス。

【 0 0 3 0 】

(13) 酸化物換算組成の全質量に対する質量 % で、

Li_2O 成分 0 ~ 15 . 0 % 及び / 又は
 Na_2O 成分 0 ~ 15 . 0 % 及び / 又は
 K_2O 成分 0 ~ 15 . 0 %

である (1) から (12) のいずれか記載の光学ガラス。

【 0 0 3 1 】

(14) 酸化物換算組成のガラス全質量に対する Rn_2O 成分 (式中、Rn は Li、Na、K からなる群より選択される 1 種以上) の質量和が 15 . 0 % 以下である (13) 記載の光学ガラス。

【 0 0 3 2 】

(15) 酸化物換算組成のガラス全質量に対して、質量 % で

P_2O_5 成分 0 ~ 15 . 0 % 及び / 又は
 GeO_2 成分 0 ~ 20 . 0 % 及び / 又は
 TeO_2 成分 0 ~ 20 . 0 % 及び / 又は
 Al_2O_3 成分 0 ~ 5 . 0 % 及び / 又は
 Ga_2O_3 成分 0 ~ 5 . 0 % 及び / 又は
 SnO_2 成分 0 ~ 3 . 0 % 及び / 又は

10

20

30

40

50

CeO₂ 成分 0 ~ 3 . 0 % 及び / 又は

Sb₂O₃ 成分 0 ~ 3 . 0 %

である (1) から (1 4) のいずれか記載の光学ガラス。

【 0 0 3 3 】

(1 6) アッペ数 (d) が 1 5 以上 3 0 以下である (1) から (1 5) のいずれか記載の光学ガラス。

【 0 0 3 4 】

(1 7) 分光透過率が 7 0 % を示す波長 (λ_0) が 4 9 0 nm 以下である (1) から (1 6) のいずれか記載の光学ガラス。

【 0 0 3 5 】

(1 8) 液相温度が 9 0 0 以下である (1) から (1 7) のいずれか記載の光学ガラス。

【 0 0 3 6 】

(1 9) (1) から (1 8) いずれか 1 項の光学ガラスからなる研磨加工用及び / 又は精密プレス成形用のプリフォーム。

【 0 0 3 7 】

(2 0) (1 9) のプリフォームを研磨してなる光学素子。

【 0 0 3 8 】

(2 1) (1 9) のプリフォームを精密プレス成形してなる光学素子。

【 0 0 3 9 】

(2 2) (1) から (2 1) いずれか 1 項の光学ガラスからなる光学素子。

【 0 0 4 0 】

(2 3) (2 0) から (2 2) のいずれかに記載の光学素子を有する光学機器。

【 発明の効果 】

【 0 0 4 1 】

本発明によれば、高屈折率及び高分散の特性を得ながらも、モールドプレス成形時における金型の消耗を低減し、且つ表面の曲面が滑らかで均一な光学素子を得ることが可能な光学ガラスを得ることができる。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 4 2 】

本発明の光学ガラスは、酸化物換算組成の全質量に対する質量 % で、Bi₂O₃ 成分を 5 0 . 0 ~ 8 0 . 0 % 及び B₂O₃ 成分を 5 . 0 ~ 3 0 . 0 % 含有し、屈折率 (n_d) が 1 . 9 0 以上であり、液相温度における粘性が 0 . 2 5 Pa · s 以上である。Bi₂O₃ 成分及び B₂O₃ 成分を併用し、他の各成分の含有量を調整することによって、ガラス転移点や屈伏点が低くなり、且つ、ガラスの液相温度が低くなり、且つガラスの粘性が高められることで、ガラスの液相温度における粘性が高められる。このため、高屈折率及び高分散の特性を得ながらも、モールドプレス成形時における金型の消耗を低減し、且つ表面の曲面が滑らかで均一な光学素子を得ることが可能な光学ガラスを得ることができる。

【 0 0 4 3 】

以下、本発明の光学ガラスの実施形態について詳細に説明するが、本発明は、以下の実施形態に何ら限定されるものではなく、本発明の目的の範囲内において、適宜変更を加えて実施することができる。なお、説明が重複する箇所については、適宜説明を省略する場合があるが、発明の趣旨を限定するものではない。

【 0 0 4 4 】

[ガラス成分]

本発明の光学ガラスを構成する各成分の組成範囲を以下に述べる。本明細書中において、各成分の含有率は特に断りがない場合は、全て酸化物換算組成のガラス全質量に対する質量 % で表示されるものとする。ここで「酸化物換算組成」は、本発明のガラス構成成分の原料として使用される酸化物、複合塩、金属弗化物等が溶融時に全て分解され酸化物へ変化すると仮定した場合に、当該生成酸化物の総質量を 1 0 0 質量 % として、ガラス中に

10

20

30

40

50

含有される各成分を表記した組成である。

【0045】

< 必須成分、任意成分について >

$B i_2 O_3$ 成分は、ガラスの屈折率 (n_d) を高め、アッペ数を低くする効果がある成分である。また、ガラス転移点や屈伏点を低くし、耐水性を向上する成分である。ここで、 $B i_2 O_3$ 成分の含有量を 50.0% 以上にする事で、高屈折率及び高分散を有し、且つガラス転移点及び屈伏点の低いガラスを得ることができる。一方で、 $B i_2 O_3$ 成分の含有量を 80.0% 以下にする事で、ガラスの液相温度を低くでき、且つガラスの着色を低減できる。従って、 $B i_2 O_3$ 成分の含有量は、酸化物基準の質量%で、好ましくは 50.0%、より好ましくは 55.0% を下限とし、最も好ましくは 63.0% より多くする。一方で、 $B i_2 O_3$ 成分の含有量は、好ましくは 80.0%、より好ましくは 78.0%、最も好ましくは 75.0% を上限とする。 $B i_2 O_3$ 成分は、原料として例えば $B i_2 O_3$ を用いることができる。

10

【0046】

$B_2 O_3$ 成分は、ガラスの液相温度を下げて失透を低減する成分である。ここで、 $B_2 O_3$ 成分の含有量を 5.0% 以上にする事で、耐失透性の高いガラスを得ることができる。しかしながら、 $B_2 O_3$ 成分の含有量が多すぎると、かえってガラスの液相温度が高くなる。また、 $B_2 O_3$ 成分の含有量が多すぎると、ガラスの屈折率が高くなり、アッペ数が低くなる。従って、 $B_2 O_3$ 成分の含有量は、酸化物基準の質量%で、好ましくは 5.0%、より好ましくは 9.3% を下限とし、最も好ましくは 11.0% より多くする。一方で、 $B_2 O_3$ 成分の含有量は、酸化物基準の質量%で、好ましくは 30.0%、より好ましくは 25.0%、最も好ましくは 20.0% を上限とする。 $B_2 O_3$ 成分は、原料として例えば $H_3 B O_3$ 、 $N a_2 B_4 O_7$ 、 $N a_2 B_4 O_7 \cdot 10 H_2 O$ 、 $B P O_4$ を用いることができる。

20

【0047】

$L a_2 O_3$ 成分、 $G d_2 O_3$ 成分、 $Y_2 O_3$ 成分及び $Y b_2 O_3$ 成分は、ガラスの液相温度における粘性を高める成分である。ここで、 $L n_2 O_3$ 成分 (式中、 $L n$ は $L a$ 、 $G d$ 、 Y 、 $Y b$ からなる群より選択される 1 種以上) のうち少なくともいずれかを含有することで、液相温度において高い粘性を得ることができる。一方で、 $L n_2 O_3$ 成分の含有量が多すぎると、ガラスのアッペ数が高くなり、且つガラスの液相温度が上昇する。従って、 $L n_2 O_3$ 成分の質量和は、酸化物基準の質量%で、好ましくは 0.1%、より好ましくは 0.2%、さらに好ましくは 1.0%、最も好ましくは 3.6% を下限とする。一方で、 $L n_2 O_3$ 成分の質量和は、酸化物基準の質量%で、好ましくは 25.0%、より好ましくは 20.0% を上限とし、最も好ましくは 12.0% 未満とする。

30

【0048】

このうち、 $L a_2 O_3$ 成分及び $G d_2 O_3$ 成分の各々の含有量は、酸化物基準の質量%で、好ましくは 20.0%、より好ましくは 10.0%、最も好ましくは 5.0% を上限とする。また、 $Y_2 O_3$ 成分の各々の含有量は、酸化物基準の質量%で、好ましくは 15.0%、より好ましくは 10.0%、最も好ましくは 5.0% を上限とする。また、 $Y b_2 O_3$ 成分の含有量は、酸化物基準の質量%で、好ましくは 6.0%、より好ましくは 4.0%、最も好ましくは 2.0% を上限とする。なお、 $L n_2 O_3$ 成分のうち $Y_2 O_3$ 成分及び $Y b_2 O_3$ 成分は、ガラスの液相温度を高める作用が強いため、液相温度における粘性をより高くする観点では、 $Y_2 O_3$ 成分及び $Y b_2 O_3$ 成分の含有量を低減することがより好ましく、 $Y_2 O_3$ 成分及び $Y b_2 O_3$ 成分を含有しないことがさらに好ましい。 $L a_2 O_3$ 成分、 $G d_2 O_3$ 成分、 $Y_2 O_3$ 成分及び $Y b_2 O_3$ 成分は、原料として例えば $L a_2 O_3$ 、 $L a (N O_3)_3 \cdot X H_2 O$ (X は任意の整数)、 $G d_2 O_3$ 、 $G d F_3$ 、 $Y_2 O_3$ 、 $Y F_3$ 、 $Y b_2 O_3$ を用いることができる。

