

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4530618号
(P4530618)

(45) 発行日 平成22年8月25日 (2010. 8. 25)

(24) 登録日 平成22年6月18日 (2010. 6. 18)

(51) Int. Cl.

F I

C O 3 C 4/20 (2006. 01)

C O 3 C 4/20

C O 3 C 3/091 (2006. 01)

C O 3 C 3/091

C O 3 C 3/093 (2006. 01)

C O 3 C 3/093

C O 3 C 3/095 (2006. 01)

C O 3 C 3/095

G 1 1 B 5/73 (2006. 01)

G 1 1 B 5/73

請求項の数 4 (全 30 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2003-71789 (P2003-71789)
 (22) 出願日 平成15年3月17日 (2003. 3. 17)
 (65) 公開番号 特開2004-161597 (P2004-161597A)
 (43) 公開日 平成16年6月10日 (2004. 6. 10)
 審査請求日 平成15年3月17日 (2003. 3. 17)
 審判番号 不服2007-8840 (P2007-8840/J1)
 審判請求日 平成19年3月29日 (2007. 3. 29)
 (31) 優先権主張番号 特願2002-283059 (P2002-283059)
 (32) 優先日 平成14年9月27日 (2002. 9. 27)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 303000408
 コニカミノルタオプト株式会社
 東京都八王子市石川町2970番地
 (74) 代理人 100085501
 弁理士 佐野 静夫
 (72) 発明者 河合 秀樹
 大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大
 阪国際ビル ミノルタ株式会社内
 (72) 発明者 森 登史晴
 大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大
 阪国際ビル ミノルタ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガラス組成物及びガラス基板

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

重量%で、 SiO_2 : 45 ~ 75 %、
 Al_2O_3 : $\frac{11.8}{13.9}$ %、
 B_2O_3 : $\frac{1.4}{5.0}$ %、
 $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3$: 65 ~ 90 %、
 R_2O (R = Li, Na, K) の総量 : $\frac{7}{12.6}$ %、
 $\text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2 + \text{Ln}_x\text{O}_y$: 0 ~ $\frac{6.2}{}$ % (ただしゼロを含む、また Ln_xO_y は
 ランタノイド金属酸化物及び Y_2O_3 , Nb_2O_5 , Ta_2O_5 からなる群より選ばれた
 少なくとも1つの化合物を意味する)

の各ガラス成分を有し、

 $\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{B}_2\text{O}_3$ 1.0

且つ

 $\frac{6.76}{}$ ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3$) / (R_2O の総量) 3

を満足し、

 $\text{R}'\text{O}$ (R' = Mg, Ca, Sr, Ba, Zn) 及び Pr, Nd, Sm, Eu, Er の酸
 化物を含有しないことを特徴とするガラス組成物。

【請求項 2】

請求項 1 記載のガラス組成物を用いて作製されたことを特徴とするガラス基板。

【請求項 3】

強化処理を行うことなく、比弾性率 (E/ρ) が 3.1 以上、ビッカース硬度 H_v が $500 \sim 700$ 、アルカリ溶出量 A が 2.5 インチディスク当たり 350 ppb 以下、線熱膨張係数 が $60 \times 10^{-7} \sim 90 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 、破壊靱性値 K_{Ic} が 0.80 より大きい請求項 2 記載のガラス基板。

【請求項 4】

ガラス転移温度 T_g が 600 以下、液相温度 T_L が $1,300$ 以下、ガラスの熔融粘性 $\log \eta = 2$ となる温度 $T_{\log \eta = 2}$ が $1,550$ 以下である請求項 2 又は 3 に記載のガラス基板。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

【発明の属する技術分野】

本発明はガラス基板及びこれに用いるガラス組成物に関し、より詳細には磁気ディスク、光磁気ディスク、DVD、MD などの情報記録用媒体や光通信用素子などの基板として用いるガラス基板及びこれに用いるガラス組成物に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、磁気ディスク用基板としては、デスクトップ用コンピュータやサーバなどの据え置き型にはアルミニウム合金が、他方ノート型コンピュータやモバイル型コンピュータなどの携帯型にはガラス基板が一般に使用されていたが、アルミニウム合金は変形しやすく、また硬さが不十分であるため研磨後の基板表面の平滑性が十分とは言えなかった。さらに、ヘッドが機械的に磁気ディスクに接触する際、磁性膜が基板から剥離しやすいという問題もあった。そこで、変形が少なく、平滑性が良好で、かつ機械的強度の大きいガラス基板が携帯型のみならず据え置き型の機器やその他の家庭用情報機器にも今後広く使用されていくものと予測される。

20

【0003】

ガラス基板としては、基板表面のアルカリ元素を他のアルカリ元素と置換することにより圧縮歪みを発生させ、機械的強度を向上させた化学強化ガラスが知られている。しかし化学強化ガラスでは煩雑なイオン交換工程が必要であり、またイオン交換後の再加工が不可能であるため製造歩留を上げることが難しかった。また、ガラス基板にイオン交換性を持たせるために、アルカリイオンの基板中での移動が容易となるようにしていたので、基板表面のアルカリイオンが、磁性膜を成膜する際の加熱工程時に表面に移動して溶出したり、あるいは磁性膜を侵食したり、磁性膜の付着強度を劣化させたりする問題があった。

30

【0004】

一方、化学強化処理を行わない一般的なガラス基板としてはソーダライム基板があるが、このソーダライム基板を情報記録用基板として用いるには機械的強度、化学的耐久性が不十分であった。また、液晶基板などに使用されているガラス材料では、高温での熱安定性を維持するため無アルカリあるいは低アルカリ化によって線熱膨張係数を低く抑えているので、SUS 鋼などでできたクランプやスピンドルモータ部材の線熱膨張係数との差が大きくなり、記録媒体の記録装置への取付け時や情報記録時に不具合が生じることがあった。また機械的強度が不十分であるため情報記録用基板へ適用は困難であった。

40

【0005】

また光フィルタや光スイッチなどの光通信用素子でも基板としてガラス基板が用いられているが、ガラス基板から溶出したアルカリ成分によって前記素子が劣化することがあった。また、ガラス基板上に形成される膜の密度が大きくなるほど、温度・湿度の変化による波長シフトが抑制されることから、従来広く用いられている真空蒸着法では形成できる膜の密度に限界があった。

【0006】

さらには、ガラス基板を情報記録用として用いる場合に、情報記録用膜をガラス基板上に形成する際、表面に加わえられる圧力や加熱、衝撃によりガラス基板にクラックが入り、製品の歩留まりが低下することがあった。

