

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7126446号
(P7126446)

(45)発行日 令和4年8月26日(2022.8.26)

(24)登録日 令和4年8月18日(2022.8.18)

(51)国際特許分類		F I	
C 0 3 C	3/068(2006.01)	C 0 3 C	3/068
C 0 3 C	3/095(2006.01)	C 0 3 C	3/095
C 0 3 C	3/064(2006.01)	C 0 3 C	3/064
G 0 2 B	1/00 (2006.01)	G 0 2 B	1/00

請求項の数 7 (全27頁)

(21)出願番号	特願2018-525144(P2018-525144)	(73)特許権者	000128784 株式会社オハラ 神奈川県相模原市中央区小山1丁目15番30号
(86)(22)出願日	平成29年6月26日(2017.6.26)	(74)代理人	100137589 弁理士 右田 俊介
(86)国際出願番号	PCT/JP2017/023330	(72)発明者	桃野 浄行 神奈川県相模原市中央区小山1-15-30
(87)国際公開番号	WO2018/003720	審査官	須藤 英輝
(87)国際公開日	平成30年1月4日(2018.1.4)		
審査請求日	令和2年1月7日(2020.1.7)		
(31)優先権主張番号	特願2016-129388(P2016-129388)		
(32)優先日	平成28年6月29日(2016.6.29)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		
前置審査			

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学ガラス、プリフォーム材及び光学素子

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

モル%で、

SiO₂成分 0 ~ 30 . 0 %

B₂O₃成分 43 . 90 ~ 60 . 0 %

モル和 (SiO₂ + B₂O₃) が 50 . 0 ~ 75 . 0 %、

Ln₂O₃成分 (式中、LnはLa、Gd、Y、Luからなる群より選択される1種以上) のモル和が 6 . 0 ~ 18 . 0 %、

Rn₂O成分 (式中、RnはLi、Na、Kからなる群より選択される1種以上) のモル和が 0 . 5 ~ 6 . 53 %、

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) の含有量の和 (モル和) が 20 . 0 % 以下、

ZnO成分 0 ~ 3 . 0 %、

モル比 (SiO₂ + Al₂O₃) / B₂O₃ が 0 . 3 以上、

ガラスの比重 (d) と粉末法耐酸性の等級 (RA) の乗算 d × RA の値が 15 . 0 以下であって、

1 . 58 以上 1 . 75 以下の屈折率 (n_d) を有し、50 以上 65 以下のアッペ数 (d) を有する光学ガラス。

【請求項2】

モル比 (Ln₂O₃ / Rn₂O) が 1 . 39 以上である請求項1記載の光学ガラス。

【請求項 3】

モル和 ($ZrO_2 + TiO_2 + Nb_2O_5 + Ta_2O_5 + WO_3 + Bi_2O_3 + TeO_2$) が 0 ~ 20.0% である請求項 1 又は 2 記載の光学ガラス。

【請求項 4】

モル比 ($Ln_2O_3 + SiO_2 + Al_2O_3$) / ($RO + Rn_2O + B_2O_3$) が 0.2 ~ 3.0 である請求項 1 から 3 のいずれか記載の光学ガラス。

【請求項 5】

粉末法による化学的耐久性 (耐酸性) が 1 級 ~ 4 級を有する請求項 1 から 4 のいずれか記載の光学ガラス。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか記載の光学ガラスからなる光学素子。

10

【請求項 7】

請求項 6 記載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、プリフォーム材及び光学素子に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、光学系を使用する機器のデジタル化や高精細化が急速に進んでおり、デジタルカメラやビデオカメラ等の撮影機器や、プロジェクタやプロジェクションテレビ等の画像再生 (投影) 機器等の各種光学機器の分野では、光学系で用いられるレンズやプリズム等の光学素子の枚数を削減し、光学系全体を軽量化及び小型化する要求が強まっている。

20

【0003】

光学素子を作製する光学ガラスの中でも特に、光学系全体の軽量化及び小型化や色収差補正を図ることが可能な、1.60 以上の屈折率 (n_d) を有し、35 以上 65 以下のアッペ数 (ν_d) を有する中屈折率低分散ガラスの需要が非常に高まっている。

【0004】

このような中屈折率低分散ガラスとして、特許文献 1 ~ 2 に代表されるようなガラス組成物が知られている。しかしながら、これらの $B_2O_3 - La_2O_3$ 系からなるガラス組成物は、一般的に用いられているガラス成分の特性上、水や酸に弱いことが多く、耐久性が十分ではなかった。そのため、ガラスの研磨加工時において、ガラスが劣化することがあり、製造工程上不都合が生じることがある。

30

また、近年需要が伸びている監視カメラや車載用のカメラなどでは、屋外で恒常的に使用されるため、風雨や大気中の水蒸気等に曝されることが多い。従来ガラス組成物を用いた撮像素子を使用するにあたり、外界での長期間の使用を前提とする場合には、特許文献 1 ~ 2 に記載されているようなガラス組成では、耐久性が十分ではない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

40

【文献】特開昭 55 - 080736 号公報

特開平 11 - 139844 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものである。本発明の目的は、前記所定の範囲の光学恒数を有し、良好な化学的耐久性及び比重の小さい光学ガラスを得ることにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

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、特定の組成を

50

有することで、上記課題を解決するガラスが得られることを見出し、本発明を完成するに至った。具体的には、本発明は以下のようなものを提供する。

【0008】

(1) モル%で、

モル和 ($\text{SiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3$) が 40.0 ~ 75.0 %、

Ln_2O_3 成分 (式中、Ln は La、Gd、Y、Lu からなる群より選択される 1 種以上) のモル和が 3.0 % ~ 25.0 %、

Rn_2O 成分 (式中、Rn は Li、Na、K からなる群より選択される 1 種以上) のモル和が 0 % 超 ~ 25.0 %、

ガラスの比重 (d) と粉末法耐酸性の等級 (RA) の乗算 $d \times \text{RA}$ の値が 15.0 以下であって、

10

1.58 以上 1.80 以下の屈折率 (n_d) を有し、35 以上 65 以下のアッペ数 (d) を有する光学ガラス。

【0009】

(2) モル%で、

SiO_2 成分 5.0 ~ 60.0 %

B_2O_3 成分 0 ~ 70.0 %

Al_2O_3 成分を 0 ~ 25.0 %、

La_2O_3 成分 0 ~ 25.0 %、

Y_2O_3 成分 0 ~ 25.0 %、

20

Gd_2O_3 成分 0 ~ 25.0 %、

Lu_2O_3 成分 0 ~ 5.0 %、

Yb_2O_3 成分 0 ~ 5.0 %、

ZrO_2 成分 0 ~ 10.0 %、

TiO_2 成分 0 ~ 10.0 %、

Nb_2O_5 成分 0 ~ 10.0 %、

Ta_2O_5 成分 0 ~ 5.0 %、

WO_3 成分 0 ~ 5.0 %、

ZnO 成分 0 ~ 30.0 %、

MgO 成分 0 ~ 30.0 %、

30

CaO 成分 0 ~ 35.0 %、

SrO 成分 0 ~ 30.0 %、

BaO 成分 0 ~ 30.0 %、

Li_2O 成分 0 ~ 20.0 %、

Na_2O 成分 0 ~ 15.0 %、

K_2O 成分 0 ~ 15.0 %、

GeO_2 成分 0 ~ 10.0 %、

Ga_2O_3 成分 0 ~ 10.0 %、

P_2O_5 成分 0 ~ 10.0 %、

Bi_2O_3 成分 0 ~ 5.0 %、

40

TeO_2 成分 0 ~ 5.0 %、

SnO_2 成分 0 ~ 3.0 %、

Sb_2O_3 成分 0 ~ 1.0 %、

である (1) 記載の光学ガラス。

【0010】

(3) モル比 ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$) / B_2O_3 が 0.1 以上である (1) 又は (2) いずれか記載の光学ガラス。

【0011】

(4) モル和 ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$) 8.0 ~ 65.0 % である (1) から (3) 記載の光学ガラス。

50

【0012】

(5) モル比 (Ln_2O_3 / Rn_2O) が 0.3 以上である (1) から (4) のいずれか記載の光学ガラス。

【0013】

(6) モル和 $(ZrO_2 + TiO_2 + Nb_2O_5 + Ta_2O_5 + WO_3 + Bi_2O_3 + TeO_2)$ 0 ~ 20.0% である (1) から (5) のいずれか記載の光学ガラス。

【0014】

(7) モル比 $(Ln_2O_3 + SiO_2 + Al_2O_3) / (RO + Rn_2O + B_2O_3)$ が 0.2 ~ 3.0 である (1) から (6) のいずれか記載の光学ガラス。

【0015】

(8) モル積 $(BaO \times Gd_2O_3)$ が 5.0% 未満である (1) から (7) のいずれか記載の光学ガラス。

10

【0016】

(9) 粉末法による化学的耐久性 (耐酸性) が 1 級 ~ 4 級を有する (1) から (8) のいずれか記載の光学ガラス。

【0017】

(10) 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) のモル和が 40.0% 以下である (1) から (9) のいずれか記載の光学ガラス。

【0018】

(11) (1) から (10) のいずれか記載の光学ガラスからなるプリフォーム材。

20

【0019】

(12) (1) から (10) のいずれか記載の光学ガラスからなる光学素子。

【0020】

(13) (12) 記載の光学素子を備える光学機器。

【0021】

本発明によれば、所定の範囲の光学恒数および良好な化学的耐久性を有するガラスを得ることができる。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、本発明の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。