40

【0049】

$S i O_2$ 成分は、ガラスの液相温度を下げ、且つ液相温度における粘性を高める成分であり、且つ、ガラスの可視光透過率を高める効果のある成分である。しかしながら、 $S i$

50

O_2 成分の含有量が多すぎると、ガラスの屈折率が低下し易い。従って、 SiO_2 成分の含有量は、酸化物基準の質量%で、好ましくは20.0%、より好ましくは15.0%、さらに好ましくは10.0%を上限とし、最も好ましくは6.0%未満とする。なお、 SiO_2 成分は含有しなくてもよいが、液相温度において高い粘性を得易くできる観点では、 SiO_2 成分の含有量は、好ましくは0.1%、より好ましくは0.5%、最も好ましくは0.7%を下限とする。 SiO_2 成分は、原料として例えば SiO_2 、 K_2SiF_6 、 Na_2SiF_6 を用いることができる。

【0050】

本発明の光学ガラスは、 B_2O_3 成分の含有量に対する SiO_2 成分の含有量の比率が0.80以下であることが好ましい。これにより、より液相温度の低いガラスを得ることができる。従って、酸化物換算組成における質量比(SiO_2 / B_2O_3)は、好ましくは0.80、より好ましくは0.50、を上限とし、最も好ましくは0.20未満とする。なお、(SiO_2 / B_2O_3)は0であってもよいが、より液相温度が低く可視光透過率の高いガラスを得る観点では、質量比(SiO_2 / B_2O_3)は、好ましくは0.01、より好ましくは0.03、最も好ましくは0.05を下限とする。

【0051】

TiO_2 成分は、ガラスの液相温度を下げ、且つ液相温度における粘性を高める成分である。しかし、その含有量が多すぎると、かえってガラスの液相温度が高くなり、且つガラスが着色する。従って、 TiO_2 成分の含有量は、酸化物基準の質量%で、好ましくは20.0%、より好ましくは10.0%、最も好ましくは3.0%を上限とする。 TiO_2 成分は、原料として例えば TiO_2 等を用いてガラス内に含有することができる。

【0052】

ZrO_2 成分は、ガラスの液相温度を下げ、液相温度における粘性を高め、且つガラスの化学的耐久性や機械的強度を向上する成分である。しかし、 ZrO_2 成分の含有量が多すぎると、かえってガラスの液相温度が高くなり、ガラス転移点や屈伏点も高くなる。従って、 ZrO_2 成分の含有量は、酸化物基準の質量%で、好ましくは13.0%、より好ましくは10.0%、最も好ましくは5.0%を上限とする。なお、 ZrO_2 成分は含有しなくてもよいが、耐失透性を高め、且つ液相温度において高い粘性を得易くできる観点では、 ZrO_2 成分の含有量は、好ましくは0.1%、より好ましくは0.5%、最も好ましくは1.0%を下限とする。 ZrO_2 成分は、原料として例えば ZrO_2 、 ZrF_4 を用いることができる。

【0053】

Nb_2O_5 成分は、ガラスの液相温度における粘性を高め、且つガラスのアップ数を小さくする成分である。しかし、 Nb_2O_5 成分の含有量が多すぎると、ガラスの液相温度やガラス転移点が高くなる。従って、 Nb_2O_5 成分の含有量は、酸化物基準の質量%で、好ましくは15.0%、より好ましくは12.0%、最も好ましくは10.0%を上限とする。なお、 Nb_2O_5 成分は含有しなくてもよいが、アップ数を小さくし、且つ液相温度において高い粘性を得易くできる観点では、 Nb_2O_5 成分の含有量は、好ましくは0.1%、より好ましくは1.0%、最も好ましくは2.0%を下限とする。 Nb_2O_5 成分は、原料として例えば Nb_2O_5 を用いることができる。

【0054】

Ta_2O_5 成分は、ガラスの液相温度における粘性を高める成分である。しかし、 Ta_2O_5 成分の含有量が多すぎると、ガラスの液相温度やガラス転移点が高くなり、且つガラスの原料コストが大幅に上昇する。従って、 Ta_2O_5 成分の含有量は、酸化物基準の質量%で、好ましくは15.0%、より好ましくは10.0%、最も好ましくは3.0%を上限とする。 Ta_2O_5 成分は、原料として例えば Ta_2O_5 を用いることができる。

【0055】

WO_3 成分は、ガラスの液相温度における粘性を高め、且つガラス転移点や屈伏点を下げる成分である。しかし、その含有量が多すぎると、ガラスの液相温度やガラス転移点が高くなり、且つガラスが着色する。従って、 WO_3 成分の含有量は、酸化物基準の質量%

10

20

30

40

50

で、好ましくは15.0%、より好ましくは5.0%、最も好ましくは3.0%を上限とする。 WO_3 成分は、原料として例えば WO_3 を用いることができる。

【0056】

本発明の光学ガラスは、 TiO_2 成分、 ZrO_2 成分、 Nb_2O_5 成分、 Ta_2O_5 成分及び WO_3 成分の質量和が0.1%以上であることが好ましい。これにより、ガラスのアップ数を低くでき、且つガラスの液相温度を下げるができる。特に、 Ln_2O_3 成分とこれらの成分を併用することで、より液相温度における粘性の高いガラスを得ることができる。従って、酸化物換算組成における質量和($TiO_2 + ZrO_2 + Nb_2O_5 + Ta_2O_5 + WO_3$)は、好ましくは0.1%、より好ましくは1.0%、最も好ましくは3.0%を下限とする。一方で、これらの成分の過剰な含有による液相温度の上昇や、ガラス転移点や屈伏点の上昇を低減できる観点では、この質量和は、好ましくは20.0%、より好ましくは15.0%、最も好ましくは12.0%を上限とする。

10

【0057】

また、本発明の光学ガラスは、質量和($TiO_2 + ZrO_2 + Nb_2O_5 + Ta_2O_5 + WO_3$)に対する Ln_2O_3 成分の含有量の比率が0.30以上4.00以下であることが好ましい。この比率を0.30以上4.00以下の範囲内にすることで、液相温度における粘性をより高め、ガラスの着色を抑制することができる。従って、酸化物換算組成での質量比 $Ln_2O_3 / (TiO_2 + ZrO_2 + Nb_2O_5 + Ta_2O_5 + WO_3)$ は、好ましくは0.30、より好ましくは0.40、最も好ましくは0.50を下限とする。一方で、この質量比は、好ましくは4.00、より好ましくは3.00、最も好ましくは2.00を上限とする。

20

【0058】

MgO 成分、 CaO 成分、 SrO 成分及び BaO 成分は、適度に含有することでガラスの液相温度を下げる成分である。しかし、これらの成分の含有量が多すぎると、かえって液相温度が高くなる。従って、 MgO 成分の含有量は、酸化物基準の質量%で、好ましくは8.0%、より好ましくは5.0%、最も好ましくは3.0%を上限とする。また、 CaO 成分及び SrO 成分の各々の含有量は、酸化物基準の質量%で、好ましくは15.0%、より好ましくは10.0%、最も好ましくは5.0%を上限とする。 BaO 成分の含有量は、酸化物基準の質量%で、好ましくは30.0%、より好ましくは15.0%、最も好ましくは10.0%を上限とする。 MgO 成分、 CaO 成分、 SrO 成分及び BaO 成分は、原料として例えば MgO 、 $MgCO_3$ 、 MgF_2 、 $CaCO_3$ 、 CaF_2 、 $Sr(NO_3)_2$ 、 SrF_2 、 $BaCO_3$ 、 $Ba(NO_3)_2$ を用いることができる。

30

【0059】

ZnO 成分は、ガラスの液相温度を低くし且つ着色を低減する成分であり、本発明の光学ガラスの任意成分である。しかし、 ZnO 成分の含有量が多すぎると、アップ数(d)が高くなり、液相温度が上昇する。従って、 ZnO 成分の含有量は、酸化物基準の質量%で、好ましくは30.0%、より好ましくは15.0%、さらに好ましくは10.0%、最も好ましくは7.0%を上限とする。なお、 ZnO 成分は含有しなくてもよいが、 ZnO 成分を含有することで耐失透性を高め、着色を低減できる。従って、 ZnO 成分の含有量は、酸化物基準の質量%で、好ましくは0.1%、より好ましくは1.0%、さらに好ましくは2.3%、最も好ましくは3.0%を下限とする。 ZnO 成分は、原料として例えば ZnO 、 ZnF_2 を用いることができる。

