

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5029365号
(P5029365)

(45) 発行日 平成24年9月19日(2012.9.19)

(24) 登録日 平成24年7月6日(2012.7.6)

(51) Int.Cl.

F 1

C04B 35/50

(2006.01)

C04B 35/50

C04B 35/48

(2006.01)

C04B 35/48

G02B 1/02

(2006.01)

G02B 1/02

Z

請求項の数 8 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2007-546387 (P2007-546387)
 (86) (22) 出願日 平成18年11月1日 (2006.11.1)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2006/321833
 (87) 国際公開番号 WO2007/060816
 (87) 国際公開日 平成19年5月31日 (2007.5.31)
 審査請求日 平成20年4月2日 (2008.4.2)
 (31) 優先権主張番号 特願2005-339678 (P2005-339678)
 (32) 優先日 平成17年11月25日 (2005.11.25)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000006231
 株式会社村田製作所
 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
 (74) 代理人 100085143
 弁理士 小柴 雅昭
 (72) 発明者 林 剛司
 日本国京都府長岡京市東神足1丁目10番
 1号 株式会社村田製作所内
 審査官 末松 佳記

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】透光性セラミックおよびその製造方法、ならびに光学部品および光学装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一般式 : $A_x B_y O_w$ (ただし、A が L a、Y d、Y b および L u から選ばれる少なくとも 1 種であり、B が T i、S n、Z r および H f から選ばれる少なくとも 1 種であり、1.00 \times / y 1.10 の条件を満たし、かつ w は電気的中性を保つための正の数である。) で表されるパイロクロア型化合物を主成分とし、かつ前記主成分の結晶系が立方晶である、透光性セラミック。

【請求項 2】

波長が 633 nm である可視光の、試料厚み 0.4 mm における直線透過率が 20% 以上である、請求項 1 に記載の透光性セラミック。

10

【請求項 3】

多結晶体である、請求項 1 に記載の透光性セラミック。

【請求項 4】

請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の透光性セラミックを製造する方法であって、セラミック原料粉末を所定形状に成形してなる未焼成のセラミック成形体を用意する工程と、

前記未焼成のセラミック成形体を、酸素濃度が 98 体積 % 以上の雰囲気中で焼成する工程と

を備える、透光性セラミックの製造方法。

【請求項 5】

20

請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の透光性セラミックを製造する方法であって、セラミック原料粉末を所定形状に成形してなる未焼成のセラミック成形体を用意する工程と、

前記セラミック原料粉末と実質的に同組成の同時焼成用組成物を用意する工程と、

前記同時焼成用組成物を前記未焼成のセラミック成形体に接触させながら、酸素濃度が 90 体積% 以上の雰囲気中で、前記未焼成のセラミック成形体を焼成する工程とを備える、透光性セラミックの製造方法。

【請求項 6】

前記同時焼成用組成物は粉末状態にあり、前記焼成工程は、前記同時焼成用組成物に、前記未焼成のセラミック成形体を埋め込んだ状態で実施される、請求項 5 に記載の透光性セラミックの製造方法。 10

【請求項 7】

請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の透光性セラミックからなる光学部品。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の光学部品が搭載されている光学装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レンズ等の光学部品として有用な透光性セラミックおよびその製造方法、ならびにそれを用いた光学部品および光学装置に関するものである。 20

【背景技術】

【0002】

従来より、光ピックアップ等の光学装置に搭載するレンズ等の光学部品の材料としては、たとえば特許文献 1 および特許文献 2 に記載されているように、ガラスもしくはプラスチック、またはニオブ酸リチウム (LiNbO₃) 等の単結晶が用いられている。

【0003】

ガラスおよびプラスチックは、光透過率が高く、所望の形状への加工が容易であることから、主としてレンズ等の光学部品に用いられている。他方、LiNbO₃ の単結晶は、電気光学特性および複屈折を利用して、主として光導波路等の光学部品に用いられている。このような光学部品を用いた光ピックアップなどの光学装置ではさらなる小型化および薄型化が要求されている。 30

【0004】

ところが、従来のガラスおよびプラスチックでは、その屈折率が 2.00 以下であることから、それらを用いた光学部品や光学装置において小型化や薄型化に限界がある。また、プラスチックでは、耐湿性が悪いという欠点を有しているばかりでなく、複屈折が生じることがあるため、入射光を効率良く透過および集光させるのが難しいという欠点も有している。

