

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5706231号
(P5706231)

(45) 発行日 平成27年4月22日(2015.4.22)

(24) 登録日 平成27年3月6日(2015.3.6)

(51) Int.Cl.		F I	
CO3C	3/097	(2006.01)	CO3C 3/097
CO3C	3/062	(2006.01)	CO3C 3/062
G02B	1/00	(2006.01)	G02B 1/00

請求項の数 18 (全 34 頁)

(21) 出願番号	特願2011-112692 (P2011-112692)	(73) 特許権者	000128784
(22) 出願日	平成23年5月19日 (2011.5.19)		株式会社オハラ
(65) 公開番号	特開2012-197211 (P2012-197211A)		神奈川県相模原市中央区小山1丁目15番30号
(43) 公開日	平成24年10月18日 (2012.10.18)	(74) 代理人	100106002
審査請求日	平成26年1月16日 (2014.1.16)		弁理士 正林 真之
(31) 優先権主張番号	特願2010-143083 (P2010-143083)	(74) 代理人	100120891
(32) 優先日	平成22年6月23日 (2010.6.23)		弁理士 林 一好
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100131705
(31) 優先権主張番号	特願2011-53500 (P2011-53500)		弁理士 新山 雄一
(32) 優先日	平成23年3月10日 (2011.3.10)	(72) 発明者	津田 哲也
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		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) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

酸化物換算組成のガラス全物質量に対して、モル%で

SiO_2 成分を 20.0% 以上 60.0% 以下、

Ta_2O_5 成分を 2.15% 以上 25.0% 以下、

Nb_2O_5 成分を 5.0% 以上 30.0% 以下、

TiO_2 成分を 0.5% 以上 15.0% 以下、

Li_2O 成分を 7.0% 以上 30.0% 以下、

Na_2O 成分を 1.0% 以上 30.0% 以下及び

ZrO_2 成分を 0.2% 以上 15.0% 以下

含有し、

1.79 以上 2.20 以下の屈折率 (n_d) を有し、

部分分散比 (g, F) がアッペ数 (d) との間で、 $d > 25$ の範囲において ($-0.00160 \times d + 0.63460$) (g, F) ($-0.00563 \times d + 0.75573$) の関係を満たし、 $d < 25$ の範囲において ($-0.00250 \times d + 0.65710$) (g, F) ($-0.00340 \times d + 0.70000$) 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物質量に対して、モル%で

Bi_2O_3 成分 $0 \sim 10.0\%$ 及び

W O₃ 成分 0 ~ 10 . 0 %

をさらに含有する請求項 1 記載の光学ガラス。

【請求項 3】

酸化物換算組成のモル比 $(N b_2 O_5 + T a_2 O_5) / (T i O_2 + B i_2 O_3 + W O_3)$ が 2 . 50 より大きい請求項 2 記載の光学ガラス。

【請求項 4】

酸化物換算組成のガラス全物質量に対して、モル%で

K₂O 成分 0 ~ 20 . 0 % 及び

C s₂O 成分 0 ~ 10 . 0 %

をさらに含有する請求項 1 から 3 のいずれか記載の光学ガラス。

10

【請求項 5】

酸化物換算組成のガラス全物質量に対する R n₂O 成分 (式中、R n は L i、N a、K 及び C s からなる群より選択される 1 種以上) の含有量の和が 10 . 0 % 以上 50 . 0 % 以下である請求項 4 記載の光学ガラス。

【請求項 6】

酸化物換算組成のガラス全物質量に対して、モル%で

M g O 成分 0 ~ 15 . 0 %、

C a O 成分 0 ~ 20 . 0 %、

S r O 成分 0 ~ 20 . 0 %、

B a O 成分 0 ~ 30 . 0 % 及び

Z n O 成分 0 ~ 30 . 0 %

をさらに含有する請求項 1 から 5 のいずれか記載の光学ガラス。

20

【請求項 7】

酸化物換算組成のガラス全物質量に対する R O 成分 (式中、R は M g、C a、S r、B a、Z n からなる群より選択される 1 種以上) の含有量の和が 30 . 0 % 以下である請求項 6 記載の光学ガラス。

【請求項 8】

酸化物換算組成のガラス全物質量に対して、モル%で

P₂O₅ 成分 0 ~ 20 . 0 %、

B₂O₃ 成分 0 ~ 30 . 0 % 及び

G e O₂ 成分 0 ~ 20 . 0 %

をさらに含有する請求項 1 から 7 のいずれか記載の光学ガラス。

30

【請求項 9】

酸化物換算組成のガラス全物質量に対して、モル%で B₂O₃ 成分の含有量が 10 . 0 % 以下である請求項 1 から 8 のいずれか記載の光学ガラス。

【請求項 10】

酸化物換算組成のガラス全物質量に対する和 $(S i O_2 + P_2 O_5 + B_2 O_3 + G e O_2)$ が 20 . 0 % 以上 60 . 0 % 以下である請求項 9 記載の光学ガラス。

【請求項 11】

酸化物換算組成のガラス全物質量に対して、モル%で

Y₂O₃ 成分 0 ~ 30 . 0 %、

L a₂O₃ 成分 0 ~ 30 . 0 %、

G d₂O₃ 成分 0 ~ 30 . 0 %、

Y b₂O₃ 成分 0 ~ 20 . 0 % 及び

L u₂O₃ 成分 0 ~ 10 . 0 %

をさらに含有する請求項 1 から 10 のいずれか記載の光学ガラス。

40

【請求項 12】

酸化物換算組成のガラス全物質量に対する L n₂O₃ 成分 (式中、L n は Y、L a、G d、Y b 及び L u からなる群より選択される 1 種以上) の含有量の和が 30 . 0 % 以下である請求項 11 記載の光学ガラス。

50

【請求項 13】

酸化物換算組成のガラス全物質量に対して、モル%で

TeO₂成分 0～30.0%、
 Al₂O₃成分 0～20.0%、
 Ga₂O₃成分 0～20.0%、
 In₂O₃成分 0～20.0%、
 Sb₂O₃成分 0～1.0%及び
 CeO₂成分 0～1.0%

をさらに含有する請求項 1 から 12 のいずれか記載の光学ガラス。

【請求項 14】

2.00 以下の屈折率 (nd) を有し、20 以上 40 以下のアッペ数 (d) を有する請求項 1 から 13 のいずれか記載の光学ガラス。

【請求項 15】

分光透過率が 70% を示す波長 (λ₀) が 500 nm 以下である請求項 1 から 14 のいずれか記載の光学ガラス。

【請求項 16】

請求項 1 から 15 のいずれか記載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 17】

請求項 1 から 15 のいずれか記載の光学ガラスを研削及び/又は研磨してなる光学素子

【請求項 18】

請求項 1 から 15 のいずれか記載の光学ガラスを精密プレス成形してなる光学素子。

【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。

【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ることで補正されるが、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

【0004】

部分分散比 (g, F) は、下式 (1) により示される。

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

【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 (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 (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

10

20

30

40

50

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のアッベ数（ n_d ）は36.3、部分分散比（ g, F ）は0.5828、NSL7のアッベ数（ n_d ）は60.5、部分分散比（ g, F ）は0.5436である。）

【0006】

ここで、高分散を有するガラスとしては、例えば特許文献1～3に示されるような光学ガラスが知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0007】

【特許文献1】特開2009-179522号公報

【特許文献2】国際公開第2004/110942号パンフレット

【特許文献3】特開2004-161598号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかし、特許文献1～3で開示されたガラスは、部分分散比が小さくなく、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。また、特許文献1～3で開示されたガラスは、可視光に対する透明性が高くなく、特に可視光を透過する用途に用いるには十分でなかった。すなわち、高分散であり、部分分散比（ g, F ）が小さく、且つ可視光に対する透明性が高い光学ガラスが求められている。

20

【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 ）及びアッベ数（ n_d ）が所望の範囲内にありながら、部分分散比（ g, F ）が小さく、且つ可視光に対する透明性が高められた光学ガラスと、これを用いたプリフォーム及び光学素子を得ることにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

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、 SiO_2 成分及び Ta_2O_5 成分を併用し、これらの含有量を所定の範囲内にすることによって、ガラスの高屈折率及び高分散化が図られながらも、ガラスの部分分散比（ g, F ）がアッベ数（ n_d ）との間で所望の関係を有し、且つガラスの着色が低減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。

30

【0011】

(1) 酸化物換算組成のガラス全物質量に対して、モル%で SiO_2 成分を60.0%以下、及び、 Ta_2O_5 成分を25.0%以下含有し、部分分散比（ g, F ）がアッベ数（ n_d ）との間で、 $n_d > 25$ の範囲において（ $-0.00160 \times n_d + 0.63460$ ）（ g, F ）（ $-0.00563 \times n_d + 0.75573$ ）の関係を満たし、 $n_d > 25$ の範囲において（ $-0.00250 \times n_d + 0.65710$ ）（ g, F ）（ $-0.00340 \times n_d + 0.70000$ ）の関係を満たす光学ガラス。

40

【0012】

(2) 酸化物換算組成のガラス全物質量に対して、モル%で SiO_2 成分を20.0～60.0%、及び、 Ta_2O_5 成分を2.15～25.0%含有する(1)記載の光学ガラス。

【0013】

(3) 酸化物換算組成のガラス全物質量に対して、モル%で
 Nb_2O_5 成分 0～30.0%及び/又は
 TiO_2 成分 0～20.0%及び/又は
 Bi_2O_3 成分 0～10.0%及び/又は

50

WO₃成分 0～10.0%

をさらに含有する(1)又は(2)記載の光学ガラス。

【0014】

(4) 酸化物換算組成のモル比($Nb_2O_5 + Ta_2O_5$) / ($TiO_2 + Bi_2O_3 + WO_3$)が2.50より大きい(3)記載の光学ガラス。

【0015】

(5) 酸化物換算組成のガラス全物質量に対して、モル%で

Li₂O成分 0～30.0%及び/又は

Na₂O成分 0～30.0%及び/又は

K₂O成分 0～20.0%及び/又は

Cs₂O成分 0～10.0%

をさらに含有する(1)から(4)のいずれか記載の光学ガラス。

10

【0016】

(6) 酸化物換算組成のガラス全物質量に対するRn₂O成分(式中、RnはLi、Na、K及びCsからなる群より選択される1種以上)の含有量の和が10.0%以上50.0%以下である(5)記載の光学ガラス。

【0017】

(7) 酸化物換算組成のガラス全物質量に対して、モル%で

MgO成分 0～15.0%及び/又は

CaO成分 0～20.0%及び/又は

SrO成分 0～20.0%及び/又は

BaO成分 0～30.0%及び/又は

ZnO成分 0～30.0%

をさらに含有する(1)から(6)のいずれか記載の光学ガラス。

20

【0018】

(8) 酸化物換算組成のガラス全物質量に対する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)の含有量の和が30.0%以下である(7)記載の光学ガラス。

【0019】

(9) 酸化物換算組成のガラス全物質量に対して、モル%で

P₂O₅成分 0～20.0%及び/又は

B₂O₃成分 0～30.0%及び/又は

GeO₂成分 0～20.0%

をさらに含有する(1)から(8)のいずれか記載の光学ガラス。

30

【0020】

(10) 酸化物換算組成のガラス全物質量に対する和($SiO_2 + P_2O_5 + B_2O_3 + GeO_2$)が20.0%以上60.0%以下である(9)記載の光学ガラス。