40

【0060】

本発明の光学ガラスでは、 RO 成分(R は Mg 、 Ca 、 Sr 、 Ba 、 Zn から選ばれる1種以上)の合計含有量が30.0%以下であることが好ましい。これにより、これら成分の過剰な含有による液相温度の上昇を抑えることができる。従って、 RO 成分の合計含有量は、好ましくは30.0%、より好ましくは20.0%、最も好ましくは10.0%を上限とする。

【0061】

本発明の光学ガラスでは、 Ln_2O_3 成分の質量和に対する、 RO 成分の質量和の比率

50

が 0.82 以下であることが好ましい。これにより、屈折率の低下を抑制しながらもガラスの液相温度の上昇を抑えることができる。従って、酸化物基準での質量比 RO / Ln_2O_3 は、好ましくは 0.82、より好ましくは 0.75、最も好ましくは 0.70 を上限とする。

【0062】

また、本発明の光学ガラスでは、質量和 ($TiO_2 + ZrO_2 + Nb_2O_5 + Ta_2O_5 + WO_3$) に対する、RO 成分の質量和の比率が 1.90 以下であることが好ましい。これにより、高屈折率を維持しながらもガラスの液相温度における粘性を高めることができる。従って、酸化物基準での質量比 $RO / (TiO_2 + ZrO_2 + Nb_2O_5 + Ta_2O_5 + WO_3)$ は、好ましくは 1.90、より好ましくは 1.50、最も好ましくは 1.00 を上限とする。

10

【0063】

Li_2O 成分、 Na_2O 成分及び K_2O 成分は、ガラスの屈折率及びアッペ数を調整し、ガラス転移点や屈伏点を低くする成分である。しかし、これらの成分を含有すると液相温度における粘性が大きく低下する。従って、 Li_2O 成分、 Na_2O 成分及び K_2O 成分の各々の含有量は、酸化物基準の質量%で、好ましくは 15.0%、より好ましくは 10.0%、最も好ましくは 1.0% を上限とする。また、 Rn_2O 成分 (式中、 Rn は Li 、 Na 、 K からなる群より選択される 1 種以上) の質量和は、酸化物基準の質量%で、好ましくは 15.0%、より好ましくは 10.0% を上限とし、さらに好ましくは 5.0% 未満とする。特に液相温度における粘性の高いガラスを得る観点では、 Rn_2O 成分の質量和は、酸化物基準の質量%で、好ましくは 1.0% 未満、より好ましくは 0.4% 未満、最も好ましくは 0.1% 未満とする。 Li_2O 成分、 Na_2O 成分及び K_2O 成分は、原料として例えば Li_2CO_3 、 $LiNO_3$ 、 LiF 、 Na_2CO_3 、 $NaNO_3$ 、 NaF 、 Na_2SiF_6 、 K_2CO_3 、 KNO_3 、 KF 、 KHF_2 、 K_2SiF_6 を用いることができる。

20

【0064】

P_2O_5 成分は、ガラスの透過率を向上する成分である。しかしながら、 P_2O_5 成分の含有量が多すぎると、ガラス材料が溶解し難くなり、液相温度が上昇する。従って、 P_2O_5 成分の含有量の上限は、酸化物基準の質量%で、好ましくは 15.0%、より好ましくは 4.0%、さらに好ましくは 1.0% を上限とし、最も好ましくは含有しない。 P_2O_5 成分は、原料として例えば $Al(PO_3)_3$ 、 $Ca(PO_3)_2$ 、 $Ba(PO_3)_2$ 、 $Na(PO_3)$ 、 BPO_4 、 H_3PO_4 を用いることができる。

30

【0065】

GeO_2 成分は、ガラスの耐失透性を向上するために有用な任意成分である。しかしながら、 GeO_2 成分の含有量が多すぎると、ガラスの溶融性が低下し易くなり、且ガラス原料コストが大幅に上がる。従って、 GeO_2 成分の含有量は、酸化物基準の質量%で、好ましくは 20.0%、より好ましくは 10.0%、さらに好ましくは 5.0% を上限とする。また、 GeO_2 成分は高価な成分であるため、ガラスの材料コストを低減する観点で、 GeO_2 成分の含有量を、好ましくは 3.0% 未満、より好ましくは 2.0% 未満、さらに好ましくは 1.0% 未満にしてもよい。 GeO_2 成分は、原料として例えば GeO_2 を用いることができる。

40

【0066】

TeO_2 成分はガラスの液相温度を下げ、且つガラス融液の脱泡及び清澄を促す成分である。しかし、その含有量が多すぎると、かえってガラスの液相温度が高くなる。従って、 TeO_2 成分の含有量は、酸化物基準の質量%で、好ましくは 20.0%、より好ましくは 15.0%、さらに好ましくは 10.0% を上限とする。特に耐失透性の高いガラスを得る観点では、 TeO_2 成分の含有量を 2.9% 以下にしてもよい。一方で、 TeO_2 成分は含有しなくてもよいが、 TeO_2 成分を含有することで、液相温度が低く泡の少ないガラスを得ることができる。従って、 TeO_2 成分の含有量は、酸化物基準の質量%で、好ましくは 0.1%、より好ましくは 0.3%、最も好ましくは 0.5% を下限とする

50

。 TeO_2 成分は、原料として例えば TeO_2 を用いることができる。

【0067】

Al_2O_3 成分及び Ga_2O_3 成分は、ガラスの化学的耐久性や機械的強度を向上するために有用な任意成分である。しかしながら、 Al_2O_3 成分や Ga_2O_3 成分の含有量が多すぎると、ガラスの溶融性が低下し易くなる。従って、 Al_2O_3 成分及び Ga_2O_3 成分の各々の含有量は、酸化物基準の質量％で、好ましくは5.0％を上限とし、より好ましくは4.0％未満、さらに好ましくは3.0％未満とする。特に、 Al_2O_3 成分はガラスの液相温度における粘性を大きく下げる成分であるため、液相温度における粘性を高める観点では、 Al_2O_3 成分の含有量は、酸化物基準の質量％で、好ましくは1.0％未満、より好ましくは0.8％未満、より好ましくは0.5％未満、さらに好ましくは0.3％未満とする。 Al_2O_3 成分及び Ga_2O_3 成分は、原料として例えば Al_2O_3 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 AlF_3 、 Ga_2O_3 、 $\text{Ga}(\text{OH})_3$ を用いることができる。

10

【0068】

SnO_2 成分は、ガラスの化学的耐久性を高める成分である。しかし、その含有量が多すぎると、熔融性が悪化し、ガラスの着色が強くなる。従って、 SnO_2 成分の含有量は、酸化物基準の質量％で、好ましくは3.0％、より好ましくは2.0％、最も好ましくは1.0％を上限とする。 SnO_2 成分は、原料として例えば SnO_2 、 SnO を用いることができる。

【0069】

CeO_2 成分は、ガラスの清澄を促す成分である。しかし、その含有量が多すぎると、ガラスが着色する。従って、 CeO_2 成分の含有量は、酸化物基準の質量％で、好ましくは3.0％、より好ましくは1.0％を上限とし、最も好ましくは含有しない。 CeO_2 成分は、原料として例えば CeO_2 を用いることができる。

20

【0070】

Sb_2O_3 成分は、ガラスの清澄を促す成分である。しかし、その含有量が多すぎると、ガラスの着色が強くなる。従って、 Sb_2O_3 成分の含有量は、酸化物基準の質量％で、好ましくは3.0％、より好ましくは1.0％、最も好ましくは0.1％を上限とする。 Sb_2O_3 成分は、原料として例えば Sb_2O_3 、 Sb_2O_5 、 $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Sb}_2\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ を用いることができる。

【0071】

なお、ガラスを清澄し脱泡する成分は、上記の Sb_2O_3 成分に限定されるものではなく、ガラス製造の分野における公知の清澄剤や脱泡剤、或いはそれらの組み合わせを用いることができる。

30

【0072】

<含有させるべきでない成分について>

本発明においては、他の成分を本発明のガラスの特性を損なわない範囲で必要に応じ、添加することができる。ただし、 Ti 、 Zr 、 Nb 、 Ta 、 W 、 La 、 Gd 、 Y 、 Yb を除く V 、 Cr 、 Mn 、 Co 、 Ni 、 Cu 、 Ag 、 Mo 、 Pr 、 Nd 、 Pm 、 Sm 、 Eu 、 Tb 、 Dy 、 Ho 、 Er 、 Tm 及び Lu 等の各遷移金属成分は、それぞれを単独又は複合して少量含有した場合においても、ガラスが着色して可視域の特定の波長に吸収を生じる。従って、本発明の光学ガラスは、上記成分を実質的に含まないことが好ましい。ここで、「実質的に含まない」とは、不純物として混入される場合を除いて、人為的に含有させないことを意味する。