【0005】

他方、たとえば LiNbO₃ 単結晶は、屈折率が 2.3 と高いものの、複屈折があるため、レンズ等の光学部品に用いることが難しく、用途が限定されてしまうという欠点を有している。 40

【0006】

複屈折を生じず、かつ優れた光学特性を与え得る材料として、たとえば特許文献 3 に記載されているように、Ba(Mg, Ta)O₃ 系および Ba(Zn, Ta)O₃ 系透光性セラミックが知られている。これらは、2.01 以上の屈折率 (以下、特に断りのない限り、波長 633 nm における屈折率のことを言う。) を示す。

【0007】

また、最近では、光学特性の指標の 1 つである異常分散性 g, F が大きいことが求められることがある。異常分散性を持つとは、詳しくは後述するが、通常の光学ガラスと異なる波長分散性を持つことを言う。異常分散性 g, F が大きいと、色収差の補正に 50

有用である。以下、本明細書では、異常分散性は負の値で表され、異常分散性が大きいとは、その絶対値が大きいことを言う。

【0008】

ところで、特許文献3に開示されているBa(Mg, Ta)O₃系およびBa(Zn, Ta)O₃系透光性セラミックは、一般式ABO₃で表されるペロブスカイト構造をとるが、特に、そのBサイト元素が2種類以上の元素の組み合わせからなる複合ペロブスカイト構造をとる。すなわち、主として、Mgおよび/またはZnからなる2価の金属元素と、Taおよび/またはNbからなる5価の金属元素とがほぼ1:2に近いモル比で存在することにより、電気的中性がほぼ保たれている。さらに、Bサイト元素であるMg、Taおよび/またはZnを、Sn、Zr等の4価元素で置換することにより、屈折率やアッペル数等の光学特性を変化させることができる。 10

【0009】

しかし、特許文献3に記載される透光性セラミックでは、異常分散性g, Fが小さいという問題がある。たとえば、Ba{(Sn, Zr)Mg, Ta}O₃系におけるg, Fは-0.013、Ba(Zr, Zn, Ta)O₃系におけるg, Fは-0.006、Ba{(Sn, Zr)Mg, Nb}O₃系におけるg, Fは-0.000に留まる。

【特許文献1】特開平5-127078号公報（全頁、図1）

【特許文献2】特開平7-244865号公報（請求項6、段落番号0024）

【特許文献3】国際公開第02/49984号パンフレット（全頁、全図） 20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

本発明は、上述した実情に鑑みてなされたものであり、その目的は、高い直線透過率および高い屈折率を有し、かつ複屈折が実質的ないばかりでなく、異常分散性の大きい、透光性セラミックおよびその製造方法を提供しようとすることがある。

【0011】

本発明の他の目的は、小さな外形寸法で所望の光学特性を発揮し得る、光学部品、さらには、この光学部品を用いた光学装置を提供しようとすることがある。

【課題を解決するための手段】 30

【0012】

本発明に係る透光性セラミックは、一般式:A_xB_yO_w（ただし、AがLa、Y、Gd、YbおよびLuから選ばれる少なくとも1種であり、BがTi、Sn、ZrおよびHfから選ばれる少なくとも1種であり、1.00x/y1.10の条件を満たし、かつwは電気的中性を保つための正の数である。）で表されるパイロクロア型化合物を主成分とし、かつこの主成分の結晶系が立方晶であることを特徴としている。ここで注目すべきは、本発明に係る透光性セラミックは、パイロクロア構造を有するセラミックであって、このセラミックが透光性を得るための必須条件は、結晶系が立方晶を示すことである。

【0014】

本発明に係る透光性セラミックは、好ましくは、波長が633nmである可視光の、試料厚み0.4mmにおける直線透過率（以下、単に「直線透過率」と言う。）が20%以上と、高い直線透過率を示す。 40

【0015】

また、本発明に係る透光性セラミックは、複屈折をより抑制するために、多結晶体であることが望ましい。

【0016】

本発明は、また、上述したような透光性セラミックを製造する方法にも向けられる。

【0017】

本発明に係る透光性セラミックの製造方法は、第1の実施態様では、セラミック原料粉末を所定形状に成形してなる未焼成のセラミック成形体を用意する工程と、未焼成のセラ 50