30

【0023】

[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、全て酸化物換算組成のガラス全物質質量に対するモル%で表示されるものとする。ここで、「酸化物換算組成」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、全て酸化物換算組成の全モル数に対するモル%で表示されるものとする。

40

【0024】

モル和 $(SiO_2 + B_2O_3)$ が 40.0% 以上の場合、耐失透性を向上させる効果が得られやすくなる。

従って、 $(SiO_2 + B_2O_3)$ のモル和は好ましくは 40.0%、より好ましくは 45.0%、さらに好ましくは 50.0% を下限とする。

一方で、このモル和を 75.0% 以下にすることで、ガラス原料の熔融性の悪化や過剰な粘性の上昇を抑えることができる。従って、 $(SiO_2 + B_2O_3)$ のモル和は、好ましくは 75.0%、より好ましくは 70.0%、さらに好ましくは 65.0% を上限とす

50

る。

【0025】

Ln_2O_3 成分(式中、 Ln は La 、 Gd 、 Y 、 Lu からなる群より選択される1種以上)の含有量の和(モル和)は、3.0%以上25.0%以下が好ましい。

特に、この和を3.0%以上にすることで、ガラスの屈折率及びアッペ数が高められるため、所望の屈折率及びアッペ数を有するガラスを得易くすることができる。従って、 Ln_2O_3 成分のモル和は、好ましくは3.0%、より好ましくは6.0%、さらに好ましくは8.0%、最も好ましくは10%を下限とする。

一方で、この和を25.0%以下にすることで、ガラスの液相温度が低くなるため、ガラスの失透を低減できる。従って、 Ln_2O_3 成分のモル和は、好ましくは25.0%、より好ましくは20.0%、さらに好ましくは18.0%を上限とする。

10

【0026】

Rn_2O 成分(式中、 Rn は Li 、 Na 、 K からなる群より選択される1種以上)の含有量の和(モル和)は、25.0%以下が好ましい。これにより、過剰な含有による化学的耐久性の悪化を抑えられる。従って、前記合計の含有量は、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%、さらに好ましくは10.0%、さらに好ましくは5.0%、最も好ましくは3.0%を上限とする。

一方で、この和を0%超とすることで熔融性悪化や過剰な粘性上昇を抑えられる。従って、 Rn_2O 成分のモル和は、好ましくは0%超、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。

20

【0027】

SiO_2 成分は、耐失透性や化学的耐久性を向上させる必須成分である。 SiO_2 成分の含有量は、好ましくは5.0%、より好ましくは10.0%、さらに好ましくは15.0%を下限とする。

一方で、 SiO_2 成分の含有量を60.0%以下にすることで、より大きな屈折率を得易くでき、熔融性の悪化や過剰な粘性上昇を抑えられる。従って、 SiO_2 成分の含有量は、好ましくは60.0%以下、より好ましくは50.0%、さらに好ましくは40.0%、さらに好ましくは30.0%、最も好ましくは20.0%を上限とする。

SiO_2 成分は、原料として SiO_2 、 K_2SiF_6 、 Na_2SiF_6 等を用いることができる。

30

【0028】

B_2O_3 成分は、熔融性を向上させ、耐失透性を向上させる効果を有する任意成分である。 B_2O_3 成分の含有量は、好ましくは0%超、より好ましくは5.0%、さらに好ましくは10.0%、さらに好ましくは15.0%、さらに好ましくは20.0%、さらに好ましくは30.0%、最も好ましくは40.0%を下限とする。

一方で、 B_2O_3 成分の含有量を70.0%以下にすることで、ガラスの化学的耐久性の悪化を抑えられる。従って、 B_2O_3 成分の含有量は、好ましくは70.0%、より好ましくは60.0%、さらに好ましくは55.0%、最も好ましくは50.0%を上限とする。

B_2O_3 成分は、原料として H_3BO_3 、 $Na_2B_4O_7$ 、 $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ 、 BPO_4 等を用いることができる。

40

【0029】

Al_2O_3 成分は、耐失透性や化学的耐久性を向上させる効果を有する任意成分である。 Al_2O_3 成分の含有量は、好ましくは0%超、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。

特に、 Al_2O_3 成分の含有量を、5.0%以上にすることで、 Rn_2O 成分が多く含有している場合において、化学的耐久性を著しく向上させることができる。したがって、 Al_2O_3 成分の含有量を好ましくは5.0%、さらに好ましくは10.0%、最も好ましくは15.0%を下限とする。

一方で、 Al_2O_3 成分の含有量を25.0%以下にすることで、過剰な含有による耐

50

失透性の悪化や屈折率の低下を抑えられる。従って、 Al_2O_3 成分の含有量は、好ましくは25.0%、さらに好ましくは20.0%、最も好ましくは18.0%を上限とする。

Al_2O_3 成分は、原料として Al_2O_3 、 $Al(OH)_3$ 、 AlF_3 、 $Al(PO_3)_3$ 等を用いることができる。

【0030】

La_2O_3 成分は、ガラスの屈折率を高め、且つガラスのアップ数を高める任意成分である。従って、 La_2O_3 成分の含有量は、好ましくは0%超、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5.0%、最も好ましくは8.0%を下限とする。

一方で、 La_2O_3 成分の含有量を25.0%以下にすることで、ガラスの安定性を高めることで失透を低減できる。従って、 La_2O_3 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12.0%を上限とする。

La_2O_3 成分は、原料として La_2O_3 、 $La(NO_3)_3 \cdot xH_2O$ (Xは任意の整数)等を用いることができる。

【0031】

Y_2O_3 成分は、0%超含有する場合に、高屈折率及び高アップ数を維持しながらも、ガラスの材料コストを抑えられ、且つ、他の希土類成分よりもガラスの比重を低減できる任意成分である。従って、 Y_2O_3 成分の含有量は、好ましくは0%超、より好ましくは1.0%、さらに好ましくは2.5%、最も好ましくは3.5%を下限とする。

一方で、 Y_2O_3 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高められる。従って、 Y_2O_3 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%、さらに好ましくは10.0%、最も好ましくは5.0%を上限とする。

Y_2O_3 成分は、原料として Y_2O_3 、 YF_3 等を用いることができる。

【0032】

Gd_2O_3 成分は、0%超含有する場合に、ガラスの屈折率を高められ、且つアップ数を高められる任意成分である。

一方で、希土類元素の中でも高価な Gd_2O_3 成分を25.0%以下にすることで、比重の増加を抑え、ガラスの材料コストが低減されるため、より安価に光学ガラスを作製できる。従って、 Gd_2O_3 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%、さらに好ましくは10.0%、さらに好ましくは5.0%、最も好ましくは1.0%を上限とする。材料コストの低減や比重の増加を抑える観点で、 Gd_2O_3 成分を含有しなくてもよい。

Gd_2O_3 成分は、原料として Gd_2O_3 、 GdF_3 等を用いることができる。

【0033】

Lu_2O_3 成分は、0%超含有する場合に、ガラスの屈折率を高められ、且つアップ数を高められる任意成分である。

一方で、 Lu_2O_3 成分の含有量をそれぞれ5.0%以下にすることで、ガラスの材料コストが低減されるため、より安価に光学ガラスを作製できる。また、これによりガラスの耐失透性を高められる。従って、 Lu_2O_3 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0.1%を上限とする。材料コストを低減させる観点で、 Lu_2O_3 成分を含有しなくてもよい。

Lu_2O_3 成分は、原料として Lu_2O_3 等を用いることができる。

【0034】

Yb_2O_3 成分は、0%超含有する場合に、ガラスの屈折率を高められ、且つアップ数を高められる任意成分である。

一方で、 Yb_2O_3 成分の含有量を5.0%以下にすることで、ガラスの材料コストが低減されるため、より安価に光学ガラスを作製できる。また、これによりガラスの耐失透性を高められる。従って、 Yb_2O_3 成分の含有量は、好ましくは5.0%、より好まし

10

20

30

40

50

くは3.0%、さらに好ましくは1.0%、最も好ましくは0.1%を上限とする。材料コストを低減させる観点で、 Yb_2O_3 成分を含有しなくてもよい。

Yb_2O_3 成分は、原料として Yb_2O_3 等を用いることができる。

【0035】

ZrO_2 成分は、0%超含有する場合に、ガラスの屈折率及びアッペ数を高められ、且つ耐失透性を向上できる任意成分である。

一方で、 ZrO_2 成分の含有量を10.0%以下にすることで、 ZrO_2 成分の過剰な含有による失透を低減できる。従って、 ZrO_2 成分の含有量は、好ましくは10.0%、より好ましくは5.0%、さらに好ましくは3.0%、最も好ましくは1.0%を上限とする。

10

ZrO_2 成分は、原料として ZrO_2 、 ZrF_4 等を用いることができる。

【0036】

TiO_2 成分は、0%超含有する場合に、ガラスの屈折率を高められる任意成分である。

一方で、 TiO_2 成分の含有量を10.0%以下にすることで、 TiO_2 成分の過剰な含有による失透を低減でき、ガラスの可視光（特に波長500nm以下）に対する透過率の低下を抑えられる。従って、 TiO_2 成分の含有量は、好ましくは10.0%、より好ましくは5.0%、さらに好ましくは3.0%、最も好ましくは1.0%を上限とする。

【0037】

Nb_2O_5 成分は、0%超含有する場合に、ガラスの屈折率を高められる任意成分である。

20

一方で、 Nb_2O_5 成分の含有量を10.0%以下にすることで、 Nb_2O_5 成分の過剰な含有による失透を低減でき、且つ、ガラスの可視光（特に波長500nm以下）に対する透過率の低下を抑えられる。従って、 Nb_2O_5 成分の含有量は、好ましくは10.0%、より好ましくは5.0%、さらに好ましくは3.0%、最も好ましくは1.0%を上限とする。