40

【0073】

さらに、 PbO 等の鉛化合物及び As_2O_3 等のヒ素化合物、並びに、 Th 、 Cd 、 Tl 、 Os 、 Be 、 Se の各成分は、近年有害な化学物資として使用を控える傾向にあり、ガラスの製造工程のみならず、加工工程、及び製品化後の処分に至るまで環境対策上の措置が必要とされる。従って、環境上の影響を重視する場合には、不可避な混入を除き、これらを実質的に含有しないことが好ましい。

【0074】

50

本発明の光学ガラスとして好ましく用いられるガラスは、その組成が酸化物基準の質量%で表されているため直接的にモル%の記載に表せるものではないが、本発明において要求される諸特性を満たすガラス組成物中に存在する各成分のモル%表示による組成は、酸化物基準で概ね以下の値をとる。

Bi_2O_3 成分 20.0 ~ 40.0 モル% 及び

B_2O_3 成分 15.0 ~ 60.0 モル%

並びに

La_2O_3 成分 0 ~ 13.0 モル%、及び / 又は

Gd_2O_3 成分 0 ~ 13.0 モル%、及び / 又は

Y_2O_3 成分 0 ~ 10.0 モル%、及び / 又は

Yb_2O_3 成分 0 ~ 4.0 モル%、及び / 又は

SiO_2 成分 0 ~ 60.0 モル%、及び / 又は

TiO_2 成分 0 ~ 40.0 モル%、及び / 又は

ZrO_2 成分 0 ~ 25.0 モル%、及び / 又は

Nb_2O_5 成分 0 ~ 10.0 モル%、及び / 又は

Ta_2O_5 成分 0 ~ 12.0 モル%、及び / 又は

WO_3 成分 0 ~ 15.0 モル%、及び / 又は

MgO 成分 0 ~ 25.0 モル%、及び / 又は

CaO 成分 0 ~ 40.0 モル%、及び / 又は

SrO 成分 0 ~ 35.0 モル%、及び / 又は

BaO 成分 0 ~ 50.0 モル%、及び / 又は

ZnO 成分 0 ~ 60.0 モル%、及び / 又は

Li_2O 成分 0 ~ 60.0 モル%、及び / 又は

Na_2O 成分 0 ~ 45.0 モル%、及び / 又は

K_2O 成分 0 ~ 35.0 モル%、及び / 又は

P_2O_5 成分 0 ~ 30.0 モル%、及び / 又は

GeO_2 成分 0 ~ 30.0 モル%、及び / 又は

TeO_2 成分 0 ~ 20.0 モル%、及び / 又は

Al_2O_3 成分 0 ~ 10.0 モル%、及び / 又は

Ga_2O_3 成分 0 ~ 5.0 モル%、及び / 又は

SnO_2 成分 0 ~ 4.0 モル%、及び / 又は

CeO_2 成分 0 ~ 2.0 モル%、及び / 又は

Sb_2O_3 成分 0 ~ 2.0 モル%

【0075】

[製造方法]

本発明の光学ガラスは、例えば以下のように作製される。すなわち、上記原料を各成分が所定の含有率の範囲内になるように均一に混合し、作製した混合物を石英坩堝又は金坩堝に入れて750 ~ 1000 の温度範囲で2 ~ 3時間溶融して攪拌均質化を行い、850 ~ 650 程度の温度に下げってから1時間程度経過した後、金型に鋳込んで徐冷することにより作製される。

【0076】

< 物性 >

本発明の光学ガラスは、液相温度において高い粘性を有する。より具体的には、本発明の光学ガラスの液相温度における粘性は、好ましくは0.25 Pa・s、より好ましくは0.4 Pa・s、最も好ましくは0.6 Pa・sを下限とする。これにより、ガラスを液相温度に加熱しても粘性の大きなガラス融液が得られるため、プリフォームの失透や脈理を低減しつつ、ガラス融液から所望の形状のプリフォームに成形し易い均一な光学ガラスを得ることができる。また、これによりガラスを加熱軟化してもガラスの粘性が損なわれ難くなるため、プリフォームから光学素子等への成形を行い易く、表面の曲面が滑らかで均一な光学素子を作製し易い光学ガラスを得ることができる。なお、本発明の光学ガラス

10

20

30

40

50

の液相温度における粘性の上限は特に限定されないが、概ね $2.0 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以下、より具体的には $1.8 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以下、さらに具体的には $1.5 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以下であることが多い。

【0077】

また、本発明の光学ガラスは、液相温度（失透温度）が低いことが好ましい。すなわち、本発明の光学ガラスの液相温度は、好ましくは 900 、より好ましくは 880 、最も好ましくは 860 を上限とする。これにより、より低い温度でガラス融液を流出しても、作製されたガラスの結晶化が低減されるため、ガラス融液からプリフォームを形成したときの耐失透性を高めることができる。また、液相温度が低くなることでガラス融液の粘性の基準となる温度が低くなるため、液相温度における粘性を高めることもできる。一方、本発明の光学ガラスの液相温度の下限は特に限定しないが、本発明によって得られるガラスの液相温度は、概ね 500 以上、具体的には 550 以上、さらに具体的には 600 以上であることが多い。なお、本明細書中における「液相温度」とは、 50 ml の容量の白金製坩堝に 30 cc のカレット状のガラス試料を白金坩堝に入れて 950 で完全に熔融状態にし、所定の温度まで降温して 12 時間保持し、炉外に取り出して冷却した後直ちにガラス表面及びガラス中の結晶の有無を観察し、結晶が認められない一番低い温度を表す。ここで所定の温度とは、 $860 \sim 650$ まで 10 刻みで設定した温度を表す。

10

【0078】

また、本発明の光学ガラスは、高屈折率及び高分散（低アッペ数）を有することが好ましい。より具体的には、本発明の光学ガラスの屈折率（ n_d ）は、好ましくは 1.90 、より好ましくは 1.95 、最も好ましくは 1.97 を下限とする。ここで、本発明の光学ガラスの屈折率（ n_d ）の上限は特に限定されないが、概ね 2.30 以下、より具体的には 2.20 以下、さらに具体的には 2.10 以下であることが多い。一方、本発明の光学ガラスのアッペ数（ ν_d ）は、好ましくは 30 、より好ましくは 28 、最も好ましくは 25 を上限とする。一方、本発明の光学ガラスのアッペ数（ ν_d ）の下限は特に限定されないが、概ね 15 以上、より具体的には 16 以上、さらに具体的には 17 以上であることが多い。これらにより、光学設計の自由度が広がり、さらに素子の薄型化を図っても大きな光の屈折量を得ることができる。また、光学系における素子の点数を削減できるため、光学系全体の小型化を図ることができる。

20

【0079】

また、本発明の光学ガラスは、低いガラス転移点（ T_g ）を有することが好ましい。すなわち、本発明の光学ガラスのガラス転移点（ T_g ）は、好ましくは 560 、より好ましくは 520 、最も好ましくは 500 を上限とする。これにより、ガラスがより低い温度で軟化するため、より低い温度でガラスをプレス成形し易くできる。そのため、プレス成形に用いる金型の酸化による消耗を低減して金型の長寿命化を図ることもできる。なお、本発明の光学ガラスのガラス転移点（ T_g ）の下限は特に限定されないが、本発明によって得られるガラスのガラス転移点（ T_g ）は、概ね 100 以上、具体的には 150 以上、さらに具体的には 200 以上であることが多い。

30

【0080】

また、本発明の光学ガラスは、低い屈伏点（ A_t ）を有することが好ましい。すなわち、本発明の光学ガラスの屈伏点（ A_t ）は、好ましくは 600 、より好ましくは 560 、最も好ましくは 520 を上限とする。屈伏点（ A_t ）は、ガラス転移点（ T_g ）と同様にガラスの軟化性を示す指標の一つであり、プレス成形温度に近い温度を示す指標である。そのため、屈伏点（ A_t ）が 600 以下のガラスを用いることにより、より低い温度でのプレス成形が可能になるため、よりプレス成形を行い易くすることができる。なお、本発明の光学ガラスの屈伏点（ A_t ）の下限は特に限定されないが、本発明によって得られるガラスの屈伏点（ A_t ）は、概ね 150 以上、具体的には 200 以上、さらに具体的には 250 以上であることが多い。

