

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6096409号
(P6096409)

(45) 発行日 平成29年3月15日(2017.3.15)

(24) 登録日 平成29年2月24日(2017.2.24)

(51) Int.Cl. F I
C O 3 C 3/068 (2006.01) C O 3 C 3/068
G O 2 B 1/00 (2006.01) G O 2 B 1/00

請求項の数 10 (全 35 頁)

(21) 出願番号	特願2011-237160 (P2011-237160)	(73) 特許権者	000128784
(22) 出願日	平成23年10月28日(2011.10.28)		株式会社オハラ
(65) 公開番号	特開2013-47168 (P2013-47168A)		神奈川県相模原市中央区小山1丁目15番
(43) 公開日	平成25年3月7日(2013.3.7)		30号
審査請求日	平成26年8月6日(2014.8.6)	(74) 代理人	100106002
(31) 優先権主張番号	特願2010-244740 (P2010-244740)		弁理士 正林 真之
(32) 優先日	平成22年10月29日(2010.10.29)	(74) 代理人	100120891
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 林 一好
(31) 優先権主張番号	特願2011-163718 (P2011-163718)	(74) 代理人	100131705
(32) 優先日	平成23年7月26日(2011.7.26)		弁理士 新山 雄一
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	230113055
前置審査			弁理士 古城 春実
		(72) 発明者	荻野 道子
			神奈川県相模原市中央区小山1-15-3
			○ 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) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

1. 75以上の屈折率(n_d)と、39以上50以下のアッペ数(ν_d)とを有し、
 酸化物換算組成のガラス全質量に対して、質量%で、

B₂O₃成分 10.0～30.0%、La₂O₃成分 32.810～55.0%SiO₂成分 0%超且つ10.0%以下

含有し、且つ

Bi₂O₃成分 0～10.0%Nb₂O₅成分 0～15.0%TiO₂成分 0～15.0%WO₃成分 0～10.0%ZrO₂成分 0～15.0%Li₂O成分 0～10.0%K₂O成分 0～10.0%

MgO成分 0～10.0%、

CaO成分 0～15.0%、

SrO成分 0～15.0%、

BaO成分 0～15.0%及び

Ta₂O₅ 0～10.0%

Gd ₂ O ₃ 成分	0 ~ 30.0 %
Y ₂ O ₃ 成分	0 ~ 30.0 %
Yb ₂ O ₃ 成分	0 ~ 10.0 %
Lu ₂ O ₃ 成分	0 ~ 10.0 %

であり、

質量和 (Bi₂O₃ + TiO₂ + WO₃ + Nb₂O₅ + Ta₂O₅) が 1.0 % より多く

、
質量比 (F + Bi₂O₃ + TiO₂ + WO₃ + Nb₂O₅ + K₂O) / (Ta₂O₅ + ZrO₂ + Li₂O) が 1.70 以上であり、

酸化物換算組成のガラスの全質量に対する外割りの質量%で、F成分を 0.1 % 以上 20.0 % 以下含有し、

ヒ素、トリウム、鉛成分並びに GeO₂ 成分を含有せず、部分分散比 (g, F) がアッペ数 (d) との間で (g, F) (- 2.0 × 10⁻³ × d + 0.6518) の関係を満たす光学ガラス。

【請求項 2】

酸化物換算組成のガラス全質量に対する質量和 (F + Bi₂O₃ + TiO₂ + WO₃ + Nb₂O₅ + K₂O) が 1.0 % 以上である請求項 1 記載の光学ガラス。

【請求項 3】

酸化物換算組成のガラス全質量に対する Ln₂O₃ 成分 (式中、Ln は La、Gd、Y、Yb、Lu からなる群より選択される 1 種以上) の質量和が 40.0 % 以上 80.0 % 以下である請求項 1 又は 2 記載の光学ガラス。

【請求項 4】

酸化物換算組成における質量比 Ln₂O₃ / (Bi₂O₃ + TiO₂ + WO₃ + Nb₂O₅ + Ta₂O₅) が 1.7 以上 25.0 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 (式中、Ln は La、Gd、Y、Yb、Lu からなる群より選択される 1 種以上)。

【請求項 5】

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 からなる群より選択される 1 種以上) の質量和が 25.0 % 以下である請求項 1 から 4 のいずれか記載の光学ガラス。

【請求項 6】

酸化物換算組成のガラス全質量に対して、質量%で

GeO ₂ 成分	含有せず、
P ₂ O ₅ 成分	0 ~ 10.0 %、
Al ₂ O ₃ 成分	0 ~ 10.0 %、
Ga ₂ O ₃ 成分	0 ~ 10.0 %、
ZnO成分	0 ~ 30.0 %、
Na ₂ O成分	0 ~ 10.0 %、
TeO ₂ 成分	0 ~ 10.0 %、
SnO ₂ 成分	0 ~ 5.0 % 及び
Sb ₂ O ₃ 成分	0 ~ 1.0 %

である請求項 1 から 5 のいずれか記載の光学ガラス。

【請求項 7】

アッペ数 (d) が屈折率 (n_d) との間で (d) (- 125 × n_d + 265) の関係を満たす請求項 1 から 6 のいずれか記載の光学ガラス。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれか記載の光学ガラスからなるプリフォーム材。

【請求項 9】

請求項 1 から 7 のいずれか記載の光学ガラスを母材とする光学素子。

【請求項 10】

10

20

30

40

50

請求項 9 の光学素子を備える光学機器。

【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】

デジタルカメラやビデオカメラ等の光学系は、その大小はあるが、収差と呼ばれるにじみを含んでいる。この収差は単色収差と色収差に分類されるが、特に色収差は、光学系に使用されるレンズの材料特性に強く依存している。

10

【0003】

一般に色収差は、低分散の凸レンズと高分散の凹レンズとを組み合わせで補正されるが、この組み合わせでは赤色領域と緑色領域の収差の補正しかできず、青色領域の収差が残る。この除去しきれない青色領域の収差を二次スペクトルと呼ぶ。二次スペクトルを補正するには、青色領域の g 線 (435.835 nm) の動向を加味した光学設計を行う必要がある。このとき、光学設計で着目される光学特性の指標として、部分分散比 (g, F) が用いられている。上述の低分散のレンズと高分散のレンズとを組み合わせた光学系では、低分散側のレンズに部分分散比 (g, F) の大きい光学材料を用い、高分散側のレンズに部分分散比 (g, F) の小さい光学材料を用いることで、二次スペクトルが良好に補正される。

20

【0004】

部分分散比 (g, F) は、下式 (1) により示される。

$$g, F = (n_g - n_F) / (n_F - n_C) \cdots \cdots (1)$$

(n_g は、光源が水銀で波長が 435.835 nm のスペクトル線に対するガラスの屈折率を意味し、 n_F は、光源が水素で波長が 486.13 nm のスペクトル線に対するガラスの屈折率を意味し、 n_C は、光源が水素で波長が 656.27 nm のスペクトル線に対するガラスの屈折率を意味する。)

【0005】

光学ガラスには、短波長域の部分分散性を表す部分分散比 (g, F) とアッペ数 (ν_d) との間に、およそ直線的な関係がある。この関係を表す直線は、部分分散比 (g, F) を縦軸に、アッペ数 (ν_d) を横軸に採用した直交座標上で、NSL7 と PBM2 の部分分散比及びアッペ数をプロットした 2 点を結ぶ直線で表され、ノーマルラインと呼ばれている (図 1 参照)。ノーマルラインの基準となるノーマルガラスは光学ガラスメーカー毎によっても異なるが、各社ともほぼ同等の傾きと切片で定義している。(NSL7 と PBM2 は株式会社オハラ社製の光学ガラスであり、PBM2 のアッペ数 (ν_d) は 36.3、部分分散比 (g, F) は 0.5828、NSL7 のアッペ数 (ν_d) は 60.5、部分分散比 (g, F) は 0.5436 である。)

30

【0006】

ここで、1.70 以上の高い屈折率 (n_d) と、39 以上 52 未満の高いアッペ数 (低い分散) とを有するガラスとしては、例えば特許文献 1 ~ 3 に示されるような、 La_2O_3 成分等の希土類元素成分を多く含有する光学ガラスが知られている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献 1】特開 2005 - 170782 号公報

【特許文献 2】特開 2006 - 016295 号公報

【特許文献 3】国際公開第 2004 / 054937 号パンフレット

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

50

しかし、特許文献 1 ~ 3 の光学ガラスは、部分分散比が大きくなり、前記二次スペクトルを補正するレンズとして使用するには十分でなかった。すなわち、高い屈折率 (n_d) 及び高いアッペ数 (ν_d) を有しながらも、低分散で且つ部分分散比 (g, F) の大きい光学ガラスが求められている。

【0009】

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、屈折率 (n_d) 及びアッペ数 (ν_d) が所望の範囲内にありながら、色収差の補正に好ましく用いられる光学ガラスと、これを用いたレンズプリフォームを得ることにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

10

本発明者は、上記課題を解決するために、鋭意試験研究を重ねた結果、 B_2O_3 成分及び La_2O_3 成分を併用することによって、ガラスの高屈折率及び低分散化が図られながらも、F 成分を含有することによって、部分分散比を下げる作用の強い La_2O_3 成分等の希土類元素成分を含有していても、ガラスの部分分散比 (g, F) がアッペ数 (ν_d) との間で所望の関係がもたらされることを見出し、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。

【0011】

(1) B_2O_3 成分、 La_2O_3 成分及び F 成分を含有し、1.70 以上の屈折率 (n_d) と、39 以上 52 未満のアッペ数 (ν_d) とを有し、部分分散比 (g, F) がアッペ数 (ν_d) との間で (g, F) ($-2.0 \times 10^{-3} \times \nu_d + 0.6498$) の

20

関係を満たす光学ガラス。

【0012】

(2) 酸化物換算組成のガラス全質量に対して、質量%で B_2O_3 成分を 5.0 ~ 50.0%、 La_2O_3 成分の含有量が 5.0 ~ 55.0% 含有する (1) 記載の光学ガラス。

【0013】

(3) 酸化物基準の質量に対する外割りの質量%で、F 成分を 30.0% 以下含有する (1) 又は (2) 記載の光学ガラス。

【0014】

(4) 酸化物換算組成のガラス全質量に対して、質量%で
 Bi_2O_3 成分 0 ~ 10.0% 及び / 又は
 Nb_2O_5 成分 0 ~ 20.0% 及び / 又は
 TiO_2 成分 0 ~ 15.0% 及び / 又は
 WO_3 成分 0 ~ 15.0% 及び / 又は
 K_2O 成分 0 ~ 10.0%
 をさらに含有する (1) から (3) のいずれか記載の光学ガラス。

30

【0015】

(5) 酸化物換算組成のガラス全質量に対する質量和 ($F + Bi_2O_3 + TiO_2 + WO_3 + Nb_2O_5 + K_2O$) が 1.0% 以上である (4) 記載の光学ガラス。

【0016】

40

(6) 酸化物換算組成のガラス全質量に対して、質量%で Ta_2O_5 成分の含有量が 25.0% 以下である (1) から (5) のいずれか記載の光学ガラス。

【0017】

(7) 酸化物換算組成のガラス全質量に対する質量和 ($Bi_2O_3 + TiO_2 + WO_3 + Nb_2O_5 + Ta_2O_5$) が 0% より多い (3) から (6) のいずれか記載の光学ガラス。

【0018】

(8) 酸化物換算組成のガラス全質量に対して、質量%で
 Gd_2O_3 成分 0 ~ 40.0% 及び / 又は
 Y_2O_3 成分 0 ~ 30.0% 及び / 又は

50

Yb_2O_3 成分 0 ~ 20.0 % 及び / 又は

Lu_2O_3 成分 0 ~ 10.0 %

の各成分をさらに含有する (1) から (7) のいずれか記載の光学ガラス。

【0019】

(9) 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、Lu からなる群より選択される 1 種以上) の質量和が 20.0 % 以上 80.0 % 以下である (1) から (8) のいずれか記載の光学ガラス。

【0020】

(10) 酸化物換算組成における質量比 $\text{Ln}_2\text{O}_3 / (\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 + \text{WO}_3 + \text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{Ta}_2\text{O}_5)$ が 1.7 以上 25.0 以下である (3) から (9) のいずれか記載の光学ガラス。

10

【0021】

(11) 酸化物換算組成のガラス全質量に対して、質量 % で

ZrO_2 成分 0 ~ 15.0 % 及び / 又は

Li_2O 成分 0 ~ 10.0 %

である (1) から (10) のいずれか記載の光学ガラス。

【0022】

(12) 酸化物換算組成の質量比 $(\text{F} + \text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 + \text{WO}_3 + \text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{K}_2\text{O}) / (\text{Ta}_2\text{O}_5 + \text{ZrO}_2 + \text{Li}_2\text{O})$ が 0.50 以上である (11) 記載の光学ガラス。

20

【0023】

(13) 酸化物換算組成のガラス全質量に対して、質量 % で SiO_2 成分をさらに含有し、その含有量が 25.0 % 以下である (1) から (12) のいずれか記載の光学ガラス。

【0024】

(14) 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 ~ 10.0 % 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 ~ 25.0 %

30

の各成分をさらに含有する (1) から (13) のいずれか記載の光学ガラス。

【0025】

(15) 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 からなる群より選択される 1 種以上) の質量和が 25.0 % 以下である (14) 記載の光学ガラス。