50

【 0 0 0 7 】

【 特 許 文 献 1 】

特 開 2 0 0 1 - 1 9 4 6 6 号 公 報 (特 許 請 求 の 範 囲 の 欄 、 表 1 ~ 表 5)

【 0 0 0 8 】

【 発 明 が 解 決 し よ う と す る 課 題 】

本発明はこのような従来の問題に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、強化処理を行うことなく高い機械的強度を有し、またアルカリ溶出量が少なく、そして線熱膨張係数がモータ部材のそれに近く、さらには高い破壊靱性を有すると共に所定の表面硬度を有するガラス基板及びこれに用いるガラス組成物を提供することにある。

【 0 0 0 9 】

【 課 題 を 解 決 す る た め の 手 段 】

本発明によれば、重量%で、 SiO_2 : 45 ~ 75 %、 Al_2O_3 : $\frac{11.8}{9} \sim \frac{13.9}{9}$ %、 B_2O_3 : $\frac{1.4}{5.0} \sim \frac{5.0}{9.0}$ %、 $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3$: 65 ~ 90 %、 R_2O ($\text{R} = \text{Li}, \text{Na}, \text{K}$) の総量 : $7 \sim \frac{12.6}{6}$ %、 $\text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2 + \text{Ln}_x\text{O}_y$: 0 ~ $\frac{6.2}{6}$ % (ただしゼロを含む、また Ln_xO_y はランタノイド金属酸化物及び Y_2O_3 , Nb_2O_5 , Ta_2O_5 からなる群より選ばれた少なくとも1つの化合物を意味する) の各ガラス成分を有し、

$$\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{B}_2\text{O}_3 \quad 1.0$$

且つ

$$\frac{6.76}{6.76} \quad (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3) / (\text{R}_2\text{Oの総量}) \quad 3$$

を満足し、 $\text{R}'\text{O}$ ($\text{R}' = \text{Mg}, \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}, \text{Zn}$) 及び $\text{Pr}, \text{Nd}, \text{Sm}, \text{Eu}, \text{Er}$ の酸化物を含有しないことを特徴とするガラス組成物が提供される。なお、以下「%」は特に断りのない限り「重量%」を意味するものとする。

【 0 0 1 1 】

また本発明によれば、前記ガラス組成物から作製したことを特徴とするガラス基板が提供される。

【 0 0 1 2 】

ここで、強化処理を行うことなく、比弾性率 E/ρ を 31 以上、ビッカース硬度 H_v を 500 ~ 700 の範囲、アルカリ溶出量 A を 350 ppb / 2.5 インチディスク以下、線熱膨張係数 α を $60 \times 10^{-7} \sim 90 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 、破壊靱性値 K_{Ic} を 0.80 より大きくするのが好ましい。

【 0 0 1 3 】

また、熔融生産性、成形性などの観点から、ガラス転移温度 T_g を 600 以下、液相温度 T_L を 1,300 以下、ガラスの熔融粘性 $\log \eta = 2$ となる温度 $T_{\log \eta = 2}$ を 1,550 以下とするのが好ましい。ガラス転移点 T_g は、粉末状に調整したガラス試料を示差熱測定装置を用いて室温 ~ 900 の温度範囲を 10 / min の昇温率で加熱し測定した値である。液相温度 T_L は、1,550 で 2 hr 熔融保持後、1,300 で 10 時間保持し急冷した後、ガラスの表面及び内部に欠陥物の発生の有無を確認し判定したものである。温度 $T_{\log \eta = 2}$ は、攪拌式粘性測定機を用いて熔融したガラスの粘性を測定したときの $\log \eta = 2$ となる温度である。

【 0 0 1 4 】

なお、比弾性率 (E/ρ) はヤング率 E を比重 ρ で割った値であって、ヤング率は JIS R 1602 ファインセラミックスの弾性試験方法の動的弾性率試験方法に準じて測定する。またビッカース硬度 H_v は、ビッカース硬度試験機を用い荷重 100 g、負荷時間 15 sec の条件下にて測定した値である。アルカリ溶出量 B は、酸化セリウムで表面を研磨して R_a 値が 2 nm 以下の平滑面とした後表面を洗浄した試料ガラスを、80 の逆浸透膜水 50 ml 中に 24 h 浸漬した後、ICP 発光分光分析装置でその溶出液を分析し算出した値である。したがってアルカリ溶出量は $\text{Li}, \text{Na}, \text{K}$ 溶出量の総量である。なお、試料ガラスは 2.5 インチディスク基板と略同一の表面積のものを用いた。線熱膨張係数 A は、示差膨張測定装置を用いて、荷重 : 5 g、温度範囲 : 25 ~ 100、昇温速

10

20

30

40

50

度：5 / min の条件で測定した値である。

【0015】

また破壊靱性値 K_c は、ビッカース硬度試験機を用いて、荷重 500 g、負荷時間 15 sec の条件下にてビッカース圧子にて圧痕をつけ下記式から算出した（図 2 を参照）。

$$K_c = 0.018 (E / H_V)^{1/2} (P / C^{3/2}) = 0.026 E^{1/2} P^{1/2} a / C^{3/2}$$

（式中、 K_c ：破壊靱性値 ($\text{Pa} \cdot \text{m}^{1/2}$)、 E ：弾性率 (Pa)、 H_V ：ビッカース硬度 (Pa)、 P ：押し込み荷重 (N)、 C ：クラック長さの平均の半分 (m)、 a ：圧痕の対角線長さの平均の半分 (m)）

【0016】

【発明の実施の形態】

本発明者等は、強化処理を行うことなくガラス基板の剛性を大きくすると共に、線熱膨張係数を従来よりも大きくしながらアルカリ溶出量は少なくし、さらには化学的耐久性を向上させ、破壊靱性値を大きくするべく鋭意検討を重ねた。この結果、ガラスのマトリックス成分として SiO_2 を用い、そこに所定量の Al_2O_3 及び B_2O_3 を含有させてガラスの骨格を形成することにより所定の剛性が得られ、またこれらのガラスの骨格成分の総量と R_2O ($\text{R} : \text{Li}, \text{Na}, \text{K}$) の総量との比を所定範囲とすることにより高い破壊靱性値を得られ、さらに特定のアルカリ金属酸化物の総含有量を特定の範囲にすることにより、線熱膨張係数を高くできると同時にアルカリ溶出量を抑えられることを見出し本発明をなすに至った。