40

【0081】

また、本発明の光学ガラスは、着色が少ないことが好ましい。特に、本発明の光学ガラ

50

スは、ガラスの透過率で表すと、厚み 10 mm のサンプルで分光透過率 70 % を示す波長 (λ_0) が 490 nm 以下であり、より好ましくは 470 nm 以下であり、最も好ましくは 450 nm 以下である。また、分光透過率 5 % を示す波長 (λ_5) が 460 nm 以下であり、より好ましくは 440 nm 以下であり、最も好ましくは 420 nm 以下である。これにより、ガラスの吸収端が紫外領域の近傍に位置するようになることで、可視光線に対するガラスの透明性が高められるため、光学ガラスをレンズ等の可視光を透過する光学素子に好ましく用いることができる。

【0082】

[プリフォーム及び光学素子]

作製された光学ガラスから、例えばリヒートプレス成形や精密プレス成形等の手段を用いて、ガラス成形体を作製することができる。すなわち、光学ガラスからモールドプレス成形用のプリフォームを作製し、このプリフォームに対してリヒートプレス成形を行った後で研磨加工を行ってガラス成形体を作製したり、例えば研磨加工を行って作製したプリフォームに対して精密プレス成形を行ってガラス成形体を作製したりすることができる。本発明の光学ガラスからなるガラス成形体は、例えばレンズ、プリズム、ミラー等の光学素子の用途に用いることができ、典型的にはデジタルカメラやプロジェクタ等に用いることができる。なお、ガラス成形体を作製する手段は、これらの手段に限定されない。

10

【実施例】

【0083】

本発明の実施例 (No. 1 ~ No. 40) 及び比較例 (No. A ~ No. C) の組成、並びに、これらのガラスの屈折率 (n_d)、アッペ数 (ν_d)、ガラス転移点 (T_g)、屈伏点 (A_t)、液相温度、液相温度における粘性、及び分光透過率が 5 % 及び 70 % を示す波長 (λ_5 及び λ_0) の結果を表 1 ~ 表 7 に示す。なお、以下の実施例はあくまで例示の目的であり、これらの実施例のみ限定されるものではない。

20

【0084】

本発明の実施例 (No. 1 ~ No. 40) 及び比較例 (No. A ~ No. C) のガラスは、いずれも各成分の原料として各々相当する酸化物、水酸化物、炭酸塩、硝酸塩、弗化物、水酸化物等の通常の光学ガラスに使用される高純度の原料を選定し、表 1 ~ 表 10 に示した各実施例及び比較例の組成で、ガラス重量が 400 g になるように秤量して均一に混合した後、石英坩堝又は金坩堝に投入し、ガラス組成の熔融難易度に応じて電気炉で 750 ~ 1000 の温度範囲で 2 ~ 3 時間溶融して攪拌均質化を行い、850 ~ 650 程度の温度に下げてから 1 時間程度経過した後、金型に鑄込んで徐冷することにより作製した。

30

【0085】

ここで、実施例 (No. 1 ~ No. 40) 及び比較例 (No. A ~ No. C) のガラスの屈折率 (n_d) 及びアッペ数 (ν_d) は、日本光学硝子工業会規格 JOG I S 01 2003 に基づいて測定した。なお、本測定に用いたガラスは、徐冷降温速度を -25 / hr として、徐冷炉にて処理を行ったものを用いた。

【0086】

また、実施例 (No. 1 ~ No. 40) 及び比較例 (No. A ~ No. C) のガラスの液相温度は、50 ml の容量の白金製坩堝に 30 cc のカレット状のガラス試料を白金坩堝に入れて 950 で完全に熔融状態にし、860 ~ 650 まで 10 刻みで設定したいずれかの温度まで降温して 12 時間保持し、炉外に取り出して冷却した後直ちにガラス表面及びガラス中の結晶の有無を観察し、結晶が認められない一番低い温度を求めた。

40

【0087】

また、実施例 (No. 1 ~ No. 40) 及び比較例 (No. A ~ No. C) のガラスの液相温度における粘性は、球引上げ式粘度計 (有限会社オプト企業社製 型番 BVM - 13 LH) を用いて粘度 (粘性) ($\text{Pa} \cdot \text{s}$) を求めた。

【0088】

また、実施例 (No. 1 ~ No. 40) の光学ガラス及び比較例 (No. A ~ No. C

50

）のガラスのガラス転移点（ T_g ）及び屈伏点（ A_t ）は、横型膨張測定器を用いた測定を行うことで求めた。ここで、測定を行う際のサンプルは 4.8 mm 、長さ $50 \sim 55\text{ mm}$ のものを使用し、昇温速度を $4^\circ\text{C}/\text{min}$ とした。

【0089】

また、実施例（No. 1～No. 40）及び比較例（No. A～No. C）のガラスの透過率は、日本光学硝子工業会規格 J O G I S 0 2 に準じて測定した。なお、本発明においては、ガラスの可視光に対する透過率を測定することで、ガラスの着色の有無と程度を求めた。具体的には、厚さ $1.0 \pm 0.1\text{ mm}$ の対面平行研磨品を J I S Z 8 7 2 2 に準じ、 $200 \sim 800\text{ nm}$ の分光透過率を測定し、 $\lambda_{5\%}$ 及び $\lambda_{70\%}$ （透過率 5 % 時及び 70 % 時の波長）を求めた。

10

【0090】

【表 1】

| | 実施例 | | | | | |
|--------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Bi_2O_3 | 72.563 | 71.405 | 73.298 | 73.604 | 69.270 | 71.733 |
| B_2O_3 | 10.653 | 10.886 | 11.175 | 10.396 | 14.367 | 12.739 |
| La_2O_3 | 3.055 | 2.864 | 2.940 | 2.958 | 3.200 | 3.037 |
| Gd_2O_3 | 3.123 | 2.927 | 3.004 | 3.023 | 3.271 | 3.104 |
| Y_2O_3 | | | | | | |
| SiO_2 | 1.037 | 0.972 | 0.997 | 1.004 | 0.543 | 0.515 |
| TiO_2 | | | | | | |
| ZrO_2 | 1.322 | 1.239 | 1.272 | 1.280 | 1.385 | 1.314 |
| Nb_2O_5 | 3.440 | 3.224 | 3.309 | 3.330 | 3.603 | 3.419 |
| Ta_2O_5 | | | | | | |
| WO_3 | | | | | | |
| MgO | | | | | | |
| CaO | | | | | | |
| SrO | | | | | | |
| BaO | | | | | | |
| ZnO | 3.475 | 3.257 | 3.343 | 3.364 | 3.640 | 3.454 |
| Li_2O | 0.644 | | | 0.374 | | |
| Na_2O | | | | | | |
| K_2O | | | | | | |
| TeO_2 | 0.688 | 3.226 | 0.662 | 0.667 | 0.721 | 0.684 |
| Al_2O_3 | | | | | | |
| Sb_2O_3 | | | | | | |
| TOTAL | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| La+Gd+Y+Yb | 6.178 | 5.791 | 5.944 | 5.981 | 6.471 | 6.141 |
| Si/B | 0.097 | 0.089 | 0.089 | 0.097 | 0.038 | 0.040 |
| Ti+Zr+Nb+Ta+W | 4.762 | 4.463 | 4.581 | 4.610 | 4.988 | 4.733 |
| La+Gd+Y+Yb/ (Ti+Zr+Nb+Ta+W) | 1.297 | 1.298 | 1.298 | 1.297 | 1.297 | 1.297 |
| Mg+Ca+Sr+Ba+Zn | 3.475 | 3.257 | 3.343 | 3.364 | 3.640 | 3.454 |
| (Mg+Ca+Sr+Ba+Zn)/ (La+Gd+Y+Yb) | 0.562 | 0.562 | 0.562 | 0.562 | 0.563 | 0.562 |
| (Mg+Ca+Sr+Ba+Zn)/ (Ti+Zr+Nb+Ta+W) | 0.730 | 0.730 | 0.730 | 0.730 | 0.730 | 0.730 |
| Li+Na+K | 0.644 | 0.000 | 0.000 | 0.374 | 0.000 | 0.000 |
| 屈折率 (n_d) | 2.05905 | 2.08167 | 2.07558 | 2.07368 | 2.05055 | 2.08343 |
| アッペ数 (ν_d) | 19.6 | 19.2 | 19.4 | 19.3 | 20.3 | 19.3 |
| ガラス転移点 (T_g) [°C] | 438 | | | | | |
| 屈伏点 (A_t) [°C] | 473 | | | | | |
| λ_{70} [nm] | 446 | 447.5 | 446.5 | 447 | 441 | 448.5 |
| λ_5 [nm] | 406.5 | 407.5 | 407 | 408 | 403 | 408 |
| 液相温度 [°C] | | | | | | |
| 液相温度での粘性 [Pa·s] | | | | | | |