ミック成形体を、酸素濃度が98体積%以上の雰囲気中で焼成する工程とを備えることを特徴としている。

【0018】

本発明に係る透光性セラミックの製造方法は、第2の実施態様では、セラミック原料粉末を所定形状に成形してなる未焼成のセラミック成形体を用意する工程と、上記セラミック原料粉末と実質的に同組成の同時焼成用組成物を用意する工程と、同時焼成用組成物を未焼成のセラミック成形体に接触させながら、酸素濃度が90体積%以上の雰囲気中で、未焼成のセラミック成形体を焼成する工程とを備えることを特徴としている。

【0019】

上記の製造方法についての第1および第2の実施態様を比較すれば、第1の実施態様では、同時焼成用組成物を用いないが、焼成時の雰囲気の酸素濃度が98体積%以上と高くされる。他方、第2の実施態様では、同時焼成用組成物を用いて、これを未焼成のセラミック成形体に接触させながら焼成工程が実施される。この場合には、焼成時の雰囲気の酸素濃度の下限は90体積%と比較的低くされることができる。なお、得られた透光性セラミックの直線透過率を比較すると、第2の実施態様による製造方法を適用した方が、得られた透光性セラミックの直線透過率をより高くすることができる。

【0020】

本発明に係る透光性セラミックの製造方法の上述した第2の実施態様を実施する場合、好ましくは、同時焼成用組成物は粉末状態にあり、焼成工程は、同時焼成用組成物に、未焼成のセラミック成形体を埋め込んだ状態で実施される。

【0021】

さらに、本発明は、上記の透光性セラミックからなる光学部品、およびこの光学部品が搭載されている光学装置にも向けられる。

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、高い直線透過率および高い屈折率を有し、複屈折が実質的ないばかりでなく、大きい異常分散性を有する、透光性セラミックを得ることができる。このため、小型で所望の光学特性を発揮可能であり、かつカメラなどの白色光学系の色収差補正に有用な光学部品を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明に係る透光性セラミックを用いて構成される光学部品の第1の例としての両凸レンズ10を示す断面図である。

【図2】本発明に係る透光性セラミックを用いて構成される光学部品の第2の例としての両凹レンズ11を示す断面図である。

【図3】本発明に係る透光性セラミックを用いて構成される光学部品の第3の例としてのメニスカスレンズ12を示す断面図である。

【図4】本発明に係る透光性セラミックを用いて構成される光学部品の第4の例としての光路長調整板13を示す断面図である。

【図5】本発明に係る透光性セラミックを用いて構成される光学部品の第5の例としての球状レンズ14を示す断面図である。

【図6】本発明に係る透光性セラミックを用いて構成された光学部品を搭載した光学装置の一例としての光ピックアップ9を図解的に示す正面図である。

【図7】実験例において作製した、本発明の範囲内の実施例としての透光性セラミックについての直線透過率の波長依存性を示す図である。

【符号の説明】

【0024】

1 記録媒体

2 対物レンズ

3 ハーフミラー

10

20

30

40

50

4	コリメータレンズ	
5	半導体レーザ	
6	集光レンズ	
7	受光素子	
8	レーザ光	
9	光ピックアップ	
10	両凸レンズ	
11	両凹レンズ	
12	メニスカスレンズ	
13	光路長調整板	10
14	球状レンズ	

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

本発明に係る透光性セラミックの主成分は、一般式: $A_x B_y O_w$ (ただし、AがL a、Y、G d、Y bおよびL uから選ばれる少なくとも1種であり、BがT i、S n、Z rおよびH fから選ばれる少なくとも1種であり、1.00 \times / y 1.10の条件を満たし、かつwは電気的中性を保つための正の数である。)で表されるパイロクロア型化合物である。このパイロクロア構造のセラミックにおいて、結晶系が立方晶であるとき、セラミックに透光性を与えることができる。

【0026】

そして、本発明に係る透光性セラミックによれば、複屈折が実質的になく、高い直線透過率および高い屈折率を与えるとともに、たとえば特許文献3に記載の透光性セラミックと比較して大きな異常分散性を与えることができる。