【0021】

(11) 酸化物換算組成のガラス全物質量に対して、モル%で

Y₂O₃成分 0～30.0%及び/又は

La₂O₃成分 0～30.0%及び/又は

Gd₂O₃成分 0～30.0%及び/又は

Yb₂O₃成分 0～20.0%及び/又は

Lu₂O₃成分 0～10.0%

をさらに含有する(1)から(10)のいずれか記載の光学ガラス。

40

【0022】

(12) 酸化物換算組成のガラス全物質量に対するLn₂O₃成分(式中、LnはY、La、Gd、Yb及びLuからなる群より選択される1種以上)の含有量の和が30.0%以下である(11)記載の光学ガラス。

【0023】

50

(13) 酸化物換算組成のガラス全物質質量に対して、モル%で
 TeO_2 成分 0~30.0%及び/又は
 Al_2O_3 成分 0~20.0%及び/又は
 Ga_2O_3 成分 0~20.0%及び/又は
 In_2O_3 成分 0~20.0%及び/又は
 ZrO_2 成分 0~20.0%及び/又は
 Sb_2O_3 成分 0~1.0%及び/又は
 CeO_2 成分 0~1.0%
 をさらに含有する(1)から(12)のいずれか記載の光学ガラス。

【0024】

10

(14) 1.75以上2.00以下の屈折率(n_d)を有し、20以上40以下のアッペ数(d)を有する(1)から(13)のいずれか記載の光学ガラス。

【0025】

(15) 分光透過率が70%を示す波長(λ_0)が500nm以下である(1)から(14)のいずれか記載の光学ガラス。

【0026】

(16) (1)から(15)のいずれか記載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。

【0027】

(17) (1)から(15)のいずれか記載の光学ガラスを研削及び/又は研磨してなる光学素子。

20

【0028】

(18) (1)から(15)のいずれか記載の光学ガラスを精密プレス成形してなる光学素子。

【発明の効果】

【0029】

本発明によれば、 SiO_2 成分及び Ta_2O_5 成分を併用し、これらの含有量を所定の範囲内にすることによって、ガラスの高屈折率及び高分散化が図られながらも、ガラスの部分分散比(g, F)がアッペ数(d)との間で所望の関係を有し、且つガラスの着色が低減される。従って、屈折率(n_d)及びアッペ数(d)が所望の範囲内にありながら、色収差が小さく、且つ可視光に対する透明性が高められた光学ガラスと、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。

30

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】部分分散比(g, F)が縦軸でアッペ数(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。

【図2】本願の実施例のガラスについての部分分散比(g, F)とアッペ数(d)の関係を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0031】

40

本発明の光学ガラスは、酸化物換算組成のガラス全物質質量に対して、モル%で SiO_2 成分を60.0%以下、及び、 Ta_2O_5 成分を25.0%以下含有し、部分分散比(g, F)がアッペ数(d)との間で、 $d \leq 25$ の範囲において($-0.00160 \times d + 0.63460$) (g, F) ($-0.00563 \times d + 0.75573$)の関係を満たし、 $d > 25$ の範囲において($-0.00250 \times d + 0.65710$) (g, F) ($-0.00340 \times d + 0.70000$)の関係を満たす。 SiO_2 成分及び Ta_2O_5 成分を併用し、これらの含有量を所定の範囲内にすることによって、ガラスが高い分散を有しながらも、部分分散比(g, F)がノーマルラインに近付けられ、且つガラスの着色が低減される。このため、30以下のアッペ数(d)を有しながらも、色収差が小さく、且つ可視光の特に短波長側の光に対する透明性が高められた

50

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。

【0032】

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。

【0033】

[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物質量に対するモル%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モル%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。

【0034】

<必須成分、任意成分について>

SiO_2 成分は、ガラス形成酸化物であり、ガラスの骨格を形成する為に有用な成分である。特に、 SiO_2 成分の含有量を60.0%以下にすることで、ガラスの屈折率が低下し難くなり、所望の屈折率を有する光学ガラスを得易くすることができる。従って、酸化物換算組成のガラス全物質量に対する SiO_2 成分の含有量は、好ましくは60.0%、より好ましくは55.0%、最も好ましくは50.0%を上限とする。一方、 SiO_2 成分の含有量を20.0%以上にすることで、安定なガラスが得られる程度にガラスの網目構造が増加するため、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物質量に対する SiO_2 成分の含有量は、好ましくは20.0%、より好ましくは25.0%、さらに好ましくは30.0%、最も好ましくは35.0%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。

【0035】

Ta_2O_5 成分は、ガラスの屈折率を高め、ガラスの失透温度を下げる成分である。特に、 Ta_2O_5 成分の含有量を25.0%以下にすることで、ガラスの耐失透性を維持することができる。従って、酸化物換算組成のガラス全物質量に対する Ta_2O_5 成分の含有量は、好ましくは25.0%、より好ましくは20.0%、最も好ましくは15.0%を上限とする。一方、 Ta_2O_5 成分の含有量を0.1%以上にすることで、ガラスの高屈折率及び高分散の特性を与えつつ、ガラスに所望の低い部分分散比(g, F)を与えることができる。従って、酸化物換算組成のガラス全物質量に対する Ta_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%、さらに好ましくは2.15%、最も好ましくは2.7%を下限とする。 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。

【0036】

Nb_2O_5 成分は、ガラスの屈折率及び分散を高めながらも、ガラスの部分分散比(g, F)を低下する成分であり、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30.0%以下にすることで、ガラスの失透が低減されるため、光透過性を有する光学ガラスを得易くすることができる。また、 Nb_2O_5 成分の含有量を30.0%以下にすることで、 Nb_2O_5 成分による着色が低減されるため、可視光に対する透明性の高いガラスを得ることができる。従って、酸化物換算組成のガラス全物質量に対する Nb_2O_5 成分の含有量は、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。なお、 Nb_2O_5 成分は含有しなくとも所望の特性を有するガラスを得ることは可能であるが、 Nb_2O_5 成分を1.0%以上含有することで、屈折率及び分散を高めながら、ノーマルラインに近い部分分散比(g, F)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物質量に対する Nb_2O_5

10

20

30

40

50

成分の含有量は、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。Nb₂O₅成分は、原料として例えばNb₂O₅等を用いてガラス内に含有することができる。

【0037】

TiO₂成分は、ガラスの屈折率を高めつつ、アッペ数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、TiO₂成分の含有量を20.0%以下にすることで、ガラスへの着色を低減することができる。特に可視短波長(500nm以下)における内部透過率を悪化し難くすることができる。また、TiO₂成分の含有量を20.0%以下にすることで、部分分散比(g, F)が上昇し難くなるため、ノーマルラインに近い部分分散比(g, F)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物質量に対するTiO₂成分の含有量は、好ましくは20.0%とし、より好ましくは15.0%、最も好ましくは10.0%を上限とする。なお、本発明ではTiO₂成分を含有しなくとも、所望の光学特性を有する光学ガラスを得ることはできるが、TiO₂成分を含有することで、ガラスの屈折率及び分散を高める成分の数が増加するため、ガラスの耐失透性をより高めることができる。従って、酸化物換算組成のガラス全物質量に対するTiO₂成分の含有量は、好ましくは0%を超え、より好ましくは0.1%、最も好ましくは0.5%を下限とする。TiO₂成分は、原料として例えばTiO₂等を用いてガラス内に含有することができる。

10

【0038】

Bi₂O₃成分は、ガラスの屈折率を上げるとともに、ガラス転移点(T_g)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、Bi₂O₃成分の含有量を10.0%以下にすることで、ガラスの着色を低減することができる。ガラスの内部透過率を高めることができる。また、Bi₂O₃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(g, F)を上昇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物質量に対するBi₂O₃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。Bi₂O₃成分は、原料として例えばBi₂O₃等を用いてガラス内に含有することができる。

20

【0039】

WO₃成分は、ガラスの屈折率及びを高め、ガラスの失透温度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。特に、WO₃成分の含有量を10.0%以下にすることで、特に可視短波長(500nm以下)における透過率を悪化し難くすることができる。また、WO₃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(g, F)を上昇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物質量に対するWO₃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。WO₃成分は、原料として例えばWO₃等を用いてガラス内に含有することができる。

30

【0040】

本発明の光学ガラスは、TiO₂成分、Bi₂O₃成分及びWO₃成分の含有量の和に対する、Nb₂O₅成分及びTa₂O₅成分の含有量の和の比率が、2.00より大きいことが好ましい。これにより、ガラスの屈折率及び分散を高める成分の中で、ガラスの部分分散比を低くする成分の含有量が増加するため、所望の屈折率及び分散を得つつ、低い部分分散比を得易くすることができる。従って、酸化物換算組成におけるモル比(Nb₂O₅ + Ta₂O₅) / (TiO₂ + Bi₂O₃ + WO₃)は、好ましくは2.00より大きく、より好ましくは2.50より大きく、さらに好ましくは2.55、最も好ましくは2.60を下限とする。一方、このモル比の上限は特に限定されないが、本発明で得られるガラスは、酸化物換算組成におけるモル比(Nb₂O₅ + Ta₂O₅) / (TiO₂ + Bi₂O₃ + WO₃)が30.00以下、より詳細には28.00以下、さらに詳細には27.00以下であることが多い。

40

【0041】

ここで、特に着色の少ないガラスを得られる点では、Nb₂O₅成分及びTa₂O₅成

50

分の含有量の和に対して、 Ta_2O_5 成分の含有量の比率を高めることが好ましい。この場合、酸化物換算組成におけるモル比 $(Ta_2O_5) / (Nb_2O_5 + Ta_2O_5)$ は、好ましくは0.01、より好ましくは0.05、さらに好ましくは0.10、最も好ましくは0.14を下限とする。

【0042】

Li_2O 成分は、ガラスの部分分散比 (g, F) を低下させ、ガラスの失透温度を下げ、ガラス転移点 (Tg) 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、 Li_2O 成分の含有量を30.0%以下にすることで、 Li_2O 成分の過剰な含有によるガラスの失透を低減できる。また、再加熱時における耐失透性が高められるため、ガラスのプレス成形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物質量に対する Li_2O 成分の含有量は、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。なお、 Li_2O 成分は含有しなくとも所望の物性を有する光学ガラスは製造できるが、低いガラス転移点 (Tg) を確保しつつ、ガラスの部分分散比 (g, F) を所望の低い値に調整し易くする観点では、酸化物換算組成のガラス全物質量に対する Li_2O 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4.0%、最も好ましくは7.0%を下限とする。 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。

10

【0043】

Na_2O 成分は、ガラスの部分分散比 (g, F) を低下させ、ガラスの化学的耐久性、特に耐水性を高める成分であるとともに、ガラス転移点 (Tg) 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、 Na_2O 成分の含有量を30.0%以下にすることで、ガラスの安定性が高められるため、 Na_2O 成分の過剰な含有によるガラスの失透を低減できる。また、再加熱時における耐失透性が高められるため、ガラスのプレス成形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物質量に対する Na_2O 成分の含有量は、好ましくは30.0%、より好ましくは25.0%、さらに好ましくは22.0%、最も好ましくは19.0%を上限とする。なお、本発明において、 Na_2O 成分は含有しなくとも所望の物性を有する光学ガラスは製造することはできるが、ガラスの部分分散比 (g, F) をより高められ、且つガラスの耐失透性をより高められる観点では、 Na_2O 成分を含有することが好ましい。この場合、酸化物換算組成のガラス全物質量に対する Na_2O 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5.0%、最も好ましくは8.0%を下限とする。 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。