10

20

30

40

【表 2】

| | 実施例 | | | | |
|--------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Bi_2O_3 | 67.230 | 67.385 | 68.345 | 69.329 | 67.230 |
| B_2O_3 | 13.554 | 13.364 | 13.554 | 13.750 | 14.554 |
| La_2O_3 | 3.106 | 3.113 | 3.157 | 3.203 | 3.106 |
| Gd_2O_3 | 3.174 | 3.182 | 3.227 | 3.274 | 3.174 |
| Y_2O_3 | | | | | |
| SiO_2 | 1.000 | 1.056 | 1.071 | 1.087 | |
| TiO_2 | | | | | |
| ZrO_2 | 1.344 | 1.347 | 1.366 | 1.386 | 1.344 |
| Nb_2O_5 | 3.497 | 3.505 | 3.555 | 3.606 | 3.497 |
| Ta_2O_5 | | | | | |
| WO_3 | | | | | |
| MgO | | | | | |
| CaO | | | | | |
| SrO | | | | | |
| BaO | | | | | |
| ZnO | 3.532 | 3.541 | 3.591 | 3.643 | 3.532 |
| Li_2O | | | | | |
| Na_2O | | | | | |
| K_2O | | | | | |
| TeO_2 | 3.499 | 3.507 | 2.134 | 0.722 | 3.499 |
| Al_2O_3 | | | | | |
| Sb_2O_3 | 0.064 | | | | 0.064 |
| TOTAL | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| La+Gd+Y+Yb | 6.280 | 6.295 | 6.384 | 6.477 | 6.280 |
| Si/B | 0.074 | 0.079 | 0.079 | 0.079 | 0.000 |
| Ti+Zr+Nb+Ta+W | 4.841 | 4.852 | 4.921 | 4.992 | 4.841 |
| La+Gd+Y+Yb/ (Ti+Zr+Nb+Ta+W) | 1.297 | 1.297 | 1.297 | 1.297 | 1.297 |
| Mg+Ca+Sr+Ba+Zn | 3.532 | 3.541 | 3.591 | 3.643 | 3.532 |
| (Mg+Ca+Sr+Ba+Zn)/ (La+Gd+Y+Yb) | 0.562 | 0.563 | 0.563 | 0.562 | 0.562 |
| (Mg+Ca+Sr+Ba+Zn)/ (Ti+Zr+Nb+Ta+W) | 0.730 | 0.730 | 0.730 | 0.730 | 0.730 |
| Li+Na+K | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 屈折率 (n_d) | 2.03536 | 2.03794 | 2.03037 | 2.02852 | 2.03298 |
| アッベ数 (ν_d) | 20.6 | 20.5 | 20.8 | 20.9 | 20.7 |
| ガラス転移点 (T_g) [°C] | | 467 | | 475 | |
| 屈伏点 (At) [°C] | | 501 | | 507 | |
| λ_{70} [nm] | 439 | 438.5 | 436.5 | 436 | 453 |
| λ_5 [nm] | 401 | 401 | 400 | 400 | 400.5 |
| 液相温度 [°C] | | 790 | | 800 | |
| 液相温度での粘性 [Pa·s] | | 0.93 | | 0.68 | |

10

20

30

40

【表 3】

| | 実施例 | | | | | |
|--------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| Bi_2O_3 | 69.270 | 71.733 | 73.544 | 69.281 | 66.937 | 65.700 |
| B_2O_3 | 14.367 | 12.739 | 10.969 | 11.093 | 11.407 | 13.294 |
| La_2O_3 | 3.200 | 3.037 | 2.956 | 3.181 | 3.271 | 3.285 |
| Gd_2O_3 | 3.271 | 3.104 | 3.021 | 3.251 | 3.343 | 3.357 |
| Y_2O_3 | | | | | | |
| SiO_2 | 0.543 | 0.515 | 0.501 | 1.079 | 1.110 | 0.865 |
| TiO_2 | | | | | | |
| ZrO_2 | 1.385 | 1.314 | 1.279 | 1.376 | 1.415 | 1.421 |
| Nb_2O_5 | 3.603 | 3.419 | 3.328 | 3.582 | 3.683 | 3.698 |
| Ta_2O_5 | | | | | | |
| WO_3 | | | | | | |
| MgO | | | | | | |
| CaO | | | | | | |
| SrO | | | | | | |
| BaO | | | | | | |
| ZnO | 3.640 | 3.454 | 3.362 | 3.618 | 3.721 | 3.736 |
| Li_2O | | | 0.374 | 0.671 | 0.690 | 0.693 |
| Na_2O | | | | | | |
| K_2O | | | | | | |
| TeO_2 | 0.721 | 0.684 | 0.666 | 2.867 | 4.423 | 3.701 |
| Al_2O_3 | | | | | | |
| Sb_2O_3 | | | | | | |
| TOTAL | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 99.75 |
| La+Gd+Y+Yb | 6.471 | 6.141 | 5.977 | 6.432 | 6.614 | 6.642 |
| Si/B | 0.038 | 0.040 | 0.046 | 0.097 | 0.097 | 0.065 |
| Ti+Zr+Nb+Ta+W | 4.988 | 4.733 | 4.607 | 4.958 | 5.098 | 5.119 |
| La+Gd+Y+Yb/ (Ti+Zr+Nb+Ta+W) | 1.297 | 1.297 | 1.297 | 1.297 | 1.297 | 1.298 |
| Mg+Ca+Sr+Ba+Zn | 3.640 | 3.454 | 3.362 | 3.618 | 3.721 | 3.736 |
| (Mg+Ca+Sr+Ba+Zn)/ (La+Gd+Y+Yb) | 0.563 | 0.562 | 0.562 | 0.563 | 0.563 | 0.562 |
| (Mg+Ca+Sr+Ba+Zn)/ (Ti+Zr+Nb+Ta+W) | 0.730 | 0.730 | 0.730 | 0.730 | 0.730 | 0.730 |
| Li+Na+K | 0.000 | 0.000 | 0.374 | 0.671 | 0.690 | 0.693 |
| 屈折率 (n_d) | 2.04323 | 2.05937 | 2.06021 | 2.03213 | 2.02511 | 2.02688 |
| アッベ数 (ν_d) | 20.5 | 20 | 19.7 | 20.4 | 20.6 | 20.6 |
| ガラス転移点 (T_g) [°C] | | | | | | |
| 屈伏点 (A_t) [°C] | | | | | | |
| λ_{70} [nm] | 439.5 | 442.5 | 443.5 | 439.5 | 437.5 | 439 |
| λ_5 [nm] | 402 | 404 | 405.5 | 402.5 | 401.5 | 403 |
| 液相温度 [°C] | | | 790 | | | |
| 液相温度での粘性 [Pa・s] | | | 0.87 | | | |

【表 4】

| | 実施例 | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| Bi_2O_3 | 72.101 | 71.803 | 71.507 | 67.23 | 69.51 |
| B_2O_3 | 11.905 | 11.855 | 11.806 | 14.554 | 15.048 |
| La_2O_3 | 3.053 | 3.04 | 3.028 | 3.106 | 3.211 |
| Gd_2O_3 | 3.12 | 3.107 | 3.094 | 3.174 | 3.282 |
| Y_2O_3 | | | | | |
| SiO_2 | 0.518 | 0.516 | 0.514 | | |
| TiO_2 | | | | | |
| ZrO_2 | 1.321 | 1.315 | 1.31 | 1.344 | 1.389 |
| Nb_2O_5 | 3.437 | 3.423 | 3.408 | 3.497 | 3.615 |
| Ta_2O_5 | | | | | |
| WO_3 | | | | | |
| MgO | | | | | |
| CaO | | | | | |
| SrO | | | | | |
| BaO | | | | | |
| ZnO | 3.472 | 3.458 | 3.443 | 3.532 | 3.652 |
| Li_2O | 0.386 | | | | |
| Na_2O | | 0.798 | | | |
| K_2O | | | 1.208 | | 0.226 |
| TeO_2 | 0.688 | 0.685 | 0.682 | 3.499 | |
| Al_2O_3 | | | | | |
| Sb_2O_3 | | | | 0.064 | 0.066 |
| TOTAL | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| $\text{La}+\text{Gd}+\text{Y}+\text{Yb}$ | 6.173 | 6.147 | 6.122 | 6.280 | 6.493 |
| Si/B | 0.044 | 0.044 | 0.044 | 0.000 | 0.000 |
| $\text{Ti}+\text{Zr}+\text{Nb}+\text{Ta}+\text{W}$ | 4.758 | 4.738 | 4.718 | 4.841 | 5.004 |
| $\text{La}+\text{Gd}+\text{Y}+\text{Yb}/$ $(\text{Ti}+\text{Zr}+\text{Nb}+\text{Ta}+\text{W})$ | 1.297 | 1.297 | 1.298 | 1.297 | 1.298 |
| $\text{Mg}+\text{Ca}+\text{Sr}+\text{Ba}+\text{Zn}$ | 3.472 | 3.458 | 3.443 | 3.532 | 3.652 |
| $(\text{Mg}+\text{Ca}+\text{Sr}+\text{Ba}+\text{Zn})/$ $(\text{La}+\text{Gd}+\text{Y}+\text{Yb})$ | 0.562 | 0.563 | 0.562 | 0.562 | 0.562 |
| $(\text{Mg}+\text{Ca}+\text{Sr}+\text{Ba}+\text{Zn})/$ $(\text{Ti}+\text{Zr}+\text{Nb}+\text{Ta}+\text{W})$ | 0.730 | 0.730 | 0.730 | 0.730 | 0.730 |
| $\text{Li}+\text{Na}+\text{K}$ | 0.386 | 0.798 | 1.208 | 0.000 | 0.226 |
| 屈折率 (n_d) | 2.03240 | 2.04180 | 2.01944 | 2.04250 | 2.04901 |
| アッベ数 (ν_d) | 20.5 | 19.6 | 20.5 | 20.5 | 20.3 |
| ガラス転移点 (T_g) [$^{\circ}\text{C}$] | | 442 | | 463 | |
| 屈伏点 (A_t) [$^{\circ}\text{C}$] | | 475 | | 496 | |
| $\lambda_{70}[\text{nm}]$ | 436.5 | 446.5 | 438 | 437.5 | 458 |
| $\lambda_5[\text{nm}]$ | 401.5 | 409 | 402.5 | 400 | 404.5 |
| 液相温度 [$^{\circ}\text{C}$] | | | | 790 | 780 |
| 液相温度での粘性 [Pa·s] | | | | 0.68 | 0.68 |