Nb_2O_5 成分は、原料として Nb_2O_5 等を用いることができる。

【0038】

Ta_2O_5 成分は、0%超含有する場合に、ガラスの屈折率を高められ、且つ耐失透性を高められる任意成分である。

一方で、高価な Ta_2O_5 成分を5.0%以下にすることで、ガラスの材料コストが低減されるため、より安価に光学ガラスを作製できる。従って、 Ta_2O_5 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0.1%を上限とする。材料コストを低減させる観点で、 Ta_2O_5 成分を含有しなくてもよい。

30

Ta_2O_5 成分は、原料として Ta_2O_5 等を用いることができる。

【0039】

WO_3 成分は、0%超含有する場合にガラスの屈折率を高められ、且つ耐失透性を高められる任意成分である。

一方で、 WO_3 成分の含有量を5.0%以下にすることで、 WO_3 成分によるガラスの着色を低減して可視光透過率を高められる。従って、 WO_3 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%を上限とする。

40

WO_3 成分は、原料として WO_3 等を用いることができる。

【0040】

ZnO 成分は、0%超含有する場合に、低温熔融性を向上させる任意成分である。

一方で、 ZnO 成分の含有量を30.0%以下にすることで過剰な含有によるアッペ数の低下や耐失透性の低下を抑えられる。従って、 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10.0%、さらに好ましくは5.0%、さらに好ましくは3.0%、最も好ましくは1.0%を上限とする。

ZnO 成分は、原料として ZnO 、 ZnF_2 等を用いることができる。

50

【 0 0 4 1 】

MgO成分は、0%超含有する場合に、低温熔融性を向上させる任意成分である。

一方で、MgO成分の含有量を30.0%以下にすることで、MgO成分の過剰な含有による化学的耐久性の悪化や耐失透性の低下を抑えられる。従って、MgO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10.0%、さらに好ましくは5.0%、さらに好ましくは3.0%、最も好ましくは1.0%を上限とする。

MgO成分は、原料としてMgCO₃、MgF₂等を用いることができる。

【 0 0 4 2 】

CaO成分は、0%超含有する場合に、低温熔融性を向上させ、過剰な粘性の上昇を抑える効果を得易くすることができる。従って、CaO成分の含有量は、好ましくは0%超、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。特に、Al₂O₃成分を5.0%より少なく含有している場合は、耐失透性が十分でないため、CaO成分の下限を2.0%以上とすることで、耐失透性を改善させることができる。従って、CaOの成分は、好ましくは2.0%、より好ましくは3.0%、さらに好ましくは5.0%を下限とする。

10

一方で、CaO成分の含有量を35.0%以下にすることで、CaO成分の過剰な含有による化学的耐久性の悪化や耐失透性の低下を抑えられる。従って、CaO成分の含有量は、好ましくは35.0%、より好ましくは25.0%、さらに好ましくは15.0%、さらに好ましくは10.0%、さらに好ましくは5.0%を上限とする。

20

CaO成分は、原料としてCaCO₃、CaF₂等を用いることができる。

【 0 0 4 3 】

SrO成分は、0%超含有する場合に、低温熔融性を向上させ、過剰な粘性の上昇を抑える効果を得易くすることができる。従って、SrO成分の含有量は、好ましくは0%超、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。

特に、Al₂O₃成分を8.0%より少なく含有している場合は、耐失透性が十分でないため、SrO成分の下限を2.0%以上とすることで、耐失透性を改善させることができる。従って、SrOの成分は、好ましくは2.0%、より好ましくは3.0%、さらに好ましくは5.0%を下限とする。

一方で、SrO成分の含有量を30.0%以下にすることで、SrO成分の過剰な含有による化学的耐久性の悪化や耐失透性の低下を抑えられる。従って、SrO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10.0%、さらに好ましくは5.0%を上限とする。

30

SrO成分は、原料としてSr(NO₃)₂、SrF₂等を用いることができる。

【 0 0 4 4 】

BaO成分は、0%超含有する場合に、低温熔融性を向上させ、過剰な粘性の上昇を抑える効果を得易くすることができる。従って、BaO成分の含有量は、好ましくは0%超、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。特に、Al₂O₃成分を8.0%より少なく含有している場合は、耐失透性が十分でないため、BaO成分の下限を2.0%以上とすることで、耐失透性を改善させることができる。従って、BaOの成分は、好ましくは2.0%、より好ましくは3.0%、さらに好ましくは5.0%を下限とする。

40

一方で、BaO成分の含有量を30.0%以下にすることで、BaO成分の過剰な含有による化学的耐久性の悪化や耐失透性の低下を抑えられる。従って、BaO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10.0%、さらに好ましくは5.0%を上限とする。

BaO成分は、原料としてBaCO₃、Ba(NO₃)₂、BaF₂等を用いることができる。

【 0 0 4 5 】

Li₂O成分は、0%超含有する場合に、低温熔融性及びガラスの成形性を向上させる

50

任意成分である。従って、 Li_2O 成分の含有量は、好ましくは0%超、より好ましくは0.1%超、さらに好ましくは0.5%を下限とする。

一方で、 Li_2O 成分の含有量を20.0%以下にすることで、 Li_2O 成分の過剰な含有による化学的耐久性の悪化を抑えられる。従って、 Li_2O 成分の含有量は、好ましくは20.0%、より好ましくは15.0%、さらに好ましくは10.0%、さらに好ましくは5.0%、さらに好ましくは3.0%、最も好ましくは1.0%を上限とする。

Li_2O 成分は、原料として Li_2CO_3 、 LiNO_3 、 Li_2CO_3 等を用いることができる。

【0046】

Na_2O 成分は、0%超含有する場合に、低温溶融性及びガラスの成形性を向上させる任意成分である。従って、 Na_2O 成分の含有量は、好ましくは0%超、より好ましくは0.1%超、さらに好ましくは0.5%を下限とする。

10

一方で、 Na_2O 成分の含有量を15.0%以下にすることで、 Na_2O 成分の過剰な含有による化学的耐久性の悪化を抑えられる。従って、 Na_2O 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%、さらに好ましくは3.0%、最も好ましくは1.0%を上限とする。

Na_2O 成分は、原料として Na_2CO_3 、 NaNO_3 、 NaF 、 Na_2SiF_6 等を用いることができる。

【0047】

K_2O 成分は、0%超含有する場合に、低温溶融性及びガラスの成形性を向上させる任意成分である。従って、 K_2O 成分の含有量は、好ましくは0%超、より好ましくは0.1%超、さらに好ましくは0.5%を下限とする。

20

一方で、 K_2O 成分の含有量を15.0%以下にすることで、 K_2O 成分の過剰な含有による化学的耐久性の悪化を抑えられる。従って、 K_2O 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%、さらに好ましくは3.0%、最も好ましくは1.0%を上限とする。

K_2O 成分は、原料として K_2CO_3 、 KNO_3 、 KF 、 KHF_2 、 K_2SiF_6 等を用いることができる。

【0048】

GeO_2 成分は、0%超含有する場合に、ガラスの屈折率を高められ、且つ耐失透性を向上できる任意成分である。

30

しかしながら、 GeO_2 は原料価格が高いため、その含有量が多いと生産コストが高くなってしまふ。従って、 GeO_2 成分の含有量は、好ましくは10.0%、より好ましくは5.0%、さらに好ましくは3.0%、さらに好ましくは1.0%、さらに好ましくは0.1%を上限とする。材料コストを低減させる観点で、 GeO_2 成分を含有しなくてもよい。

GeO_2 成分は、原料として GeO_2 等を用いることができる。

【0049】

Ga_2O_3 成分は、0%超含有する場合に、ガラスの屈折率を高められ、且つ耐失透性を向上できる任意成分である。

40

しかしながら、 Ga_2O_3 は原料価格が高いため、その含有量が多いと生産コストが高くなってしまふ。従って、 Ga_2O_3 成分の含有量は、好ましくは10.0%、より好ましくは5.0%、さらに好ましくは3.0%、さらに好ましくは1.0%、さらに好ましくは0.1%を上限とする。材料コストを低減させる観点で、 Ga_2O_3 成分を含有しなくてもよい。

Ga_2O_3 成分は、原料として Ga_2O_3 等を用いることができる。

【0050】

P_2O_5 成分は、0%超含有する場合に、ガラスの液相温度を下げ耐失透性を高められる任意成分である。

一方で、 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

50

、特に耐水性の低下を抑えられる。従って、 P_2O_5 成分の含有量は、好ましくは10.0%、さらに好ましくは5.0%、最も好ましくは1.0%を上限とする。

P_2O_5 成分は、原料として $Al(PO_3)_3$ 、 $Ca(PO_3)_2$ 、 $Ba(PO_3)_2$ 、 BPO_4 、 H_3PO_4 等を用いることができる。

【0051】

Bi_2O_3 成分は、0%超含有する場合に、屈折率を高められ、且つガラス転移点を下げられる任意成分である。

一方で、 Bi_2O_3 成分の含有量を5.0%以下にすることで、ガラスの着色を抑え耐失透性を高められる。従って、 Bi_2O_3 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0.1%を上限とする。

Bi_2O_3 成分は、原料として Bi_2O_3 等を用いることができる。

【0052】

TeO_2 成分は、0%超含有する場合に、屈折率を高められ、且つガラス転移点を下げられる任意成分である。

一方で、 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、 TeO_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0.1%を上限とする。