20

30

【0044】

K_2O 成分は、ガラス転移点 (Tg) 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、 K_2O 成分の含有量を20.0%以下にすることで、 K_2O 成分の過剰な含有によるガラスの失透を低減できる。また、再加熱時における耐失透性が高められるため、ガラスのプレス成形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物質量に対する K_2O 成分の含有量は、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。 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。

40

【0045】

Cs_2O 成分は、ガラス転移点 (Tg) 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、 Cs_2O 成分の含有量を10.0%以下にすることで、 Cs_2O 成分の過剰な含有によるガラスの失透を低減できる。従って、酸化物換算組成のガラス全物質量に対する Cs_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。 Cs_2O 成分は、原料として例えば Cs_2CO_3 、 $CsNO_3$ 等を用いてガラス内に含有することができる。

50

【0046】

本発明の光学ガラスでは、 Rn_2O 成分（式中、 Rn は Li 、 Na 、 K 及び Cs からなる群より選択される1種以上）の含有量の和が、10.0%以上50.0%以下であることが好ましい。特に、この和を10.0%以上にすることで、ガラス転移点（ Tg ）を低くしてプレス成形を行い易いガラスを得ることができる。従って、酸化物換算組成のガラス全物質質量に対する Rn_2O 成分の合計含有量は、好ましくは10.0%、より好ましくは15.0%、さらに好ましくは20.0%、最も好ましくは22.5%を下限とする。一方、この質量和を50.0%以下にすることで、ガラスの失透を抑えてガラス化を容易にすることができる。従って、酸化物換算組成のガラス全物質質量に対する Rn_2O 成分の含有量の質量和は、好ましくは50.0%、より好ましくは43.0%、さらに好ましくは40.0%、最も好ましくは35.0%を上限とする。

10

【0047】

MgO 成分は、ガラスの熔融温度を低下する成分であり、本発明の光学ガラス中の任意成分である。特に、 MgO 成分の含有量を15.0%以下にすることで、所望の高屈折率を得つつ、ガラスの化学的耐久性を高め、且つ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物質質量に対する MgO 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5.0%を上限とする。 MgO 成分は、原料として例えば MgO 、 $MgCO_3$ 、 MgF_2 等を用いてガラス内に含有することができる。

20

【0048】

CaO 成分は、ガラスの失透温度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。特に、 CaO 成分の含有量を20.0%以下にすることで、所望の高屈折率を得つつ、ガラスの化学的耐久性を高め、且つ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物質質量に対する CaO 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。 CaO 成分は、原料として例えば $CaCO_3$ 、 CaF_2 等を用いてガラス内に含有することができる。

30

【0049】

SrO 成分は、ガラスの失透温度を下げ、ガラスの屈折率を調整する成分であり、本発明の光学ガラス中の任意成分である。特に、 SrO 成分の含有量を20.0%以下にすることで、所望の高屈折率を得つつ、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物質質量に対する SrO 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。 SrO 成分は、原料として例えば $Sr(NO_3)_2$ 、 SrF_2 等を用いてガラス内に含有することができる。

40

【0050】

BaO 成分は、ガラスの部分分散比（ g, F ）を低下させ、ガラスの耐失透性を高め、且つガラスの光学定数を調整する成分であり、本発明の光学ガラス中の任意成分である。特に、 BaO 成分の含有量を30.0%以下にすることで、ガラスの耐失透性を高めることができる。また、 BaO 成分の含有量を30.0%以下にすることで、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物質質量に対する BaO 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10.0%を上限とする。 BaO 成分は、原料として例えば $BaCO_3$ 、 $Ba(NO_3)_2$ 等を用いてガラス内に含有することができる。

【0051】

ZnO 成分は、ガラスの失透温度を下げ、ガラス転移点（ Tg ）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。特に、 ZnO 成分の含有量を30.0%以下にすることで、所望の高屈折率を得つつ、ガラスの化学的耐久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物質質量に対する ZnO 成分の含有量は、好ましくは30.0%、より好ましくは20.0%、最も好ましくは10.0%を上限とする。 ZnO 成

50

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。

【0052】

本発明の光学ガラスでは、RO成分（式中、RはZn、Mg、Ca、Sr、Baからなる群より選択される1種以上）は、上述のようにガラスの耐失透性を高め、屈折率を調整するために有用な成分であるが、これらRO成分の合計含有量が多すぎると、かえってガラスの耐失透性が悪化し易くなり、ガラスの屈折率も低下しやすくなる。従って、酸化物換算組成のガラス全物質量に対する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。

【0053】

P_2O_5 成分は、ガラスの安定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、 P_2O_5 成分の含有量を20.0%以下にすることで、 P_2O_5 成分の過剰な含有による失透傾向が低減されるため、ガラスの安定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物質量に対する P_2O_5 成分の含有量は、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。 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。

【0054】

B_2O_3 成分は、ガラス形成酸化物であり、ガラスの骨格を形成する為に有用な成分であり、本発明の光学ガラス中の任意成分である。特に、 B_2O_3 成分の含有量を30.0%以下にすることで、ガラスの屈折率が低下し難くなり、可視光短波長領域における内部透過率が悪化し難くなる。従って、酸化物換算組成のガラス全物質量に対する B_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%、最も好ましくは10.0%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。

【0055】

GeO_2 成分は、ガラスの屈折率を高め、ガラスを安定化させて成形時の失透を低減する成分であり、本発明の光学ガラス中の任意成分である。特に、 GeO_2 成分の含有量を20.0%以下にすることで、高価な GeO_2 成分の使用量が低減されるため、ガラスの材料コスト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物質量に対する GeO_2 成分の含有量は、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。 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。

【0056】

また、本発明の光学ガラスは、 SiO_2 成分、 P_2O_5 成分、 B_2O_3 成分及び GeO_2 成分の含有量の和が20.0%以上60.0%以下であることが好ましい。これらの含有量の和が20.0%以上であることにより、部分分散比(g, F)の上昇が抑えられるため、本発明で所望とされる、ノーマルラインに近付けられた低い部分分散比(g, F)を得易くできる。また、ガラスの安定性が高められるため、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物質量に対する質量和($SiO_2 + P_2O_5 + B_2O_3 + GeO_2$)は、好ましくは20.0%、より好ましくは30.0%、最も好ましくは35.0%を下限とする。一方、これらの含有量の和が60.0%以下であることにより、屈折率及びアッペ数が低下し難くなるため、所望の高屈折率及び高分散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物質量に対する質量和($SiO_2 + P_2O_5 + B_2O_3 + GeO_2$)は、好ましくは60.0%、より好ましくは55.0%、最も好ましくは50.0%を上限とする。

【0057】

Y_2O_3 成分は、ガラスの屈折率を高めつつ、ガラスの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、 Y_2O_3 成分の含有量を30.0%以下にすることで、ガラスの耐失透性を高めることができ、且つガラスの分散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物質量に対する Y_2O_3 成分の含有

10

20

30

40

50

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。Y₂O₃成分は、原料として例えばY₂O₃、YF₃等を用いることができる。

【0058】

La₂O₃成分は、ガラスの屈折率を高めつつ、ガラスのアッペ数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、La₂O₃成分の含有量を30.0%以下にすることで、ガラスの耐失透性を高めることができ、且つガラスの分散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物質量に対するLa₂O₃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10.0%を上限とする。La₂O₃成分は、原料として例えばLa₂O₃、La(NO₃)₃・XH₂O(Xは任意の整数)等を用いることができる。

10

【0059】

Gd₂O₃成分は、ガラスの屈折率を高めつつ、ガラスのアッペ数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、Gd₂O₃成分の含有量を30.0%以下にすることで、ガラスの耐失透性を高めることができ、且つガラスの分散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物質量に対するGd₂O₃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10.0%を上限とする。Gd₂O₃成分は、原料として例えばGd₂O₃、GdF₃等を用いることができる。

【0060】

20

Yb₂O₃成分は、高屈折率を実現し、硬度やヤング率等の特性を向上する成分である。特に、Yb₂O₃成分の含有量を20.0%以下にすることで、ガラスの分散の低下を抑制し、ガラス形成時における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物質量に対するYb₂O₃成分の含有率は、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。Yb₂O₃成分は、原料として例えばYb₂O₃等を用いることができる。

【0061】

Lu₂O₃成分は、高屈折率を実現し、硬度やヤング率等の特性を向上する成分である。特に、Lu₂O₃成分の含有量を10.0%以下にすることで、ガラスの分散の低下を抑制し、ガラス形成時における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物質量に対するLu₂O₃成分の含有率は、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。Lu₂O₃成分は、原料として例えばLu₂O₃等を用いることができる。

30

【0062】

本発明の光学ガラスは、Ln₂O₃成分(式中、LnはLa、Gd、Y、Yb及びLuからなる群より選択される1種以上)の含有量の和が、30.0%以下であることが好ましい。これにより、ガラスの分散の低下を抑制しつつ、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物質量に対するLn₂O₃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10.0%を上限とする。

40

【0063】

TeO₂成分は、ガラスの屈折率を上げ、ガラス転移点(Tg)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、TeO₂成分の含有量を30.0%以下にすることで、ガラスの着色を低減し、ガラスの可視光に対する透過率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物質量に対するTeO₂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10.0%を上限とする。TeO₂成分は、原料として例えばTeO₂等を用いてガラス内に含有することができる。

【0064】

Al₂O₃成分、Ga₂O₃成分及びIn₂O₃成分は、ガラスの化学的耐久性を改善

50

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、これら成分の含有量を各々20.0%以下にすることで、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物質量に対する Al_2O_3 成分、 Ga_2O_3 成分及び In_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10.0%、最も好ましくは5.0%を上限とする。 Al_2O_3 成分、 Ga_2O_3 成分及び In_2O_3 成分は、原料として例えば Al_2O_3 、 $Al(OH)_3$ 、 AlF_3 、 Ga_2O_3 、 $Ga(OH)_3$ 、 In_2O_3 、 $In(OH)_3$ 等を用いてガラス内に含有することができる。

【0065】

ZrO_2 成分は、ガラスの屈折率を高めつつ、ガラスの部分分散比(g, F)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、 ZrO_2 成分の含有量を20.0%以下にすることで、ガラスの液相温度を下げて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物質量に対する ZrO_2 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。なお、本発明の光学ガラスでは、 ZrO_2 成分を含有しなくてもよいが、 ZrO_2 成分を含有することで、低い部分分散比(g, F)を有するガラスを得易くすることができる。従って、酸化物換算組成のガラス全物質量に対する ZrO_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0.1%、最も好ましくは0.2%を下限としてもよい。 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。

【0066】

Sb_2O_3 成分は、ガラスの脱泡を促進し、ガラスを清澄する成分であり、本発明の光学ガラス中の任意成分である。 Sb_2O_3 成分は、ガラス全物質量に対する含有量を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る。従って、酸化物換算組成のガラス全物質量に対する Sb_2O_3 成分の含有率は、好ましくは1.0%、より好ましくは0.8%、さらに好ましくは0.6%を上限とする。但し、光学ガラスの環境上の影響を重視する場合には、 Sb_2O_3 成分を含有しないことが好ましい。 Sb_2O_3 成分は、原料として例えば Sb_2O_3 、 Sb_2O_5 、 $Na_2H_2Sb_2O_7 \cdot 5H_2O$ 等を用いてガラス内に含有することができる。