【0027】

ここで、異常分散性について説明する。一般的に、光学ガラスの多くでは、部分分散比 g, F とアッペ数 d との間にほぼ直線関係が成り立ち、このようなガラス種を正常部分分散ガラス(ノーマルガラス)と言う。他方、この直線関係から離れた位置にあるガラス種は異常部分分散ガラス(アブノーマルガラス)と言う。異常分散性の大きさは、ノーマルガラスの基準となるK7とF2とを結んで得られる標準線からの部分分散比の偏差で表される。

【0028】

部分分散比 g, F は、式1で表される。

【0029】

$$\text{式1: } g, F = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$$

(式中、 n は屈折率を表し、添え字は入射光の波長を表す。ただし、 g 線の波長は435.83nm、 F 線の波長は486.13nm、 C 線の波長は656.27nmである。)

また、アッペ数 d は、式2で表される。

【0030】

$$\text{式2: } d = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$$

(式中、 n は屈折率を表し、添え字は入射光の波長を表す。ただし、 d 線の波長は587.56nmである。)

すなわち、異常分散性が高いということは、屈折率の波長分散が通常のガラス光学材料と異なるということであり、光学系の色収差補正に有用となる。

【0031】

本発明に係る透光性セラミックでは、異常分散性 g, F は負の値を示し、後述する実験例によれば、-0.026~-0.017と大きい値を示している。したがって、光学系の色収差補正が重視される光学系には、本発明に係る透光性セラミックが優れている。

【0032】

本発明に係る透光性セラミックの主成分となるパイロクロア型化合物を表す一般式: A

10

20

30

40

50

$\times B_y O_w$ において、 $1.00 \times / y = 1.10$ の条件は、透光性発現のための条件である。 \times / y がこの条件を外れると、直線透過率が20%未満と低くなる。

【0033】

本発明に係る透光性セラミックにおいて、また、主成分の結晶系が立方晶であることが透光性を得るための必須要件である。立方晶になるか否かは、 $A_x B_y O_w$ におけるAとBの各々の元素の種類による。本発明では、AはLa、Y、Gd、YbおよびLuから選ばれる少なくとも1種であり、BはTi、Sn、ZrおよびHfから選ばれる少なくとも1種である。また、本発明に係る透光性セラミックは、多結晶体であることが望ましい。

【0034】

なお、本発明に係る透光性セラミックの組成には、本発明の目的を損わない範囲で、不可避的に混入する不純物が含まれていてもよい。たとえば原料として用いる酸化物もしくは水酸化物に含まれる不純物や作製工程中で混入する不純物として、 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 B_2O_5 、 Al_2O_3 、 W_2O_5 、 Bi_2O_3 、 Sb_2O_5 および CuO などが挙げられる。

【0035】

次に、本発明に係る透光性セラミックの製造方法について説明する。透光性セラミックの製造方法には、2つの典型的な実施態様がある。

【0036】

第1の実施態様では、透光性セラミックを製造するため、セラミック原料粉末を所定形状に成形してなる未焼成のセラミック成形体が用意され、次いで、未焼成のセラミック成形体を、酸素濃度が98体積%以上の雰囲気中で焼成する工程が実施される。

【0037】

第2の実施態様では、透光性セラミックを製造するため、セラミック原料粉末を所定形状に成形してなる未焼成のセラミック成形体が用意されるとともに、このセラミック原料粉末と実質的に同組成の同時焼成用組成物が用意される。次いで、同時焼成用組成物を未焼成のセラミック成形体に接触させながら、酸素濃度が90体積%以上の雰囲気中で、未焼成のセラミック成形体を焼成する工程が実施される。

【0038】

上記の製造方法において、同時焼成用組成物とは、たとえば、上記セラミック成形体と同じ組成となるように調整した原料を仮焼し、粉碎して得られた粉末である。この同時焼成用組成物により、上記セラミック成形体中の揮発成分が焼成時に揮発することを抑制することができる。したがって、焼成工程では、同時焼成用組成物の粉末に未焼成のセラミック成形体を埋め込んだ状態で実施されることが好ましい。なお、同時焼成用組成物は、粉末に限らず、成形体または焼結体であってもよい。