【0026】

(16) 酸化物換算組成のガラス全質量に対して、質量 % で

GeO_2 成分 0 ~ 10.0 % 及び / 又は

P_2O_5 成分 0 ~ 10.0 % 及び / 又は

Al_2O_3 成分 0 ~ 10.0 % 及び / 又は

40

Ga_2O_3 成分 0 ~ 10.0 % 及び / 又は

ZnO 成分 0 ~ 30.0 % 及び / 又は

Na_2O 成分 0 ~ 10.0 % 及び / 又は

TeO_2 成分 0 ~ 10.0 % 及び / 又は

SnO_2 成分 0 ~ 5.0 % 及び / 又は

Sb_2O_3 成分 0 ~ 1.0 %

の各成分をさらに含有する (1) から (15) のいずれか記載の光学ガラス。

【0027】

(17) アッペ数 (n_d) が屈折率 (n_d) との間で (n_d) ($-125 \times n_d + 265$) の関係を満たす (1) から (16) のいずれか記載の光学ガラス。

50

【 0 0 2 8 】

(1 8) (1) から (1 7) のいずれか記載の光学ガラスからなるプリフォーム材。

【 0 0 2 9 】

(1 9) (1 8) 記載のプリフォーム材をプレス成形して作製する光学素子。

【 0 0 3 0 】

(2 0) (1) から (1 7) のいずれか記載の光学ガラスを母材とする光学素子。

【 0 0 3 1 】

(2 1) (1 9) 又は (2 0) のいずれか記載の光学素子を備える光学機器。

【 発明の効果 】

【 0 0 3 2 】

本発明によれば、屈折率 (n_d) 及びアッペ数 (ν_d) が所望の範囲内にありながら、色収差の補正に好ましく用いることができる光学ガラスと、これを用いたプリフォーム及び光学素子を得ることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 3 】

【 図 1 】 部分分散比 (g, F) が縦軸でアッペ数 (ν_d) が横軸の直交座標に表されるノーマルラインを示す図である。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 3 4 】

本発明の光学ガラスは、 B_2O_3 成分、 La_2O_3 成分及び F 成分を含有し、1.70 以上の屈折率 (n_d) と、3.9 以上 5.2 未満のアッペ数 (ν_d) とを有し、部分分散比 (g, F) がアッペ数 (ν_d) との間で (g, F) ($-2.0 \times 10^{-3} \times \nu_d + 0.6498$) の関係を満たす。 B_2O_3 成分及び La_2O_3 成分を含有することによって、ガラスの屈折率が高められて分散が小さくなり、且つ可視光に対する透明性が高められる。また、F 成分を含有することによって、部分分散比を下げる作用の強い La_2O_3 成分等の希土類元素成分を含有していても、部分分散比 (g, F) が高められることで、光学ガラスから形成される光学素子の色収差が低減される。このため、屈折率 (n_d) 及びアッペ数 (ν_d) が所望の範囲内にありながら、着色が少なく、色収差の補正に好ましく用いることができる光学ガラスと、これを用いたプリフォーム及び光学素子を得ることができる。

【 0 0 3 5 】

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 3 6 】

[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、各成分の含有量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」とは、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、金属弗化物等が熔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 100 質量%として、ガラス中に含有される各成分を表記した組成である。

【 0 0 3 7 】

< 必須成分、任意成分について >

B_2O_3 成分は、ガラス内部で網目構造を形成し、安定なガラス形成を促す成分である。特に、 B_2O_3 成分の含有量を 5.0 % 以上にするすることで、ガラスを失透し難くし、安定なガラスを得易くすることができる。一方、 B_2O_3 成分の含有量を 50.0 % 以下にするすることで、所望の屈折率及び分散性を得易くすることができる。従って、酸化物換算組成のガラス全質量に対する B_2O_3 成分の含有量は、好ましくは 5.0 %、より好ましく

10

20

30

40

50

は10.0%、最も好ましくは15.0%を下限とし、好ましくは50.0%、より好ましくは40.0%、最も好ましくは30.0%を上限とする。 B_2O_3 成分は、原料として例えば H_3BO_3 、 $Na_2B_4O_7$ 、 $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ 、 BPO_4 等を用いてガラス内に含有することができる。

【0038】

La_2O_3 成分は、ガラスの屈折率を高めて分散を小さくする成分である。特に、 La_2O_3 成分の含有量を5.0%以上にすることで、所望の高い屈折率及び高いアッペ数を有し、且つ、可視光に対する透過率の高いガラスを得易くすることができる。一方、 La_2O_3 成分の含有量を55.0%以下にすることで、ガラスの分相を抑制し、ガラスを製作する際にガラスを失透し難くすることができる。従って、酸化物換算組成のガラス全質量に対する La_2O_3 成分の含有量は、好ましくは5.0%、より好ましくは15.0%、最も好ましくは25.0%を下限とし、好ましくは55.0%、より好ましくは54.0%、最も好ましくは53.0%を上限とする。 La_2O_3 成分は、原料として例えば La_2O_3 、 $La(NO_3)_3 \cdot xH_2O$ (x は任意の整数)等を用いてガラス内に含有することができる。

10

【0039】

F成分は、ガラスの部分分散比を高める成分であり、且つガラスの転移点(T_g)を下げる成分である。特に、酸化物基準の質量に対する外割りの質量%で、F成分の含有量を30.0%以下にすることで、ガラスを失透し難くすることができる。従って、酸化物基準の質量に対する外割りでのF成分の含有量は、好ましくは30.0%、より好ましくは20.0%、最も好ましくは15.0%を上限とする。なお、本発明の光学ガラスは、F成分を含有しなくとも所望の高い部分分散比を有する光学ガラスを得ることが可能であるが、F成分を0.1%以上含有することで、高い部分分散比を有しながらも、着色の少ない光学ガラスを得ることができる。従って、酸化物基準の質量に対する外割りでのF成分の含有量は、好ましくは0.1%、より好ましくは1.0%、さらに好ましくは3.0%、さらに好ましくは6.8%を下限とする。F成分は、原料として例えば ZrF_4 、 AlF_3 、 NaF 、 CaF_2 、 LaF_3 等を用いてガラス内に含有することができる。

20

【0040】

なお、本明細書におけるF成分の含有量は、ガラスを構成するカチオン成分全てが電荷の釣り合うだけの酸素と結合した酸化物でできていると仮定し、それら酸化物でできたガラス全体の質量を100%として、F成分の質量を質量%で表したもの(酸化物基準の質量に対する外割り質量%)である。

30

【0041】

Bi_2O_3 成分は、ガラスの部分分散比を高める成分であるとともに、ガラスの屈折率を高め、且つガラス転移点を低くする成分であり、本発明の光学ガラス中の任意成分である。特に、 Bi_2O_3 成分の含有量を10.0%以下にすることで、可視短波長(500nm以下)の光線透過率を悪化し難くすることができる。従って、酸化物換算組成のガラス全質量に対する Bi_2O_3 成分の含有量は、好ましくは10.0%、より好ましくは8.0%、最も好ましくは5.0%を上限とする。 Bi_2O_3 成分は、原料として例えば Bi_2O_3 等を用いてガラス内に含有することができる。

40

【0042】

Nb_2O_5 成分は、ガラスの部分分散比を高める成分であるとともに、ガラスの屈折率及び分散を高め、且つガラスの化学的耐久性を向上する成分であり、本発明の光学ガラス中の任意成分である。特に、 Nb_2O_5 成分の含有量を20.0%以下にすることで、所望の高いアッペ数を得易くすることができる。従って、酸化物換算組成のガラス全質量に対する Nb_2O_5 成分の含有量は、好ましくは20.0%、より好ましくは15.0%、最も好ましくは10.0%を上限とする。 Nb_2O_5 成分は、原料として例えば Nb_2O_5 等を用いてガラス内に含有することができる。

【0043】

TiO_2 成分は、ガラスの部分分散比を高める成分であるとともに、ガラスの屈折率及

50

び分散を高め、且つガラスの化学的耐久性を向上する成分であり、本発明の光学ガラス中の任意成分である。特に、 TiO_2 成分の含有量を15.0%以下にすることで、所望の高いアッペ数を得易くし、且つ、可視短波長(500nm以下)の光線透過率を悪化し難くすることができる。従って、酸化物換算組成のガラス全質量に対する TiO_2 成分の含有量は、好ましくは15.0%、より好ましくは10.0%、最も好ましくは8.0%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。

【0044】

WO_3 成分は、ガラスの部分分散比を高める成分であるとともに、ガラスの屈折率及び分散を高め、且つガラスの化学的耐久性を向上する成分であり、本発明の光学ガラス中の任意成分である。特に、 WO_3 成分の含有量を15.0%以下にすることで、所望の高いアッペ数を得易くし、且つ、可視短波長(500nm以下)の光線透過率を悪化し難くすることができる。従って、酸化物換算組成のガラス全質量に対する WO_3 成分の含有量は、好ましくは15.0%、より好ましくは10.0%、最も好ましくは8.0%を上限とする。 WO_3 成分は、原料として例えば WO_3 等を用いてガラス内に含有することができる。

【0045】

K_2O 成分は、ガラスの部分分散比を高める成分であるとともに、ガラスの熔融性を改善する成分であり、本発明の光学ガラス中の任意成分である。特に、 K_2O 成分の含有量を10.0%以下にすることで、ガラスの屈折率を低下し難くして、ガラスの安定性を高めて失透等を生じ難くすることができる。従って、酸化物換算組成のガラス全質量に対する K_2O 成分の含有量は、好ましくは10.0%、より好ましくは8.0%、最も好ましくは5.0%を上限とする。 K_2O 成分は、原料として例えば K_2CO_3 、 KNO_3 、 KF 、 KHF_2 、 K_2SiF_6 等を用いてガラス内に含有することができる。

【0046】

本発明の光学ガラスでは、F成分、 Bi_2O_3 成分、 TiO_2 成分、 WO_3 成分、 Nb_2O_5 成分及び K_2O 成分からなる群から選択される1種以上の含有量の和が、1.0%以上であることが好ましい。この和を1.0%以上にすることで、ガラスの部分分散比が高められるため、部分分散比がアッペ数との間で所望の関係を有することができる。従って、酸化物換算組成の質量に対する、これら成分の含有量の和は、好ましくは1.0%、より好ましくは5.0%、最も好ましくは8.0%を下限とする。一方で、これら成分の含有量の和の上限は、安定なガラスを得られる限り特に限定されないが、例えば30.0%を超えたときに失透が起こり易くなる可能性が推察される。従って、酸化物換算組成の質量に対する、これら成分の含有量の和は、好ましくは30.0%、より好ましくは20.0%、最も好ましくは15.0%を上限とする。なお、この含有量の和において、F成分の含有量は酸化物基準の質量に対する外割りでの含有量を指し、 Bi_2O_3 成分、 TiO_2 成分、 WO_3 成分、 Nb_2O_5 成分及び K_2O 成分の含有量は酸化物換算組成のガラス全質量に対する含有量を指す。

【0047】

これら成分のうち、 K_2O 成分は屈折率を下げる作用を有するため、特に屈折率の高いガラスを得られる観点では、F成分、 Bi_2O_3 成分、 TiO_2 成分、 WO_3 成分及び Nb_2O_5 成分からなる群から選択される1種以上を含有することが好ましい。また、 Bi_2O_3 成分、 TiO_2 成分及び WO_3 成分がガラスを着色する作用が強いため、特に着色の少ないガラスを得られる観点では、F成分、 Nb_2O_5 成分及び K_2O 成分からなる群から選択される1種以上を含有することが好ましい。従って、高い部分分散比を有しながらも、屈折率及びアッペ数が高く、且つ着色が少ないガラスを得られる観点では、これら成分の中でもF成分の含有量を多くすることが好ましい。

【0048】

Ta_2O_5 成分は、ガラスの屈折率を高めつつ、ガラスを安定化する成分であり、本発明の光学ガラス中の任意成分である。特に、 Ta_2O_5 成分の含有量を25.0%以下に

することで、ガラスの部分分散比の低下を抑えることができる。また、 Ta_2O_5 成分の含有量を25.0%以下にすることで、ガラスの材料コストを低減するとともに、高温での溶解を回避してガラス製造時のエネルギー損失を低減することができる。従って、酸化物換算組成のガラス全質量に対する Ta_2O_5 成分の含有量は、好ましくは25.0%を上限とし、より好ましくは16.5%未満とし、最も好ましくは10.0%を上限とする。 Ta_2O_5 成分は、原料として例えば Ta_2O_5 等を用いてガラス内に含有することができる。

【0049】

本発明の光学ガラスでは、 Bi_2O_3 成分、 TiO_2 成分、 WO_3 成分、 Nb_2O_5 成分及び Ta_2O_5 成分からなる群から選択される1種以上の含有量の和が、0%より多いことが好ましい。これにより、ガラスのアップ数が小さくなるため、所望の範囲のアップ数を有する光学ガラスを得易くすることができる。従って、酸化物換算組成の質量に対する、これら成分の含有量の和は、好ましくは0%より多くし、より好ましくは1.0%、最も好ましくは2.0%を下限とする。一方で、これら成分の含有量の和の上限は、安定なガラスを得られる限り特に限定されないが、例えば25.0%を超えたときに失透が起こり易くなる可能性が推察される。従って、酸化物換算組成の質量に対する、これら成分の含有量の和は、好ましくは25.0%、より好ましくは15.0%、最も好ましくは10.0%を上限とする。