【0067】

CeO_2 成分は、ガラスを清澄する成分であるとともに、ガラスの光学定数を調整する成分であり、本発明の光学ガラス中の任意成分である。特に、 CeO_2 成分の含有量を1.0%以下にすることで、 CeO_2 成分による着色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物質量に対する CeO_2 成分の含有量は、好ましくは1.0%、より好ましくは0.5%、最も好ましくは0.3%を上限とする。但し、 CeO_2 成分を含有すると可視域の特定の波長に吸収が生じ易くなるため、可視光の透過率が特に高いガラスを得る場合、 CeO_2 成分を実質的に含まないことが好ましい。 CeO_2 成分は、原料として例えば CeO_2 等を用いてガラス内に含有することができる。

【0068】

なお、ガラスを清澄し脱泡する成分は、上記の Sb_2O_3 成分及び CeO_2 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。

【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。

【0071】

10

20

30

40

50

ただし、Ti、Zr、Nbを除く、V、Cr、Mn、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。

10

【0073】

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、その組成が酸化物換算組成のガラス全物質質量に対するモル%で表されているため直接的に質量%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質量%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。

SiO₂成分 10.0～40.0質量%及び

Ta₂O₅成分 1.0～50.0質量%

並びに

20

Nb₂O₅成分 0～55.0質量%及び/又は

TiO₂成分 0～18.0質量%及び/又は

Bi₂O₃成分 0～40.0質量%及び/又は

WO₃成分 0～25.0質量%及び/又は

Li₂O成分 0～12.0質量%及び/又は

Na₂O成分 0～20.0質量%及び/又は

K₂O成分 0～20.0質量%及び/又は

Cs₂O成分 0～20.0質量%及び/又は

MgO成分 0～5.0質量%及び/又は

CaO成分 0～10.0質量%及び/又は

30

SrO成分 0～20.0質量%及び/又は

BaO成分 0～45.0質量%及び/又は

ZnO成分 0～25.0質量%及び/又は

P₂O₅成分 0～30.0質量%及び/又は

B₂O₃成分 0～25.0質量%及び/又は

GeO₂成分 0～20.0質量%及び/又は

Y₂O₃成分 0～40.0質量%及び/又は

La₂O₃成分 0～40.0質量%及び/又は

Gd₂O₃成分 0～40.0質量%及び/又は

Yb₂O₃成分 0～30.0質量%及び/又は

40

Lu₂O₃成分 0～20.0質量%及び/又は

TeO₂成分 0～45.0質量%及び/又は

Al₂O₃成分 0～20.0質量%及び/又は

Ga₂O₃成分 0～25.0質量%及び/又は

In₂O₃成分 0～30.0質量%及び/又は

ZrO₂成分 0～25.0質量%及び/又は

Sb₂O₃成分 0～3.0質量%及び/又は

CeO₂成分 0～3.0質量%

【0074】

[製造方法]

50

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1100～1400の温度範囲で3～5時間熔融し、攪拌均質化して泡切れ等を行った後、1000～1300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、金型に鋳込んで徐冷することにより作製される。

【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1.77、より好ましくは1.79、最も好ましくは1.81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30、より好ましくは29、最も好ましくは27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10以上、より具体的には12以上、さらに具体的には15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。

【0076】

また、本発明の光学ガラスは、低い部分分散比（ g, F ）を有する。より具体的には、本発明の光学ガラスの部分分散比（ g, F ）は、アッペ数（ ν_d ）との間で、 $\nu_d < 25$ の範囲において（ $-0.00160 \times \nu_d + 0.63460$ ）（ g, F ）（ $-0.00563 \times \nu_d + 0.75573$ ）の関係を満たし、且つ、 $\nu_d > 25$ の範囲において（ $-0.00250 \times \nu_d + 0.65710$ ）（ g, F ）（ $-0.00340 \times \nu_d + 0.70000$ ）の関係を満たす。これにより、部分分散比（ g, F ）がノーマルラインに近づけられ、低い部分分散比（ g, F ）を有する光学ガラスが得られるため、この光学ガラスから形成される光学素子を色収差の低減に用いることができる。ここで、 $\nu_d < 25$ における光学ガラスの部分分散比（ g, F ）の下限は、好ましくは（ $-0.00160 \times \nu_d + 0.63460$ ）、より好ましくは（ $-0.00160 \times \nu_d + 0.63660$ ）、最も好ましくは（ $-0.00160 \times \nu_d + 0.63860$ ）である。一方で、 $\nu_d < 25$ における光学ガラスの部分分散比（ g, F ）の上限は、好ましくは（ $-0.00563 \times \nu_d + 0.75573$ ）、より好ましくは（ $-0.00563 \times \nu_d + 0.75473$ ）、最も好ましくは（ $-0.00563 \times \nu_d + 0.75373$ ）である。また、 $\nu_d > 25$ における光学ガラスの部分分散比（ g, F ）の下限は、好ましくは（ $-0.00250 \times \nu_d + 0.65710$ ）、より好ましくは（ $-0.00250 \times \nu_d + 0.66110$ ）である。一方で、 $\nu_d > 25$ における光学ガラスの部分分散比（ g, F ）の上限は、好ましくは（ $-0.00340 \times \nu_d + 0.70000$ ）、より好ましくは（ $-0.00340 \times \nu_d + 0.69900$ ）、最も好ましくは（ $-0.00340 \times \nu_d + 0.69800$ ）である。なお、特にアッペ数（ ν_d ）が小さい領域では、一般的なガラスの部分分散比（ g, F ）はノーマルラインよりも高い値にあり、一般的なガラスの部分分散比（ g, F ）とアッペ数（ ν_d ）の関係は曲線で表される。しかしながら、この曲線の近似が困難であるため、本発明では、一般的なガラスよりも部分分散比（ g, F ）が低いことを、 $\nu_d = 25$ を境に異なった傾きを有する直線を用いて表した。

【0077】

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10mmのサンプルで分光透過率70%を示す波長（ λ_{70} ）が460nm以下であり、より好ましくは440nm以下であり、最も好ましくは420nm以下である。また、本発明の光学ガラスは、ガラスの透過率で表すと、厚み10mmのサンプルで分光透過率80%を示す波長（ λ_{80} ）が560nm以下であり

、より好ましくは540nm以下であり、最も好ましくは520nm以下である。また、本発明の光学ガラスは、厚み10mmのサンプルで分光透過率5%を示す波長(λ_5)が420nm以下であり、より好ましくは400nm以下であり、最も好ましくは380nm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好ましく用いることができる。

【0078】

[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

【0079】

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。

20

【実施例】

【0080】

本発明の実施例(No.1~No.113)及び比較例(No.1~No.2)の組成、並びに、屈折率(n_d)、アッベ数(ν_d)、部分分散比(g, F)、並びに分光透過率が5%、70%及び80%を示す波長($\lambda_5, \lambda_{70}, \lambda_{80}$)を表1~表15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。

【0081】

本発明の実施例(No.1~No.113)及び比較例(No.1~No.2)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、メタ燐酸化合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15に示した各実施例及び比較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1100~1400の温度範囲で3~5時間溶解し、攪拌均質化して泡切れ等を行った後、1000~1300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

【0082】

ここで、実施例(No.1~No.113)及び比較例(No.1~No.2)のガラスの屈折率(n_d)、アッベ数(ν_d)及び部分分散比(g, F)は、日本光学硝子工業会規格JOGIS01 2003に基づいて測定した。そして、求められたアッベ数(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0.00160、0.00250、0.00340及び0.00563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-25/h rとして、徐冷炉にて処理を行ったものを用いた。

40

【0083】

また、実施例(No.1~No.113)及び比較例(No.1~No.2)のガラスの透過率は、日本光学硝子工業会規格JOGIS02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JISZ8722に準じ、200~8

50

00nmの分光透過率を測定し、 λ_{50} （透過率5%時の波長）、 λ_{70} （透過率70%時の波長）及び λ_{80} （透過率80%時の波長）を求めた。

【0084】

【表1】

	実施例								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
SiO ₂	40.796	37.796	40.796	40.796	40.796	40.796	40.796	37.796	
Ta ₂ O ₅	3.000	3.000	3.000	3.000	6.000	6.000	6.000	3.000	
Nb ₂ O ₅	16.341	16.341	16.341	16.341	16.341	13.341	16.341	16.341	
TiO ₂	6.962	6.962	3.962	6.962	3.962	6.962	6.962	6.962	
Bi ₂ O ₃									
WO ₃									
Li ₂ O	12.129	12.129	12.129	12.129	12.129	12.129	9.129	12.129	
Na ₂ O	13.659	16.659	16.659	13.659	13.659	13.659	13.659	13.659	
K ₂ O									
MgO									
CaO									
SrO									
BaO									
ZnO	1.726	1.726	1.726	1.726	1.726	1.726	1.726	4.726	
P ₂ O ₅									
B ₂ O ₃									
GeO ₂									
TeO ₂									
Al ₂ O ₃									
ZrO ₂	5.381	5.381	5.381	5.381	5.381	5.381	5.381	5.381	
Sb ₂ O ₃	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	
合計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
(Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅)/ (TiO ₂ +Bi ₂ O ₃ +WO ₃)	2.778	2.778	4.881	2.778	5.638	2.778	3.209	2.778	
Ta ₂ O ₅ /(Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅)	0.155	0.155	0.155	0.155	0.269	0.310	0.269	0.155	
Li ₂ O+Na ₂ O +K ₂ O+Cs ₂ O	25.788	28.788	28.788	25.788	25.788	25.788	22.788	25.788	
MgO+CaO+SrO +BaO+ZnO	1.726	1.726	1.726	1.726	1.726	1.726	1.726	4.726	
SiO ₂ +P ₂ O ₅ +B ₂ O ₃ +GeO ₂	40.796	37.796	40.796	40.796	40.796	40.796	40.796	37.796	
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃ +Gd ₂ O ₃ +Yb ₂ O ₃ +Lu ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
n _d	1.8740	1.8718	1.8510	1.8741	1.8824	1.8710	1.8997	1.8843	
ν_d	24.5	24.7	25.7	24.5	24.7	25.0	23.7	24.5	
$\theta_{g, F}$	0.61208	0.60992	0.60585	0.61191	0.60930	0.60868	0.61453	0.61163	
切片b	a=0.00160	0.65128	0.64944	0.64697	0.65111	0.64882	0.64868	0.65245	0.65083
	a=0.00250	0.67333	0.67167	0.67010	0.67316	0.67105	0.67118	0.67378	0.67288
	a=0.00340	0.69538	0.69390	0.69323	0.69521	0.69328	0.69368	0.69511	0.69493
	a=0.00563	0.75001	0.74898	0.75054	0.74984	0.74837	0.74943	0.74796	0.74957
λ_{80}	473.5	476.5	447.5	465	461	472	511	491	
λ_{70}	407	410	396.5	405.5	400	403.5	412.5	417	
λ_{5}	358.5	356.5	351.5	358.5	355	356.5	361.5	358.5	