【0039】

同時焼成用組成物は、上記セラミック成形体のためのセラミック原料粉末と同じ組成を有することが好ましいが、実質的に同組成であればよい。同時焼成用組成物が未焼成のセラミック成形体のためのセラミック原料粉末と実質的に同組成であるとは、同一の構成元素を含んだ同等の組成系であることを意味し、全く同一の組成比率でなくてもよい。また、同時焼成用組成物は、必ずしも透光性を与える組成を有していないなくてもよい。

【0040】

以上のような第1および第2の実施態様を比較したとき、第1の実施態様では、同時焼成用組成物を用いる必要がないが、焼成時の雰囲気の酸素濃度は98体積%以上と高くしなければならない。他方、第2の実施態様では、同時焼成用組成物を用いることにより、酸素濃度の下限を90体積%とより低くすることができる。また、得られた透光性セラミックの直線透過率を比較したとき、第2の実施態様の方が第1の実施態様に比べてより高くすることができる。

【0041】

なお、第1および第2の実施態様のいずれにおいても、焼成工程における圧力は、大気圧もしくはそれ以下で構わない。すなわち、HIP (Hot Isostatic Pr

10

20

30

40

50

ess)等の加圧雰囲気である必要はない。

【0042】

また、本発明に係る透光性セラミックは高い直線透過率を示すが、表面に反射防止膜(AR膜=Anti-Reflection膜)を形成すれば、さらに、直線透過率を高めることができる。この反射防止膜は、MgO等の誘電体からなる膜であることが望ましい。たとえば直線透過率が75.2%であり、かつ屈折率が2.0868である場合、Fresnelの法則より、直線透過率の理論最大値は77.9%となる。このとき、理論値に対する相対透過率は96.5%となる。これは、試料内部での透過損失がほとんどないことを示している。したがって、試料表面に反射防止膜を形成すれば、得られる直線透過率をほぼ理論値とすることができます。

10

【0043】

また、本発明に係る透光性セラミックは、レンズ等の光学部品に用いることができ、たとえば、図1ないし図5にそれぞれ示すような両凸レンズ10、両凹レンズ11、メニスカスレンズ12、光路長調整板13、および球状レンズ14に利用することができる。

【0044】

また、このような光学部品を搭載した光学装置について、光ピックアップを例にとり、説明する。

【0045】

図6に示すように、光ピックアップ9は、コンパクトディスクやミニディスク等の記録媒体1に対して、コピーレントな光であるレーザ光8を照射し、その反射光から記録媒体1に記録された情報を再生するものである。

20

【0046】

このような光ピックアップ9においては、光源としての半導体レーザ5からのレーザ光8を平行光に変換するコリメータレンズ4が設けられ、その平行光の光路上にハーフミラー3が設けられている。このハーフミラー3は、コリメータレンズ4からの入射光を通して直進させるが、記録媒体1からの反射光については、その進行方向を反射によりたとえば約90度変更するものである。

【0047】

また、光ピックアップ9には、ハーフミラー3からの入射光を記録媒体1の記録面上に集光するための対物レンズ2が設けられている。この対物レンズ2は、また、記録媒体1からの反射光を効率良くハーフミラー3に向かって送るためのものもある。反射光が入射されたハーフミラー3では、反射により位相が変化することで、上記反射光の進行方向が変更される。

30

【0048】

さらに、光ピックアップ9には、変更された反射光を集光するための集光レンズ6が設けられている。そして、反射光の集光位置に、反射光からの情報を再生するための受光素子7が設けられている。

【0049】

このように構成される光ピックアップ9において、本発明に係る透光性セラミックを対物レンズ2の素材として用いた場合、本発明に係る透光性セラミックは屈折率が大きいため、光ピックアップ9の小型化や薄型化が可能である。

40

【0050】

次に、本発明に係る透光性セラミックを実験例に基づいて説明する。

【0051】

[実験例1]

原料として、各々高純度のLa(OH)₃、Y₂O₃、Gd₂O₃、Yb₂O₃、Lu₂O₃、SnO₂、ZrO₂、TiO₂およびHfO₂の各粉末を準備した。そして、一般式: A_xB_yO_w(wは電気的中性を保つための正の数である。)で表される、表1に示す各試料が得られるように、各原料を秤量し、ボールミルで20時間湿式混合した。この混合物を乾燥させたのち、1300で3時間仮焼し、仮焼粉体を得た。仮焼後、wの