【0050】

Gd_2O_3 成分は、ガラスの屈折率を高めて分散を小さくする成分である。特に、 Gd_2O_3 成分の含有量を40.0%以下にすることで、ガラスの分相を抑制し、且つ、ガラスを作製する際にガラスを失透し難くすることができる。従って、酸化物換算組成のガラス全質量に対する Gd_2O_3 成分の含有量は、好ましくは40.0%、より好ましくは35.0%、最も好ましくは30.0%を上限とする。なお、 Gd_2O_3 成分を含有しなくとも所望の高い部分分散比を有するガラスを得ることが可能であるが、 Gd_2O_3 成分を0.1%以上含有することで、所望の屈折率及び分散性を得易くすることができる。従って、酸化物換算組成のガラス全質量に対する Gd_2O_3 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。 Gd_2O_3 成分は、原料として例えば Gd_2O_3 、 GdF_3 等を用いてガラス内に含有することができる。

【0051】

Y_2O_3 成分、 Yb_2O_3 成分及び Lu_2O_3 成分は、ガラスの屈折率を高めて分散を小さくする成分である。ここで、 Y_2O_3 成分の含有量を30.0%以下にすること、 Yb_2O_3 成分の含有量を20.0%以下にすること、または、 Lu_2O_3 成分の含有量を10.0%以下にすることで、ガラスを失透し難くすることができる。特に、 Yb_2O_3 成分の含有量を10.0%以下にすることで、ガラスの長波長側（波長1000nmの近傍）に吸収が生じ難くなるため、ガラスの赤外線に対する耐性を高めることができる。従って、酸化物換算組成のガラス全質量に対する Y_2O_3 成分の含有量は、好ましくは30.0%、より好ましくは20.0%、より好ましくは15.0%、最も好ましくは10.0%を上限とする。また、酸化物換算組成のガラス全質量に対する Yb_2O_3 成分の含有量は、それぞれ好ましくは20.0%、より好ましくは15.0%、最も好ましくは10.0%を上限とする。また、酸化物換算組成のガラス全質量に対する Lu_2O_3 成分の含有量は、好ましくは10.0%、より好ましくは8.0%、最も好ましくは5.0%を上限とする。 Y_2O_3 成分、 Yb_2O_3 成分及び Lu_2O_3 成分は、原料として例えば Y_2O_3 、 YF_3 、 Yb_2O_3 、 Lu_2O_3 等を用いてガラス内に含有することができる。

【0052】

本発明の光学ガラスは、 Ln_2O_3 成分（式中、 Ln は La 、 Gd 、 Y 、 Yb 、 Lu からなる群より選択される1種以上）の含有量の質量和が、20.0%以上80.0%以下であることが好ましい。ここで、この質量和を20.0%以上含有することで、所望の高い屈折率及びアップ数を得易くすることができる。特に、本発明の光学ガラスでは、希土

10

20

30

40

50

類を多く含有しても部分分散比が下がり難いため、所望の高い部分分散比と、高い屈折率及びアッペ数を両立し易くできる。一方、この質量和を80.0%以下にすることで、ガラスを作製する際のガラスの失透を低減することができる。従って、酸化物換算組成のガラス全質量に対する Ln_2O_3 成分の含有量の質量和は、好ましくは20.0%、より好ましくは30.0%、さらに好ましくは40.0%、最も好ましくは55.0%を下限とし、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。

【0053】

また、本発明の光学ガラスは、質量和($\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 + \text{WO}_3 + \text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{Ta}_2\text{O}_5$)に対する Ln_2O_3 の含有量の質量比が1.7以上25.0以下であることが好ましい。これにより、アッペ数を低下させる Bi_2O_3 成分、 TiO_2 成分、 WO_3 成分、 Nb_2O_5 成分及び Ta_2O_5 成分の合計含有量に対して、アッペ数を上昇させる Ln_2O_3 の合計含有量が所定の範囲内になるため、所望のアッペ数を得やすくすることができ、ひいては部分分散比とアッペ数との間で所望の関係を有するようにすることができる。従って、酸化物換算組成における質量比 $\text{Ln}_2\text{O}_3 / (\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 + \text{WO}_3 + \text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{Ta}_2\text{O}_5)$ は、好ましくは1.7、より好ましくは3.0、さらに好ましくは5.0、最も好ましくは5.0を下限とし、好ましくは25.0、より好ましくは20.0、最も好ましくは16.8を上限とする。

【0054】

ZrO_2 成分は、ガラスの屈折率を高め、ガラスを作製する際の耐失透性を向上する成分であり、本発明の光学ガラス中の任意成分である。特に、 ZrO_2 成分の含有量を15.0%以下にすることで、ガラスの部分分散比の低下を抑えることができる。また、 ZrO_2 成分の含有量を15.0%以下にすることで、ガラスのアッペ数の低下を抑えとともに、ガラスの製造時における高温での溶解を回避し、ガラス製造時のエネルギー損失を低減することができる。従って、酸化物換算組成のガラス全質量に対する ZrO_2 成分の含有量は、好ましくは15.0%、より好ましくは10.0%、さらに好ましくは5.0%を上限とし、最も好ましくは4.0%未満とする。なお、 ZrO_2 成分は含有しなくとも所望の光学特性を有するガラスを得ることはできるが、 ZrO_2 成分の含有量を0.1%以上にするすることで、ガラスの耐失透性を高めることができる。従って、 ZrO_2 成分を含有する場合における、酸化物換算組成のガラス全質量に対する 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%、さらに好ましくは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 等を用いてガラス内に含有することができる。

【0055】

Li_2O 成分は、ガラスの溶融性を改善する成分であり、本発明の光学ガラス中の任意成分である。特に、 Li_2O 成分の含有量を10.0%以下にすることで、ガラスの部分分散比の低下を抑えることで、部分分散比とアッペ数を所望の関係に保つことができる。また、 Li_2O 成分の含有量を10.0%以下にすることで、ガラスの屈折率の低下を抑えつつ、 Li_2O 成分の過剰な含有による失透等を生じ難くすることができる。従って、酸化物換算組成のガラス全質量に対する Li_2O 成分の含有量は、好ましくは10.0%、より好ましくは8.0%、さらに好ましくは5.0%を上限とする。特に、所望の部分分散比を得られる観点では、酸化物換算組成のガラス全質量に対する Li_2O 成分の含有量は、0.5%以下にすることが最も好ましい。 Li_2O 成分は、原料として例えば Li_2CO_3 、 LiNO_3 、 LiF 等を用いてガラス内に含有することができる。

【0056】

本発明の光学ガラスでは、($\text{Ta}_2\text{O}_5 + \text{ZrO}_2 + \text{Li}_2\text{O}$)の質量和に対する($\text{F} + \text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 + \text{WO}_3 + \text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{K}_2\text{O}$)の質量和が0.50以上であることが好ましい。これにより、部分分散比を大きく下げる成分の含有量に対して、部分分散比を高める成分の含有量が増加するため、より多くの希土類を加えても所望の高い部分分散比を得易くできる。すなわち、高い部分分散比と高いアッペ数を両立し易くすること

ができる。従って、酸化物換算組成における質量比 $(F + Bi_2O_3 + TiO_2 + WO_3 + Nb_2O_5 + K_2O) / (Ta_2O_5 + ZrO_2 + Li_2O)$ は、好ましくは 0.50、より好ましくは 1.00、さらに好ましくは 1.32、さらに好ましくは 1.70 を下限とする。一方、この含有量の比率は特に限定されず、無限大（すなわち $Ta_2O_5 + ZrO_2 + Li_2O = 0\%$ ）であってもよいが、ガラスの安定性をより高められる観点では、この比率は 100.0 以下であってもよい。

【0057】

SiO_2 成分は、安定なガラス形成を促し、光学ガラスとして好ましくないガラスを製作する際の失透（結晶物の発生）を抑制する成分であり、本発明の光学ガラス中の任意成分である。特に、 SiO_2 成分の含有量を 25.0% 以下にすることで、 SiO_2 成分を溶融ガラス中に溶解し易くし、高温での溶解を回避することができる。酸化物換算組成のガラス全質量に対する SiO_2 成分の含有量は、好ましくは 25.0%、より好ましくは 20.0%、さらに好ましくは 15.0%、最も好ましくは 10.0% を上限とする。なお、 SiO_2 成分を含有しなくとも、所望の高い部分分散比を有するガラスを得ることは可能であるが、 SiO_2 成分を含有することで、ガラスの耐失透性を高めることができる。従って、酸化物換算組成のガラス全質量に対する SiO_2 成分の含有量は、好ましくは 0% より多くし、より好ましくは 0.5%、最も好ましくは 1.0% 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 等を用いてガラス内に含有することができる。

【0058】

MgO 成分、 CaO 成分、 SrO 成分及び BaO 成分は、ガラスの溶融性を改善して耐失透性を高める成分であり、本発明の光学ガラス中の任意成分である。特に、 MgO 成分の含有量を 10.0% 以下、 CaO 成分若しくは SrO 成分の含有量を 15.0% 以下、又は、 BaO 成分の含有量を 25.0% 以下にすることで、ガラスの屈折率を低下し難くすることができる。従って、酸化物換算組成のガラス全質量に対する MgO 成分の含有量は、好ましくは 10.0%、より好ましくは 8.0%、最も好ましくは 5.0% を上限とする。また、酸化物換算組成のガラス全質量に対する CaO 成分及び SrO 成分の含有量は、それぞれ好ましくは 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。また、酸化物換算組成のガラス全質量に対する BaO 成分の含有量は、好ましくは 25.0%、より好ましくは 20.0%、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。 MgO 成分、 CaO 成分、 SrO 成分及び BaO 成分は、原料として例えば $MgCO_3$ 、 MgF_2 、 $CaCO_3$ 、 CaF_2 、 $Sr(NO_3)_2$ 、 SrF_2 、 $BaCO_3$ 、 $Ba(NO_3)_2$ 等を用いてガラス内に含有することができる。

【0059】

本発明の光学ガラスでは、 RO 成分（式中、 R は Mg 、 Ca 、 Sr 、 Ba からなる群より選択される 1 種以上）の含有量の質量和が、25.0% 以下であることが好ましい。これにより、ガラスの屈折率を低下し難くすることができる。従って、酸化物換算組成のガラス全質量に対する RO 成分の含有量の質量和は、好ましくは 25.0%、より好ましくは 15.0%、最も好ましくは 10.0% を上限とする。

【0060】

GeO_2 成分は、ガラスの屈折率を高め、耐失透性を向上させる効果を有する成分であり、本発明の光学ガラス中の任意成分である。しかしながら、 GeO_2 は原料価格が高いことから、その量が多いと材料コストが高くなるため、得られるガラスが実用的でなくなる。従って、酸化物換算組成のガラス全質量に対する GeO_2 成分の含有量は、好ましくは 10.0%、より好ましくは 8.0%、さらに好ましくは 5.0% を上限とし、最も好ましくは 2.0% 未満とする。 GeO_2 成分は、原料として例えば GeO_2 等を用いてガラス内に含有することができる。

【0061】

P_2O_5 成分は、ガラスの液相温度を下げ耐失透性を向上させる効果を有する成分で

10

20

30

40

50

あり、本発明の光学ガラス中の任意成分である。特に、 P_2O_5 成分の含有量を10.0%以下にすることで、ガラスの化学的耐久性、特に耐水性の低下を抑えることができる。従って、酸化物換算組成のガラス全質量に対する P_2O_5 成分の含有量は、好ましくは10.0%、より好ましくは8.0%、さらに好ましくは5.0%、最も好ましくは2.0%を上限とする。 P_2O_5 成分は、原料として例えば $Al(PO_3)_3$ 、 $Ca(PO_3)_2$ 、 $Ba(PO_3)_2$ 、 BPO_4 、 H_3PO_4 等を用いてガラス内に含有することができる。

【0062】

Al_2O_3 成分及び Ga_2O_3 成分は、安定なガラスを形成し易くする成分であり、本発明の光学ガラス中の任意成分である。特に、 Al_2O_3 成分及び Ga_2O_3 成分の含有量をそれぞれ10.0%以下にすることで、ガラスのアップ数の低下を抑制することができる。従って、酸化物換算組成のガラス全質量に対する Al_2O_3 成分及び Ga_2O_3 成分の含有量は、それぞれ好ましくは10.0%、より好ましくは8.0%、さらに好ましくは5.0%、最も好ましくは2.0%を上限とする。 Al_2O_3 成分及び Ga_2O_3 成分は、原料として例えば Al_2O_3 、 $Al(OH)_3$ 、 AlF_3 、 Ga_2O_3 、 $Ga(OH)_3$ 等を用いてガラス内に含有することができる。

【0063】

ZnO 成分は、ガラスの溶融性を改善し、ガラス転移点を低くし、且つ安定なガラスを形成し易くする成分であり、本発明の光学ガラス中の任意成分である。特に、 ZnO 成分の含有量を30.0%以下にすることで、光学ガラスの光弾性定数が低く抑えられる。そのため、光学ガラスの透過光の偏光特性を高めることができ、ひいてはプロジェクタやカメラにおける演色性を高めることができる。従って、酸化物換算組成のガラス全質量に対する ZnO 成分の含有量は、好ましくは30.0%、より好ましくは20.0%、さらに好ましくは15.0%、さらに好ましくは12.0%、さらに好ましくは11.0%を上限とする。 ZnO 成分は、原料として例えば ZnO 、 ZnF_2 等を用いてガラス内に含有することができる。