【0085】

10

20

30

40

【表 2】

	実施例								
	9	10	11	12	13	14	15	16	
SiO ₂	40.796	40.796	40.796	40.796	40.796	40.796	40.796	37.796	
Ta ₂ O ₅	3.000	3.000	6.000	6.000	6.000	4.726	3.000	3.000	
Nb ₂ O ₅	16.341	16.341	16.341	13.341	16.341	16.341	16.341	16.341	
TiO ₂	6.962	3.962	0.962	3.962	3.962	3.962	0.962	3.962	
Bi ₂ O ₃									
WO ₃									
Li ₂ O	9.129	12.129	12.129	12.129	9.129	12.129	12.129	12.129	
Na ₂ O	16.659	16.659	16.659	16.659	16.659	16.659	16.659	16.659	
K ₂ O									
MgO									
CaO									
SrO									
BaO									
ZnO	1.726	1.726	1.726	1.726	1.726		4.726	4.726	
P ₂ O ₅									
B ₂ O ₃									
GeO ₂									
TeO ₂									
Al ₂ O ₃									
ZrO ₂	5.381	5.381	5.381	5.381	5.381	5.381	5.381	5.381	
Sb ₂ O ₃	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	
合計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
(Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅)/ (TiO ₂ +Bi ₂ O ₃ +WO ₃)	2.778	4.881	23.218	4.881	5.638	5.317	20.100	4.881	
Ta ₂ O ₅ /(Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅)	0.155	0.155	0.269	0.310	0.269	0.224	0.155	0.155	
Li ₂ O+Na ₂ O +K ₂ O+Cs ₂ O	25.788	28.788	28.788	28.788	25.788	28.788	28.788	28.788	
MgO+CaO+SrO +BaO+ZnO	1.726	1.726	1.726	1.726	1.726	0.000	4.726	4.726	
SiO ₂ +P ₂ O ₅ +B ₂ O ₃ +GeO ₂	40.796	40.796	40.796	40.796	40.796	40.796	40.796	37.796	
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃ +Gd ₂ O ₃ +Yb ₂ O ₃ +Lu ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
n _d	1.8675	1.8508	1.8615	1.8472	1.8774	1.8641	1.8390	1.8597	
ν _d	24.5	25.7	25.8	26.3	24.7	25.2	26.6	25.6	
θ _g , F	0.61160	0.60628	0.60496	0.60403	0.60967	0.60845	0.60178	0.60704	
切片 b	a=0.00160	0.65080	0.64740	0.64624	0.64611	0.64919	0.64877	0.64434	0.64800
	a=0.00250	0.67285	0.67053	0.66946	0.66978	0.67142	0.67145	0.66828	0.67104
	a=0.00340	0.69490	0.69366	0.69268	0.69345	0.69365	0.69413	0.69222	0.69408
	a=0.00563	0.74953	0.75097	0.75022	0.75210	0.74873	0.75033	0.75154	0.75116
λ ₈₀	466	464	448	477.5	467	450.5	438	464.5	
λ ₇₀	406.5	402.5	390	393.5	401	395	390.5	402.5	
λ ₅	358	352	346	350	355	352.5	344	351	

【 0 0 8 6 】

10

20

30

40

【表 3】

	実施例								
	17	18	19	20	21	22	23	24	
SiO ₂	40.796	43.796	40.796	40.796	40.796	40.796	37.796	40.796	
Ta ₂ O ₅	3.000	3.000	6.000	9.000	9.000	9.000	9.000	7.726	
Nb ₂ O ₅	16.341	16.341	16.341	16.341	13.341	16.341	16.341	16.341	
TiO ₂	3.962	3.962	3.962	0.962	3.962	3.962	3.962	3.962	
Bi ₂ O ₃									
WO ₃									
Li ₂ O	9.129	9.129	12.129	12.129	12.129	9.129	12.129	12.129	
Na ₂ O	16.659	16.659	13.659	13.659	13.659	13.659	13.659	13.659	
K ₂ O									
MgO									
CaO									
SrO									
BaO									
ZnO	4.726	1.726	1.726	1.726	1.726	1.726	1.726		
P ₂ O ₅									
B ₂ O ₃									
GeO ₂									
TeO ₂									
Al ₂ O ₃									
ZrO ₂	5.381	5.381	5.381	5.381	5.381	5.381	5.381	5.381	
Sb ₂ O ₃	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	
合計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
(Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅)/ (TiO ₂ +Bi ₂ O ₃ +WO ₃)	4.881	4.881	5.638	26.336	5.638	6.396	6.396	6.074	
Ta ₂ O ₅ /(Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅)	0.155	0.155	0.269	0.355	0.403	0.355	0.355	0.321	
Li ₂ O+Na ₂ O +K ₂ O+Cs ₂ O	25.788	25.788	25.788	25.788	25.788	22.788	25.788	25.788	
MgO+CaO+SrO +BaO+ZnO	4.726	1.726	1.726	1.726	1.726	1.726	1.726	0.000	
SiO ₂ +P ₂ O ₅ +B ₂ O ₃ +GeO ₂	40.796	43.796	40.796	40.796	40.796	40.796	37.796	40.796	
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃ +Gd ₂ O ₃ +Yb ₂ O ₃ +Lu ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
n _d	1.8563	1.8466	1.8845	1.8939	1.8818	1.9083	1.9145	1.8964	
ν _d	25.4	25.5	24.7	24.8	25.2	23.9	24.0	24.3	
θ _g , F	0.60892	0.60898	0.60987	0.60783	0.60623	0.61130	0.61043	0.60964	
切片 b	a=0.00160	0.64956	0.64978	0.64939	0.64751	0.64655	0.64954	0.64883	0.64852
	a=0.00250	0.67242	0.67273	0.67162	0.66983	0.66923	0.67105	0.67043	0.67039
	a=0.00340	0.69528	0.69568	0.69385	0.69215	0.69191	0.69256	0.69203	0.69226
	a=0.00563	0.75192	0.75255	0.74893	0.74745	0.74810	0.74586	0.74555	0.74645
λ ₈₀	454.5	447.5	489	481.5	508.5	481	503	480	
λ ₇₀	399	396.5	410	399.5	413	401	415.5	405.5	
λ ₅	353	353.5	355.5	350	358.5	353.5	356.5	356	

【 0 0 8 7 】

10

20

30

40

【表 4】

	実施例							
	25	26	27	28	29	30	31	
SiO ₂	40.796	37.796	40.796	43.796	40.796	40.796	40.796	
Ta ₂ O ₅	6.000	6.000	6.000	6.000	9.000	11.000	11.000	
Nb ₂ O ₅	16.341	16.341	16.341	16.341	13.341	13.341	13.341	
TiO ₂	0.962	3.962	3.962	3.962	3.962	1.962	3.962	
Bi ₂ O ₃								
WO ₃								
Li ₂ O	12.129	12.129	9.129	9.129	12.129	12.129	10.129	
Na ₂ O	13.659	13.659	13.659	13.659	13.659	13.659	13.659	
K ₂ O								
MgO								
CaO								
SrO								
BaO								
ZnO	4.726	4.726	4.726	1.726	1.726	1.726	1.726	
P ₂ O ₅								
B ₂ O ₃								
GeO ₂								
TeO ₂								
Al ₂ O ₃								
ZrO ₂	5.381	5.381	5.381	5.381	5.381	5.381	5.381	
Sb ₂ O ₃	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	
合計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
(Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅)/ (TiO ₂ +Bi ₂ O ₃ +WO ₃)	23.218	5.638	5.638	5.638	5.638	12.405	6.143	
Ta ₂ O ₅ /(Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅)	0.269	0.269	0.269	0.269	0.403	0.452	0.452	
Li ₂ O+Na ₂ O +K ₂ O+Cs ₂ O	25.788	25.788	22.788	22.788	25.788	25.788	23.788	
MgO+CaO+SrO +BaO+ZnO	4.726	4.726	4.726	1.726	1.726	1.726	1.726	
SiO ₂ +P ₂ O ₅ +B ₂ O ₃ +GeO ₂	40.796	37.796	40.796	43.796	40.796	40.796	40.796	
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃ +Gd ₂ O ₃ +Yb ₂ O ₃ +Lu ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
n _d	1.8742	1.8951	1.8912	1.8796	1.8819	1.8870	1.8967	
ν _d	25.5	24.6	24.4	24.5	25.2	25.3	24.7	
θ _{g, F}	0.60689	0.60957	0.61135	0.61110	0.60610	0.60536	0.60792	
切片 b	a=0.00160	0.64769	0.64893	0.65039	0.65030	0.64642	0.64584	0.64744
	a=0.00250	0.67064	0.67107	0.67235	0.67235	0.66910	0.66861	0.66967
	a=0.00340	0.69359	0.69321	0.69431	0.69440	0.69178	0.69138	0.69190
	a=0.00563	0.75046	0.74807	0.74873	0.74903	0.74798	0.74780	0.74698
λ ₈₀	464	486.5	486	482.5	461.5	465	474.5	
λ ₇₀	399	408	406.5	405	397.5	394.5	401	
λ ₅	348	354.5	356.5	357.5	353	349	355	

【 0 0 8 8 】

10

20

30

40

【表 5】

	実施例								
	32	33	34	35	36	37	38	39	
SiO ₂	38.796	40.796	40.796	43.796	40.796	42.522	40.796	42.796	
Ta ₂ O ₅	11.000	10.726	6.000	6.000	6.000	6.000	11.000	11.000	
Nb ₂ O ₅	13.341	13.341	16.341	16.341	16.341	16.341	13.341	13.341	
TiO ₂	3.962	3.962	0.962	0.962	0.962	0.962	1.962	1.962	
Bi ₂ O ₃									
WO ₃									
Li ₂ O	12.129	12.129	12.129	9.129	9.129	12.129	12.129	10.129	
Na ₂ O	13.659	13.659	16.659	16.659	16.659	16.659	13.659	13.659	
K ₂ O									
MgO									
CaO									
SrO									
BaO									
ZnO	1.726	0.000	1.726	1.726	4.726	0.000	1.726	1.726	
P ₂ O ₅									
B ₂ O ₃									
GeO ₂									
TeO ₂									
Al ₂ O ₃									
ZrO ₂	5.381	5.381	5.381	5.381	5.381	5.381	5.381	5.381	
Sb ₂ O ₃	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	
合計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
(Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅)/ (TiO ₂ +Bi ₂ O ₃ +WO ₃)	6.143	6.074	23.218	23.218	23.218	23.218	12.405	12.405	
Ta ₂ O ₅ /(Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅)	0.452	0.446	0.269	0.269	0.269	0.269	0.452	0.452	
Li ₂ O+Na ₂ O +K ₂ O+Cs ₂ O	25.788	25.788	28.788	25.788	25.788	28.788	25.788	23.788	
MgO+CaO+SrO +BaO+ZnO	1.726	0.000	1.726	1.726	4.726	0.000	1.726	1.726	
SiO ₂ +P ₂ O ₅ +B ₂ O ₃ +GeO ₂	38.796	40.796	40.796	43.796	40.796	42.522	40.796	42.796	
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃ +Gd ₂ O ₃ +Yb ₂ O ₃ +Lu ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
n _d	1.9014	1.8912	1.8630	1.8583	1.8673	1.8572	1.8876	1.8827	
ν _d	24.7	24.8	25.7	25.6	25.5	25.8	25.3	25.3	
θ _g , F	0.60821	0.60825	0.61050	0.60649	0.60588	0.60697	0.60535	0.60515	
切片 b	a=0.00160	0.64773	0.64793	0.65162	0.64745	0.64668	0.64825	0.64583	0.64563
	a=0.00250	0.66996	0.67025	0.67475	0.67049	0.66963	0.67147	0.66860	0.66840
	a=0.00340	0.69219	0.69257	0.69788	0.69353	0.69258	0.69469	0.69137	0.69117
	a=0.00563	0.74727	0.74787	0.75519	0.75062	0.74945	0.75223	0.74779	0.74759
λ ₈₀	485	475	453	449.5	463	453.5	475	468.5	
λ ₇₀	403	401	394.5	393.5	397.5	398	398	396	
λ ₆	354	354	346	348	347.5	347	349.5	350.5	