TeO_2 成分は、原料として TeO_2 等を用いることができる。

【0053】

SnO_2 成分は、0%超含有する場合に、熔融ガラスの酸化を低減して清澄し、且つガラスの可視光透過率を高められる任意成分である。

一方で、 SnO_2 成分の含有量を3.0%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、ガラスの失透を低減できる。また、 SnO_2 成分と熔解設備（特にPt等の貴金属）の合金化が低減されるため、熔解設備の長寿命化を図れる。従って、 SnO_2 成分の含有量は、好ましくは3.0%、より好ましくは1.0%、さらに好ましくは0.5%、最も好ましくは0.1%を上限とする。

SnO_2 成分は、原料として SnO 、 SnO_2 、 SnF_2 、 SnF_4 等を用いることができる。

【0054】

Sb_2O_3 成分は、0%超含有する場合に、熔融ガラスを脱泡できる任意成分である。

一方で、 Sb_2O_3 量が多すぎると、可視光領域の短波長領域における透過率が悪くなる。従って、 Sb_2O_3 成分の含有量は、好ましくは1.0%、より好ましくは0.7%、さらに好ましくは0.5%、さらに好ましくは0.2%、最も好ましくは0.1%を上限とする。

Sb_2O_3 成分は、原料として Sb_2O_3 、 Sb_2O_5 、 $Na_2H_2Sb_2O_7 \cdot 5H_2O$ 等を用いることができる。

【0055】

なお、ガラスを清澄し脱泡する成分は、上記の Sb_2O_3 成分に限定されるものではなく、ガラス製造の分野における公知の清澄剤、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。

【0056】

F成分は、0%超含有する場合に、ガラスのアップ数を高めつつ、ガラス転移点を低くし、且つ耐失透性を向上できる任意成分である。

しかし、F成分の含有量、すなわち上述した各金属元素の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としての合計量が15.0%を超えると、F成分の揮発量が多くなるため、安定した光学恒数が得られ難くなり、均質なガラスが得られ難くなる。

従って、F成分の含有量は、好ましくは15.0%、より好ましくは12.0%、さらに好ましくは10.0%、さらに好ましくは5.0%、さらに好ましくは3.0%、

10

20

30

40

50

最も好ましくは1.0%を上限とする。

F成分は、原料として例えば ZrF_4 、 AlF_3 、 NaF 、 CaF_2 等を用いることで、ガラス内に含有することができる。

【0057】

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)の含有量の和(モル和)は、40.0%以下が好ましい。これにより、過剰な含有による化学的耐久性の悪化や耐失透性の低下を抑えられる。従って、RO成分のモル和は、好ましくは40.0%、より好ましくは30.0%、さらに好ましくは25.0%、さらに好ましくは20.0%、さらに好ましくは15.0%、さらに好ましくは10.0%、最も好ましくは5.0%を上限とする。

10

一方で、0%超とすることでガラス原料の熔融性を向上させる効果や過剰な粘性の上昇を抑える効果を得易くすることができる。従ってRO成分のモル和は、好ましくは0%超、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。

特に、 Al_2O_3 成分を8.0%より少なく含有している場合は、耐失透性が十分でないため、RO成分の下限を2.0%以上とすることで、耐失透性を改善させることができる。従って、ROの成分は、好ましくは2.0%、より好ましくは3.0%、さらに好ましくは5.0%を下限とする。

【0058】

モル比 $(SiO_2 + Al_2O_3) / (B_2O_3)$ が0.1以上の場合、ガラスの化学的耐久性を向上させる効果が得やすくなる。従って $(SiO_2 + Al_2O_3) / (B_2O_3)$ のモル比は好ましくは0.1、より好ましくは0.2、さらに好ましくは0.3、さらに好ましくは0.4、最も好ましくは0.5を下限とする。

20

一方で、このモル比を10.0以下にすることで、ガラス原料の熔融性の悪化や過剰な粘性の上昇を抑えることができる。従って $(SiO_2 + Al_2O_3) / (B_2O_3)$ のモル比は、好ましくは10.0、より好ましくは8.0、さらに好ましくは6.0、さらに好ましくは4.0、さらに好ましくは3.0を上限としても良い。

なお、 B_2O_3 成分を含有しない場合は $(SiO_2 + Al_2O_3) / (B_2O_3)$ の値を無限大とする。

【0059】

モル和 $(SiO_2 + Al_2O_3)$ が8.0%以上の場合、ガラスの化学的耐久性を向上させる効果が得やすくなる。従って $(SiO_2 + Al_2O_3)$ のモル和は好ましくは8.0%、より好ましくは10.0%、さらに好ましくは15.0%、さらに好ましくは20.0%、最も好ましくは25.0%を下限とする。

30

一方で、このモル和を65.0%以下にすることで、ガラス原料の熔融性の悪化や過剰な粘性の上昇を抑えることができる。従って、 $(SiO_2 + Al_2O_3)$ のモル和は、好ましくは65.0%、より好ましくは60.0%、より好ましくは50.0%、さらに好ましくは45.0%、最も好ましくは40.0%を上限とする。

【0060】

モル比 (Ln_2O_3 / Rn_2O) が0.3以上の場合、ガラスの化学的耐久性を向上させる効果が得やすくなる。従って、 (Ln_2O_3 / Rn_2O) のモル比は好ましくは0.3、より好ましくは0.5、最も好ましくは0.7を下限とする。

40

特に、モル比 (Ln_2O_3 / Rn_2O) を8.0以下とすることで、ガラス原料の熔融性の悪化や過剰な粘性の上昇を抑えることができる。従って、好ましくは8.0、より好ましくは5.0、さらに好ましくは3.0を上限とする。

なお、 Rn_2O 成分を含有しない場合は (Ln_2O_3 / Rn_2O) の値を無限大とする。

【0061】

モル和 $(ZrO_2 + TiO_2 + Nb_2O_5 + Ta_2O_5 + WO_3 + Bi_2O_3 + TeO_2)$ が20.0%以下の場合、耐失透性を向上する効果が得られ易く、またアッペ数の過剰な低下を抑え低分散性能が得られやすくなる。従って、 $(ZrO_2 + TiO_2 + Nb_2O_5 + Ta_2O_5 + WO_3 + Bi_2O_3 + TeO_2)$ のモル和は好ましくは20.0%、

50

より好ましくは15.0%、さらに好ましくは10.0%、さらに好ましくは5.0%、さらに好ましくは3.0%、さらに好ましくは1.0%、最も好ましくは0.1%を上限とする。

【0062】

モル比 $(Ln_2O_3 + SiO_2 + Al_2O_3) / (RO + Rn_2O + B_2O_3)$ が0.2以上の場合、ガラスの化学的耐久性を向上させる効果が得やすくなる。従って、 $(Ln_2O_3 + SiO_2 + Al_2O_3) / (RO + Rn_2O + B_2O_3)$ のモル比は好ましくは0.2、より好ましくは0.3、さらに好ましくは0.4、最も好ましくは0.5を下限とする。

一方で、このモル比を3.0以下にすることで、ガラス原料の熔融性の悪化や過剰な粘性の上昇を抑えることができる。従って、 $(Ln_2O_3 + SiO_2 + Al_2O_3) / (RO + Rn_2O + B_2O_3)$ のモル比は、好ましくは3.0、より好ましくは2.0、さらに好ましくは1.5を上限とする。

10

なお、RO、 Rn_2O 、 B_2O_3 成分を含有しない場合は $(Ln_2O_3 + SiO_2 + Al_2O_3) / (RO + Rn_2O + B_2O_3)$ の値を無限大とする。

【0063】

モル比 (Ln_2O_3 / RO) が0.1以上の場合、ガラスの化学的耐久性を向上させる効果が得やすくなる。従って、 (Ln_2O_3 / RO) のモル比は好ましくは0.1、より好ましくは0.2、さらに好ましくは0.3を下限とする。

なお、RO成分を含有しない場合は (Ln_2O_3 / RO) の値を無限大とする。

20

【0064】

モル積 $(BaO \times Gd_2O_3)$ が5.0未満の場合、ガラスの比重とコストの双方を抑える効果が得やすくなる。従って、 $(BaO \times Gd_2O_3)$ のモル積は好ましくは5.0未満、より好ましくは3.0、さらに好ましくは2.0、さらに好ましくは1.0、最も好ましくは0.1を上限とする。

【0065】

<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。

【0066】

30

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、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。

【0067】

Nd_2O_3 成分はガラスへの着色影響が強いため、実質的に含有しないこと、すなわち、不可避な混入を除いて一切含有しないことが望ましい。

【0068】

40

Er_2O_3 成分はガラスへの着色影響が強いため、実質的に含有しないこと、すなわち、不可避な混入を除いて一切含有しないことが望ましい。

【0069】

また、PbO等の鉛化合物及は、環境負荷が高い成分であるため、実質的に含有しないこと、すなわち、不可避な混入を除いて一切含有しないことが望ましい。

【0070】

また、 As_2O_3 等の砒素化合物は、環境負荷が高い成分であるため、実質的に含有しないこと、すなわち、不可避な混入を除いて一切含有しないことが望ましい。

【0071】

さらに、Th、Cd、Tl、Os、Be、及びSeの各成分は、近年有害な化学物質と

50

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、これらを実質的に含有しないことが好ましい。

【0072】

[物性]

本発明の光学ガラスは、中屈折率及び高アッペ数（低分散）を有することが好ましい。特に、本発明の光学ガラスの屈折率（ n_d ）は、好ましくは1.58、より好ましくは1.60、さらに好ましくは1.62、さらに好ましくは1.63、最も好ましくは1.64を下限とする。この屈折率（ n_d ）は、好ましくは1.80、より好ましくは1.75、さらに好ましくは1.70、最も好ましくは1.68を上限とする。