【0064】

Na_2O 成分は、ガラスの溶融性を改善する成分であり、本発明の光学ガラス中の任意成分である。特に、 Na_2O 成分の含有量を10.0%以下にすることで、ガラスの屈折率を低下し難くして、ガラスの安定性を高めて失透等を生じ難くすることができる。従って、酸化物換算組成のガラス全質量に対する Na_2O 成分の含有量は、好ましくは10.0%、より好ましくは8.0%、最も好ましくは5.0%を上限とする。 Na_2O 成分は、原料として例えば Na_2CO_3 、 $NaNO_3$ 、 NaF 、 Na_2SiF_6 等を用いてガラス内に含有することができる。

【0065】

TeO_2 成分は、屈折率を高め、ガラス転移点(T_g)を下げる成分であり、本発明の光学ガラス中の任意成分である。しかしながら、 TeO_2 は白金製の坩堝や、熔融ガラスと接する部分が白金で形成されている熔融槽でガラス原料を熔融する際、白金と合金化する問題がある。従って、酸化物換算組成のガラス全質量に対する TeO_2 成分の含有率は、好ましくは10.0%を上限とし、より好ましくは8.0%、最も好ましくは5.0%を上限とする。 TeO_2 成分は、原料として例えば TeO_2 等を用いてガラス内に含有することができる。

【0066】

SnO_2 成分は、熔融ガラスの酸化を低減して熔融ガラスを清澄し、且つガラスの照射に対する透過率を悪化し難くする成分であり、本発明の光学ガラス中の任意成分である。特に、 SnO_2 成分の含有量を5.0%以下にすることで、熔融ガラスの還元によるガラスの着色や、ガラスの失透を生じ難くすることができる。また、 SnO_2 成分と溶解設備(特にPt等の貴金属)との合金化が低減されるため、溶解設備の長寿命化を図ることができる。従って、酸化物換算組成のガラス全質量に対する SnO_2 成分の含有量は、好ましくは5.0%、より好ましくは3.0%、さらに好ましくは1.0%、最も好ましく

は 0.5% をそれぞれ上限とする。SnO₂ 成分は、原料として例えば SnO、SnO₂、SnF₂、SnF₄ 等を用いてガラス内に含有することができる。

【0067】

Sb₂O₃ 成分は、熔融ガラスを脱泡する成分であり、本発明の光学ガラス中の任意成分である。特に、Sb₂O₃ 成分の含有量を 1.0% 以下にすることで、ガラス熔融時における過度の発泡を生じ難くすることができ、Sb₂O₃ 成分が溶解設備（特に Pt 等の貴金属）と合金化し難くすることができる。従って、酸化物換算組成のガラス全質量に対する Sb₂O₃ 成分の含有量は、好ましくは 1.0%、より好ましくは 0.8%、最も好ましくは 0.5% を上限とする。Sb₂O₃ 成分は、原料として例えば Sb₂O₃、Sb₂O₅、Na₂H₂Sb₂O₇・5H₂O 等を用いてガラス内に含有することができる。

10

【0068】

なお、ガラスを清澄し脱泡する成分は、上記の Sb₂O₃ 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、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。

【0069】

<含有すべきでない成分について>

次に、本発明の光学ガラスに含有すべきでない成分、及び含有することが好ましくない成分について説明する。

【0070】

本発明の光学ガラスには、他の成分を本願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、GeO₂ 成分はガラスの分散性を高めてしまうため、実質的に含まないことが好ましい。

20

【0071】

また、Ti、Zr、Nb、W、La、Gd、Y、Yb、Lu を除く、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Ag 及び Mo 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でもガラスが着色し、可視域の特定の波長に吸収を生じる性質があるため、特に可視領域の波長を使用する光学ガラスにおいては、実質的に含まないことが好ましい。

【0072】

さらに、PbO 等の鉛化合物及び As₂O₃ 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。これにより、光学ガラスに環境を汚染する物質が実質的に含まれなくなる。そのため、特別な環境対策上の措置を講じなくとも、この光学ガラスを製造し、加工し、及び廃棄することができる。

30

【0073】

本発明のガラス組成物は、その組成が酸化物換算組成のガラス全質量に対する質量% 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、酸化物換算組成で概ね以下の値をとる。

40

B₂O₃ 成分 10.0 ~ 75.0 mol% 及び

La₂O₃ 成分 5.0 ~ 25.0 mol%

並びに

Bi₂O₃ 成分 0 ~ 4.0 mol% 及び / 又は

Nb₂O₅ 成分 0 ~ 10.0 mol% 及び / 又は

TiO₂ 成分 0 ~ 30.0 mol% 及び / 又は

WO₃ 成分 0 ~ 10.0 mol% 及び / 又は

K₂O 成分 0 ~ 15.0 mol% 及び / 又は

Ta₂O₅ 成分 0 ~ 10.0 mol% 及び / 又は

50

Gd_2O_3 成分 0 ~ 20 . 0 mol % 及び / 又は
 Y_2O_3 成分 0 ~ 20 . 0 mol % 及び / 又は
 Yb_2O_3 成分 0 ~ 10 . 0 mol % 及び / 又は
 Lu_2O_3 成分 0 ~ 5 . 0 mol % 及び / 又は
 ZrO_2 成分 0 ~ 25 . 0 mol % 及び / 又は
 Li_2O 成分 0 ~ 30 . 0 mol % 及び / 又は
 SiO_2 成分 0 ~ 60 . 0 mol % 及び / 又は
 MgO 成分 0 ~ 35 . 0 mol % 及び / 又は
 CaO 成分 0 ~ 35 . 0 mol % 及び / 又は
 SrO 成分 0 ~ 25 . 0 mol % 及び / 又は
 BaO 成分 0 ~ 25 . 0 mol % 及び / 又は
 GeO_2 成分 0 ~ 20 . 0 mol % 及び / 又は
 P_2O_5 成分 0 ~ 10 . 0 mol % 及び / 又は
 Al_2O_3 成分 0 ~ 20 . 0 mol % 及び / 又は
 Ga_2O_3 成分 0 ~ 8 . 0 mol % 及び / 又は
 ZnO 成分 0 ~ 30 . 0 mol % 及び / 又は
 Na_2O 成分 0 ~ 25 . 0 mol % 及び / 又は
 TeO_2 成分 0 ~ 8 . 0 mol % 及び / 又は
 SnO_2 成分 0 ~ 1 . 0 mol % 及び / 又は
 Sb_2O_3 成分 0 ~ 0 . 5 mol %

10

並びに、上記各金属元素の 1 種又は 2 種以上の酸化物の一部又は全部と置換した弗化物の F としての合計量 0 ~ 75 . 0 mol %

20

【0074】

[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量の範囲内になるように均一に混合し、作製した混合物を白金坩堝、石英坩堝又はアルミナ坩堝に投入して粗熔融した後、金坩堝、白金坩堝、白金合金坩堝又はイリジウム坩堝に入れて 1300 ~ 1350 の温度範囲で 3 ~ 4 時間熔融し、攪拌均質化して泡切れ等を行った後、1200 以下の温度に下げた後から仕上げ攪拌を行って脈理を除去し、成形型を用いて成形することにより作製される。ここで、成形型を用いて成形されたガラスを得る手段としては、熔融ガラスを成形型の一端に流下すると同時に、成形型の他端側から成形されたガラスを引き出す手段や、いわゆるダイレクトプレスや浮上成形により、ガラス成形体を形成する手段が挙げられる。

30

【0075】

[物性]

本発明の光学ガラスは、所定の屈折率及び分散（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 . 70、より好ましくは 1 . 73、最も好ましくは 1 . 75 を下限とする。一方、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 . 20 以下、より具体的には 2 . 10 以下、さらに具体的には 2 . 00 以下であることが多い。また、本発明の光学ガラスのアッペ数（ ν_d ）は、好ましくは 39、より好ましくは 40、最も好ましくは 41 を下限とする。一方、本発明の光学ガラスのアッペ数（ ν_d ）は、好ましくは 52、より好ましくは 51、最も好ましくは 50 を上限とする。また、本発明の光学ガラスのアッペ数（ ν_d ）は、屈折率（ n_d ）との間で、（ ν_d ）（ $-125 \times n_d + 265$ ）の関係を満たすことが好ましく、（ ν_d ）（ $-125 \times n_d + 266$ ）の関係を満たすことがより好ましく、（ ν_d ）（ $-125 \times n_d + 267$ ）の関係を満たすことが最も好ましい。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。

40

【0076】

また、本発明の光学ガラスは、高い部分分散比（ g , F ）を有する。より具体的には

50

、本発明の光学ガラスの部分分散比 (g, F) は、アッペ数 (d) との間で、(g, F) ($-2.0 \times 10^{-3} \times d + 0.6498$) の関係を満たすことが好ましい。本発明の光学ガラスは、希土類元素成分を多く含有する従来公知のガラスよりも高い部分分散比 (g, F) を有する光学ガラスが得られる。そのため、ガラスの高屈折率及び低分散化を図りながらも、この光学ガラスから形成される光学素子の色収差を低減できる。ここで、光学ガラスの部分分散比 (g, F) の下限は、好ましくは ($-2.0 \times 10^{-3} \times d + 0.6498$)、より好ましくは ($-2.0 \times 10^{-3} \times d + 0.6518$)、最も好ましくは ($-2.0 \times 10^{-3} \times d + 0.6558$) である。一方で、光学ガラスの部分分散比 (g, F) の上限は、特に限定されないが、例えば ($-2.0 \times 10^{-3} \times d + 0.6950$)、より好ましくは ($-2.0 \times 10^{-3} \times d + 0.6930$)、最も好ましくは ($-2.0 \times 10^{-3} \times d + 0.6910$) であることが多い。なお、本発明の光学ガラスの部分分散比とアッペ数 (d) との関係をノーマルラインと平行な直線で定義した場合、部分分散比 (g, F) は、例えば ($-1.7 \times 10^{-3} \times d + 0.63450$) 以上、より具体的には ($-1.7 \times 10^{-3} \times d + 0.63750$) 以上、さらに具体的には ($-1.7 \times 10^{-3} \times d + 0.63950$) 以上、さらに具体的には ($-1.7 \times 10^{-3} \times d + 0.64150$) 以上になることが多く、例えば ($-1.7 \times 10^{-3} \times d + 0.67750$) 以下、より具体的には ($-1.7 \times 10^{-3} \times d + 0.67550$) 以下、さらに具体的には ($-1.7 \times 10^{-3} \times d + 0.67350$) 以下になることが多い。

【0077】

本発明の光学ガラスの部分分散比 (g, F) は、日本光学硝子工業会規格 J O G I S 01 - 2003 に基づいて測定する。なお、本測定に用いるガラスは、徐冷降温速度を $-25 / \text{hr}$ として、徐冷炉にて処理を行ったものをを用いる。

【0078】

また、本発明の光学ガラスは、 650 以下のガラス転移点 (T_g) を有することが好ましい。これにより、より低い温度でのプレス成形が可能になるため、モールドプレス成形に用いる金型の酸化を低減して金型の長寿命化を図ることもできる。従って、本発明の光学ガラスのガラス転移点 (T_g) は、好ましくは 650 、より好ましくは 620 、最も好ましくは 600 を上限とする。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。

【0079】

本発明の光学ガラスのガラス転移点 (T_g) は、示差熱測定装置 (ネッチゲレテバウ社製 S T A 409 C D) を用いた測定を行うことで求める。ここで、測定を行う際のサンプル粒度は $425 \sim 600 \mu\text{m}$ とし、昇温速度は $10 / \text{min}$ とする。

【0080】

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 80% を示す波長 (λ_0) 及び分光透過率 70% を示す波長 (λ_70) が、好ましくは 500 nm 以下であり、より好ましくは 480 nm 以下であり、最も好ましくは 450 nm 以下である。また、本発明の光学ガラスは、厚み 10 mm のサンプルで分光透過率 5% を示す波長 (λ_5) が 450 nm 以下であり、より好ましくは 430 nm 以下であり、最も好ましくは 410 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り、可視域におけるガラスの透明性が高められるため、この光学ガラスをレンズ等の光学素子の材料として用いることができる。

【0081】

本発明の光学ガラスの透過率は、日本光学硝子工業会規格 J O G I S 02 に準じて測定する。具体的には、厚さ $10 \pm 0.1 \text{ mm}$ の対面平行研磨品を J I S Z 8722 に準じ、 $200 \sim 800 \text{ nm}$ の分光透過率を測定し、 λ_70 (透過率 70% 時の波長) 及び λ_5 (

透過率 5 % 時の波長) を求める。

【 0 0 8 2 】

[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モールドプレス成形の手段を用いて、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。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

【 0 0 8 3 】

このようにして作製されるガラス成形体は、様々な光学素子に有用であるが、その中でも特に、レンズやプリズム等の光学素子の用途に用いることが好ましい。これにより、光学素子が設けられる光学系の透過光における、色収差による色のにじみが低減される。そのため、この光学素子をカメラに用いた場合は撮影対象物をより正確に表現でき、この光学素子をプロジェクタに用いた場合は所望の映像をより高精彩に投影できる。

【実施例】

【 0 0 8 4 】

本発明の実施例 (No . 1 ~ No . 1 2 7) 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)、部分分散比 (g, F)、透過率 8 0 % 時の波長 (λ_{80}) 及び透過率 5 % 時の波長 (λ_5) の値を表 1 ~ 表 1 6 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