【 0 0 8 9 】

10

20

30

40

【表 6】

	実施例							
	40	41	42	43	44	45	46	
SiO ₂	42.796	42.522	42.796	42.796	40.796	43.796	40.796	
Ta ₂ O ₅	11.000	11.000	11.000	11.000	6.000	6.000	6.000	
Nb ₂ O ₅	13.341	13.341	13.341	11.341	16.341	16.341	16.341	
TiO ₂	1.962	1.962	1.962	1.962	0.962	0.962	0.962	
Bi ₂ O ₃								
WO ₃								
Li ₂ O	12.129	12.129	12.129	12.129	12.129	9.129	13.855	
Na ₂ O	11.659	13.659	13.659	13.659	16.659	16.659	16.659	
K ₂ O								
MgO								
CaO								
SrO								
BaO								
ZnO	1.726		1.726	1.726	1.726	1.726		
P ₂ O ₅								
B ₂ O ₃								
GeO ₂								
TeO ₂								
Al ₂ O ₃								
ZrO ₂	5.381	5.381	3.381	5.381	5.381	5.381	5.381	
Sb ₂ O ₃	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	
合計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
(Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅)/ (TiO ₂ +Bi ₂ O ₃ +WO ₃)	12.405	12.405	12.405	11.385	23.218	23.218	23.218	
Ta ₂ O ₅ /(Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅)	0.452	0.452	0.452	0.492	0.269	0.269	0.269	
Li ₂ O+Na ₂ O +K ₂ O+Cs ₂ O	23.788	25.788	25.788	25.788	28.788	25.788	30.514	
MgO+CaO+SrO +BaO+ZnO	1.726	0.000	1.726	1.726	1.726	1.726	0.000	
SiO ₂ +P ₂ O ₅ +B ₂ O ₃ +GeO ₂	42.796	42.522	42.796	42.796	40.796	43.796	40.796	
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃ +Gd ₂ O ₃ +Yb ₂ O ₃ +Lu ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
n _d	1.8879	1.8798	1.8787	1.8647	1.8627	1.8574	1.8597	
ν _d	25.2	25.4	25.3	26.3	25.7	25.6	25.8	
θ _g , F	0.60614	0.60456	0.60651	0.60383	0.60609	0.60561	0.60337	
切片 b	a=0.00160	0.64646	0.64520	0.64699	0.64591	0.64721	0.64657	0.64465
	a=0.00250	0.66914	0.66806	0.66976	0.66958	0.67034	0.66961	0.66787
	a=0.00340	0.69182	0.69092	0.69253	0.69325	0.69347	0.69265	0.69109
	a=0.00563	0.74801	0.74756	0.74894	0.75189	0.75078	0.74974	0.74862
λ ₈₀	474	462	462.5	454	450	448.5	468.5	
λ ₇₀	397	393.5	395.5	389.5	396.5	393.5	408	
λ ₅	351	349.5	349.5	347	346.5	348	346.5	

【 0 0 9 0 】

10

20

30

40

【表 7】

	実施例								
	47	48	49	50	51	52	53	54	
SiO ₂	42.522	37.796	40.796	40.796	40.796	42.522	44.522	42.522	
Ta ₂ O ₅	6.000	6.000	11.000	11.000	11.000	11.000	11.000	11.000	
Nb ₂ O ₅	16.341	16.341	13.341	10.341	10.341	13.341	13.341	13.341	
TiO ₂	0.962	0.962	1.962	4.962	1.962	1.962	1.962	1.962	
Bi ₂ O ₃									
WO ₃					3.000				
Li ₂ O	12.129	15.129	12.129	12.129	12.129	12.129	12.129	14.129	
Na ₂ O	16.659	16.659	13.659	13.659	13.659	13.659	11.659	11.659	
K ₂ O									
MgO									
CaO									
SrO									
BaO									
ZnO		1.726	1.726	1.726	1.726				
P ₂ O ₅									
B ₂ O ₃									
GeO ₂									
TeO ₂									
Al ₂ O ₃									
ZrO ₂	5.381	5.381	5.381	5.381	5.381	5.381	5.381	5.381	
Sb ₂ O ₃	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	
合計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
(Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅)/ (TiO ₂ +Bi ₂ O ₃ +WO ₃)	23.218	23.218	12.405	4.301	4.301	12.405	12.405	12.405	
Ta ₂ O ₅ /(Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅)	0.269	0.269	0.452	0.515	0.515	0.452	0.452	0.452	
Li ₂ O+Na ₂ O +K ₂ O+Cs ₂ O	28.788	31.788	25.788	25.788	25.788	25.788	23.788	25.788	
MgO+CaO+SrO +BaO+ZnO	0.000	1.726	1.726	1.726	1.726	0.000	0.000	0.000	
SiO ₂ +P ₂ O ₅ +B ₂ O ₃ +GeO ₂	42.522	37.796	40.796	40.796	40.796	42.522	44.522	42.522	
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃ +Gd ₂ O ₃ +Yb ₂ O ₃ +Lu ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
n _d	1.8570	1.8670	1.8863	1.8748	1.8838	1.8795	1.8815	1.8868	
ν _d	25.8	26.1	25.3	25.7	25.4	25.4	25.3	25.3	
θ _g , F	0.60602	0.60970	0.60543	0.60517	0.60426	0.60595	0.60637	0.60559	
切片 b	a=0.00160	0.64730	0.65146	0.64591	0.64629	0.64490	0.64659	0.64685	0.64607
	a=0.00250	0.67052	0.67495	0.66868	0.66942	0.66776	0.66945	0.66962	0.66884
	a=0.00340	0.69374	0.69844	0.69145	0.69255	0.69062	0.69231	0.69239	0.69161
	a=0.00563	0.75127	0.75665	0.74787	0.74986	0.74726	0.74895	0.74881	0.74803
λ ₈₀	443	492	474	461.5	459.5	458.5	457.5	450.5	
λ ₇₀	392	409.5	396	395	394	395.5	396.5	396	
λ ₅	346.5	345.5	349.5	352	353.5	349.5	351	350	

10

20

30

40

【 0 0 9 1 】

【表 8】

	実施例								
	55	56	57	58	59	60	61	62	
SiO ₂	42.522	42.522	42.522	42.522	40.522	42.522	42.522	44.522	
Ta ₂ O ₅	11.000	11.000	6.000	6.000	6.000	6.000	11.000	11.000	
Nb ₂ O ₅	13.341	13.341	16.341	16.341	16.341	16.341	13.341	13.341	
TiO ₂	1.962	1.962	0.962	0.962	0.962	0.962	1.962	1.962	
Bi ₂ O ₃									
WO ₃		2.000							
Li ₂ O	12.129	12.129	12.129	10.129	12.129	12.129	12.129	12.129	
Na ₂ O	11.659	11.659	16.659	16.659	16.659	14.659	13.659	11.659	
K ₂ O									
MgO									
CaO									
SrO									
BaO				2.000	2.000	2.000			
ZnO									
P ₂ O ₅									
B ₂ O ₃									
GeO ₂									
TeO ₂									
Al ₂ O ₃									
ZrO ₂	7.381	5.381	5.381	5.381	5.381	5.381	5.381	5.381	
Sb ₂ O ₃	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	
合計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
(Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅)/ (TiO ₂ +Bi ₂ O ₃ +WO ₃)	12.405	6.143	23.218	23.218	23.218	23.218	12.405	12.405	
Ta ₂ O ₅ /(Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅)	0.452	0.452	0.269	0.269	0.269	0.269	0.452	0.452	
Li ₂ O+Na ₂ O +K ₂ O+Cs ₂ O	23.788	23.788	28.788	26.788	28.788	26.788	25.788	23.788	
MgO+CaO+SrO +BaO+ZnO	0.000	0.000	0.000	2.000	2.000	2.000	0.000	0.000	
SiO ₂ +P ₂ O ₅ +B ₂ O ₃ +GeO ₂	42.522	42.522	42.522	42.522	40.522	42.522	42.522	44.522	
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃ +Gd ₂ O ₃ +Yb ₂ O ₃ +Lu ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
n _d	1.8906	1.8904	1.8567	1.8592	1.8626	1.8643	1.8808	1.8809	
ν _d	25.3	24.9	25.8	25.8	25.9	25.8	25.3	25.3	
θ _g , F	0.60545	0.60587	0.60499	0.60613	0.60558	0.60525	0.60547	0.60563	
切片 b	a=0.00160	0.64593	0.64571	0.64627	0.64741	0.64702	0.64653	0.64595	0.64611
	a=0.00250	0.66870	0.66812	0.66949	0.67063	0.67033	0.66975	0.66872	0.66888
	a=0.00340	0.69147	0.69053	0.69271	0.69385	0.69364	0.69297	0.69149	0.69165
	a=0.00563	0.74789	0.74605	0.75025	0.75139	0.75140	0.75050	0.74791	0.74807
λ ₈₀	455.5	477	519.5	472	463.5	461	467.5	469	
λ ₇₀	395.5	407.5	416.5	404.5	401	398.5	394	394	
λ ₅	351	357	348	347.5	346	347	349.5	351	

10

20

30

40

【 0 0 9 2 】

【表 9】

	実施例								
	63	64	65	66	67	68	69	70	
SiO ₂	42.522	42.522	42.522	42.522	42.522	42.522	42.522	44.522	
Ta ₂ O ₅	11.000	11.000	11.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	
Nb ₂ O ₅	13.341	13.341	13.341	16.341	16.341	16.341	18.341	16.341	
TiO ₂	1.962	1.962	1.962	0.962	0.962	0.962	0.962	0.962	
Bi ₂ O ₃									
WO ₃		2.000							
Li ₂ O	14.129	12.129	12.129	12.129	12.129	12.129	10.129	10.129	
Na ₂ O	11.659	11.659	11.659	14.659	12.659	12.659	14.659	14.659	
K ₂ O									
MgO									
CaO									
SrO									
BaO			2.000	2.000	4.000	2.000	2.000	2.000	
ZnO									
P ₂ O ₅									
B ₂ O ₃									
GeO ₂									
TeO ₂									
Al ₂ O ₃									
ZrO ₂	5.381	5.381	5.381	5.381	5.381	7.381	5.381	5.381	
Sb ₂ O ₃	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	
合計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
(Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅)/ (TiO ₂ +Bi ₂ O ₃ +WO ₃)	12.405	6.143	12.405	23.218	23.218	23.218	25.297	23.218	
Ta ₂ O ₅ /(Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅)	0.452	0.452	0.452	0.269	0.269	0.269	0.247	0.269	
Li ₂ O+Na ₂ O +K ₂ O+Cs ₂ O	25.788	23.788	23.788	26.788	24.788	24.788	24.788	24.788	
MgO+CaO+SrO +BaO+ZnO	0.000	0.000	2.000	2.000	4.000	2.000	2.000	2.000	
SiO ₂ +P ₂ O ₅ +B ₂ O ₃ +GeO ₂	42.522	42.522	42.522	42.522	42.522	42.522	42.522	44.522	
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃ +Gd ₂ O ₃ +Yb ₂ O ₃ +Lu ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
n _d	1.8854	1.8919	1.8861	1.8636	1.8697	1.8740	1.8823	1.8598	
ν _d	25.3	24.9	25.4	25.8	25.8	25.7	24.8	25.7	
θ _g , F	0.60498	0.60965	0.60660	0.60610	0.60427	0.60582	0.60961	0.60521	
切片 b	a=0.00160	0.64546	0.64949	0.64724	0.64738	0.64555	0.64694	0.64929	0.64633
	a=0.00250	0.66823	0.67190	0.67010	0.67060	0.66877	0.67007	0.67161	0.66946
	a=0.00340	0.69100	0.69431	0.69296	0.69382	0.69199	0.69320	0.69393	0.69259
	a=0.00563	0.74742	0.74984	0.74960	0.75135	0.74952	0.75051	0.74924	0.74990
λ ₈₀	472.5	503	477	447	471	454	466	448	
λ ₇₀	393.5	406	399.5	396	408	397	403	397	
λ ₅	350	357.5	350.5	346	348	348	350	348	