【表 5】

| | 実施例 | | | | | | |
|--------------------------------------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|
| | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| Bi_2O_3 | 67.230 | 67.062 | 67.224 | 67.283 | 65.700 | 63.818 | 61.703 |
| B_2O_3 | 14.554 | 13.351 | 13.358 | 13.374 | 13.294 | 13.216 | 13.129 |
| La_2O_3 | 3.106 | 3.146 | 3.130 | 3.123 | 3.285 | 3.477 | 3.692 |
| Gd_2O_3 | 3.174 | 3.215 | 3.198 | 3.191 | 3.357 | 3.553 | 3.774 |
| Y_2O_3 | | | | | | | |
| SiO_2 | 1.000 | 1.068 | 1.062 | 1.060 | 1.115 | 1.180 | 1.253 |
| TiO_2 | | | | | | | |
| ZrO_2 | 1.344 | 1.361 | 1.354 | 1.351 | 1.421 | 1.504 | 1.597 |
| Nb_2O_5 | 3.497 | 3.542 | 3.523 | 3.516 | 3.698 | 3.914 | 4.157 |
| Ta_2O_5 | | | | | | | |
| WO_3 | | | | | | | |
| MgO | | | | | | | |
| CaO | | | | | | | |
| SrO | | | | | | | |
| BaO | | | | | | | |
| ZnO | 3.532 | 3.578 | 3.559 | 3.551 | 3.736 | 3.954 | 4.199 |
| Li_2O | | 0.133 | 0.066 | 0.033 | 0.693 | 1.467 | 2.336 |
| Na_2O | | | | | | | |
| K_2O | | | | | | | |
| TeO_2 | 3.499 | 3.544 | 3.526 | 3.518 | 3.701 | 3.917 | 4.160 |
| Al_2O_3 | | | | | | | |
| Sb_2O_3 | 0.064 | | | | | | |
| TOTAL | 101.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| La+Gd+Y+Yb | 6.280 | 6.361 | 6.328 | 6.314 | 6.642 | 7.030 | 7.466 |
| Si/B | 0.069 | 0.080 | 0.080 | 0.079 | 0.084 | 0.089 | 0.095 |
| Ti+Zr+Nb+Ta+W | 4.841 | 4.903 | 4.877 | 4.867 | 5.119 | 5.418 | 5.754 |
| La+Gd+Y+Yb/ (Ti+Zr+Nb+Ta+W) | 1.297 | 1.297 | 1.298 | 1.297 | 1.298 | 1.298 | 1.298 |
| Mg+Ca+Sr+Ba+Zn | 3.532 | 3.578 | 3.559 | 3.551 | 3.736 | 3.954 | 4.199 |
| (Mg+Ca+Sr+Ba+Zn)/ (La+Gd+Y+Yb) | 0.562 | 0.562 | 0.562 | 0.562 | 0.562 | 0.562 | 0.562 |
| (Mg+Ca+Sr+Ba+Zn)/ (Ti+Zr+Nb+Ta+W) | 0.730 | 0.730 | 0.730 | 0.730 | 0.730 | 0.730 | 0.730 |
| Li+Na+K | 0.000 | 0.133 | 0.066 | 0.033 | 0.693 | 1.467 | 2.336 |
| 屈折率 (n_d) | 2.05379 | 2.05299 | 2.05516 | 2.0486 | 2.02736 | 2.00085 | 1.99547 |
| アッペ数 (ν_d) | 20.2 | 20.1 | 20.1 | 20.2 | 20.6 | 21.2 | 21.1 |
| ガラス転移点 (T_g)[°C] | | | | | | | |
| 屈伏点 (A_t)[°C] | | | | | | | |
| λ_{70} [nm] | 442.5 | 441.5 | 441.5 | 440.5 | 439 | 437 | 441 |
| λ_5 [nm] | 403 | 403.5 | 403.5 | 402.5 | 402.5 | 401.5 | 404.5 |
| 液相温度 [°C] | | | | | 800 | | |
| 液相温度での粘性 [Pa·s] | | | | | 0.74 | | |

【 0 0 9 5 】

【表 6】

| | 実施例 | | | | | | |
|--------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
| Bi ₂ O ₃ | 67.341 | 67.230 | 67.230 | 69.166 | 69.211 | 67.230 | 67.257 |
| B ₂ O ₃ | 13.356 | 14.554 | 14.554 | 14.974 | 14.983 | 14.554 | 14.255 |
| La ₂ O ₃ | 3.111 | 3.106 | 3.106 | 3.195 | 3.198 | 3.106 | 3.107 |
| Gd ₂ O ₃ | 3.180 | 3.174 | 3.174 | 3.266 | 3.268 | 3.174 | 3.176 |
| Y ₂ O ₃ | | | | | | | |
| SiO ₂ | 1.056 | | 1.000 | | | | 0.264 |
| TiO ₂ | | | | | | | |
| ZrO ₂ | 1.346 | 1.344 | 1.344 | 1.382 | 1.383 | 1.344 | 1.344 |
| Nb ₂ O ₅ | 3.503 | 3.497 | 3.497 | 3.597 | 3.600 | 3.497 | 3.498 |
| Ta ₂ O ₅ | | | | | | | |
| WO ₃ | | | | | | | |
| MgO | | | | | | | |
| CaO | | | | | | | |
| SrO | | | | | | | |
| BaO | | | | | | | |
| ZnO | 3.538 | 3.532 | 3.532 | 3.634 | 3.637 | 3.532 | 3.534 |
| Li ₂ O | | | | | | | |
| Na ₂ O | | | | | | | |
| K ₂ O | | | | | | | |
| TeO ₂ | 3.505 | 3.499 | 3.499 | 0.720 | 0.720 | 3.499 | 3.501 |
| Al ₂ O ₃ | | | | | | | |
| Sb ₂ O ₃ | 0.064 | 0.064 | 0.064 | 0.066 | | | 0.064 |
| TOTAL | 100.00 | 100.00 | 101.00 | 100.00 | 100.00 | 99.94 | 100.00 |
| La+Gd+Y+Yb | 6.291 | 6.280 | 6.280 | 6.461 | 6.466 | 6.280 | 6.283 |
| Si/B | 0.079 | 0.000 | 0.069 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.019 |
| Ti+Zr+Nb+Ta+W | 4.849 | 4.841 | 4.841 | 4.979 | 4.983 | 4.841 | 4.842 |
| La+Gd+Y+Yb/ (Ti+Zr+Nb+Ta+W) | 1.297 | 1.297 | 1.297 | 1.298 | 1.298 | 1.297 | 1.298 |
| Mg+Ca+Sr+Ba+Zn | 3.538 | 3.532 | 3.532 | 3.634 | 3.637 | 3.532 | 3.534 |
| (Mg+Ca+Sr+Ba+Zn)/ (La+Gd+Y+Yb) | 0.562 | 0.562 | 0.562 | 0.562 | 0.562 | 0.562 | 0.562 |
| (Mg+Ca+Sr+Ba+Zn)/ (Ti+Zr+Nb+Ta+W) | 0.730 | 0.730 | 0.730 | 0.730 | 0.730 | 0.730 | 0.730 |
| Li+Na+K | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 屈折率 (n _d) | 2.04137 | 2.03436 | 2.02812 | 2.05215 | 2.04664 | 2.04653 | 2.03420 |
| アッペ数 (ν _d) | 20.4 | 20.7 | 20.9 | 20.3 | 20.4 | 20.5 | 20.7 |
| ガラス転移点 (T _g)[°C] | | | | | | | |
| 屈伏点 (A _t)[°C] | | | | | | | |
| λ ₇₀ [nm] | 440 | 443.5 | 435 | 445.5 | 441 | 442 | 442 |
| λ ₅ [nm] | 400.5 | 399.5 | 398.5 | 404 | 403 | 402.5 | 401 |
| 液相温度[°C] | | | | | 800 | | |
| 液相温度での粘性 [Pa・s] | | | | | 0.66 | | |