【 0 0 8 5 】

本発明の実施例 (No . 1 ~ No . 1 2 7) の光学ガラスは、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、メタリン酸化合物等の通常の光学ガラスに使用される高純度原料を選定し、表 1 ~ 表 1 6 に示した各実施例の組成の割合になるように秤量して均一に混合した後、白金坩堝に投入し、ガラス組成の熔融難易度に応じて電気炉で 1 3 0 0 ~ 1 3 5 0 の温度範囲で 3 ~ 4 時間溶解し、攪拌均質化して泡切れ等を行った後、 1 1 5 0 以下に温度を下げて攪拌均質化してから金型に鋳込み、徐冷してガラスを作製した。

30

【 0 0 8 6 】

ここで、実施例 (No . 1 ~ No . 1 2 7) のガラスの屈折率 (n_d)、アッペ数 (ν_d) 及び部分分散比 (g, F) は、日本光学硝子工業会規格 J O G I S 0 1 - 2 0 0 3 に基づいて測定した。そして、求められたアッペ数 (ν_d) 及び部分分散比 (g, F) の値について、関係式 (g, F) = - $a \times \nu_d + b$ における、傾き a が 0 . 0 0 1 7 及び 0 . 0 0 2 0 のときの切片 b を求めた。なお、本測定に用いたガラスは、徐冷降温速度を - 2 5 / h r として、徐冷炉にて処理を行ったものを用いた。

【 0 0 8 7 】

また、実施例 (No . 1 ~ No . 1 2 7) 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 ± 0.1 mm の対面平行研磨品を J I S Z 8 7 2 2 に準じ、 2 0 0 ~ 8 0 0 nm の分光透過率を測定し、透過率 8 0 % 時の波長 (λ_{80}) 及び λ_5 (透過率 5 % 時の波長) を求めた。

40

【 0 0 8 8 】

【表 1】

	実 施 例							
	1	2	3	4	5	6	7	8
B ₂ O ₃	16.46	17.91	20.03	18.99	21.91	15.65	15.65	15.65
La ₂ O ₃	52.44	32.81	43.88	41.76	39.43	39.43	39.43	39.43
Bi ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nb ₂ O ₅	4.17	0.00	2.23	2.22	2.09	5.22	5.22	5.22
TiO ₂	4.51	5.17	2.41	2.40	4.17	0.00	0.00	3.13
WO ₃	0.00	0.00	0.00	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ta ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	1.77	0.00	0.00	0.00	0.00
Gd ₂ O ₃	2.71	29.47	8.53	15.11	22.96	22.96	26.09	22.96
Y ₂ O ₃	9.65	4.36	5.16	5.72	0.00	0.00	0.00	0.00
Yb ₂ O ₃	0.00	0.00	7.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZrO ₂	5.95	6.25	4.65	6.07	2.61	2.61	2.61	2.61
Li ₂ O	0.00	0.21	0.48	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
SiO ₂	2.35	2.76	3.99	2.53	3.13	3.13	3.13	3.13
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SrO	0.90	0.00	0.48	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	0.81	1.00	0.90	0.90	3.65	10.96	7.83	7.83
TeO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sb ₂ O ₃	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
F	6.56	6.02	6.31	5.59	7.59	7.59	7.59	7.59
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)	15.24	11.20	10.95	12.12	13.85	12.81	12.81	15.94
(Bi+Ti+W+Nb+Ta)	8.68	5.17	4.64	8.31	6.26	5.22	5.22	8.35
La+Gd+Y+Yb+Lu	70.76	72.89	69.44	68.65	64.99	64.99	68.12	64.99
(La+Gd+Y+Yb+Lu)/ (Bi+Ti+W+Nb+Ta)	8.15	14.09	14.98	8.26	10.38	12.46	13.06	7.79
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)/ (Ta+Zr+Li)	2.56	1.73	2.13	1.53	5.31	4.91	4.91	6.11
Mg+Ca+Sr+Ba	0.90	0.00	0.48	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00
nd	1.83058	1.84202	1.79024	1.82153	1.80296	1.79632	1.79961	1.82139
ν d	42.0	40.7	45.6	43.3	43.5	46.1	46.1	44.5
θ g,F	0.57049	0.57226	0.59400	0.57007	0.58342	0.56109	0.56376	0.58613
-125×nd+265	36.2	34.7	41.2	37.3	39.6	40.5	40.0	37.3
切片 b(a=0.0017)	0.64189	0.64145	0.67152	0.64368	0.65737	0.63946	0.64213	0.66178
切片 b(a=0.0020)	0.65449	0.65366	0.68520	0.65667	0.67042	0.65329	0.65596	0.67513

【 0 0 8 9 】

【表 2】

	実施例							
	9	10	11	12	13	14	15	16
B ₂ O ₃	15.65	17.84	23.91	17.78	17.84	18.04	18.07	18.07
La ₂ O ₃	39.43	35.30	37.56	33.44	35.30	48.48	49.45	47.33
Bi ₂ O ₃	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nb ₂ O ₅	5.22	2.10	2.08	2.09	0.00	1.06	1.06	2.13
TiO ₂	0.00	0.00	2.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WO ₃	0.00	4.20	0.00	4.18	4.20	2.12	2.13	2.13
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ta ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Gd ₂ O ₃	22.96	23.09	22.87	23.01	23.09	23.34	23.39	23.39
Y ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	2.09	2.10	0.00	0.00	0.00
Yb ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZrO ₂	2.61	2.62	2.60	2.61	2.62	2.65	1.59	2.66
Li ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SiO ₂	3.13	3.15	3.12	3.14	3.15	3.18	3.19	3.19
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.00	3.77	0.00	3.76	3.77	0.00	0.00	0.00
SrO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	7.83	7.87	5.72	7.84	7.87	1.06	1.06	1.06
TeO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sb ₂ O ₃	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
F	7.59	8.66	6.96	8.02	8.66	10.65	10.98	10.98
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)	15.94	14.96	11.12	14.30	12.86	13.84	14.17	15.23
(Bi+Ti+W+Nb+Ta)	8.35	6.30	4.16	6.28	4.20	3.18	3.19	4.25
La+Gd+Y+Yb+Lu	64.99	61.02	63.04	61.15	63.11	74.48	74.43	73.37
(La+Gd+Y+Yb+Lu)/ (Bi+Ti+W+Nb+Ta)	7.79	9.69	15.16	9.74	15.03	23.40	23.34	17.26
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)/ (Ta+Zr+Li)	6.11	5.70	4.28	5.47	4.90	5.22	8.89	5.73
Mg+Ca+Sr+Ba	0.00	3.77	0.00	3.76	3.77	0.00	0.00	0.00
nd	1.8066	1.7606	1.79344	1.75874	1.76998	1.77705	1.77429	1.78692
ν d	45.2	48.6	46.6	49.2	47.4	50.1	50.3	47.7
θ g,F		0.58019	0.58789	0.56448	0.55843	0.56028	0.55649	
-125×nd+265	39.2	44.9	40.8	45.2	43.8	42.9	43.2	41.6
切片 b(a=0.0017)		0.66281	0.66711	0.64812	0.63901	0.64545	0.64200	
切片 b(a=0.0020)		0.67739	0.68109	0.66288	0.65323	0.66048	0.65709	

【 0 0 9 0 】

【表 3】

	実施例						
	17	18	19	20	21	22	23
B ₂ O ₃	18.07	18.07	22.04	20.83	22.04	22.04	22.04
La ₂ O ₃	47.33	47.33	41.60	37.47	41.60	41.60	41.60
Bi ₂ O ₃	2.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nb ₂ O ₅	0.00	0.00	2.10	1.98	2.10	2.10	2.10
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.05	0.00
WO ₃	2.13	2.13	0.00	4.96	0.00	0.00	1.05
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ta ₂ O ₅	0.00	2.13	1.05	0.00	1.05	0.00	0.00
Gd ₂ O ₃	23.39	23.39	23.09	21.82	23.09	23.09	23.09
Y ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Yb ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZrO ₂	2.66	2.66	2.62	2.48	2.62	2.62	2.62
Li ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SiO ₂	3.19	3.19	3.15	2.98	3.15	3.15	3.15
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.00	0.00	3.77	0.00	3.77	3.77	3.77
SrO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZnO	1.06	1.06	0.52	7.44	0.52	0.52	0.52
TeO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sb ₂ O ₃	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
F	10.98	10.98	8.66	7.21	8.66	8.66	8.66
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)	15.23	13.11	10.76	14.16	10.76	11.81	11.81
(Bi+Ti+W+Nb+Ta)	4.25	4.25	3.15	6.94	3.15	3.15	3.15
La+Gd+Y+Yb+Lu	73.37	73.37	67.31	61.77	67.31	67.31	67.31
(La+Gd+Y+Yb+Lu)/ (Bi+Ti+W+Nb+Ta)	17.26	17.26	21.38	8.90	21.38	21.38	21.38
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)/ (Ta+Zr+Li)	5.73	2.74	2.93	5.71	2.93	4.50	4.50
Mg+Ca+Sr+Ba	0.00	0.00	3.77	0.00	3.77	3.77	3.77
nd	1.77972	1.77926	1.75725	1.78543	1.75725	1.76099	1.75588
ν d	48.3	49.2	51.3	46.4	51.3	49.9	51.0
θ g,F		0.55142	0.56233	0.55766	0.56233	0.56562	0.56005
-125×nd+265	42.5	42.6	45.3	41.8	45.3	44.9	45.5
切片 b(a=0.0017)		0.63506	0.64954	0.63654	0.64954	0.65045	0.64675
切片 b(a=0.0020)		0.64982	0.66493	0.65046	0.66493	0.66542	0.66205

【表 4】

	実施例							
	24	25	26	27	28	29	30	31
B ₂ O ₃	21.912	21.912	21.912	21.912	21.912	21.912	20.974	21.193
La ₂ O ₃	39.430	39.430	39.430	39.430	39.430	39.430	39.911	38.137
Bi ₂ O ₃								
Nb ₂ O ₅	2.087	2.087	2.087	2.087	2.087	2.087	1.997	2.018
TiO ₂								
WO ₃								
K ₂ O								
Ta ₂ O ₅								
Gd ₂ O ₃	22.955	22.955	22.955	22.955	22.955		21.972	22.203
Y ₂ O ₃						22.955		
Yb ₂ O ₃								
ZrO ₂	2.609	2.609	2.609	2.609	2.609	2.609	2.497	2.523
Li ₂ O								
SiO ₂	3.130	3.130	3.130	3.130	3.130	3.130	2.996	3.028
MgO					7.826			
CaO		7.826					9.603	10.847
SrO			7.826					
BaO				7.826				
P ₂ O ₅								
Al ₂ O ₃								
ZnO	7.826					7.826		
Sb ₂ O ₃	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.050	0.050
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
F	7.589	7.589	7.589	7.589	7.589	7.589	7.265	7.349
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)	9.676	9.676	9.676	9.676	9.676	9.676	9.263	9.368
(Bi+Ti+W+Nb+Ta)	2.087	2.087	2.087	2.087	2.087	2.087	1.997	2.018
La+Gd+Y+Yb+Lu	62.385	62.385	62.385	62.385	62.385	62.385	61.883	60.340
(La+Gd+Y+Yb+Lu)/ (Bi+Ti+W+Nb+Ta)	29.894	29.894	29.894	29.894	29.894	29.894	30.981	29.895
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)/ (Ta+Zr+Li)	3.709	3.709	3.709	3.709	3.709	3.709	3.710	3.713
Mg+Ca+Sr+Ba	0.000	7.826	7.826	7.826	7.826	0.000	9.603	10.847
nd	1.77696	1.74621	1.75462	1.76097	1.73911	1.76584	1.74015	1.73904
ν d	49.6	51.4	51.3	51.7	51.0	50.8	51.9	51.0
θ _{g,F}	0.559	0.557	0.557	0.556	0.557	0.556	0.554	0.554
-125×nd+265	42.9	46.7	45.7	44.9	47.6	44.3	47.5	47.6
切片 b(a=0.0017)	0.6433	0.6444	0.6442	0.6439	0.6437	0.6424	0.6422	0.6407
切片 b(a=0.0020)	0.6582	0.6598	0.6596	0.6594	0.6590	0.6576	0.6578	0.6560
λ ₈₀ [nm]	374	369	370	372	370.5	370	355	353.5
λ ₅ [nm]	308	303	305.5	306.5	305	303.5	298.5	297.5