10

また、本発明の光学ガラスのアッペ数（ d ）は、好ましくは35、より好ましくは38、さらに好ましくは40、さらに好ましくは45、最も好ましくは50を下限とする。このアッペ数（ d ）は、好ましくは65を上限とするが、好ましくは64、より好ましくは63、さらに好ましくは62、さらに好ましくは61、最も好ましくは60を上限とする。

このような中屈折率を有することで、光学素子の薄型化を図っても大きな光の屈折量を得ることができる。また、このような低分散を有することで、単レンズとして用いたときに光の波長による焦点のずれ（色収差）を小さくできる。そのため、例えば高分散（低いアッペ数）を有する光学素子と組み合わせることで光学系を構成した場合に、その光学系の全体として収差を低減させて高い結像特性等を図ることができる。

20

このように、本発明の光学ガラスは、光学設計上有用であり、特に光学系を構成したときに、高い結像特性等を図りながらも、光学系の小型化を図ることができ、光学設計の自由度を広げることができる。

【0073】

本発明の光学ガラスは、比重が小さいことが好ましい。より具体的には、本発明の光学ガラスの比重は5.00以下である。これにより、光学素子やそれを用いた光学機器の質量が低減されるため、光学機器の軽量化に寄与することができる。従って、本発明の光学ガラスの比重は、好ましくは5.00、より好ましくは4.70、好ましくは4.50を上限とする。なお、本発明の光学ガラスの比重は、概ね2.80以上、より詳細には3.00以上、さらに詳細には3.20以上であることが多い。

30

本発明の光学ガラスの比重は、日本光学硝子工業会規格JOGIS05-1975「光学ガラスの比重の測定方法」に基づいて測定する。

【0074】

ガラスの比重（ d ）と粉末法耐酸性の等級（RA）の乗算（ $d \times RA$ ）の値が低いことが望ましい。より具体的には、本発明における（ $d \times RA$ ）の乗算値は15.0以下である。

これにより、耐酸性に優れながら比重の軽いレンズを作製することが可能であるため、車載や監視カメラ用途等に適した軽量化かつ酸性雨等からの耐性を有する光学素子の作製を行い易くなる。

従って、本発明の（ $d \times RA$ ）の乗算値は好ましくは15.0、より好ましくは14.0、さらに好ましくは13.0、さらに好ましくは12.0、さらに好ましくは11.0、さらに好ましくは10.5、最も好ましくは10.0を上限とする。

40

なお、本発明の光学ガラスの（ $d \times RA$ ）の乗算値の下限値は、特に限定されるものではないが、概ね3.0以上、より詳細には5.0以上、さらに詳細には6.5以上であることが多い。

【0075】

本発明の光学ガラスは、高い耐酸性を有することが好ましい。特に、JOGIS06-1999に準じたガラスの粉末法による化学的耐久性（耐酸性）は、好ましくは1～4級、より好ましくは1～3級であることが好ましい。

これにより、光学ガラスの加工性が改善するほか車載用途等で使用する際に、酸性雨等に

50

よるガラスの曇りが低減されるため、ガラスからの光学素子の作製をより行い易くできる。

【0076】

ここで「耐酸性」とは、酸によるガラスの侵食に対する耐久性であり、この耐酸性は、日本光学硝子工業会規格「光学ガラスの化学的耐久性の測定方法」JOGISO6-1999により測定することができる。また、「粉末法による化学的耐久性（耐酸性）が1～3級である」とは、JOGISO6-1999に準じて行った化学的耐久性（耐酸性）が、測定前後の試料の質量の減量率で、0.65質量%未満であることを意味する。

なお、化学的耐久性（耐酸性）の「1級」は、測定前後の試料の質量の減量率が0.20質量%未満であり、「2級」は、測定前後の試料の質量の減量率が0.20質量%以上0.35質量%未満であり、「3級」は、測定前後の試料の質量の減量率が0.35質量%以上0.65質量%未満であり、「4級」は、測定前後の試料の質量の減量率が0.65質量%以上1.20質量%未満であり、「5級」は、測定前後の試料の質量の減量率が1.20質量%以上2.20質量%未満であり、「6級」は、測定前後の試料の質量の減量率が2.20質量%以上である。

【0077】

本発明の光学ガラスは、耐失透性が高いこと、より具体的には、低い液相温度を有することが好ましい。

すなわち、本発明の光学ガラスの液相温度は、好ましくは1200、より好ましくは1150、さらに好ましくは1100を上限とする。これにより、熔解後のガラスをより低い温度で流出しても、作製されたガラスの結晶化が低減されるため、熔融状態からガラスを形成したときの失透を低減でき、ガラスを用いた光学素子の光学特性への影響を低減できる。また、ガラスの熔解温度を低くしてもガラスを成形できるため、ガラスの成形時に消費するエネルギーを抑えることで、ガラスの製造コストを低減できる。

一方、本発明の光学ガラスの液相温度の下限は特に限定しないが、本発明によって得られるガラスの液相温度は、概ね800以上、具体的には850以上、さらに具体的には900以上であることが多い。なお、本明細書中における「液相温度」とは、1000～1150の温度勾配のついた温度傾斜炉に30分間保持し、炉外に取り出して冷却した後、倍率100倍の顕微鏡で結晶の有無を観察したときに結晶が認められない一番低い温度である。

【0078】

[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に投入し、ガラス組成の溶融難易度に応じて電気炉で1100～1340の温度範囲で2～6時間溶融し、攪拌均質化した後、適当な温度に下げてから金型に鋳込み、徐冷することにより作製される。

【0079】

[ガラスの成形]

本発明のガラスは、公知の方法によって、熔解成形することが可能である。なお、ガラス溶融体を成形する手段は限定されない。

【0080】

[ガラス成形体及び光学素子]

本発明のガラスは、例えば研削及び研磨加工の手段等を用いて、ガラス成形体を作製することができる。すなわち、ガラスに対して研削及び研磨等の機械加工を行ってガラス成形体を作製することができる。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。

【0081】

このように、本発明のガラスから形成したガラス成形体は、耐久性に優れるため加工性が良く、酸性雨等によるガラスの劣化が小さいため車載用途などでの使用が可能である。

【実施例】

10

20

30

40

50

【0082】

本発明のガラスの実施例及び比較例の組成、これらのガラスの屈折率(n_d)、アッペ数(d)、比重(d)、粉末法耐酸性の等級(RA)、液相温度を表1～表10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に限定されるものではない。

【0083】

本発明の実施例及び比較例のガラスは、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原料を選定し、表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1100～1350の温度範囲で2～5時間熔融した後、攪拌均質化してから金型等に鋳込み、徐冷してガラスを作製した。

10

【0084】

ここで、実施例及び比較例のガラスの屈折率及びアッペ数は、日本光学硝子工業会規格JOGIS01 2003に基づいて測定した。ここで、屈折率及びアッペ数は、徐冷降温速度を-25 / hrにして得られたガラスについて測定を行うことで求めた。

【0085】

実施例及び比較例のガラスの比重は、日本光学硝子工業会規格JOGIS05-1975「光学ガラスの比重の測定方法」に基づいて測定した。

【0086】

実施例及び比較例のガラスの耐酸性は、日本光学硝子工業会規格「光学ガラスの化学的耐久性の測定方法」JOGIS06-1999に準じて測定した。すなわち、粒度425～600 μm に破碎したガラス試料を比重ビンにとり、白金かごの中に入れた。白金かごを0.01N硝酸水溶液の入った石英ガラス製丸底フラスコに入れて、沸騰水浴中で60分間処理した。処理後のガラス試料の減量率(質量%)を算出して、この減量率(質量%)が0.20未満の場合を1級、減量率が0.20～0.35未満の場合を2級、減量率が0.35～0.65未満の場合を3級、減量率が0.65～1.20未満の場合を4級、減量率が1.20～2.20未満の場合を5級、減量率が2.20以上の場合を6級とした。このとき、級の数小さいほど、ガラスの耐酸性が優れていることを意味する。

20

【0087】

実施例及び比較例のガラスの液相温度は、1000～1150の温度勾配のついた温度傾斜炉に30分間保持し、炉外に取り出して冷却した後、倍率100倍の顕微鏡で結晶の有無を観察したときに結晶が認められない一番低い温度を求めた。