【0017】

以下、本発明に係るガラス組成物の成分についてその限定した理由について説明する。まず SiO_2 はガラスのマトリックスを形成する成分である。その含有量が 45 % 未満では、ガラスの構造が不安定となり化学的耐久性が劣化すると共に、熔融時粘性特性が悪くなり成形性に支障を来す。一方含有量が 75 % を超えると、熔融性が悪くなり生産性が低下すると共に、十分な剛性が得られなくなる。そこで含有量を 45 ~ 75 % の範囲と定めた。より好ましい範囲は 50 ~ 72 % の範囲である。

【0018】

Al_2O_3 はガラスのマトリックス中に入り、ガラス構造を安定化させ、化学的耐久性を向上させる効果を奏する。含有量が 10 . 1 % 未満では十分な安定化効果が得られない。他方 14 . 6 % を超えると熔融性が悪くなり、生産性に支障を来す。そこで含有量を 10 . 1 ~ 14 . 6 % の範囲と定めた。

【0019】

B_2O_3 は熔融性を改善し生産性を向上させると共に、ガラスのマトリックス中に入りガラス構造を安定化させ、化学的耐久性を向上させる効果を奏する。含有量が 15 % を超えると、熔融時粘性特性が悪くなり、成形性に支障を来すと共に、ガラスが不安定になる。そこで含有量を 15 % 以下（ただしゼロを含む）の範囲と定めた。より好ましい上限値は 12 % であり、好ましい下限値は 0 . 5 % である。

【0020】

ガラスの骨格成分であるこれら 3 つのガラス成分の総量が 65 % より少ないと、ガラスの構造が脆弱となる一方、前記総量が 90 % を超えると、熔融性が低下し生産性が落ちる。そこで前記総量を 65 ~ 90 % の範囲と定めた。より好ましい範囲は 68 ~ 88 % の範囲である。

【0021】

アルカリ金属酸化物 R_2O ($\text{R} : \text{Li}, \text{Na}, \text{K}$) は、熔融性を改善し、線熱膨張係数を増大させる効果を奏する。アルカリ金属酸化物の総量が 7 % 未満では熔融性の改善および線熱膨張係数の増大という効果が充分には得られない。他方、総量が 20 % 超えるとガラス骨格間に分散されるアルカリ量が過剰となりアルカリ溶出量が増大する。そこでアルカリ金属酸化物の総量を 7 ~ 20 % の範囲と定めた。より好ましい範囲は 8 ~ 18 % の範囲である。また、アルカリ溶出量を低減する、いわゆるアルカリ混合効果を得るためには、前記アルカリ金属酸化物の各成分の下限含有量をそれぞれ 0 . 1 % とするのが望ましい。

一方、化学的耐久性および溶融安定性の観点から、上限含有量を Li_2O と Na_2O とは 15%、 K_2O は 10% とするのが望ましい。

【0022】

また本発明のガラス組成物では、2 価の金属酸化物 $\text{R}'\text{O}$ (R' : Mg , Ca , Sr , Ba , Zn) は含有しない。

【0028】

さらに本発明のガラス組成物では、 $\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{B}_2\text{O}_3$ が 1.0 以上である必要がある。 $\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{B}_2\text{O}_3$ が 1.0 より小さいと、ガラスの骨格における B_2O_3 の量が多くなりすぎガラスの構造が脆弱になるからである。

【0029】

そしてまた $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3)$ と $(\text{R}_2\text{O}$ の総量) との比が 3 ~ 7.78 の範囲 である必要がある。 $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3)$ と $(\text{R}_2\text{O}$ の総量) との比が 3 より小さいと、ガラスの骨格に対して修飾酸化物である R_2O と $\text{R}'\text{O}$ が過剰となりガラス構造が不安定となるからである。前記比のより好ましい下限値は 3.5 である。

【0030】

本発明のガラス組成物では、 TiO_2 、 ZrO_2 、 Ln_xO_y のガラス成分の 1 種または 2 種以上の特定量を必要によりさらに含有させてもよい。しかし $(\text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2 + \text{Ln}_x\text{O}_y)$ が 15% を超えるとガラスが不安定となり、靱性が大幅に低下すると共に失透傾向が高まり生産性が著しく低下することがある。したがってこれらの総量は 0 ~ 15% の範囲が好ましい。より好ましい総量は 0.5 ~ 12% の範囲である。これらのガラス成分の好適含有量は次の通りである。

【0031】

TiO_2 はガラスの構造を強固にし、剛性を向上させると共に溶融性を改善する効果を奏する。含有量が 10% を超えるとガラス構造が不安定となり、溶融生産性が低下すると共に化学的耐久性が低下するおそれがある。したがって含有量は 0 ~ 10% の範囲が好ましい。より好ましい範囲は 0.5 ~ 8% の範囲である。

【0032】

また ZrO_2 はガラスの構造を強固にし剛性を向上させると共に化学的耐久性を向上させる効果を奏する。含有量が 10% を超えると溶融性が低下し生産性が向上しないおそれがある。したがって含有量は 0 ~ 10% の範囲が好ましい。より好ましい範囲は 0.5 ~ 8% の範囲である。

【0033】

Ln_xO_y はガラスの構造を堅固にし剛性を向上させる効果を奏する。含有量が 8% を超えるとガラス構造が不安定となり、溶融生産性が低下すると共に比重が大きくなり HDD 部材として不利となる。したがって含有量は 8% 以下が好ましい。より好ましい上限値は 6% である。なお、この Ln_xO_y はランタノイド金属酸化物及び Y_2O_3 , Nb_2O_5 , Ta_2O_5 からなる群より選ばれた少なくとも 1 つの化合物を意味し、ランタノイド金属酸化物としては、 Ln_2O_3 や LnO などが種類があり、 Ln としては La 、 Ce 、 Er 、 Pm 、 Gd 、 Tb 、 Dy 、 Ho 、 Tm 、 Yb 、 Lu などが挙げられる。

【0034】

本発明のガラス組成物には、 Sb_2O_3 などの清澄剤を 2% 以下の範囲で添加してもよい。その他必要により従来公知のガラス成分及び添加剤を本発明の効果を害しない範囲で添加しても構わない。