【表 5】

	実施例							
	32	33	34	35	36	37	38	39
B ₂ O ₃	21.912	21.912	21.912	19.825	21.912	23.583	18.782	23.220
La ₂ O ₃	39.430	39.430	39.430	39.430	39.430	19.091	39.430	43.820
Bi ₂ O ₃								
Nb ₂ O ₅	2.087	2.087	2.087	2.087	2.087	2.246	2.087	1.691
TiO ₂								
WO ₃								3.132
K ₂ O								
Ta ₂ O ₅								
Gd ₂ O ₃	22.955	22.955	22.955	22.955	22.955	24.706	22.955	
Y ₂ O ₃								15.347
Yb ₂ O ₃								
ZrO ₂	2.609	2.609	2.609	2.609	2.609	2.807	2.609	3.759
Li ₂ O								
SiO ₂	3.130	3.130	1.043	3.130	3.130	3.369	3.130	2.715
MgO						5.610	3.130	
CaO		6.261						5.220
SrO								1.044
BaO					6.261	15.162		
P ₂ O ₅								
Al ₂ O ₃	7.826		2.087	2.087				
ZnO		1.565	7.826	7.826	1.565	3.369	7.826	
Sb ₂ O ₃	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.056	0.052	0.052
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
F	7.589	7.589	7.589	7.589	7.589	8.164	7.589	6.075
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)	9.676	9.676	9.676	9.676	9.676	10.410	9.676	10.898
(Bi+Ti+W+Nb+Ta)	2.087	2.087	2.087	2.087	2.087	2.246	2.087	4.823
La+Gd+Y+Yb+Lu	62.385	62.385	62.385	62.385	62.385	43.797	62.385	59.167
(La+Gd+Y+Yb+Lu)/ (Bi+Ti+W+Nb+Ta)	29.894	29.894	29.894	29.894	29.894	19.500	29.894	12.266
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)/ (Ta+Zr+Li)	3.709	3.709	3.709	3.709	3.709	3.708	3.709	2.900
Mg+Ca+Sr+Ba	0.000	6.261	0.000	0.000	6.261	20.772	3.130	6.264
nd	1.73987	1.74983	1.77158	1.76986	1.76349	1.72149	1.76361	1.76055
ν d	51.1	50.9	50.3	49.5	51.3	50.1	50.5	50.3
θ _g ,F	0.556	0.556	0.558	0.599	0.556	0.557	0.556	0.558
-125×nd+265	47.5	46.3	43.6	43.8	44.6	49.8	44.5	44.9
切片 b(a=0.0017)	0.6429	0.6425	0.6435	0.6832	0.6432	0.6422	0.6419	0.6435
切片 b(a=0.0020)	0.6582	0.6578	0.6586	0.6980	0.6586	0.6572	0.6570	0.6586
λ ₈₀ [nm]	378	364.5	377.5	374.5	367.5	363.5	368	370.5
λ ₅ [nm]	311.5	303	309.5	308	305	301	303.5	325

【 0 0 9 3 】

【表 6】

	実施例							
	40	41	42	43	44	45	46	47
B ₂ O ₃	23.220	24.498	21.912	21.247	26.352	23.007	20.517	21.740
La ₂ O ₃	43.820	46.233	39.430	38.233	43.820	43.820	45.236	45.541
Bi ₂ O ₃								
Nb ₂ O ₅	1.691	1.785	2.087	2.023	1.691	1.691	1.746	
TiO ₂								
WO ₃	3.132	3.305			3.132	3.132	3.233	3.255
K ₂ O								
Ta ₂ O ₅								
Gd ₂ O ₃			22.955	22.258				
Y ₂ O ₃	15.347	16.193			15.347	15.347	15.844	15.950
Yb ₂ O ₃								
ZrO ₂	3.759	3.966	2.609	2.529	3.759	3.759	3.880	3.906
Li ₂ O								
SiO ₂	2.715	2.864	3.130	3.035	2.715	2.715	2.802	2.821
MgO					2.088			
CaO								
SrO	1.044	1.102			1.044	1.044	1.078	1.085
BaO								
P ₂ O ₅								
Al ₂ O ₃	5.220			3.035		5.434	5.609	5.647
ZnO			7.826	7.588				
Sb ₂ O ₃	0.052	0.055	0.052	0.051	0.052	0.052	0.054	0.054
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
F	6.075	6.409	5.502	7.359	6.075	6.075	6.271	6.313
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)	10.898	11.499	7.589	9.383	10.898	10.898	11.251	9.568
(Bi+Ti+W+Nb+Ta)	4.823	5.089	2.087	2.023	4.823	4.823	4.979	3.255
La+Gd+Y+Yb+Lu	59.167	62.426	62.385	60.491	59.167	59.167	61.080	61.491
(La+Gd+Y+Yb+Lu)/ (Bi+Ti+W+Nb+Ta)	12.266	12.266	29.894	29.895	12.266	12.266	12.266	18.890
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)/ (Ta+Zr+Li)	2.900	2.900	2.909	3.710	2.900	2.900	2.900	2.450
Mg+Ca+Sr+Ba	1.044	1.102	0.000	0.000	3.132	1.044	1.078	1.085
nd	1.75521	1.77683	1.78010	1.76287	1.75942	1.75352	1.76544	1.77168
ν d	49.6	49.5	49.7	49.7	49.6	50.7	49.0	47.6
θ g,F	0.559	0.559	0.557	0.558	0.560	0.559	0.562	0.563
-125×nd+265	45.6	42.9	42.5	44.6	45.1	45.8	44.3	43.5
切片 b(a=0.0017)	0.6433	0.6433	0.6415	0.6425	0.6439	0.6447	0.6453	0.6439
切片 b(a=0.0020)	0.6582	0.6581	0.6564	0.6574	0.6588	0.6599	0.6600	0.6582
λ _{g0} [nm]	380	377	368.5	379.5	374	390	392	395.5
λ _g [nm]	328	329	306.5	311	326.5	330	331.5	332.5

【 0 0 9 4 】

【表 7】

	実施例							
	48	49	50	51	52	53	54	55
B ₂ O ₃	18.766	20.918	20.918	20.918	20.918	20.918	20.499	18.361
La ₂ O ₃	46.233	43.820	43.820	45.908	43.820	43.820	45.198	45.236
Bi ₂ O ₃								
Nb ₂ O ₅	1.785	1.691	1.691	1.691	1.691	1.691	1.745	1.746
TiO ₂			2.088					
WO ₃	3.305	3.132	3.132	3.132	3.132	3.132	3.231	3.233
K ₂ O								
Ta ₂ O ₅								
Gd ₂ O ₃					2.088			2.156
Y ₂ O ₃	16.193	17.436	15.347	15.347	15.347	15.347	15.830	15.844
Yb ₂ O ₃								
ZrO ₂	3.966	3.759	3.759	3.759	3.759	3.759	3.877	3.880
Li ₂ O								
SiO ₂	2.864	2.715	2.715	2.715	2.715	2.715	2.800	2.802
MgO							1.393	
CaO								
SrO	1.102	1.044	1.044	1.044	1.044	1.044	1.077	1.078
BaO								
P ₂ O ₅								
Al ₂ O ₃	5.733	5.434	5.434	5.434	5.434	5.434	4.297	5.609
ZnO						2.088		
Sb ₂ O ₃	0.055	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.054	0.054
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
F	6.409	6.075	6.075	6.075	6.075	6.075	6.118	6.271
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)	11.498	10.898	12.986	10.898	10.898	10.898	11.093	11.251
(Bi+Ti+W+Nb+Ta)	5.089	4.823	6.912	4.823	4.823	4.823	4.975	4.979
La+Gd+Y+Yb+Lu	62.426	61.255	59.167	61.255	61.255	59.167	61.028	63.236
(La+Gd+Y+Yb+Lu)/ (Bi+Ti+W+Nb+Ta)	12.266	12.699	8.561	12.699	12.699	12.266	12.266	12.699
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)/ (Ta+Zr+Li)	2.900	2.900	3.455	2.900	2.900	2.900	2.861	2.900
Mg+Ca+Sr+Ba	1.102	1.044	1.044	1.044	1.044	1.044	2.470	1.078
nd	1.77301	1.76558	1.77666	1.76514	1.76542	1.76347	1.76884	1.77745
ν d	48.6	49.0	46.0	49.3	48.6	49.1	49.0	48.1
θ g,F	0.562	0.560	0.567	0.560	0.561	0.561	0.560	0.561
-125×nd+265	43.4	44.3	42.9	44.4	44.3	44.6	43.9	42.8
切片 b(a=0.0017)	0.6441	0.6433	0.6452	0.6438	0.6436	0.6445	0.6433	0.6428
切片 b(a=0.0020)	0.6587	0.6580	0.6590	0.6586	0.6582	0.6592	0.6580	0.6572
λ ₈₀ [nm]	394	392.5	402	392	392.5	391.5	389	396.5
λ ₅ [nm]	333	331.5	340.5	331.5	331.5	331	330.5	332.5

【 0 0 9 5 】

【表 8】

	実施例							
	56	57	58	59	60	61	62	63
B ₂ O ₃	19.439	18.766	18.766	18.766	18.361	18.561	18.361	18.766
La ₂ O ₃	45.236	46.233	46.233	46.233	45.236	45.729	45.236	46.233
Bi ₂ O ₃								
Nb ₂ O ₅	1.746	1.785		1.785	1.746	1.765	1.746	1.785
TiO ₂								
WO ₃	3.233		3.305	3.305	3.233	3.269	3.233	1.652
K ₂ O								
Ta ₂ O ₅								
Gd ₂ O ₃		3.305	1.785	3.966	1.078			1.652
Y ₂ O ₃	15.844	16.193	16.193	16.193	15.844	16.016	15.844	16.193
Yb ₂ O ₃								
ZrO ₂	3.880	3.966	3.966		3.880	3.922	3.880	3.966
Li ₂ O								
SiO ₂	2.802	2.864	2.864	2.864	2.802	2.833	2.802	2.864
MgO								
CaO							2.156	
SrO	1.078	1.102	1.102	1.102	1.078	1.090	1.078	1.102
BaO								
P ₂ O ₅								
Al ₂ O ₃	5.609	5.733	5.733	5.733	5.609	5.671	5.609	5.733
ZnO	1.078				1.078	1.090		
Sb ₂ O ₃	0.054	0.055	0.055	0.055	0.054	0.054	0.054	0.055
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
F	6.271	6.409	6.409	6.409	6.271	6.339	6.271	6.409
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)	11.251	8.194	9.714	11.498	11.251	11.373	11.251	9.846
(Bi+Ti+W+Nb+Ta)	4.979	1.785	3.305	5.089	4.979	5.034	4.979	3.437
La+Gd+Y+Yb+Lu	61.080	65.730	64.210	66.391	62.158	61.746	61.080	64.078
(La+Gd+Y+Yb+Lu)/ (Bi+Ti+W+Nb+Ta)	12.266	36.834	19.430	13.046	12.483	12.266	12.266	18.645
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)/ (Ta+Zr+Li)	2.900	2.066	2.450	—	2.900	2.900	2.900	2.483
Mg+Ca+Sr+Ba	1.078	1.102	1.102	1.102	1.078	1.090	3.233	1.102
nd	1.77096	1.77188	1.76775	1.76728	1.77455	1.77269	1.76973	1.77135
ν d	48.8	50.0	49.7	49.1	48.1	48.4	48.6	48.7
θ g,F	0.560	0.557	0.559	0.560	0.561	0.561	0.561	0.560
-125×nd+265	43.6	43.5	44.0	44.1	43.2	43.4	43.8	43.6
切片 b(a=0.0017)	0.6433	0.6420	0.6435	0.6435	0.6428	0.6437	0.6436	0.6428
切片 b(a=0.0020)	0.6579	0.6570	0.6584	0.6582	0.6572	0.6582	0.6582	0.6574
λ_{80} [nm]	394	389.5	391	392.5	396	396	394.5	393
λ_5 [nm]	332	315.5	331.5	331.5	332.5	332.5	332	328.5

10

20

30

40

【 0 0 9 6 】

【表 9】

	実 施 例							
	64	65	66	67	68	69	70	71
B ₂ O ₃	18.766	18.361	18.361	18.361	18.361	19.439	19.439	19.439
La ₂ O ₃	46.233	45.236	45.236	45.236	45.236	45.236	45.236	45.236
Bi ₂ O ₃								
Nb ₂ O ₅	1.785	1.746	1.746	0.668	1.746	1.746	2.824	1.746
TiO ₂								
WO ₃	1.102	3.233	3.233	3.233	3.233	3.233	3.233	4.311
K ₂ O								
Ta ₂ O ₅	2.203	2.156	2.156	2.156	1.078			
Gd ₂ O ₃			2.156	1.078				
Y ₂ O ₃	16.193	15.844	15.844	15.844	15.844	15.844	15.844	15.844
Yb ₂ O ₃								
ZrO ₂	3.966	3.880	1.724	3.880	3.880	4.958	3.880	3.880
Li ₂ O								
SiO ₂	2.864	2.802	2.802	2.802	2.802	2.802	2.802	2.802
MgO								
CaO								
SrO	1.102	1.078	1.078	1.078	1.078	1.078	1.078	1.078
BaO								
P ₂ O ₅								
Al ₂ O ₃	5.733	5.609	5.609	5.609	5.609	5.609	5.609	5.609
ZnO					1.078			
Sb ₂ O ₃	0.055	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
F	6.409	6.271	6.271	6.271	6.271	6.271	6.271	6.271
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)	9.295	11.251	11.251	10.173	11.251	11.251	12.328	12.328
(Bi+Ti+W+Nb+Ta)	5.089	7.135	7.135	6.057	6.057	4.979	6.057	6.057
La+Gd+Y+Yb+Lu	62.426	61.080	63.236	62.158	61.080	61.080	61.080	61.080
(La+Gd+Y+Yb+Lu)/ (Bi+Ti+W+Nb+Ta)	12.266	8.561	8.863	10.262	10.084	12.266	10.084	10.084
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)/ (Ta+Zr+Li)	1.507	1.864	2.900	1.685	2.269	2.269	3.177	3.177
Mg+Ca+Sr+Ba	1.102	1.078	1.078	1.078	1.078	1.078	1.078	1.078
nd	1.77387	1.77740	1.77473	1.77397	1.77711	1.77001	1.77078	1.76899
ν _d	48.9	48.0	48.1	48.6	47.9	48.4	48.0	47.8
θ _{g,F}	0.559	0.561	0.560	0.561	0.562	0.561	0.562	0.564
-125×nd+265	43.3	42.8	43.2	43.3	42.9	43.7	43.7	43.9
切片 b(a=0.0017)	0.6421	0.6426	0.6418	0.6431	0.6429	0.6433	0.6436	0.6448
切片 b(a=0.0020)	0.6568	0.6570	0.6562	0.6577	0.6573	0.6578	0.6580	0.6591
λ ₈₀ [nm]	393	397.5	396.5	394.5	395.5	415.5	394	394
λ ₅ [nm]	327	333	332.5	332.5	332.5	332	332	333.5