【 0 0 9 3 】

10

20

30

40

【表 10】

	実施例								
	71	72	73	74	75	76	77	78	
SiO ₂	43.796	43.796	43.796	45.522	43.796	42.522	42.522	42.522	
Ta ₂ O ₅	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	11.000	11.000	11.000	
Nb ₂ O ₅	16.341	16.341	16.341	16.341	16.341	13.341	13.341	13.341	
TiO ₂	0.962	0.962	0.962	0.962	0.962	1.962	1.962	1.962	
Bi ₂ O ₃									
WO ₃									
Li ₂ O	9.129	10.856	9.129	9.129	9.129	14.129	16.129	14.129	
Na ₂ O	16.659	16.659	18.386	16.659	16.659	11.659	9.659	9.659	
K ₂ O									
MgO									
CaO									
SrO									
BaO									
ZnO	1.726								
P ₂ O ₅									
B ₂ O ₃									
GeO ₂									
TeO ₂									
Al ₂ O ₃									
ZrO ₂	5.381	5.381	5.381	5.381	7.107	5.381	5.381	7.381	
Sb ₂ O ₃	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	
合計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
(Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅)/ (TiO ₂ +Bi ₂ O ₃ +WO ₃)	23.218	23.218	23.218	23.218	23.218	12.405	12.405	12.405	
Ta ₂ O ₅ /(Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅)	0.269	0.269	0.269	0.269	0.269	0.452	0.452	0.452	
Li ₂ O+Na ₂ O +K ₂ O+Cs ₂ O	25.788	27.515	27.515	25.788	25.788	25.788	25.788	23.788	
MgO+CaO+SrO +BaO+ZnO	1.726	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
SiO ₂ +P ₂ O ₅ +B ₂ O ₃ +GeO ₂	43.796	43.796	43.796	45.522	43.796	42.522	42.522	42.522	
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃ +Gd ₂ O ₃ +Yb ₂ O ₃ +Lu ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
n _d	1.8578	1.8549	1.8511	1.8517	1.8583	1.8836	1.8892	1.8925	
ν _d	25.6	25.7	25.7	25.6	25.7	25.4	25.4	25.4	
θ _g , F	0.60758	0.60553	0.60580	0.60596	0.60658	0.60581	0.60616	0.60643	
切片 b	a=0.00160	0.64854	0.64665	0.64692	0.64692	0.64770	0.64645	0.64680	0.64707
	a=0.00250	0.67158	0.66978	0.67005	0.66996	0.67083	0.66931	0.66966	0.66993
	a=0.00340	0.69462	0.69291	0.69318	0.69300	0.69396	0.69217	0.69252	0.69279
	a=0.00563	0.75171	0.75022	0.75049	0.75009	0.75127	0.74881	0.74917	0.74943
λ ₈₀	445.5	456	450.5	445	446.5	464	468	475	
λ ₇₀	393.5	399.5	394.5	394	394	397	401	401	
λ ₅	348	348	347	348.5	348.5	349	350	351	

10

20

30

40

【 0 0 9 4 】

【表 1 1】

	実施例		比較例		
	79	80	1	2	
SiO ₂	42.522	40.522	40.000	40.000	
Ta ₂ O ₅	11.000	11.000		0.690	
Nb ₂ O ₅	13.341	13.341	14.480	14.470	
TiO ₂	1.962	1.962	12.410	12.410	
Bi ₂ O ₃					
WO ₃		0.000	2.760	2.760	
Li ₂ O	14.129	16.129	1.380	6.210	
Na ₂ O	9.659	11.659	7.590	7.590	
K ₂ O			13.100	7.590	
MgO					
CaO			1.380	1.380	
SrO					
BaO	2.000		1.380	1.380	
ZnO					
P ₂ O ₅					
B ₂ O ₃			1.380	1.380	
GeO ₂					
TeO ₂					
Al ₂ O ₃					
ZrO ₂	5.381	5.381	4.140	4.140	
Sb ₂ O ₃	0.006	0.006			
合計	100.00	100.00	100.00	100.00	
(Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅)/ (TiO ₂ +Bi ₂ O ₃ +WO ₃)	12.405	12.405	0.955	0.999	
Ta ₂ O ₅ /(Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅)	0.452	0.452	0.000	0.046	
Li ₂ O+Na ₂ O +K ₂ O+Cs ₂ O	23.788	27.788	22.070	21.390	
MgO+CaO+SrO +BaO+ZnO	2.000	0.000	2.760	2.760	
SiO ₂ +P ₂ O ₅ +B ₂ O ₃ +GeO ₂	42.522	40.522	41.380	41.380	
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃ +Gd ₂ O ₃ +Yb ₂ O ₃ +Lu ₂ O ₃	0.000	0.000	1.000	2.000	
n _d	1.8917	1.8895	1.8132	1.8491	
ν _d	25.4	25.4	25.1	24.0	
θ _g , F	0.60690	0.60645	0.61500	0.62100	
切片 b	a=0.00160	0.64754	0.64709	0.65516	0.65940
	a=0.00250	0.67040	0.66995	0.67775	0.68100
	a=0.00340	0.69326	0.69281	0.70034	0.70260
	a=0.00563	0.74990	0.74945	0.75631	0.75612
λ ₈₀	468	461			
λ ₇₀	399	397			
λ ₅	350	348			

【表 1 2】

		実施例							
		81	82	83	84	85	86	87	88
SiO ₂		42.500	42.500	41.629	40.000	40.004	40.000	43.922	39.608
Ta ₂ O ₅		5.205	5.205	7.143	8.821	8.821	8.821	8.821	8.735
Nb ₂ O ₅		13.898	12.856	13.613	13.080	12.101	11.897	12.100	12.952
TiO ₂		4.128	4.128	4.043	3.885	3.886	3.885	3.885	3.847
Bi ₂ O ₃		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
WO ₃		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Li ₂ O		12.641	13.682	12.377	11.897	11.898	11.897	12.877	11.776
Na ₂ O		12.147	14.230	13.938	13.394	13.394	13.393	13.393	13.261
K ₂ O		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MgO		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.980	0.000
CaO		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SrO		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BaO		2.083	0.000	0.000	0.000	0.980	0.980	0.000	0.000
ZnO		1.795	1.795	1.761	1.689	1.689	1.689	1.689	4.588
P ₂ O ₅		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B ₂ O ₃		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.961	0.000	0.000
GeO ₂		0.000	0.000	0.000	1.961	1.961	0.000	0.000	0.000
TeO ₂		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al ₂ O ₃		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ZrO ₂		5.602	5.602	5.491	5.273	5.273	5.273	2.331	5.224
Sb ₂ O ₃		0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
合計		100	100	100	100	100	100	100	100
(Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅)/ (TiO ₂ +Bi ₂ O ₃ +WO ₃)		4.628	4.375	5.134	5.637	5.385	5.332	5.385	5.638
Ta ₂ O ₅ /(Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅)		0.272	0.288	0.344	0.403	0.422	0.426	0.422	0.403
Li ₂ O+Na ₂ O +K ₂ O+Cs ₂ O		24.788	27.913	26.314	25.291	25.293	25.290	26.271	25.037
SiO ₂ +P ₂ O ₅ +B ₂ O ₃ +GeO ₂		42.500	42.500	41.629	41.961	41.965	41.961	43.922	39.608
MgO+CaO+SrO +BaO+ZnO		3.878	1.795	1.761	1.689	2.670	2.670	2.670	4.588
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃ +Gd ₂ O ₃ +Yb ₂ O ₃ +Lu ₂ O ₃		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
n _d		1.8575	1.8401	1.8668	1.8749	1.8689	1.8673	1.8537	1.8815
ν _d		26.1	26.6	26.5	25.3	25.8	25.8	25.9	25.4
θ _g , F		0.60614	0.60298	0.60602	0.60740	0.60534	0.60471	0.60419	0.60580
切片 b	a=0.00160	0.64790	0.64554	0.64842	0.64788	0.64662	0.64599	0.64563	0.64644
	a=0.00250	0.67139	0.66948	0.67227	0.67065	0.66984	0.66921	0.66894	0.66930
	a=0.00340	0.69488	0.69342	0.69612	0.69342	0.69306	0.69243	0.69225	0.69216
	a=0.00563	0.75309	0.75274	0.75521	0.74984	0.75060	0.74996	0.75001	0.74880
λ ₈₀	449.5	429.5	449.5	450.5	439.5	444	429	461	
λ ₇₀	398	387.5	392.5	397	387	386	383.5	400.5	
λ ₅	351.5	348.5	351.5	352	350	345	349.5	352	

【 0 0 9 6 】

【表 13】

		実施例							
		89	90	91	92	93	94	95	96
SiO ₂		43.922	43.922	43.922	44.522	44.522	38.911	42.522	42.016
Ta ₂ O ₅		8.821	8.821	8.821	11.000	11.000	11.111	7.500	8.398
Nb ₂ O ₅		11.120	12.100	12.100	9.341	11.341	10.445	13.341	12.955
TiO ₂		4.866	2.905	3.885	3.962	3.962	4.002	3.362	2.695
Bi ₂ O ₃		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
WO ₃		0.000	0.980	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Li ₂ O		12.877	12.877	12.877	14.129	17.129	14.272	16.129	15.938
Na ₂ O		13.393	13.393	13.393	11.659	11.659	11.777	11.659	11.516
K ₂ O		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MgO		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CaO		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SrO		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BaO		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ZnO		1.689	1.689	1.689	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
P ₂ O ₅		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B ₂ O ₃		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
GeO ₂		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.040	0.000	0.000
TeO ₂		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Al ₂ O ₃		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ZrO ₂		3.312	3.312	3.312	5.381	0.381	5.435	5.381	6.803
Sb ₂ O ₃		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008
合計		100	100	100	100	100	100	100	100
(Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅)/ (TiO ₂ +Bi ₂ O ₃ +WO ₃)		4.098	5.385	5.385	5.134	5.639	5.386	6.199	7.923
Ta ₂ O ₅ /(Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅)		0.442	0.422	0.422	0.541	0.492	0.515	0.360	0.393
Li ₂ O+Na ₂ O +K ₂ O+Cs ₂ O		26.271	26.271	26.271	25.788	28.788	26.048	27.788	27.455
SiO ₂ +P ₂ O ₅ +B ₂ O ₃ +GeO ₂		43.922	43.922	43.922	44.522	44.522	42.952	42.522	42.016
MgO+CaO+SrO +BaO+ZnO		1.689	1.689	1.689	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃ +Gd ₂ O ₃ +Yb ₂ O ₃ +Lu ₂ O ₃		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
n _d		1.8511	1.8586	1.8552	1.8609	1.8587	1.8749	1.8620	1.8708
ν _d		26.1	25.9	25.9	26.3	25.9	25.9	26	26
θ _g , F		0.60582	0.60960	0.60303	0.60324	0.60542	0.60432	0.60561	0.60364
切片 b	a=0.00160	0.64758	0.65104	0.64447	0.64532	0.64686	0.64576	0.64721	0.64524
	a=0.00250	0.67107	0.67435	0.66778	0.66899	0.67017	0.66907	0.67061	0.66864
	a=0.00340	0.69456	0.69766	0.69109	0.69266	0.69348	0.69238	0.69401	0.69204
	a=0.00563	0.75276	0.75542	0.74885	0.75131	0.75124	0.75014	0.75199	0.75002
λ ₈₀		434.5	436.5	434.5	428	467	470.5	457.5	465
λ ₇₀		385	385.5	385.5	384.5	403	397	398.5	400
λ ₅		351	350.5	349.5	351	351	351	350.5	350.5