50

値はほぼ 7 になっていた。

【0052】

なお、表 1 の「B の元素種と含有量」の欄は、B の元素種が 1 種類の場合はその含有量が y の値と同じであり、元素種が 2 種類である場合はそれぞれの含有量の和が y の値となつている。

【0053】

次に、上記仮焼粉末を水および有機バインダとともにポールミルに入れ、12 時間湿式粉碎した。有機バインダとしては、エチルセルロースを用いた。なお、エチルセルロース以外でも、ポリビニルアルコール等のようにセラミック成形体用の結合剤としての機能を備え、かつ焼成工程において焼結温度に達する前に、500 度で大気中の酸素と反応して炭酸ガスや水蒸気などにガス化して消失するものであれば、有機バインダとして用いることができる。

【0054】

次に、上記粉碎物を乾燥させた後、50 メッシュの網（篩）を通して造粒し、得られた粉末を 196 MPa の圧力で押圧してプレス成形することにより、直径 30 mm および厚さ 2 mm の円板状の未焼成のセラミック成形体を得た。

【0055】

次に、上記未焼成のセラミック成形体を焼成炉に入れ、大気雰囲気中で加熱し、脱バインダ処理を行なった。引き続き、昇温しながら焼成炉内に酸素を注入し、最高温度域の 1600 ~ 1700 において、焼成雰囲気の酸素濃度を約 98 体積%まで上昇させた。ここで、最高温度については、材料組成により最適な温度が適宜選択され、たとえば試料 6 の場合は 1675 であった。この焼成温度および酸素濃度を維持し、上記成形物を 20 時間焼成して焼結体を得た。なお、焼成時の全圧は 1 気圧とした。

【0056】

このようにして得られた焼結体を鏡面加工し、厚さ 0.4 mm の円板状に仕上げて透光性セラミックの試料とした。

【0057】

上記の試料のそれについて、波長 λ が 633 nm における直線透過率を測定した。この直線透過率の測定には、島津製作所製分光光度計 (UV-2500) を用いた。なお、本発明が目指す直線透過率は 20 % 以上とした。

【0058】

また、Metronic 社製プリズムカプラー (MODEL 2010) を用いて、波長 λ が 409 nm、532 nm および 833 nm での屈折率も測定した。そして、これら 3 波長 (409 nm、532 nm および 833 nm) での屈折率の値を用いて、波長と屈折率の関係式 (Cauchy 式)：式 3 より、定数 a、b および c を算出し、波長と屈折率との関係を求めた。

【0059】

式 3 : $n = a / \lambda^4 + b / \lambda^2 + c$ (n は屈折率、 λ は波長、a、b および c は定数)

この式からアッペ数 (n_d) 算出に必要な 3 波長 (F 線: 486.13 nm、d 線: 587.56 nm、C 線: 656.27 nm) での屈折率を求め、前掲のアッペ数の定義式：式 2 からアッペ数を算出した。

【0060】

さらに上記式 3 から g 線 (435.83 nm) における屈折率 n_g を求め、部分分散比 g, F を前傾の式 1 より算出した。

【0061】

異常分散性 g, F の算出には、当業者においてよく知られた以下の方法を用いた。すなわち K7 と F2 を基準ガラス種とし、g, F - g, F - d 図においてこれら 2 つのガラス種を結ぶ直線と、それぞれの試料の g, F の差を g, F として求めた。

【0062】

10

20

30

40

50

以上、各試料の 633 nm での直線透過率、d 線での屈折率 n_d 、アッベ数 v_d 、異常分散性 $\Delta \theta g, F$ の結果を表 1 に示す。