【0035】

次に本発明のガラス基板について説明する。本発明のガラス基板の大きな特徴は前記ガラス組成物を用いて製造したことにある。ガラス基板の製造方法に特に限定はなく、これまで公知の製造方法を用いることができる。例えば、各成分の原料として各々相当する酸化物、炭酸塩、硝酸塩、水酸化物等を使用し、所望の割合に秤量し、粉末で十分に混合して調合原料とする。これを例えば 1,300 ~ 1,550 に加熱された電気炉中の白金坩

10

20

30

40

50

塊などに投入し、溶融清澄後、攪拌均質化して予め加熱された鋳型に鋳込み、徐冷してガラスブロックにする。次に、ガラス転移点付近まで再加熱し、徐冷して歪み取りを行う。そして得られたガラスブロックを円盤形状にスライスして、内周および外周を同心円としてコアドリルを用いて切り出す。あるいは溶融ガラスをプレス成形して円盤状に成形する。そして、このようにして得られた円盤状のガラス基板は、さらにその両面を粗研磨および研磨された後、水、酸、アルカリの少なくとも1つの液で洗浄されて最終的なガラス基板とされる。

【0036】

ここで、本発明のガラス基板を例えば情報記録用媒体の基板として用いる場合に、ヘッドの浮上量や記録媒体の膜厚を小さくする観点などから、研磨工程後のガラス基板の表面粗度 R_a を 1 nm 以下とし、且つ洗浄工程後の表面粗度 R_a' を表面粗度 R_a の 1.5 倍以下とするのが好ましい。アルカリ成分を多く含む、強化処理を行ったガラス基板の場合には、研磨により表面粗度 R_a を 1 nm 以下にすることは可能であるが、次の洗浄工程において、水や酸、アルカリで基板表面を表面洗浄したときに、化学的耐久性が低いため表面が激しく浸食される結果、洗浄工程後の表面粗度 R_a' が大きくなってしまう。一方、強化処理しないガラス基板では一般に、基板の表面および内部の組成が均質であるので、洗浄工程においても基板の表面粗度 R_a' は大きくは変化しない。このため、ガラス成分を最適化することにより洗浄工程後の表面粗度 R_a' を研磨工程後の表面粗度 R_a の 1.5 倍以下とすることも可能となる。

【0037】

本発明に係るガラス基板ではつぎの諸物性を満足しているのが好ましい。まず、比弾性率 (E/ρ) が 3.1 以上であるのが好ましい。強化処理を行っていないガラス基板では機械的強度は基板の剛性に依存するため、比弾性率が 3.1 よりも小さいと、基板の機械的強度が不十分となり、HDD搭載時に外部から衝撃を受けた際、HDD部材との締結部分から破損しやすくなるからである。より好ましい比弾性率 (E/ρ) は 3.2 以上である。

【0038】

ピッカース硬度 H_v は $500 \sim 700$ の範囲が好ましい。ピッカース硬度 H_v が 500 よりも小さいと、衝撃による破損や製造工程内での損傷が生じやすくなる。一方、ピッカース硬度 H_v が 700 よりも大きいと、ガラス基板の研磨加工において研磨レート低下し、所望の平滑面が得られにくくなる共に、研磨加工後のテープテクスチャー加工による表面形状の調整やテープもしくはスクラブ洗浄処理による表面欠陥修正などが困難となるからである。ピッカース硬度をこのような範囲とするには、例えば目的とする主物性を劣化させない範囲で、ガラス中のイオン充填率を高めるように成分比率を調整すればよい。ピッカース硬度 H_v のより好ましい下限値は 520 であり、より好ましい上限値は 680 である。

【0039】

アルカリ溶出量 A は 2.5 インチディスク当たり 350 ppb 以下が好ましい。アルカリ溶出量 A が 350 ppb より多いと、ガラス基板を情報記録用媒体として用いた場合に、ガラス基板表面に形成される磁性膜などの記録膜が、溶出したアルカリ成分によって劣化するからである。より好ましいアルカリ溶出量 A は 320 ppb 以下である。

【0040】

線熱膨張係数 α は $60 \times 10^{-7} \sim 90 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ の範囲が好ましい。線熱膨張係数 α がこの範囲から外れると、ガラス基板を用いた情報記録用媒体を取り付ける駆動部の材料の線熱膨張係数との差が大きくなって、情報記録用媒体の固定部に応力が発生し、基板の破損や基板の変形による記録位置のズレが発生し、記録の読み書きができなくなるからである。線熱膨張係数のより好ましい下限値は $62 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ であり、より好ましい上限値は $88 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ である。

【0041】

破壊靱性値 K_{IC} は 0.80 より大きいのが好ましい。ガラス基板を情報記録用媒体として用いる場合、破壊靱性値 K_{IC} が 0.80 以下であると、ガラス基板表面に磁性膜などの記

10

20

30

40

50

録膜を形成する工程において加えられる圧力などによりガラス基板にひび割れが生じることがあるからである。また、破壊靱性値 K_{IC} が 0.80 以下であると、基板の機械加工において基板が損傷を受けやすくなり、加工歩留まりが大きく低下する。破壊靱性値 K_{IC} のより好ましい下限値は 0.85 である。

【0042】

ガラス溶液を 1,500 で 24 時間保持したときの重量減少率は 8.0% 未満とするのが好ましい。重量減少率が 8.0% 以上であると、物性安定性および生産性が低下するからである。

【0043】

また、本発明のガラス基板では、ガラス転移温度 T_g を 600 以下とし、熔融成形時における生産性などの観点から液相温度 T_L を 1,300 以下とし、さらにガラスの熔融粘性 $\log \eta = 2$ となる温度 $T_{\log \eta = 2}$ を 1,550 以下とするのが好ましい。ガラス転移温度、液相温度及び $T_{\log \eta = 2}$ をこのような範囲とするには、例えばガラス転移温度については、骨格成分である SiO_2 、 B_2O_3 、 Al_2O_3 の総量及びそれら比率、そしてガラス転移温度を大幅に低下させる成分であるアルカリ金属酸化物の添加量を、目的とする主物性を劣化させない範囲で調整すればよい。ガラスの液相温度については、過剰に添加するとガラスが不安定になる成分の総量及び比率を調整してやればよい。 $T_{\log \eta = 2}$ については、目的とする主物性を劣化させない範囲で、粘性を高める主成分である SiO_2 と粘性を改善する成分との添加比率を調整すればよい。

【0044】

本発明のガラス基板は、その大きさに限定はなく 3.5, 2.5, 1.8 インチ、あるいはそれ以下の小径ディスクとすることもでき、またその厚さは 2 mm や 1 mm、0.63 mm、あるいはそれ以下といった薄型とすることもできる。