【 0 0 9 7 】

【表 10】

	実施例							
	72	73	74	75	76	77	78	79
B ₂ O ₃	21.962	18.008	21.139	20.468	20.421	20.399	20.418	21.962
La ₂ O ₃	43.820	35.929	44.282	45.128	45.025	44.977	46.802	43.820
Bi ₂ O ₃								1.044
Nb ₂ O ₅	2.735	1.387	1.709	1.742	1.738	1.736	1.738	1.691
TiO ₂		0.856	1.055					
WO ₃	3.132	2.568	3.165	3.226	3.218	3.215	3.218	3.132
K ₂ O								
Ta ₂ O ₅								
Gd ₂ O ₃								
Y ₂ O ₃	15.347	12.584	15.509	15.806	15.770	15.753	15.767	15.347
Yb ₂ O ₃								
ZrO ₂	3.759	3.082	3.798	3.871	3.862	3.858	3.861	3.759
Li ₂ O								
SiO ₂	2.715	2.226	2.743	2.796	2.789	2.786	2.789	2.715
MgO								
CaO				1.545				
SrO	1.044	0.856	1.055	1.075	2.843	1.072	1.073	1.044
BaO						1.875		
P ₂ O ₅								
Al ₂ O ₃	5.434	4.455	5.491	4.290	4.281	4.276	4.280	5.434
ZnO		18.008						
Sb ₂ O ₃	0.052	0.043	0.053	0.054	0.054	0.054	0.054	0.052
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
F	6.075	4.981	6.139	5.843	5.435	5.245	5.409	6.075
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)	11.942	9.792	12.068	10.811	10.391	10.196	10.365	11.942
(Bi+Ti+W+Nb+Ta)	5.868	4.811	5.929	4.968	4.956	4.951	4.955	5.868
La+Gd+Y+Yb+Lu	59.167	48.512	59.791	60.934	60.795	60.730	62.570	59.167
(La+Gd+Y+Yb+Lu)/ (Bi+Ti+W+Nb+Ta)	10.084	10.084	10.084	12.266	12.266	12.266	12.626	10.084
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)/ (Ta+Zr+Li)	3.177	3.177	3.177	2.793	2.691	2.643	2.684	3.177
Mg+Ca+Sr+Ba	1.044	0.856	1.055	2.620	2.843	2.946	1.073	1.044
nd	1.76172	1.76439	1.76791	1.76998	1.77465	1.77769	1.77749	1.75912
ν d	48.7	47.8	47.7	48.6	48.3	48.4	48.5	50.9
θ _{g,F}	0.561	0.564	0.564	0.560	0.561	0.561	0.560	0.558
-125×nd+265	44.8	44.5	44.0	43.8	43.2	42.8	42.8	45.1
切片 b(a=0.0017)	0.6440	0.6453	0.6451	0.6426	0.6431	0.6433	0.6425	0.6445
切片 b(a=0.0020)	0.6586	0.6596	0.6594	0.6572	0.6576	0.6578	0.6570	0.6598
λ ₈₀ [nm]	396.5	399	399.5	392.5	393.5	395	394	398
λ ₅ [nm]	332.5	337	337	331	331.5	332.5	332	339.5

【 0 0 9 8 】

【表 1 1】

	実施例							
	80	81	82	83	84	85	86	87
B ₂ O ₃	19.439	18.361	18.830	20.918	19.439	19.439	18.361	18.361
La ₂ O ₃	45.236	45.236	43.820	43.820	45.236	45.236	45.236	45.236
Bi ₂ O ₃								
Nb ₂ O ₅	1.746	1.746	1.691	1.691	1.746	1.746	1.746	2.824
TiO ₂								
WO ₃	3.233	3.233	3.132	3.132	3.233	3.233	3.233	3.233
K ₂ O								
Ta ₂ O ₅				1.044				
Gd ₂ O ₃								
Y ₂ O ₃	15.844	15.844	15.347	15.347	15.844	15.844	15.844	15.844
Yb ₂ O ₃	1.078				2.156	1.078	2.156	1.078
ZrO ₂	3.880	3.880	3.759	3.759	3.880	3.880	3.880	3.880
Li ₂ O								
SiO ₂	2.802	2.802	2.715	2.715	2.802	2.802	2.802	2.802
MgO								
CaO								
SrO	1.078	1.078	1.044				1.078	1.078
BaO								
P ₂ O ₅								
Al ₂ O ₃	5.609	5.609	5.434	5.434	5.609	5.609	5.609	5.609
ZnO		2.156	4.176	2.088		1.078		
Sb ₂ O ₃	0.054	0.054	0.052	0.052	0.054	0.054	0.054	0.054
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
F	6.271	6.271	6.075	6.075	6.271	6.271	6.271	6.271
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)	11.251	11.251	10.898	10.898	11.251	11.251	11.251	12.328
(Bi+Ti+W+Nb+Ta)	4.979	4.979	4.823	5.868	4.979	4.979	4.979	6.057
La+Gd+Y+Yb+Lu	62.158	61.080	59.167	59.167	63.236	62.158	63.236	62.158
(La+Gd+Y+Yb+Lu)/ (Bi+Ti+W+Nb+Ta)	12.483	12.266	12.266	10.084	12.699	12.483	12.699	10.262
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)/ (Ta+Zr+Li)	2.900	2.900	2.900	2.269	2.900	2.900	2.900	3.177
Mg+Ca+Sr+Ba	1.078	1.078	1.044	0.000	0.000	0.000	1.078	1.078
nd	1.77033	1.77190	1.76900	1.76447	1.76825	1.76749	1.77432	1.77607
ν d	50.8	48.3	48.2	47.9	48.8	48.8	48.3	47.7
θ g,F	0.557	0.561	0.561	0.562	0.561	0.561	0.561	0.563
-125×nd+265	43.7	43.5	43.9	44.4	44.0	44.1	43.2	43.0
切片 b(a=0.0017)	0.6429	0.6431	0.6429	0.6434	0.6435	0.6440	0.6435	0.6441
切片 b(a=0.0020)	0.6581	0.6576	0.6574	0.6578	0.6581	0.6586	0.6580	0.6584
λ ₈₀ [nm]	395.5	396.5	396.5	395	396	396.5	396.5	398
λ ₅ [nm]	332.5	332.5	332.5	332	332.5	332.5	333	333.5

【 0 0 9 9 】

10

20

30

40

【表 1 2】

	実施例							
	88	89	90	91	92	93	94	95
B ₂ O ₃	19.439	19.346	18.361	18.361	18.361	19.439	22.918	21.416
La ₂ O ₃	45.236	46.802	45.236	45.236	45.236	45.236	44.664	44.310
Bi ₂ O ₃	1.078							
Nb ₂ O ₅	1.746	1.738	1.746	1.746	1.746	1.746	0.862	0.855
TiO ₂								
WO ₃	3.233	3.218	3.233	3.233	3.233	3.233	3.192	3.167
K ₂ O								
Ta ₂ O ₅								
Gd ₂ O ₃								
Y ₂ O ₃	15.844	15.767	15.844	15.844	15.844	15.844	15.643	15.519
Yb ₂ O ₃	1.078	1.073				1.078		
ZrO ₂	3.880	3.861	3.880	1.724	3.880	3.880	2.767	3.801
Li ₂ O								
SiO ₂	2.802	2.789	2.802	2.802	2.802	2.802	2.767	4.328
MgO								
CaO								
SrO		1.073		1.078	1.078	1.078	1.064	1.056
BaO								
P ₂ O ₅								
Al ₂ O ₃	5.609	4.280	5.609	5.609	5.609	5.609	5.538	5.495
ZnO			3.233	4.311	2.156		0.532	
Sb ₂ O ₃	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.054	0.053	0.053
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
F	6.271	5.409	6.271	6.271	6.271	6.271	6.192	6.143
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)	12.328	10.365	11.251	11.251	11.251	11.251	10.246	10.165
(Bi+Ti+W+Nb+Ta)	6.057	4.955	4.979	4.979	4.979	4.979	4.054	4.022
La+Gd+Y+Yb+Lu	62.158	63.642	61.080	61.080	61.080	62.158	60.307	59.829
(La+Gd+Y+Yb+Lu)/ (Bi+Ti+W+Nb+Ta)	10.262	12.843	12.266	12.266	12.266	12.483	14.874	14.874
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)/ (Ta+Zr+Li)	3.177	2.684	2.900	6.524	2.900	2.900	3.703	2.675
Mg+Ca+Sr+Ba	0.000	1.073	0.000	1.078	1.078	1.078	1.064	1.056
nd	1.76893	1.78236	1.76989	1.76383	1.77716	1.76759	1.76670	1.76940
ν d	49.2	48.0	48.3	49.6	48.0	48.8	49.0	48.6
θ g,F	0.561	0.561	0.561	0.558	0.561		0.560	0.561
-125×nd+265	43.9	42.2	43.8	44.5	42.9	44.1	44.2	43.8
切片 b(a=0.0017)	0.6446	0.6426	0.6431	0.6423	0.6426	0.0830	0.6433	0.6436
切片 b(a=0.0020)	0.6594	0.6570	0.6576	0.6572	0.6570	0.0976	0.6580	0.6582
λ _{s0} [nm]	400.5	396	394.5	392.5	390.5	394.5	394	394.5
λ _s [nm]	340.5	332.5	332	331.5	331	332	331.5	332

【 0 1 0 0 】

【表 13】

	実施例							
	96	97	98	99	100	101	102	103
B ₂ O ₃	19.439	20.517	20.517	23.007	23.007	23.007	23.007	22.485
La ₂ O ₃	45.236	45.236	45.236	43.820	43.820	43.820	43.820	43.820
Bi ₂ O ₃				1.044	2.088	1.691		
Nb ₂ O ₅	1.746	1.746	1.746	1.691	1.691		1.691	1.691
TiO ₂								0.522
WO ₃	3.233	3.233	3.233	3.132	3.132	3.132	3.132	3.132
K ₂ O								
Ta ₂ O ₅								
Gd ₂ O ₃			15.844					
Y ₂ O ₃	15.844	15.844		15.347	15.347	15.347	15.347	15.347
Yb ₂ O ₃								
ZrO ₂	3.880	3.880	3.880	3.759	1.670	3.759	3.759	3.759
Li ₂ O								
SiO ₂	3.880	2.802	2.802	2.715	2.715	2.715	2.715	2.715
MgO								
CaO								
SrO	1.078	1.078	1.078		1.044	1.044	1.044	1.044
BaO								
P ₂ O ₅								
Al ₂ O ₃	5.609	5.609	5.609	5.434	5.434	5.434	5.434	5.434
ZnO								
Sb ₂ O ₃	0.054	0.054	0.054	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
F	6.271	8.427	6.271	6.075	6.075	6.075	6.075	6.075
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)	11.251	13.406	11.251	11.942	12.986	10.898	10.898	11.420
(Bi+Ti+W+Nb+Ta)	4.979	4.979	4.979	5.868	6.912	4.823	4.823	5.346
La+Gd+Y+Yb+Lu	61.080	61.080	61.080	59.167	59.167	59.167	59.167	59.167
(La+Gd+Y+Yb+Lu)/ (Bi+Ti+W+Nb+Ta)	12.266	12.266	12.266	10.084	8.561	12.266	12.266	11.069
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)/ (Ta+Zr+Li)	2.900	3.455	2.900	3.177	7.774	2.900	2.900	3.038
Mg+Ca+Sr+Ba	1.078	1.078	1.078	0.000	1.044	1.044	1.044	1.044
nd	1.76172	1.75206	1.76565	1.75534	1.75208	1.75096	1.75352	1.75797
ν d	49.4	49.0	49.8	49.1	48.9	49.8	50.7	48.8
θ g,F	0.559	0.561	0.559	0.561	0.562	0.560	0.557	0.562
-125×nd+265	44.8	46.0	44.3	45.6	46.0	46.1	45.8	45.3
切片 b(a=0.0017)	0.6430	0.6443	0.6437	0.6440	0.6451	0.6447	0.6432	0.6445
切片 b(a=0.0020)	0.6578	0.6590	0.6586	0.6587	0.6598	0.6596	0.6584	0.6591
λ ₈₀ [nm]	392	391	394.5	395.5	398.5	395	390	394
λ ₅ [nm]	331	330	332.5	339	342.5	340.5	330	333.5