なお、「1000以下」と記載している場合は、少なくとも1000で結晶が認められないことを指す。

30

【0088】

40

50

【表 1】

(単位:モル%)	実施例							
	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	58.46	48.25	51.54	29.37	29.37	29.37	18.48	35.89
B ₂ O ₃		14.44	14.99	31.98	31.98	31.98	29.62	25.81
Al ₂ O ₃		1.23	1.28	1.70	1.70	1.70		1.68
La ₂ O ₃	4.05	7.46	7.74	8.10	8.10	8.10	2.90	8.02
Y ₂ O ₃							3.51	
Gd ₂ O ₃								
ZrO ₂								
TiO ₂								
Nb ₂ O ₅								
Ta ₂ O ₅								
WO ₃								
ZnO	28.30						0.49	
CaO		5.98	6.20	15.44	15.44	15.44	28.28	15.29
SrO		3.15	3.27	2.39	2.39	2.39	3.83	2.36
BaO		5.46	6.24				4.91	
Li ₂ O		14.02	8.73	11.04			7.96	10.93
Na ₂ O	6.05					11.04		
K ₂ O	3.15				11.04			
Sb ₂ O ₃								
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
SiO ₂ +B ₂ O ₃	58.5	62.7	66.5	61.3	61.3	61.3	48.1	61.7
Ln ₂ O ₃	4.05	7.46	7.74	8.10	8.10	8.10	6.41	8.02
RO	28.30	14.59	15.72	17.82	17.82	17.82	37.51	17.66
Rn ₂ O	9.19	14.02	8.73	11.04	11.04	11.04	7.96	10.93
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/B ₂ O ₃		3.43	3.52	0.97	0.97	0.97	0.62	1.46
SiO ₂ +Al ₂ O ₃	58.46	49.48	52.82	31.06	31.06	31.06	18.48	37.57
ZrO ₂ +TiO ₂ +Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅ +WO ₃ +Bi ₂ O ₃ +TeO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(Ln ₂ O ₃ +SiO ₂ +Al ₂ O ₃) / (R O+Rn ₂ O+B ₂ O ₃)	1.67	1.32	1.54	0.64	0.64	0.64	0.33	0.84
Ln ₂ O ₃ /RO	0.14	0.51	0.49	0.45	0.45	0.45	0.17	0.45
Ln ₂ O ₃ /Rn ₂ O	0.44	0.53	0.89	0.73	0.73	0.73	0.80	0.73
BaO×Gd ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
n d	1.62	1.65	1.65	1.66	1.62	1.64	1.67	1.66
v d	50.28	56.17	56.20	57.06	56.1	55.9	54.8	56.8
比重 (d)	3.37	3.46	3.19	3.33	3.19	3.28	3.38	3.33
粉末法耐酸性 (RA)	2	4	4	4	4	4	4	4
d×RA	6.74	13.84	12.74	13.32	12.76	13.14	13.52	13.32
液相温度								

【 0 0 8 9 】

10

20

30

40

50

【表 2】

(単位:モル%)	実施例							
	9	10	11	12	13	14	15	16
SiO ₂	43.92	45.12	44.18	48.53	36.92	27.22	31.57	29.24
B ₂ O ₃	14.44	17.94	17.57	7.42	25.65	39.50	34.91	36.56
Al ₂ O ₃	1.23	17.38	20.03	1.81	17.61	15.04	5.32	1.69
La ₂ O ₃	5.50	9.60	8.46	4.76	9.73	8.47	7.49	6.05
Y ₂ O ₃	3.71	6.46	6.33		6.55	6.34	5.60	2.91
Gd ₂ O ₃								
ZrO ₂								
TiO ₂								
Nb ₂ O ₅								
Ta ₂ O ₅								
WO ₃								
ZnO								
CaO	25.39			30.94				10.98
SrO								1.58
BaO	3.00			1.69				
Li ₂ O	2.80	3.49	3.42	2.47	3.54	3.42	15.12	10.99
Na ₂ O				2.38				
K ₂ O								
Sb ₂ O ₃		0.007	0.007					
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
SiO ₂ +B ₂ O ₃	58.4	63.1	61.8	56.0	62.6	66.7	66.5	65.8
Ln ₂ O ₃	9.21	16.06	14.79	4.76	16.28	14.81	13.09	8.96
RO	28.40	0.00	0.00	32.62	0.00	0.00	0.00	12.56
Rn ₂ O	2.80	3.49	3.42	4.85	3.54	3.42	15.12	10.99
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/B ₂ O ₃	3.13	3.48	3.65	6.78	2.13	1.07	1.06	0.85
SiO ₂ +Al ₂ O ₃	45.15	62.50	64.21	50.34	54.54	42.26	36.89	30.93
ZrO ₂ +TiO ₂ +Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅ +WO ₃ +Bi ₂ O ₃ +TeO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(Ln ₂ O ₃ +SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/(R O+Rn ₂ O+B ₂ O ₃)	1.19	3.67	3.76	1.23	2.43	1.33	1.00	0.66
Ln ₂ O ₃ /RO	0.32			0.15				0.71
Ln ₂ O ₃ /Rn ₂ O	3.29	4.60	4.33	0.98	4.60	4.33	0.87	0.81
BaO×Gd ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
n d	1.67	1.65	1.65	1.64	1.66	1.65	1.65	1.65
v d	54.8	54.6	54.9	54.9	55.0	55.9	55.9	55.9
比重 (d)	3.47	3.44	3.36	3.23	3.43	3.30	3.30	3.21
粉末法耐酸性 (RA)	4	2	2	3	2	3	3	4
d×RA	13.88	6.88	6.73	9.69	6.87	9.90	9.90	12.84
液相温度		1147			1112			1067

【 0 0 9 0 】

10

20

30

40

50

【表 3】

(単位:モル%)	実施例							
	17	18	19	20	21	22	23	24
SiO ₂	28.07	17.24	15.98	29.90	30.09	26.33	17.17	17.09
B ₂ O ₃	35.09	47.61	38.61	37.38	36.41	37.05	47.41	47.21
Al ₂ O ₃	1.62	17.27	16.00	1.73	1.74	4.30	17.20	17.13
La ₂ O ₃	4.84	8.90	8.25	6.18	6.22	6.33	7.91	6.94
Y ₂ O ₃	2.79	5.50	5.10	3.72	4.49	4.57	6.85	8.19
Gd ₂ O ₃								
ZrO ₂								
TiO ₂								
Nb ₂ O ₅								
Ta ₂ O ₅								
WO ₃								
ZnO								
CaO	14.76			8.23	5.27	5.37		
SrO	2.28			1.62	1.63	1.66		
BaO								
Li ₂ O	10.55	3.47	16.06	11.24	14.14	14.39	3.45	3.44
Na ₂ O								
K ₂ O								
Sb ₂ O ₃							0.007	0.007
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
SiO ₂ +B ₂ O ₃	63.2	64.9	54.6	67.3	66.5	63.4	64.6	64.3
Ln ₂ O ₃	7.63	14.41	13.35	9.90	10.71	10.90	14.77	15.12
RO	17.04	0.00	0.00	9.85	6.90	7.03	0.00	0.00
Rn ₂ O	10.55	3.47	16.06	11.24	14.14	14.39	3.45	3.44
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/B ₂ O ₃	0.85	0.72	0.83	0.85	0.87	0.83	0.72	0.72
SiO ₂ +Al ₂ O ₃	29.69	34.51	31.98	31.63	31.83	30.63	34.36	34.22
ZrO ₂ +TiO ₂ +Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅ +WO ₃ +Bi ₂ O ₃ +TeO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(Ln ₂ O ₃ +SiO ₂ +Al ₂ O ₃) / (R O+Rn ₂ O+B ₂ O ₃)	0.60	0.96	0.83	0.71	0.74	0.71	0.97	0.97
Ln ₂ O ₃ /RO	0.45			1.00	1.55	1.55		
Ln ₂ O ₃ /Rn ₂ O	0.72	4.16	0.83	0.88	0.76	0.76	4.28	4.40
BaO×Gd ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
n d	1.65	1.64	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65
v d	58.0	56.4	55.9	57.7	57.5	57.0	56.5	56.5
比重 (d)	3.17	3.27	3.26	3.23	3.23	3.24	3.27	3.26
粉末法耐酸性 (RA)	4	3	4	4	4	4	3	3
d×RA	12.70	9.80	13.02	12.92	12.92	12.96	9.82	9.78
液相温度	1000 以下	1004					1074	1113

【 0 0 9 1 】

10

20

30

40

50

【表 4】

(単位:モル%)	実施例							
	25	26	27	28	29	30	31	32
SiO ₂	17.31	17.39	17.46	17.54	17.66	10.29	9.84	16.59
B ₂ O ₃	47.81	48.02	48.22	48.43	48.77	62.18	59.47	45.81
Al ₂ O ₃	17.34	17.42	17.49	17.57	17.69			16.62
La ₂ O ₃	9.90	10.90	11.91	12.94	6.19	7.81	10.86	
Y ₂ O ₃	4.15	2.78	1.39	0.00		10.13	10.67	17.65
Gd ₂ O ₃					6.15			
ZrO ₂								
TiO ₂								
Nb ₂ O ₅								
Ta ₂ O ₅								
WO ₃								
ZnO								
CaO								
SrO								
BaO								
Li ₂ O	3.48	3.50	3.51	3.53	3.55	9.58	9.16	3.34
Na ₂ O								
K ₂ O								
Sb ₂ O ₃	0.007	0.007	0.007	0.007				
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
SiO ₂ +B ₂ O ₃	65.1	65.4	65.7	66.0	66.4	72.5	69.3	62.4
Ln ₂ O ₃	14.04	13.68	13.31	12.94	12.33	17.95	21.53	17.65
RO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rn ₂ O	3.48	3.50	3.51	3.53	3.55	9.58	9.16	3.34
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/B ₂ O ₃	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.17	0.17	0.72
SiO ₂ +Al ₂ O ₃	34.66	34.80	34.95	35.10	35.35	10.29	9.84	33.20
ZrO ₂ +TiO ₂ +Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅ +WO ₃ +Bi ₂ O ₃ +TeO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(Ln ₂ O ₃ +SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/(RO+Rn ₂ O+B ₂ O ₃)	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.39	0.46	1.03
Ln ₂ O ₃ /RO								
Ln ₂ O ₃ /Rn ₂ O	4.03	3.91	3.79	3.67	3.47	1.87	2.35	5.29
BaO×Gd ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
n d	1.64	1.64	1.64	1.64	1.64	1.68	1.70	1.65
ν d	56.3	56.3	56.4	56.4	56.4	57.0	55.5	56.3
比重 (d)	3.27	3.30	3.31	3.32	3.44	3.44	3.69	3.20
粉末法耐酸性 (RA)	3	3	3	3	3	4	4	3
d×RA	9.81	9.90	9.92	9.95	10.32	13.76	14.76	9.59
液相温度	1000 以下	1000 以下	1000 以下	1026				