【0045】

次に、本発明のガラス基板を用いた情報記録用媒体について説明する。情報記録用媒体の基板として本発明のガラス基板を用いると、耐久性および高記録密度が実現される。以下、図面に基づき情報記録用媒体について説明する。

【0046】

図 1 は磁気ディスクの斜視図である。この磁気ディスク D は、円形のガラス基板 1 の表面に磁性膜 2 を直接形成したものである。磁性膜 2 の形成方法としては従来公知の方法を用いることができ、例えば磁性粒子を分散させた熱硬化性樹脂を基板上にスピンコートして形成する方法や、スパッタリング、無電解めっきにより形成する方法が挙げられる。スピンコート法での膜厚は約 0.3 ~ 1.2 μm 程度、スパッタリング法での膜厚は 0.04 ~ 0.08 μm 程度、無電解めっき法での膜厚は 0.05 ~ 0.1 μm 程度であり、薄膜化および高密度化の観点からはスパッタリング法および無電解めっき法による膜形成が好ましい。

【0047】

磁性膜に用いる磁性材料としては、特に限定はなく従来公知のものが使用できるが、高い保持力を得るために結晶異方性の高い Co を基本とし、残留磁束密度を調整する目的で Ni や Cr を加えた Co 系合金などが好適である。具体的には、Co を主成分とする CoPt、CoCr、CoNi、CoNiCr、CoCrTa、CoPtCr、CoNiPt や、CoNiCrPt、CoNiCrTa、CoCrPtTa、CoCrPtB、CoCrPtSiO などが挙げられる。磁性膜は、非磁性膜（例えば、Cr、CrMo、CrV など）で分割しノイズの低減を図った多層構成（例えば、CoPtCr/CrMo/CoPtCr、CoCrPtTa/CrMo/CoCrPtTa など）としてもよい。上記の磁性材料の他、フェライト系、鉄 - 希土類系や、 SiO_2 、BN などからなる非磁性膜中に Fe、Co、FeCo、CoNiPt 等の磁性粒子を分散された構造のグラニューなどであってもよい。また、磁性膜は、内面型および垂直型のいずれの記録形式であってもよい。

【0048】

また、磁気ヘッドの滑りをよくするために磁性膜の表面に潤滑剤を薄くコーティングしてもよい。潤滑剤としては、例えば液体潤滑剤であるパーフロロポリエーテル(PFPE)をフロン系などの溶媒で希釈したものが挙げられる。

【0049】

さらに必要により下地層や保護層を設けてもよい。磁気ディスクにおける下地層は磁性膜に応じて選択される。下地層の材料としては、例えば、Cr、Mo、Ta、Ti、W、V、B、Al、Niなどの非磁性金属から選ばれる少なくとも一種以上の材料が挙げられる。Coを主成分とする磁性膜の場合には、磁気特性向上等の観点からCr単体やCr合金であることが好ましい。また、下地層は単層とは限らず、同一又は異種の層を積層した複数層構造としても構わない。例えば、Cr/Cr、Cr/CrMo、Cr/CrV、NiAl/Cr、NiAl/CrMo、NiAl/CrV等の多層下地層としてもよい。

10

【0050】

磁性膜の摩耗や腐食を防止する保護層としては、例えば、Cr層、Cr合金層、カーボン層、水素化カーボン層、ジルコニア層、シリカ層などが挙げられる。これらの保護層は、下地層、磁性膜など共にインライン型スパッタ装置で連続して形成できる。また、これらの保護層は、単層としてもよく、あるいは、同一又は異種の層からなる多層構成としてもよい。なお、上記保護層上に、あるいは上記保護層に替えて、他の保護層を形成してもよい。例えば、上記保護層に替えて、Cr層の上にテトラアルコキシランをアルコール系の溶媒で希釈した中に、コロイダルシリカ微粒子を分散して塗布し、さらに焼成して酸化ケイ素(SiO₂)層を形成してもよい。

20

【0051】

以上、情報記録用媒体の一実施態様として磁気ディスクについて説明したが、情報記録用媒体はこれに限定されるものではなく、光磁気ディスクや光ディスクなどにも本発明のガラス基板を用いることができる。

【0052】

また、本発明のガラス基板は光通信素子にも好適に使用できる。本発明のガラス基板では、アルカリ溶出量が2.5インチディスク当たり350ppb以下と少なく、基板から溶出したアルカリ成分によって基板の膜が劣化することがない。また、従来のガラス基板に比べて線熱膨張係数が $60 \times 10^{-7} \sim 90 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ の範囲と大きいので、蒸着工程で加熱されたガラス基板が冷却されて縮む量が大きくなり、このガラス基板の収縮により基板表面に形成された膜が圧縮されてその密度が大きくなる。この結果、温度・湿度の変化による波長シフトが抑制される。

30

【0053】

以下、波長多重分割(「DWDM」; Dense Wavelength Division Multiplexing)用の光フィルタを例に本発明のガラス基板を用いた光通信素子について説明する。誘電体多層膜を用いた光フィルタは高屈折率層と低屈折率層とを有し、これらの層を積層した構造を有している。これらの層を形成する方法としては、特に限定はなく従来公知の方法、例えば真空蒸着法、スパッタリング法、イオンプレーティング法、イオンビームアシスト法などを用いることができる。この中でも生産性が高いことから真空蒸着法が推奨される。真空蒸着は、真空中で蒸着材料を加熱し、発生した蒸気を基体上に凝縮・付着させて薄膜を形成する方法である。蒸着材料の加熱方法には、抵抗加熱、外熱ルツボ、電子ビーム、高周波、レーザーなどの各種方法がある。具体的な蒸着条件として、真空度は $1 \times 10^{-3} \sim 5 \times 10^{-3}$ Pa程度である。蒸着中は真空度が一定となるように電磁弁を制御して導入酸素量を調整する。そして層厚モニターにより所定層厚となったところでシャッターを閉じて蒸着を終了する。

40

【0054】

各膜厚としては特に限定はないが、光学的膜厚が波長の1/4とするのが基本であって、一般的に1μm程度までである。また、総層数は一般的に100層を超える。用いる膜材料としては例えば、誘電体や半導体、金属であって、この中でも誘電体が特に好ましい。

【0055】

50

以上、本発明のガラス基板を用いた光通信素子の一実施態様としてD W D M用の光フィルタについて説明したが、光通信素子はこれに限定されるものではなく、本発明のガラス基板は光スイッチ、合分波素子などの光通信素子にも使用できる。