【表 7】

| | 実施例 | | | | 比較例 | | |
|--------------------------------------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|---------|
| | 37 | 38 | 39 | 40 | A | B | C |
| Bi_2O_3 | 67.774 | 69.107 | 65.593 | 61.765 | 74.871 | 72.529 | 59.976 |
| B_2O_3 | 14.498 | 12.631 | 13.166 | 13.749 | 12.561 | 15.702 | 13.642 |
| La_2O_3 | 3.229 | 3.132 | 3.264 | 3.409 | | | |
| Gd_2O_3 | 3.301 | 3.201 | 3.336 | 3.484 | | | |
| Y_2O_3 | | | | | | | |
| SiO_2 | 0.548 | 0.531 | 0.554 | 0.578 | 0.528 | | 5.141 |
| TiO_2 | | | | | | | 4.067 |
| ZrO_2 | 1.397 | 1.355 | 1.412 | 1.475 | 1.347 | 3.881 | |
| Nb_2O_5 | 4.848 | 3.526 | 3.675 | 3.838 | 3.506 | 3.772 | |
| Ta_2O_5 | | | | | | | |
| WO_3 | | | | | | | 1.686 |
| MgO | | | | | | | 4.69 |
| CaO | | | | | | | |
| SrO | | | | | | | |
| BaO | | | | | 2.812 | | 3.944 |
| ZnO | 3.673 | 3.562 | 3.713 | 3.877 | 3.542 | 3.811 | |
| Li_2O | | 0.132 | 0.138 | 0.144 | 0.131 | | 1.087 |
| Na_2O | | | | | | | 3.606 |
| K_2O | | | | | | 0.236 | 2.055 |
| TeO_2 | 0.728 | 2.823 | 5.149 | 7.681 | 0.702 | | |
| Al_2O_3 | | | | | | | |
| Sb_2O_3 | | | | | | 0.069 | 0.106 |
| TOTAL | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| La+Gd+Y+Yb | 6.530 | 6.333 | 6.600 | 6.893 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Si/B | 0.038 | 0.042 | 0.042 | 0.042 | 0.042 | 0.000 | 0.377 |
| Ti+Zr+Nb+Ta+W | 6.245 | 4.881 | 5.087 | 5.313 | 4.853 | 7.653 | 5.753 |
| La+Gd+Y+Yb/ (Ti+Zr+Nb+Ta+W) | 1.046 | 1.297 | 1.297 | 1.297 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Mg+Ca+Sr+Ba+Zn | 3.673 | 3.562 | 3.713 | 3.877 | 6.354 | 3.811 | 8.634 |
| (Mg+Ca+Sr+Ba+Zn)/ (La+Gd+Y+Yb) | 0.562 | 0.562 | 0.563 | 0.562 | — | — | — |
| (Mg+Ca+Sr+Ba+Zn)/ (Ti+Zr+Nb+Ta+W) | 0.588 | 0.730 | 0.730 | 0.730 | 1.309 | 0.498 | 1.501 |
| Li+Na+K | 0.000 | 0.132 | 0.138 | 0.144 | 0.131 | 0.236 | 6.748 |
| 屈折率 (n_d) | 2.05125 | 2.06425 | 2.05769 | 2.0445 | — | — | 1.86525 |
| アッベ数 (ν_d) | 20.3 | 19.8 | 20 | 20.4 | — | — | 21.9 |
| ガラス転移点 (T_g) [°C] | | | | | | | |
| 屈伏点 (A_t) [°C] | | | | | | | 452 |
| λ_{70} [nm] | 440 | 442.5 | 442 | 440 | — | — | 573 |
| λ_5 [nm] | 402.5 | 405 | 404 | 402 | — | — | 558 |
| 液相温度 [°C] | | 810 | | | 失透 | 失透 | 920 |
| 液相温度での粘性 [Pa・s] | | 0.65 | | | — | — | 0.23 |

【0097】

表 1 ~ 表 7 に表されるように、本発明の実施例 (No. 1 ~ No. 40) の光学ガラス

10

20

30

40

50

は、いずれも液相温度における粘性が $0.25 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以上、より詳細には $0.6 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 以上であり、所望の範囲内であった。一方の比較例 (No. C) は、液相温度が $0.25 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ を下回っていた。このため、本発明の実施例の光学ガラスは、液相温度における粘性が高いことが明らかになった。

【0098】

また、本発明の実施例の光学ガラスは、いずれも液相温度が 900 以下、より詳細には 840 以下であり、所望の範囲内であった。一方の比較例 (No. C) は、液相温度が 900 を上回っており、比較例 (No. A、No. B) は、失透したため液相温度は 900 より高いものと推察される。このため、本発明の実施例の光学ガラスは、比較例 (No. A ~ No. C) のガラスに比べて低い液相温度を有することが明らかになった。

10

【0099】

また、本発明の実施例の光学ガラスは、 τ_{70} (透過率 70% 時の波長) がいずれも 490 nm 以下、より詳細には 470 nm 以下であった。また、本発明の実施例の光学ガラスは、 τ_5 (透過率 5% 時の波長) がいずれも 460 nm 以下、より詳細には 410 nm 以下であった。このため、本発明の実施例の光学ガラスは、着色し難いことが明らかになった。

【0100】

また、本発明の実施例の光学ガラスは、いずれもガラス転移点 (T_g) が 560 以下、より詳細には 480 以下であり、所望の範囲内であった。このため、本発明の実施例の光学ガラスは、ガラス転移点 (T_g) が低いことが明らかになった。また、本発明の実施例の光学ガラスは、いずれも屈伏点 (A_t) が 600 以下、より詳細には 510 以下であり、所望の範囲内であった。

20

【0101】

また、本発明の実施例の光学ガラスは、いずれも屈折率 (n_d) が 1.90 以上、より詳細には 1.99 以上であり、所望の範囲内であった。また、本発明の実施例の光学ガラスは、いずれもアッペ数 (A_d) が 30 以下、より詳細には 22 以下であり、所望の範囲内であった。

【0102】

従って、本発明の実施例の光学ガラスは、屈折率 (n_d) 及びアッペ数 (A_d) が所望の範囲内にあり、且つ低いガラス転移点及び屈伏点を有しながらも、液相温度が低く、液相温度における粘性が高く、且つ、着色が少ないことが明らかになった。このことから、本発明の実施例の光学ガラスは、高屈折率及び高分散の特性を有しながらも、モールドプレス成形時における金型の消耗を低減でき、且つ表面の曲面が滑らかで均一な光学素子を得られることが推察される。

30

【0103】

さらに、本発明の実施例の光学ガラスを用いて、研磨加工用プリフォームを形成した後で研削及び研磨を行い、レンズ及びプリズムの形状に加工した。また、本発明の実施例の光学ガラスを用いて、精密プレス成形用プリフォームを形成し、精密プレス成形用プリフォームを精密プレス成形加工してレンズ及びプリズムの形状に加工した。いずれの場合も、所望のレンズ及びプリズムの形状に加工することができた。

40

【0104】

以上、本発明を例示の目的で詳細に説明したが、本実施例はあくまで例示の目的のみであって、本発明の思想及び範囲を逸脱することなく多くの改変を当業者により成し得ることが理解されよう。

フロントページの続き

F ターム(参考) 4G062 AA04 BB08 CC04 DA01 DA02 DA03 DA04 DB01 DB02 DB03
DC03 DC04 DD01 DD02 DD03 DD04 DE01 DE02 DE03 DE04
EA01 EA02 EA03 EA04 EB01 EB02 EB03 EB04 EC01 EC02
EC03 EC04 ED01 ED02 ED03 EE01 EE02 EE03 EE04 EF01
EF02 EF03 EF04 EG01 EG02 EG03 EG04 FA01 FB01 FB02
FB03 FB04 FC01 FC02 FC03 FC04 FD01 FD02 FD03 FD04
FE01 FE02 FE03 FF01 FG01 FG02 FG03 FG04 FH01 FH02
FH03 FH04 FJ01 FJ02 FJ03 FJ04 FK01 FK02 FK03 FK04
FL01 FL02 FL03 GA06 GA07 GB01 GC01 GD01 GD02 GD03
GD04 GE01 HH01 HH03 HH05 HH06 HH07 HH08 HH09 HH11
HH13 HH15 HH17 HH20 JJ01 JJ03 JJ05 JJ10 KK01 KK03
KK04 KK05 KK07 KK08 KK10 MM02 NN01 NN02 NN29