【 0 0 9 2 】

10

20

30

40

50

【表 5】

(単位:モル%)	実施例							比較例 A
	33	34	35	36	37	38	39	
SiO ₂	17.64	17.71	16.12	16.39	16.99		16.87	32.48
B ₂ O ₃	39.58	48.91	44.51	45.27	38.86	57.80	47.68	31.40
Al ₂ O ₃	23.91	17.74	25.64	16.42	17.02	20.97	17.79	
La ₂ O ₃	7.81	3.27	5.35	6.35	8.77		8.19	1.65
Y ₂ O ₃	7.51		5.15	6.11	2.71	8.35	8.03	
Gd ₂ O ₃		8.81				8.67		
ZrO ₂					4.56			1.19
TiO ₂				6.16	7.67			
Nb ₂ O ₅								
Ta ₂ O ₅								
WO ₃								
ZnO								1.20
CaO								0.87
SrO								
BaO								31.18
Li ₂ O	3.55	3.56	3.24	3.30	3.42	4.21	1.43	
Na ₂ O								
K ₂ O								
Sb ₂ O ₃								0.033
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
SiO ₂ +B ₂ O ₃	57.2	66.6	60.6	61.7	55.9	57.8	64.6	63.9
Ln ₂ O ₃	15.32	12.07	10.50	12.45	11.49	17.03	16.22	1.65
RO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.25
Rn ₂ O	3.55	3.56	3.24	3.30	3.42	4.21	1.43	0.00
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/B ₂ O ₃	1.05	0.72	0.94	0.72	0.88	0.36	0.73	1.03
SiO ₂ +Al ₂ O ₃	41.55	35.45	41.76	32.81	34.01	20.97	34.67	32.48
ZrO ₂ +TiO ₂ +Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅ +WO ₃ +Bi ₂ O ₃ +TeO ₂	0.00	0.00	0.00	6.16	12.22	0.00	0.00	1.19
(Ln ₂ O ₃ +SiO ₂ +Al ₂ O ₃) / (R O+Rn ₂ O+B ₂ O ₃)	1.32	0.91	1.09	0.93	1.08	0.61	1.04	0.53
Ln ₂ O ₃ /RO								0.05
Ln ₂ O ₃ /Rn ₂ O	4.32	3.39	3.24	3.78	3.36	4.05	11.36	
BaO×Gd ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
n d	1.65	1.63	1.62	1.66	1.69	1.63	1.65	1.65
v d	55.6	56.6	57.4	52.1	45.4	57.3	56.3	56.5
比重 (d)	3.32	3.40	3.02	3.19	3.38	3.33	3.33	3.85
粉末法耐酸性 (RA)	3	3	3	3	3	3	3	5
d×RA	9.96	10.19	9.06	9.56	10.14	9.99	10.00	19.25
液相温度				1000 以下				

【 0 0 9 3 】

10

20

30

40

50

【表 6】

(単位:モル%)	実施例							
	40	41	42	43	44	45	46	47
SiO ₂	10.78	23.74	21.24	14.62	12.37	12.24	19.18	16.37
B ₂ O ₃	60.95	43.90	47.08	53.70	60.65	60.01	49.41	52.09
Al ₂ O ₃	6.64	1.75	1.95	1.71	1.96	1.94	1.69	1.70
La ₂ O ₃	10.18	6.64	6.83	6.89	8.55	8.46	6.84	6.86
Y ₂ O ₃	3.75	2.44	2.48	2.50	3.07	3.03	2.45	2.46
Gd ₂ O ₃								
ZrO ₂								
TiO ₂								
Nb ₂ O ₅								
Ta ₂ O ₅								
WO ₃								
ZnO								
CaO		13.32	13.53	13.64	6.88	6.72	13.54	13.60
SrO		1.64	1.66	1.68	0.90	0.49	1.67	1.67
BaO								
Li ₂ O	7.67	6.53	5.20	5.24	5.60	7.08	5.20	5.22
Na ₂ O								
K ₂ O								
Sb ₂ O ₃	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
SiO ₂ +B ₂ O ₃	71.7	67.6	68.3	68.3	73.0	72.2	68.6	68.5
Ln ₂ O ₃	13.93	9.09	9.31	9.39	11.62	11.50	9.28	9.32
RO	0.00	14.96	15.20	15.32	7.77	7.21	15.21	15.27
Rn ₂ O	7.67	6.53	5.20	5.24	5.60	7.08	5.20	5.22
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/B ₂ O ₃	0.29	0.58	0.49	0.30	0.24	0.24	0.42	0.35
SiO ₂ +Al ₂ O ₃	17.42	25.49	23.19	16.32	14.33	14.18	20.87	18.07
ZrO ₂ +TiO ₂ +Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅ +WO ₃ +Bi ₂ O ₃ +TeO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(Ln ₂ O ₃ +SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/(RO+Rn ₂ O+B ₂ O ₃)	0.46	0.53	0.48	0.35	0.35	0.35	0.43	0.38
Ln ₂ O ₃ /RO		0.61	0.61	0.61	1.50	1.59	0.61	0.61
Ln ₂ O ₃ /Rn ₂ O	1.82	1.39	1.79	1.79	2.08	1.62	1.79	1.79
BaO×Gd ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
n d	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65
v d	57.3	58.3	58.1	58.9	58.6	58.6	58.8	58.8
比重 (d)	3.35	3.23	3.24	3.25	3.27	3.26	3.24	3.24
粉末法耐酸性 (RA)	4	4	4	4	4	4	4	4
d×RA	13.40	12.92	12.96	13.00	13.08	13.04	12.96	12.96
液相温度								

【 0 0 9 4 】

10

20

30

40

50

【表 7】

(単位:モル%)	実施例							
	48	49	50	51	52	53	54	55
SiO ₂	19.32	19.84	23.41	22.85	22.66	22.82	22.85	22.68
B ₂ O ₃	49.78	49.26	45.17	44.23	43.25	42.92	44.23	44.36
Al ₂ O ₃	1.71	1.27	1.69	2.97	2.95	2.97	2.97	2.79
La ₂ O ₃	8.60	6.81	6.81	6.86	6.80	6.85	6.86	6.04
Y ₂ O ₃		2.44	2.55	2.57	2.55	2.57	2.57	3.71
Gd ₂ O ₃								
ZrO ₂								
TiO ₂								
Nb ₂ O ₅								
Ta ₂ O ₅								
WO ₃								
ZnO								
CaO	13.65	13.50	13.50	13.59	13.48	13.57	13.59	13.54
SrO	1.68	1.66	1.66	1.67	1.66	1.67	1.67	1.66
BaO								
Li ₂ O	5.24	5.18	5.18	5.22	6.61	5.21	5.22	5.20
Na ₂ O						1.40		
K ₂ O								
Sb ₂ O ₃	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
SiO ₂ +B ₂ O ₃	69.1	69.1	68.6	67.1	65.9	65.7	67.1	67.0
Ln ₂ O ₃	8.60	9.25	9.36	9.43	9.35	9.42	9.43	9.74
RO	15.33	15.17	15.16	15.26	15.14	15.24	15.26	15.20
Rn ₂ O	5.24	5.18	5.18	5.22	6.61	6.61	5.22	5.20
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/B ₂ O ₃	0.42	0.43	0.56	0.58	0.59	0.60	0.58	0.57
SiO ₂ +Al ₂ O ₃	21.03	21.10	25.10	25.82	25.61	25.78	25.82	25.47
ZrO ₂ +TiO ₂ +Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅ +WO ₃ +Bi ₂ O ₃ +TeO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(Ln ₂ O ₃ +SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/(RO+Rn ₂ O+B ₂ O ₃)	0.42	0.44	0.53	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
Ln ₂ O ₃ /RO	0.56	0.61	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.64
Ln ₂ O ₃ /Rn ₂ O	1.64	1.79	1.81	1.81	1.41	1.43	1.81	1.87
BaO×Gd ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
n d	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65
v d	58.8	58.8	58.5	58.3	58.4	57.7	58.2	58.2
比重 (d)	3.29	3.24	3.24	3.24	3.26	3.26	3.25	3.22
粉末法耐酸性 (RA)	4	4	4	4	4	4	4	4
d×RA	13.16	12.96	12.96	12.96	13.04	13.04	13.00	12.88
液相温度								