【0056】

【実施例】

表1～表12にガラス基板のガラス組成とその評価結果を示す。尚、表1、表2に記載の実施例1～35において、実施例3、4、14、15、17～29、31～33、及び35を参考実施例とし、上記以外の実施例1、2、5～13、16、30、34を本発明の請求項に含まれる実施例とする。定められた量の原料粉末を白金るつぽに秤量して入れ、混合したのち、電気炉中で1,550で溶解した。原料が十分に溶解したのち、攪拌羽をガラス融液に挿入し、約1時間攪拌した。その後、攪拌羽を取り出し、30分間静置したのち、治具に融液を流しこむことによってガラスブロックを得た。その後各ガラスのガラス転移点付近までガラスブロックを再加熱し、徐冷して歪取りを行った。得られたガラスブロックを約1.5mmの厚さ、2.5インチの円盤形状にスライスし、内周、外周を同心円としてカッターを用いて切り出した。そして、両面を粗研磨及び研磨、洗浄を行って実施例及び比較例のガラス基板を作製した。作製したガラス基板について下記物性評価を行った。

【0057】

(比弾性率)

ヤング率Eを「JIS R 1602」ファインセラミックスの弾性試験方法の動的弾性率試験方法に準じて測定し、これを天秤法で測定した比重値で割って比弾性率を算出した。

【0058】

(ビッカース硬度Hv)

ビッカース硬度試験機を用い荷重100g、負荷時間15secの条件下にて測定した。

【0059】

(アルカリ溶出量A)

ガラス基板の表面を酸化セリウムで研磨してRa値が2nm以下の平滑面とした後、表面を洗浄し、80の逆浸透膜水50ml中に24h浸漬した後、ICP発光分光分析装置でその溶出液を分析し算出した。

【0060】

(線熱膨張係数)

示差膨張測定装置を用いて、荷重：5g、温度範囲：25～100、昇温速度：5/minの条件で測定した。

【0061】

(破壊靱性値Kc)

ビッカース硬度試験機を用い、荷重500g、負荷時間15secの条件下にてビッカース圧子にて圧痕をつけ前記式から算出した。

【0062】

(ガラス転移点Tg)

粉末状に調整したガラス試料を、示差熱測定装置によって室温～900の温度範囲を10/minの昇温速度で加熱し測定した。

【0063】

(液相温度TL)

1,550で2hr溶融保持後、1,300で10時間保持し急冷した後、ガラスの表面及び内部に失透物の発生の有無を観察し、失透物がなかった場合を「○」、失透物があった場合を「×」とした。

【0064】

(温度Tlog=2)

攪拌式粘性測定機を用いて溶融したガラスの粘性を測定し、log=2となる温度T_{log}。

$g_{=2}$ を求め、 $T_{log_{=2}}$ が1,550以下であった場合を「」、1,550を超えていた場合を「×」とした。

【0065】

(重量減少率)

ガラスレット50gを白金るつぼで溶解させ、1,500で24時間保持して、保持前後の重量を測定し下記式から算出した。

重量減少率(%) = (保持前重量 - 保持後重量) / (保持前重量) × 100

【0066】

【表1】

ガラス組成(重量%)		実施例																		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
SiO ₂	62.5	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	69.8	69.8	66.8	66.8	62.5	60.5	64.6	61.0	65.2	
Al ₂ O ₃	13.9	11.3	11.3	13.3	13.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	11.8	13.9	11.3	11.3	13.9	13.5	12.0	13.6	11.1	
B ₂ O ₃	5.0	5.0	3.4	3.4	1.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	3.5	1.4	3.4	3.4	5.0	4.9	2.2	4.9	3.2	
Li ₂ O	6.8	9.1	6.8	9.1	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	4.7	4.7	4.5	4.5	4.5	5.2	5.2	5.3	5.3	
Na ₂ O	3.5	2.0	3.5	2.0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	5.2	5.2	5.0	5.0	5.0	5.7	5.7	5.9	5.9	
K ₂ O	1.8	1.0	1.8	1.0	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5	2.9	2.9	2.9	2.9	
MgO																				
CaO																				
SrO																				
BaO																				
ZnO																				
TiO ₂	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	0.9	0.9	0.9	0.9	2.0	2.0	3.8	3.8	1.9	2.2	2.2	1.9	1.9	
ZrO ₂	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	0.9	0.9	0.9	0.9				1.0	1.9	2.1	2.1	1.8	1.8	
La ₂ O ₃	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	1.4	1.4	1.4	1.4			2.4	1.4	2.4	2.8	2.8	2.4	2.4	
CeO ₂																				
Er ₂ O ₃																				
Gd ₂ O ₃							3.0													
Y ₂ O ₃								3.0												
Nb ₂ O ₅									3.0											
Ta ₂ O ₅										3.0										
Sb ₂ O ₃	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	
SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	85.1	85.1	81.4	81.4	81.4	78.8	78.8	79.5	79.5	
F ₂ O・Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.6	12.6	12.0	12.0	12.0	13.7	13.7	14.1	14.1	
R ₂ O・MgO+CaO+SrO+BaO+ZnO																				
Al ₂ O ₃ /B ₂ O ₃	2.77	2.77	3.34	3.34	9.68	5.18	5.18	5.18	5.18	5.18	3.34	9.68	3.34	3.34	2.77	2.77	5.44	2.77	3.41	
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃)/(R ₂ O+RO)	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	5.75	5.75	5.63	5.63	
TiO ₂ +ZrO ₂ +Ln ₂ O ₃	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	2.0	2.0	6.2	6.2	6.2	7.1	7.1	6.1	6.1	
比弾性率(E/ρ)	33.9	34.6	33.7	34.4	33.5	34.1	33.7	33.8	33.7	33.6	33.2	32.8	33.0	33.0	32.8	33.0	32.8	33.0	33.0	
線熱膨張係数α(X10 ⁻⁷ /°C)	66	68	66	63	67	68	66	66	67	66	66	67	67	64	66	71	70	68	73	
ビッカース硬度 Hv	578	582	570	575	574	569	580	575	572	582	588	563	569	567	569	576	586	578	576	
破壊靱性 K _{IC}	1.12	1.02	1.07	1.07	1.24	1.30	1.21	1.23	1.20	1.27	1.33	1.39	1.12	1.32	1.09	1.08	1.07	0.98	1.04	
アルカリ溶出量A(ppb)	131	232	151	207	186	280	165	158	177	135	126	169	192	176	181	230	273	258	238	
T _g	507	503	513	498	519	508	512	509	506	511	512	502	494	519	521	515	512	505	497	
T _L	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
T _{bg} n=2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