【0097】

【表 14】

	実施例									
	97	98	99	100	101	102	103	104	105	
SiO ₂	42.522	44.522	43.387	41.688	42.822	43.935	42.425	40.345	40.669	
Ta ₂ O ₅	11.000	11.000	10.717	8.333	8.560	8.399	8.480	9.966	9.242	
Nb ₂ O ₅	11.341	13.341	11.575	13.079	13.435	13.171	13.292	9.438	9.514	
TiO ₂	1.962	1.962	4.047	1.924	2.278	2.234	2.704	8.160	8.141	
Bi ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
WO ₃	0.000	0.000	0.000	0.686	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Li ₂ O	14.129	14.129	14.677	15.813	16.243	15.920	16.091	17.564	17.705	
Na ₂ O	11.659	9.659	12.154	11.430	11.741	11.510	11.625	9.415	9.491	
K ₂ O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
MgO	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
CaO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
SrO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
BaO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
ZnO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
P ₂ O ₅	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
B ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
GeO ₂	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
TeO ₂	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Al ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
ZrO ₂	5.381	5.381	3.442	6.746	4.915	4.819	5.372	5.100	5.141	
Sb ₂ O ₃	0.006	0.006	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	
合計	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
(Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅)/ (TiO ₂ +Bi ₂ O ₃ +WO ₃)	11.387	12.406	5.508	8.205	9.656	9.655	8.052	2.378	2.304	
Ta ₂ O ₅ /(Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅)	0.492	0.452	0.481	0.389	0.389	0.389	0.389	0.514	0.493	
Li ₂ O+Na ₂ O +K ₂ O+Cs ₂ O	25.788	23.788	26.831	27.243	27.984	27.430	27.716	26.979	27.196	
SiO ₂ +P ₂ O ₅ +B ₂ O ₃ +GeO ₂	43.522	44.522	43.387	41.688	42.822	43.935	42.425	40.345	40.669	
MgO+CaO+SrO +BaO+ZnO	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃ +Gd ₂ O ₃ +Yb ₂ O ₃ +Lu ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
n _d	1.8664	1.8881	1.8703	1.8628	1.8704	1.8614	1.8673	1.8810	1.8758	
ν _d	26.3	25.3	25.6	26.1	25.9	26.1	25.9	25.4	25.6	
θ _{g, F}	0.60200	0.60751	0.60488	0.60557	0.60369	0.60461	0.60377	0.60519	0.60672	
切片 b	a=0.00160	0.64408	0.64799	0.64584	0.64733	0.64513	0.64637	0.64521	0.64583	0.64768
	a=0.00250	0.66775	0.67076	0.66888	0.67082	0.66844	0.66986	0.66852	0.66869	0.67072
	a=0.00340	0.69142	0.69353	0.69192	0.69431	0.69175	0.69335	0.69183	0.69155	0.69376
	a=0.00563	0.75007	0.74995	0.74901	0.75252	0.74951	0.75155	0.74958	0.74820	0.75084
λ ₈₀	444	478.5	457	460	459.5	440.5	449.5	470	460	
λ ₇₀	387.5	404.5	394.5	398	401	390	394	402.5	399.5	
λ ₅	346.5	352	351	349.5	348.5	348	349	356.5	356.5	

10

20

30

40

【 0 0 9 8 】

【表 15】

	実施例								
	106	107	108	109	110	111	112	113	
SiO ₂	38.984	42.819	40.454	40.111	41.974	42.205	40.609	40.924	
Ta ₂ O ₅	7.792	8.362	8.086	8.015	9.258	8.758	12.110	11.857	
Nb ₂ O ₅	12.121	13.106	12.578	12.513	10.625	10.683	9.716	10.237	
TiO ₂	4.659	2.666	4.835	3.875	5.818	5.851	4.428	4.550	
Bi ₂ O ₃									
WO ₃									
Li ₂ O	21.793	16.653	15.333	18.683	16.236	16.325	20.117	17.988	
Na ₂ O	7.257	11.086	11.042	9.295	10.771	10.831	7.882	9.262	
K ₂ O									
MgO									
CaO									
SrO									
BaO									
ZnO									
P ₂ O ₅									
B ₂ O ₃									
GeO ₂									
TeO ₂									
Al ₂ O ₃									
ZrO ₂	7.382	5.297	7.660	7.496	5.306	5.335	5.126	5.170	
Sb ₂ O ₃	0.011	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.008	0.008	
合計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
(Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅)/ (TiO ₂ +Bi ₂ O ₃ +WO ₃)	4.274	8.053	4.274	5.298	3.417	3.323	4.929	4.856	
Ta ₂ O ₅ /(Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅)	0.391	0.390	0.391	0.390	0.466	0.450	0.555	0.537	
Li ₂ O+Na ₂ O +K ₂ O+Cs ₂ O	29.050	27.739	26.375	27.978	27.007	27.156	27.999	27.250	
MgO+CaO+SrO +BaO+ZnO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
SiO ₂ +P ₂ O ₅ +B ₂ O ₃ +GeO ₂	38.984	42.819	40.454	40.111	41.974	42.205	40.609	40.924	
Y ₂ O ₃ +La ₂ O ₃ +Gd ₂ O ₃ +Yb ₂ O ₃ +Lu ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
n _d	1.88235	1.86498	1.88038	1.87758	1.86735	1.86329	1.88339	1.88416	
ν _d	26.1	26.1	25.6	26.0	25.9	26.0	26.1	25.8	
θ _{g, F}	0.60319	0.60400	0.60570	0.60451	0.60448	0.60506	0.60506	0.60260	
切片 b	a=0.00160	0.64487	0.64568	0.64660	0.64613	0.64590	0.64671	0.64674	0.64386
	a=0.00250	0.66832	0.66913	0.66960	0.66955	0.66921	0.67013	0.67019	0.66708
	a=0.00340	0.69176	0.69257	0.69260	0.69297	0.69251	0.69355	0.69363	0.69029
	a=0.00563	0.74986	0.75066	0.74960	0.75099	0.75024	0.75159	0.75173	0.74780
λ ₈₀	476.5	460	501.5	496	474.5	476	466	468	
λ ₇₀	405	399.5	408.5	411.5	408	407.5	398.5	395.5	
λ ₅	353.5	349.5	354	353.5	355.5	355	351.5	352.5	

【0099】

表 1 ~ 表 15 に表されるように、本発明の実施例の光学ガラスは、 n_d 25 のものは部分分散比 ($\theta_{g, F}$) が $(-0.00563 \times n_d + 0.75573)$ 以下、より詳細には $(-0.00563 \times n_d + 0.75001)$ 以下であった。また、 $n_d > 25$ のも

10

20

30

40

50

のは、部分分散比 (g, F) が ($-0.00340 \times d + 0.70000$) 以下、より詳細には ($-0.00340 \times d + 0.69844$) 以下であった。その反面で、本発明の実施例の光学ガラスは、 $d \leq 25$ のものは部分分散比 (g, F) が ($-0.00160 \times d + 0.63460$) 以上、より詳細には ($-0.00160 \times d + 0.64571$) 以上であった。また、 $d > 25$ のものは、部分分散比 (g, F) が ($-0.00250 \times d + 0.64710$) 以上、より詳細には ($-0.00250 \times d + 0.66708$) 以上であった。そのため、これらの部分分散比 (g, F) が所望の範囲内にあることがわかった。一方、本発明の比較例 (No. 1) のガラスは、 $d > 25$ であるものの、部分分散比 (g, F) が ($-0.00340 \times d + 0.70000$) を超えていた。また、本発明の比較例 (No. 2) のガラスは、 $d \leq 25$ であるものの、部分分散比 (g, F) が ($-0.00563 \times d + 0.75573$) を超えていた。従って、本発明の実施例の光学ガラスは、比較例のガラスに比べ、アッペ数 (d) との関係式において部分分散比 (g, F) が小さいことが明らかになった。

10

【0100】

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 1.77 以上、より詳細には 1.83 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 1.92 以下であり、所望の範囲内であった。

【0101】

また、本発明の実施例の光学ガラスは、いずれもアッペ数 (d) が 15 以上、より詳細には 23 以上であるとともに、このアッペ数 (d) は 30 以下、より詳細には 27 以下であり、所望の範囲内であった。

20

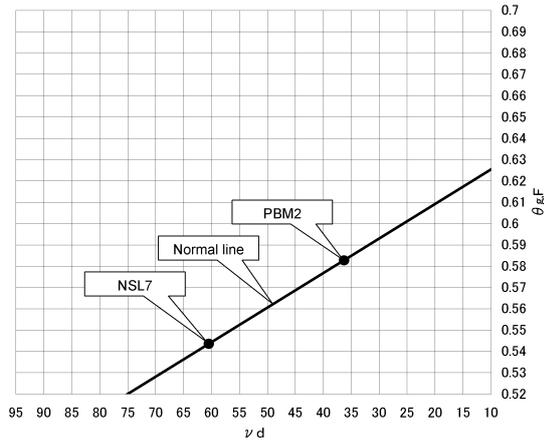
【0102】

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 (d) が所望の範囲内にありながら、可視光に対する透過率が高く、且つ色収差の低減に有効であることが明らかになった。

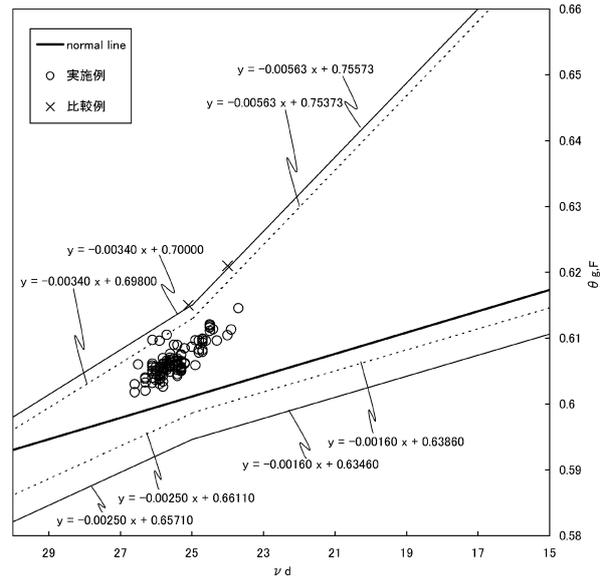
【0103】

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 】



【 図 2 】



フロントページの続き

(72)発明者 土淵 菜那

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 大工原 大二

(56)参考文献 国際公開第 2 0 0 1 / 0 7 2 6 5 0 (W O , A 1)

特開 2 0 0 7 - 1 6 9 1 5 7 (J P , A)

特開 2 0 0 9 - 1 7 9 5 2 2 (J P , A)

特開 2 0 1 0 - 1 0 5 9 0 2 (J P , A)

特開 2 0 0 9 - 2 0 3 1 5 5 (J P , A)

特開昭 5 9 - 0 0 3 0 4 4 (J P , A)

国際公開第 2 0 0 4 / 1 1 0 9 4 2 (W O , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

C 0 3 C 1 / 0 0 - 1 4 / 0 0

I N T E R G L A D