【 0 0 9 5 】

10

20

30

40

50

【表 8】

(単位:モル%)	実施例							
	56	57	58	59	60	61	62	63
SiO ₂	22.84	22.60	19.06	19.02	19.00	18.26	19.92	19.76
B ₂ O ₃	44.67	44.20	48.22	48.24	48.09	48.85	46.65	45.96
Al ₂ O ₃	2.81	2.78	2.55	2.55	2.55	11.83	14.75	14.64
La ₂ O ₃	7.68	5.22	6.44	6.14	5.76	12.29	8.39	11.80
Y ₂ O ₃	1.42	4.83	3.19	3.56	4.14	5.10		
Gd ₂ O ₃							7.23	4.05
ZrO ₂								
TiO ₂								
Nb ₂ O ₅								
Ta ₂ O ₅								
WO ₃								
ZnO								
CaO	13.63	13.49	13.61	13.58	13.57			
SrO	1.68	1.66	1.67	1.67	1.67			
BaO								
Li ₂ O	5.23	5.18	5.23	5.21	5.21	3.67	3.05	3.78
Na ₂ O								
K ₂ O								
Sb ₂ O ₃	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01			
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
SiO ₂ +B ₂ O ₃	67.5	66.8	67.3	67.3	67.1	67.1	66.6	65.7
Ln ₂ O ₃	9.10	10.06	9.63	9.70	9.90	17.39	15.63	15.85
RO	15.31	15.15	15.29	15.25	15.24	0.00	0.00	0.00
Rn ₂ O	5.23	5.18	5.23	5.21	5.21	3.67	3.05	3.78
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/B ₂ O ₃	0.57	0.57	0.45	0.45	0.45	0.62	0.74	0.75
SiO ₂ +Al ₂ O ₃	25.66	25.39	21.61	21.56	21.55	30.09	34.67	34.40
ZrO ₂ +TiO ₂ +Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅ +WO ₃ +Bi ₂ O ₃ +TeO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(Ln ₂ O ₃ +SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/(RO+Rn ₂ O+B ₂ O ₃)	0.53	0.55	0.45	0.46	0.46	0.90	1.01	1.01
Ln ₂ O ₃ /RO	0.59	0.66	0.63	0.64	0.65			
Ln ₂ O ₃ /Rn ₂ O	1.74	1.94	1.84	1.86	1.90	4.74	5.12	4.19
BaO×Gd ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
n d	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.67	1.66	1.67
v d	58.2	58.3	58.5	58.5	58.6	55.6	55.9	55.5
比重 (d)	3.27	3.20	3.26	3.22	3.24	3.52	3.66	3.64
粉末法耐酸性 (RA)	4	4	4	4	4	3	3	3
d×RA	13.08	12.80	13.04	12.88	12.96	10.56	10.98	10.98
液相温度								

【 0 0 9 6 】

10

20

30

40

50

【表 9】

(単位:モル%)	実施例							
	64	65	66	67	68	69	70	71
SiO ₂	19.54	57.19	57.11	49.70	59.74	61.03	47.51	48.65
B ₂ O ₃	45.77	8.48	8.69	18.08	8.27	8.09	18.60	19.04
Al ₂ O ₃	14.47	16.95	16.87	11.51	11.29	12.30	11.39	11.67
La ₂ O ₃	8.58	8.40	8.63	11.86	11.59	7.83	13.99	9.04
Y ₂ O ₃	4.95	5.68	5.73	5.72	5.61		4.80	
Gd ₂ O ₃	3.70					6.83		7.81
ZrO ₂								
TiO ₂								
Nb ₂ O ₅								
Ta ₂ O ₅								
WO ₃								
ZnO								
CaO								
SrO								
BaO								
Li ₂ O	2.99	3.30		3.14	3.50	3.91	3.70	3.79
Na ₂ O			0.82					
K ₂ O			2.15					
Sb ₂ O ₃								
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
SiO ₂ +B ₂ O ₃	65.3	65.7	65.8	67.8	68.0	69.1	66.1	67.7
Ln ₂ O ₃	17.23	14.08	14.37	17.57	17.20	14.66	18.79	16.85
RO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rn ₂ O	2.99	3.30	2.96	3.14	3.50	3.91	3.70	3.79
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/B ₂ O ₃	0.74	8.74	8.51	3.39	8.59	9.06	3.17	3.17
SiO ₂ +Al ₂ O ₃	34.01	74.13	73.98	61.21	71.03	73.33	58.91	60.31
ZrO ₂ +TiO ₂ +Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅ +WO ₃ +Bi ₂ O ₃ +TeO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(Ln ₂ O ₃ +SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/(RO+Rn ₂ O+B ₂ O ₃)	1.05	7.49	7.58	3.71	7.50	7.33	3.48	3.38
Ln ₂ O ₃ /RO								
Ln ₂ O ₃ /Rn ₂ O	5.76	4.26	4.85	5.59	4.91	3.75	5.08	4.45
BaO×Gd ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
n d	1.67	1.64	1.63	1.67	1.66	1.65	1.68	1.67
v d	55.7	55.1	55.0	54.5	53.3	53.8	53.7	54.2
比重 (d)	3.54	3.34	3.36	3.57	3.57	3.67	3.65	3.83
粉末法耐酸性 (RA)	3	1	1	2	1	1	2	2
d×RA	10.98	3.34	3.36	7.14	3.57	3.67	7.30	7.66
液相温度								

【 0 0 9 7 】

10

20

30

40

50

【表 10】

(単位:モル%)	実施例							
	72	73	74	75	76	72	73	74
SiO ₂	53.78	47.56	41.15	48.98	19.22	53.78	47.56	41.15
B ₂ O ₃	8.71	18.74	19.45	9.30	50.51	8.71	18.74	19.45
Al ₂ O ₃	15.14	12.69	13.86	16.16	6.43	15.14	12.69	13.86
La ₂ O ₃	13.20	8.74	15.36	15.36	16.67	13.20	8.74	15.36
Y ₂ O ₃	5.47		6.26	6.26	1.74	5.47		6.26
Gd ₂ O ₃		7.76			5.43		7.76	
ZrO ₂								
TiO ₂								
Nb ₂ O ₅								
Ta ₂ O ₅								
WO ₃								
ZnO								
CaO								
SrO								
BaO								
Li ₂ O	3.69	4.52	3.94	3.94		3.69	4.52	3.94
Na ₂ O								
K ₂ O								
Sb ₂ O ₃								
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
SiO ₂ +B ₂ O ₃	62.5	66.3	60.6	58.3	69.7	62.5	66.3	60.6
Ln ₂ O ₃	18.67	16.49	21.61	21.61	23.84	18.67	16.49	21.61
RO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rn ₂ O	3.69	4.52	3.94	3.94	0.00	3.69	4.52	3.94
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/B ₂ O ₃	7.91	3.21	2.83	7.00	0.51	7.91	3.21	2.83
SiO ₂ +Al ₂ O ₃	68.92	60.24	55.00	65.15	25.65	68.92	60.24	55.00
ZrO ₂ +TiO ₂ +Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅ +WO ₃ +Bi ₂ O ₃ +TeO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(Ln ₂ O ₃ +SiO ₂ +Al ₂ O ₃)/(RO+Rn ₂ O+B ₂ O ₃)	7.06	3.30	3.28	6.55	0.98	7.06	3.30	3.28
Ln ₂ O ₃ /RO								
Ln ₂ O ₃ /Rn ₂ O	5.06	3.65	5.49	5.49		5.06	3.65	5.49
BaO×Gd ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
n _d	1.68	1.66	1.70	1.71	1.72	1.68	1.66	1.70
v _d	53.2	54.5	52.7	51.9	53.2	53.2	54.5	52.7
比重 (d)	3.72	3.80	3.86	3.90	4.11	3.72	3.80	3.86
粉末法耐酸性 (RA)	1	2	2	1	1	1	2	2
d×RA	3.72	7.60	7.72	3.90	4.11	3.72	7.60	7.72
液相温度								

【0098】

表に表されるように、本発明の実施例の光学ガラスは、モル和 (SiO₂+B₂O₃) が 40.0~75.0%、Ln₂O₃成分 (式中、LnはLa、Gd、Y、Luからなる群より選択される1種以上) のモル和が3.0%~25.0%、Rn₂O成分 (式中、RnはLi、Na、Kからなる群より選択される1種以上) のモル和が0%超~25.0%であることから、耐久性に優れながら所望の光学恒数を有する光学ガラスを得ることが可能である。

【0099】

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1.60以上、より詳

細には1.64以上であるとともに、この屈折率(n_d)は1.80以下であり、所望の範囲内であった。

【0100】

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)は65以下であるとともに、このアッペ数(d)が35以上、より詳細には40以上であり、所望の範囲内であった。

【0101】

また、本発明の光学ガラスは、安定なガラスを形成しており、ガラス作製時において失透が起こり難いものであった。このことは、本発明の光学ガラスの液相温度が1150以下、より詳細には1100以下であることから推察される。

【0102】

また、本発明の実施例の光学ガラスは、いずれも比重が4.00以下、より詳細には3.60以下であった。そのため、本発明の実施例の光学ガラスは、比重が小さいことが明らかになった。

【0103】

また、本発明の実施例の光学ガラスは、いずれも粉末法による化学的耐久性(耐酸性)が1~4級であり、所望の範囲内であった。

【0104】

さらに本発明の実施例の光学ガラスは、いずれもガラスの比重(d)と粉末法耐酸性の等級(RA)の乗算 $d \times RA$ の値が15.0以下であった。

【0105】

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も、いずれも比重が5.00以下の値を有し、粉末法による化学的耐久性(耐酸性)が1~4級であり、ガラスの比重(d)と粉末法耐酸性の等級(RA)の乗算 $d \times RA$ の値が所望の範囲内であった。このため、本発明の実施例の光学ガラスは、軽量化と化学的耐久性の双方に優れていることが明らかになった。

【0106】

一方で、比較例の光学ガラスは Ln_2O_3 成分(式中、LnはLa、Gd、Y、Luからなる群より選択される1種以上)のモル和が3.0%未満であり、ガラスの比重(d)と粉末法耐酸性の等級(RA)の乗算 $d \times RA$ の値が15.0超であることから比重が軽く、化学的耐久性に優れた硝材を得ることができない。

【0107】

さらに、本発明の実施例の光学ガラスを用いて、ガラスブロックを形成し、このガラスブロックに対して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。その結果、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。

【0108】

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。

10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2000-119036(JP,A)
特開2003-020249(JP,A)
特開2007-031253(JP,A)
特開2007-254224(JP,A)
特開2004-035318(JP,A)
特開2012-001382(JP,A)
特開2006-096610(JP,A)
特開平05-262533(JP,A)
特開昭58-194755(JP,A)
特開昭57-034044(JP,A)
特開昭62-100449(JP,A)
特開昭59-146952(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
C03C 1/00 - 14/00
INTERGLAD