【表 2】

ガラス組成(重量%)	実施例															比較例				
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	1	2	3	4	5
SiO ₂	65.2	65.0	61.7	66.0	66.0	61.7	66.0	66.0	68.2	68.2	66.8	66.8	62.5	66.8	65.2	43.1	76.8	52.1	52.0	62.5
Al ₂ O ₃	13.1	10.2	13.7	11.2	13.2	13.7	11.2	13.2	11.5	13.6	11.3	13.3	13.9	12.3	12.1	5.6	12.3	5.6	13.6	3.1
B ₂ O ₃	1.2	5.3	5.0	3.3	1.3	5.0	3.3	1.3	3.4	1.4	3.4	1.4	5.0	2.4	2.2	8.9	3.4	3.9	15.7	5.8
Li ₂ O	5.3	4.8	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.6	4.6	5.3	5.3	5.3	6.8	5.3	4.1	2.5	5.2	4.5	8.5
Na ₂ O	5.9	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.1	5.1	5.8	5.8	5.8	3.5	5.9	4.5	2.0	10.7	5.0	5.0
K ₂ O	2.9	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.6	2.6	2.9	2.9	2.9	1.8	2.9	2.3	2.5	9.4	2.5	2.5
MgO																7.3		2.0		3.0
CaO																6.3		2.0		4.0
SrO																				
BaO																				
ZnO																				
TiO ₂	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	6.5		3.5	1.9	1.9
ZrO ₂	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.9	1.8	7.4		4.4	1.9	1.9
La ₂ O ₃	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	2.4	2.4	3.9	0.4	0.9	2.4	2.4
GeO ₂																				
Er ₂ O ₃																				
Gd ₂ O ₃																				
Y ₂ O ₃																				
Nb ₂ O ₅																				
Ta ₂ O ₅																				
Sb ₂ O ₃	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃	79.5	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	83.2	83.2	81.4	81.4	81.4	81.4	79.5	57.7	92.4	61.7	81.4	71.4
R ₂ O:Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	14.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	12.3	12.3	14.0	14.0	14.0	12.0	14.1	10.8	7.0	25.3	12.0	15.0
R ₂ O:MgO+CaO+SrO+BaO+ZnO																13.5	0.0	4.0	0.0	7.0
Al ₂ O ₃ /B ₂ O ₃	10.49	1.73	2.77	3.37	10.07	2.77	3.37	10.07	3.34	9.68	3.34	9.68	2.77	5.18	5.37	0.63	3.64	1.43	0.86	0.53
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃)/(R ₂ O+RO)	5.63	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15	6.76	6.76	5.80	5.80	5.80	6.76	5.63	2.37	13.12	2.11	6.76	3.24
TiO ₂ +ZrO ₂ +Ln _x O _y	6.1	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	6.2	6.1	17.7	0.4	8.7	6.2	6.2
比弾性率(E/ρ)	32.8	33.0	33.0	33.0	32.8	33.4	33.3	33.1	32.9	32.7	32.9	32.9	33.2	33.7	32.7	34.7	30.5	30.9	33.3	34.3
線熱膨張係数α(X10 ⁻⁷ /°C)	77	68	69	71	72	73	71	72	64	68	72	72	72	56	73	72	65	98	58	78
ビッカース硬度 Hv	566	585	577	581	566	580	564	564	568	568	569	561	573	580	570	688	552	523	577	558
破壊靱性 K _{IC}	1.12	1.10	1.13	1.13	1.14	1.06	1.18	1.16	1.49	1.40	1.13	1.19	1.13	1.21	1.14	0.74	0.92	0.76	0.85	0.79
アルカリ溶出量A(ppb)	259	221	170	198	221	195	315	287	170	173	257	278	152	165	240	388	88	1232	420	502
T _g	507	499	507	506	510	495	494	503	511	513	499	505	499	512	502	547	568	456	538	488
T _L	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	×
T _{logη=2}	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	×