【0063】

【表 1】

試料番号	A の元素種と含有量	B の元素種と含有量	x	y	x/y	直線透過率(%) 633nm	屈折率 n_d	アッベ数 v_d	異常分散性 $\Delta \theta g, F$
*1	La:1.800	Zr:2.000	1.800	2.000	0.900	0.3	2.0854	32.5	-0.023
*2	La:1.850	Zr:2.000	1.850	2.000	0.925	0.4	2.0861	32.5	-0.023
*3	La:1.900	Zr:2.000	1.900	2.000	0.950	0.4	2.0866	32.4	-0.024
*4	La:1.950	Zr:2.000	1.950	2.000	0.975	0.2	2.0870	32.4	-0.024
5	La:2.000	Zr:2.000	2.000	2.000	1.000	67.2	2.0878	32.5	-0.025
6	La:2.050	Zr:2.000	2.050	2.000	1.025	75.2	2.0868	32.4	-0.025
7	La:2.100	Zr:2.000	2.100	2.000	1.050	61.1	2.0867	32.2	-0.026
8	La:2.200	Zr:2.000	2.200	2.000	1.100	43.2	2.0867	32.4	-0.026
*9	La:2.400	Zr:2.000	2.400	2.000	1.200	11.8	2.0868	32.3	-0.026
10	La:2.000	Sn:2.000	2.000	2.000	1.000	48.9	2.0408	32.3	-0.017
11	La:2.000	Ti:2.000	2.000	2.000	1.000	22.7	2.2487	27.1	-0.023
12	La:2.000	Hf:2.000	2.000	2.000	1.000	51.3	2.0349	32.5	-0.025
13	La:2.000	Zr:1.6, Sn:0.4	2.000	2.000	1.000	61.4	2.0759	32.8	-0.023
14	La:2.000	Zr:1.2, Sn:0.8	2.000	2.000	1.000	56.8	2.0657	32.9	-0.022
15	La:1.6, Y:0.4	Zr:2.000	2.000	2.000	1.000	54.7	2.0813	33.2	-0.025
16	La:1.2, Y:0.8	Zr:2.000	2.000	2.000	1.000	52.2	2.0766	32.9	-0.025
17	Y:2.000	Zr:2.000	2.000	2.000	1.000	21.4	2.0612	34.6	-0.027
18	La:1.6, Gd:0.4	Zr:2.000	2.000	2.000	1.000	45.8	2.1110	31.4	-0.023
19	La:1.2, Gd:0.8	Zr:2.000	2.000	2.000	1.000	36.3	2.1050	30.4	-0.023
20	Gd:2.000	Zr:2.000	2.000	2.000	1.000	30.4	2.0699	27.1	-0.021
21	La:1.6, Yb:0.4	Zr:2.000	2.000	2.000	1.000	38.1	2.0804	30.1	-0.023
22	La:1.6, Lu:0.4	Zr:2.000	2.000	2.000	1.000	35.8	2.0792	28.9	-0.023

【0064】

表 1 において、試料番号に * 印を付したものは本発明の範囲外のものである。

【0065】

本発明の範囲内の試料すべてにおいて、20 % 以上の直線透過率が得られ、2.03 以上の屈折率が得られ、また、異常分散性については、-0.026 ~ -0.017 と大き

い値を示した。

【0066】

これに対して、本発明の範囲外の試料1～4および9では、 x/y が、1.00 x/y 1.10の範囲を外れているため直線透過率が20%未満と低かった。

【0067】

表1に示す試料のうち、最も高い直線透過率が得られた試料6について、可視光の波長帯(=350～900nm)における直線透過率の波長依存性を評価した。その結果を図7に示す。

【0068】

なお、最も高い直線透過率を示した試料6では、633nmでの直線透過率は、表1に示すように、75.2%であり、屈折率は2.0868であった。一般に、直線透過率の測定においては、空気中から試料に対して垂直に光が入射するため、試料の表面と裏面(すなわち、試料と空気との界面)にて光が反射する。屈折率が2.0868である場合、試料表裏面での反射を差し引いた直線透過率の理論最大値は77.9%になる。試料6の場合、測定された直線透過率が75.2%であったから理論値に対する相対透過率は96.5%となる。これは、試料内部での透過損失がほとんどないことを示している。したがって、たとえば試料6の表面に前述した反射防止膜を形成すれば、得られる直線透過率をほぼ理論値とすることができます。

【0069】

【実験例2】

上記実験例1において作製した試料6と同じ組成としながら、焼成温度を1625および1700にそれぞれ変えて焼結体を作製した。これらの試料の作製には、焼成温度を変えた以外は、実験例1において作製した試料6の場合と同じ条件を適用した。