【 0 1 0 1 】

【表 1 4】

	実施例							
	104	105	106	107	108	109	110	111
B ₂ O ₃	22.485	22.485	23.007	19.874	23.007	23.007	20.520	19.878
La ₂ O ₃	43.820	43.820	43.820	43.820	43.820	43.820	45.234	43.818
Bi ₂ O ₃					3.759	3.132	2.156	2.088
Nb ₂ O ₅		1.691	1.691	1.691	1.691	1.691	1.746	1.691
TiO ₂	2.213	2.610						
WO ₃	3.132	3.132	3.132	3.132	3.132		3.233	3.132
K ₂ O								
Ta ₂ O ₅								
Gd ₂ O ₃								
Y ₂ O ₃	15.347	15.347	15.347	15.347	15.347	15.347	15.843	15.347
Yb ₂ O ₃								
ZrO ₂	3.759	1.670	3.759	3.759		3.759	1.724	1.670
Li ₂ O								
SiO ₂	2.715	2.715	2.715	5.847	2.715	2.715	2.802	5.846
MgO								
CaO								
SrO	1.044	1.044	1.044	1.044	1.044	1.044	1.078	1.044
BaO								
P ₂ O ₅								
Al ₂ O ₃	5.434	5.434	5.434	5.434	5.434	5.434	5.609	5.433
ZnO								
Sb ₂ O ₃	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.054	0.052
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
F	6.075	6.075	6.075	6.075	6.075	6.075	6.271	6.074
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)	11.420	13.508	10.898	10.898	14.657	10.898	13.406	12.986
(Bi+Ti+W+Nb+Ta)	5.346	7.434	4.823	4.823	8.582	4.823	7.135	6.911
La+Gd+Y+Yb+Lu	59.167	59.167	59.167	59.167	59.167	59.167	61.077	59.164
(La+Gd+Y+Yb+Lu)/ (Bi+Ti+W+Nb+Ta)	11.069	7.959	12.266	12.266	6.894	12.266	8.561	8.561
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)/ (Ta+Zr+Li)	3.038	8.087	2.900	2.900	—	2.900	7.774	7.774
Mg+Ca+Sr+Ba	1.044	1.044	1.044	1.044	1.044	1.044	1.078	1.044
nd	1.76181	1.76722	1.75352	1.75050	1.75044	1.75626	1.76186	1.75165
ν d	47.9	46.0	50.7	49.7	48.4	49.2	48.6	49.3
θ g,F	0.563	0.567	0.558	0.559	0.563	0.562	0.563	0.562
-125×nd+265	44.8	44.1	45.8	46.2	46.2	45.5	44.8	46.0
切片 b(a=0.0017)	0.6444	0.6452	0.6442	0.6435	0.6453	0.6456	0.6458	0.6458
切片 b(a=0.0020)	0.6588	0.6590	0.6594	0.6584	0.6598	0.6604	0.6604	0.6606
λ_{80} [nm]	401	404	390	389.5	400	395	400	396
λ_5 [nm]	339.5	341.5	330	330	347	341.5	344.5	342.5

【 0 1 0 2 】

【表 15】

	実施例							
	112	113	114	115	116	117	118	119
B ₂ O ₃	23.007	22.746	22.746	22.485	22.746	19.613	21.098	22.045
La ₂ O ₃	43.820	43.820	43.820	43.820	43.820	43.820	44.754	43.820
Bi ₂ O ₃	3.132			1.044	1.044			
Nb ₂ O ₅	1.691	1.691	0.846	1.691	0.846	0.846	0.864	0.846
TiO ₂		1.305	1.107	0.522	1.107	1.107	1.130	1.107
WO ₃	3.132	3.132	3.132	3.132	3.132	3.132	3.199	3.132
K ₂ O								
Ta ₂ O ₅								
Gd ₂ O ₃								
Y ₂ O ₃	15.347	15.347	15.347	15.347	15.347	15.347	15.675	15.347
Yb ₂ O ₃								
ZrO ₂	0.626	2.715	3.759	2.715	2.715	3.759	3.839	3.759
Li ₂ O								
SiO ₂	2.715	2.715	2.715	2.715	2.715	5.847	2.772	2.715
MgO								
CaO								
SrO	1.044	1.044	1.044	1.044	1.044	1.044	1.066	1.044
BaO								
P ₂ O ₅								0.700
Al ₂ O ₃	5.434	5.434	5.434	5.434	5.434	5.434	5.550	5.434
ZnO								
Sb ₂ O ₃	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.053	0.052
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
F	6.075	6.075	6.075	6.075	6.075	6.075	6.204	6.075
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)	14.030	12.203	11.159	12.464	12.203	11.159	11.397	11.159
(Bi+Ti+W+Nb+Ta)	7.956	6.129	5.084	6.390	6.129	5.084	5.193	5.084
La+Gd+Y+Yb+Lu	59.167	59.167	59.167	59.167	59.167	59.167	60.429	59.167
(La+Gd+Y+Yb+Lu)/ (Bi+Ti+W+Nb+Ta)	7.437	9.654	11.637	9.260	9.654	11.637	11.637	11.637
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)/ (Ta+Zr+Li)	22.397	4.496	2.969	4.592	4.496	2.969	2.969	2.969
Mg+Ca+Sr+Ba	1.044	1.044	1.044	1.044	1.044	1.044	1.066	1.044
n _d	1.75377	1.76000	1.75926	1.75927	1.75706	1.75603	1.76465	1.76040
ν _d	48.6	48.3	48.4	48.5	48.8	47.9	48.1	48.2
θ _{g,F}	0.563	0.562	0.562	0.562	0.563	0.563	0.563	0.564
-125×n _d +265	45.8	45.0	45.1	45.1	45.4	45.5	44.4	45.0
切片 b(a=0.0017)	0.6456	0.6445	0.6443	0.6449	0.6460	0.6444	0.6448	0.6459
切片 b(a=0.0020)	0.6602	0.6590	0.6588	0.6594	0.6606	0.6588	0.6592	0.6604
λ _{g0} [nm]	400	398	396.5	398.5	400	395.5	398	398
λ ₅ [nm]	346	337.5	336	341	342.5	335.5	336	336.5

【 0 1 0 3 】

【表 16】

	実施例							
	120	121	122	123	124	125	126	127
B ₂ O ₃	20.644	20.520	17.287	15.465	17.899	19.613	17.899	19.613
La ₂ O ₃	43.820	45.234	45.234	46.231	44.754	43.820	44.754	43.820
Bi ₂ O ₃		2.156	2.156	2.203		0.522	0.533	0.522
Nb ₂ O ₅	0.846	1.746	1.746	1.784	0.864	0.324	0.331	0.846
TiO ₂	1.107				1.130	1.107	1.130	1.107
WO ₃	3.132	3.233	3.233	3.304	3.199	3.132	3.199	3.132
K ₂ O								
Ta ₂ O ₅								
Gd ₂ O ₃								
Y ₂ O ₃	15.347	15.843	15.843	16.192	15.675	15.347	15.675	15.347
Yb ₂ O ₃								
ZrO ₂	3.759	1.724	1.724	1.762	3.839	3.759	3.839	3.237
Li ₂ O								
SiO ₂	2.715	2.802	6.035	6.168	5.971	5.847	5.971	5.847
MgO								
CaO								
SrO	1.044	1.078	1.078	1.101	1.066	1.044	1.066	1.044
BaO								
P ₂ O ₅	2.101							
Al ₂ O ₃	5.434	5.609	5.609	5.733	5.550	5.434	5.550	5.434
ZnO								
Sb ₂ O ₃	0.052	0.054	0.054	0.055	0.053	0.052	0.053	0.052
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
F	6.075	6.271	6.271	6.409	6.204	6.075	6.204	6.075
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)	11.159	13.406	13.406	13.701	11.397	11.159	11.397	11.681
(Bi+Ti+W+Nb+Ta)	5.084	7.135	7.135	7.292	5.193	5.084	5.193	5.607
La+Gd+Y+Yb+Lu	59.167	61.077	61.077	62.423	60.429	59.167	60.429	59.167
(La+Gd+Y+Yb+Lu)/ (Bi+Ti+W+Nb+Ta)	11.637	8.561	8.561	8.561	11.637	11.637	11.637	10.553
(F+Bi+Ti+W+Nb+K)/ (Ta+Zr+Li)	2.969	7.774	7.774	7.774	2.969	2.969	2.969	3.609
Mg+Ca+Sr+Ba	1.044	1.078	1.078	1.101	1.066	1.044	1.066	1.044
nd	1.75775	1.76186	1.75882	1.76571	1.76255	1.75483	1.76099	1.75650
ν d	48.4	48.6	48.4	48.1	48.3	49.1	48.3	48.3
θ g,F	0.563	0.564	0.564	0.565	0.562	0.561	0.563	0.563
-125×nd+265	45.3	44.8	45.1	44.3	44.7	45.6	44.9	45.4
切片 b(a=0.0017)	0.6453	0.6466	0.6458	0.6463	0.6441	0.6445	0.6446	0.6451
切片 b(a=0.0020)	0.6598	0.6612	0.6603	0.6607	0.6586	0.6592	0.6591	0.6596
λ ₈₀ [nm]	399.5	400	398.5	401.5	396.5	396	398	397.5
λ ₅ [nm]	336	344.5	344	345	336	339	339.5	339.5

【0104】

本発明の実施例の光学ガラスは、部分分散比（ g, F ）が（ $-0.00200 \times d + 0.64982$ ）以上であり、所望の高い部分分散比を有すると推察される。そのため、本発明の実施例の光学ガラスは、アッペ数（ d ）との関係式において部分分散比（ g, F ）が大きく、光学素子を形成したときの色収差が小さいものと考えられる。

【 0 1 0 5 】

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 1.70 以上、より具体的には 1.75 以上であるとともに、この屈折率 (n_d) は 2.20 以下、より詳細には 1.85 以下であり、所望の範囲内であった。

【 0 1 0 6 】

また、本発明の実施例の光学ガラスは、いずれもアッペ数 (V_d) が 39 以上、より詳細には 40.7 以上であるとともに、このアッペ数 (V_d) は 52 未満、より詳細には 51.3 以下であり、所望の範囲内であった。

【 0 1 0 7 】

また、本発明の実施例の光学ガラスは、ガラス転移点 (T_g) が 650 以下であり、 τ_{70} (透過率 70% 時の波長) が 500 nm 以下であり、 τ_5 (透過率 5% 時の波長) が 450 nm 以下であると推察される。

10

【 0 1 0 8 】

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 (V_d) が所望の範囲内にありながら、色収差が小さく、モールドプレス成形を行い易く、且つ可視領域の波長の光に対する透明性が高いと考えられる。

【 0 1 0 9 】

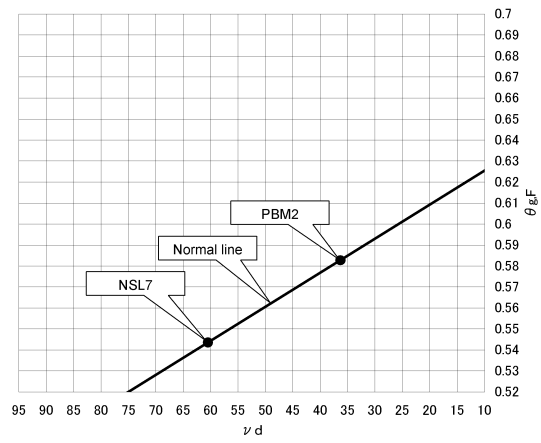
さらに、本発明の実施例で得られた光学ガラスを用いて、リヒートプレス成形を行った後で研削及び研磨を行い、レンズ及びプリズムの形状に加工した。また、本発明の実施例の光学ガラスを用いて、精密プレス成形用プリフォームを形成し、精密プレス成形用プリフォームを精密プレス成形加工した。いずれの場合も、加熱軟化後のガラスには乳白化及び失透等の問題は生じず、安定に様々なレンズ及びプリズムの形状に加工することができた。

20

【 0 1 1 0 】

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。

【図 1】



フロントページの続き

(72)発明者 上原 進

神奈川県相模原市中央区小山 1 - 1 5 - 3 0 株式会社オハラ内

審査官 吉川 潤

(56)参考文献 特開 2 0 0 9 - 0 0 1 4 3 9 (J P , A)

特開 2 0 0 7 - 2 6 9 5 8 4 (J P , A)

特開 2 0 0 5 - 1 7 0 7 8 2 (J P , A)

特開 2 0 0 3 - 2 3 8 1 9 8 (J P , A)

特開 2 0 1 0 - 0 1 3 2 9 2 (J P , A)

特開 2 0 0 3 - 0 2 1 7 0 1 (J P , A)

特開平 0 7 - 1 1 8 0 3 3 (J P , A)

特開昭 6 0 - 2 2 1 3 3 8 (J P , A)

特開昭 5 9 - 1 6 9 9 5 2 (J P , A)

特開昭 5 8 - 0 6 9 7 4 1 (J P , A)

特開昭 5 7 - 0 3 4 0 4 4 (J P , A)

特開昭 5 2 - 0 1 5 5 1 0 (J P , A)

特開昭 4 9 - 0 7 2 3 1 1 (J P , A)

米国特許第 0 4 0 6 6 4 6 4 (U S , A)

米国特許出願公開第 2 0 0 3 / 0 1 0 4 9 1 9 (U S , A 1)

英国特許出願公開第 0 2 3 4 2 9 1 8 (G B , A)

作花済夫編, “ 3 . 1 . 光学設計と光学ガラス ” , ガラスハンドブック, 日本, 朝倉書店, 1 9 7 5 年 9 月 3 0 日, 初版, 7 1 ~ 7 3 頁

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

C 0 3 C 3 / 0 6 2 - 3 / 0 6 8

C 0 3 C 3 / 1 2 - 3 / 2 5 3

G 0 2 B 1 / 0 0

I N T E R G L A D

G A Z