【0070】

そして、焼成温度を変えた各試料について、実験例1の場合と同じ評価方法にて、直線透過率、屈折率およびアッベ数を評価した。その評価結果を表2に示す。表2には、前述の実験例1において得た試料6(焼成温度:1675)についての評価結果も併せて示されている。

【0071】

【表2】

10

20

30

焼成温度	直線透過率(%) 633nm	屈折率 n_d	アッベ数 ν_d
1625°C	73.4	2.0866	32.4
1675°C	75.2	2.0866	32.4
1700°C	63.9	2.0866	32.4

【0072】

表2からわかるように、直線透過率については、焼成温度が1675の試料に比べて、焼成温度が1625および1700の各試料はやや劣るが、十分に20%以上の値を示している。また、屈折率およびアッベ数については、焼成温度を変えて、互いに同等の値を示している。このことから、本発明に係る透光性セラミックは、焼成温度を変えて作製されてもよいことがわかる。

【0073】

【実験例3】

実験例1において作製された試料6と同じ組成を適用しながら、未焼成のセラミック成形体を焼成するにあたって、このセラミック成形体を同じ組成の粉末を同時焼成用組成物として用意し、未焼成のセラミック成形体をこの粉末中に埋め込んだ状態で焼成工程を実施したこと以外は、実験例1において作製した試料6の場合と同じ条件を適用して試料と

40

50

なる焼結体を得た。

【0074】

そして、この同時焼成用組成物を使用して焼成した試料について、実験例1の場合と同じ評価方法にて、直線透過率を測定した。その測定結果を表3に示す。表3には、前述の実験例1において得た試料6（同時焼成用組成物：不使用）についての直線透過率も併せて示されている。

【0075】

【表3】

同時焼成用組成物	直線透過率(%)
組成物	633nm
使用	77.0
不使用	75.2

10

【0076】

表3からわかるように、同時焼成用組成物を使用した試料によれば、これを使用しない試料に比べて、より高い直線透過率が得られた。

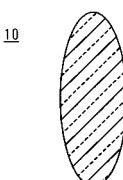
【産業上の利用可能性】

【0077】

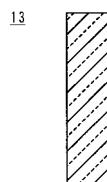
本発明に係る透光性セラミックは、直線透過率が高く、屈折率が大きく、屈折率およびアッベ数の調整範囲が広く、複屈折が実質的ないばかりでなく、異常分散性が高い。したがって、特に色収差補正が重視される光学系において有利に適用できる。

20

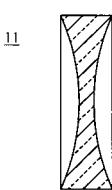
【図1】



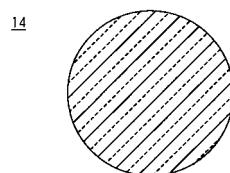
【図4】



【図2】



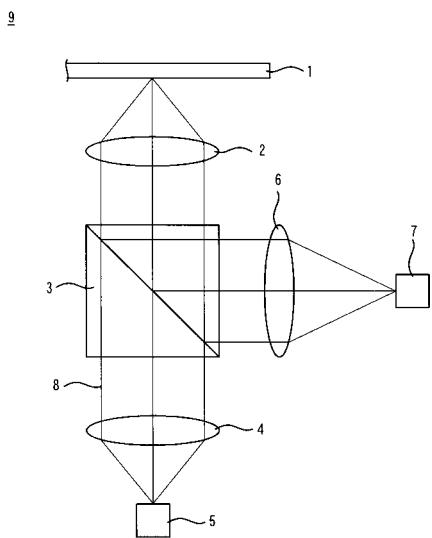
【図5】



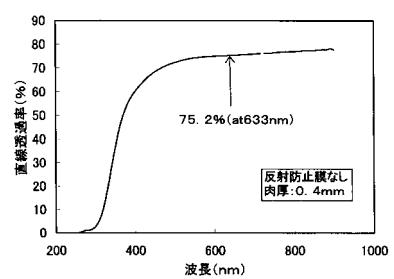
【図3】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平05-155659 (JP, A)
特開平08-133728 (JP, A)
特開平09-071420 (JP, A)
特開平10-212108 (JP, A)
国際公開第2002/049984 (WO, A1)
特開平05-127078 (JP, A)
特開平07-244865 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C04B 35/00-35/84
G02B 1/02
G11B 7/135-7/1398