10

20

30

40

50

【 0 0 6 8 】

【 表 3 】

ガラス組成(重量%)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SiO ₂		56.2	59.2	53.1	53.5	53.5	59.3	58.7	59.9	62.3	56.1	56.1	61.1	60.5	59.9	58.8	56.1	56.1	54.0	55.0	58.1
Al ₂ O ₃		15.8	7.3	12.5	10.1	4.7	5.9	5.9	6.0	6.3	5.6	5.6	5.6	5.6	5.5	5.4	8.6	11.6	14.2	12.2	5.6
B ₂ O ₃		5.0	5.0		3.7	3.3	4.1	4.1	4.2	4.4	3.9	3.9	3.9	3.9	3.8	3.8	3.9	3.9	3.6	3.6	3.9
Li ₂ O		3.4	3.4	4.1	3.9	3.4	4.3	4.2	4.3	4.5	4.1	4.1	5.2	5.1	5.1	5.0	4.1	4.1	3.7	3.7	4.1
Na ₂ O		3.8	3.8	4.5	4.3	3.7	4.7	4.7	4.8	5.0	4.5	4.5	5.7	5.7	5.6	5.5	4.5	4.5	4.1	4.1	4.5
K ₂ O		1.9	1.9	2.3	2.1	1.9	2.4	2.4	2.4	2.5	2.3	2.3	2.9	2.9	2.8	2.8	2.3	2.3	2.0	2.0	2.3
MgO		8.7	4.4	4.3	4.1	3.6	2.3		4.6		2.3	2.3		0.5	1.0	1.9	6.3	2.3	5.9	5.9	7.3
CaO			4.4	6.3	6.0	5.2	3.3	6.6			3.3	3.3		0.5	1.0	1.9	1.3	2.3	0.7	1.7	1.3
SrO																					
BaO																					
ZnO																					
TiO ₂		3.1	3.5	3.5	3.3	2.9	3.7	3.7	3.7	3.9	3.5	3.5	2.5	2.5	2.5	2.4					
ZrO ₂		0.5	5.5	4.4	4.2	3.6	4.6	4.6	4.7	4.9	4.4	4.4	4.4	4.3	4.3	4.2	4.4	4.4	4.0	4.0	4.4
La ₂ O ₃		1.4	1.4	4.9	4.6	4.1	5.1	5.1	5.2	5.4	6.9	4.9	4.9	4.8	4.8	4.7	4.9	4.9	4.4	4.4	4.9
CeO ₂																					
Er ₂ O ₃																					
Gd ₂ O ₃																					
Y ₂ O ₃																					
Nb ₂ O ₅																					
Ta ₂ O ₅																					
Sb ₂ O ₃		0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃		76.9	71.4	65.7	67.3	71.4	69.3	68.6	70.1	73.4	65.7	65.7	70.7	70.0	69.3	67.9	68.7	71.7	71.8	70.8	67.7
R ₂ O:Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O		9.2	9.2	10.8	10.3	9.0	11.4	11.3	11.5	12.0	10.8	10.8	13.8	13.6	13.5	13.3	10.8	10.8	9.8	9.8	10.8
R'O: MgO+CaO+SrO+BaO+ZnO		8.7	8.7	10.5	10.0	8.8	5.6	6.6	4.6	0.0	8.5	10.5	2.5	3.5	4.5	6.3	7.5	4.5	6.6	7.6	8.5
Al ₂ O ₃ /B ₂ O ₃		3.15	1.45	-	2.71	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	2.20	2.97	3.99	3.43	1.43
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃)/(R ₂ O+R'O)		4.31	4.00	3.08	3.32	4.02	4.09	3.85	4.37	6.10	3.40	3.08	4.33	4.08	3.86	3.48	3.75	4.68	4.38	4.07	3.50
TiO ₂ +ZrO ₂ +Ln ₂ O ₃		5.0	10.5	12.7	12.1	10.6	13.4	13.3	13.6	14.2	14.7	12.7	12.7	12.6	12.5	12.2	12.7	12.7	11.6	11.6	12.7
比弾性率(E/ρ)		34.0	34.0	34.1	33.9	33.4	33.8	33.4	33.3	32.8	32.7	32.7	32.5	33.2	32.7	33.8	33.6	33.1	33.4	33.7	33.7
線熱膨張係数α(X10 ⁻⁷ /°C)		64	64	74	72	66	67	71	66	66	69	68	72	71	74	78	70	66	65	65	68
ヒックス硬度 Hv		591	671	677	682	666	653	650	642	634	668	657	616	680	650	630	662	645	616	652	656
破壊靱性 K _{IC}		0.96	0.83	0.88	0.83	0.90	0.87	0.82	0.87	1.00	0.84	0.87	0.93	1.05	0.88	0.86	0.90	1.02	1.13	1.02	0.94
アルカリ溶出量A(ppb)		181	190	239	224	189	203	210	192	251	224	239	213	219	226	238	310	198	344	323	228
T _g		560	547	567	540	546	527	530	528	529	524	528	501	526	527	527	535	534	521	522	529
T _L		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
T _{log η-2}		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

【表 4】

ガラス組成(重量%)	参考例																			
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
SiO ₂	55.5	55.5	55.5	55.5	55.5	55.5	54.5	53.4	50.4	54.5	61.1	57.3	61.1	61.1	61.1	57.0	56.4	54.8	56.1	53.4
Al ₂ O ₃	8.5	8.5	8.5	11.5	11.5	11.5	12.1	11.1	13.2	8.4	5.6	8.8	5.6	5.6	5.6	8.5	11.1	11.3	11.6	11.1
B ₂ O ₃	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.5	7.5	9.0	5.7	3.9	4.0	3.9	3.9	3.9	3.9	7.5	7.7	7.9	7.5
Li ₂ O	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.0	4.2	3.8	4.3	5.2	4.5	5.2	5.2	5.2	4.4	4.2	4.0	3.7	3.4
Na ₂ O	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.4	4.7	4.2	4.8	5.7	5.0	5.7	5.7	5.7	4.9	4.7	4.4	4.1	6.2
K ₂ O	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.2	2.4	2.1	2.4	2.9	2.5	2.9	5.4	2.9	2.4	2.4	2.2	2.1	1.7
MgO	6.2	6.2	6.2	2.2	2.2	2.2	5.8	2.2	5.5	6.1	1.0	6.4	2.0	2.0	2.0	6.2	2.2	2.0	1.9	2.2
CaO	1.3			2.2	2.2	2.2	1.7	2.2	0.7	1.2	1.0	1.3	2.0	2.0	2.0	1.3	2.2	2.0	1.9	2.2
SrO		1.3																		
BaO			1.3																	
ZnO											2.5		2.5							
TiO ₂	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.2	3.3	3.0	3.4	3.5	3.6	3.5	3.5	4.4	5.0	3.3	3.1	2.9	3.3
ZrO ₂	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	3.9	4.2	3.7	4.2	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.3	4.2	3.9	3.6	4.2
La ₂ O ₃	4.8	4.8	4.8	4.8			4.4	4.6	4.1	4.7	2.9	1.9	0.9	0.9		1.8	1.6	4.3	4.1	4.6
CeO ₂																				
Er ₂ O ₃																				
Gd ₂ O ₃																				
Y ₂ O ₃																				
Nb ₂ O ₅					4.8															
Ta ₂ O ₅						4.8														
Sb ₂ O ₃	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3
SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃	67.9	67.9	67.9	70.9	70.9	70.9	70.1	72.0	72.7	68.5	70.7	70.0	70.7	70.7	70.7	69.4	75.0	73.9	75.5	72.0
R ₂ O:Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	10.7	11.3	10.1	11.5	13.8	12.1	13.8	16.3	13.8	11.7	11.3	10.5	9.9	11.3
R ₂ O:MgO+CaO+SrO+BaO+ZnO	7.5	7.5	7.5	4.5	4.5	4.5	7.5	4.3	6.1	7.3	4.5	7.7	6.5	4.0	6.5	7.5	4.3	4.0	3.8	4.3
Al ₂ O ₃ /B ₂ O ₃	2.20	2.20	2.20	2.97	2.97	2.97	3.43	1.47	1.46	1.46	1.43	2.20	1.43	1.43	1.43	2.20	1.47	1.47	1.47	1.47
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃)/(R ₂ O+R ₂ O)	3.54	3.54	3.54	4.37	4.37	4.37	3.86	4.62	4.49	3.84	3.86	3.54	3.48	3.48	3.48	3.62	4.81	5.08	5.54	4.62
TiO ₂ +ZrO ₂ +Ln ₂ O ₃	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	11.5	12.1	10.8	12.4	10.7	9.9	8.7	8.7	8.8	11.1	9.1	11.3	10.6	12.1
比弾性率(E/ρ)	33.7	33.4	32.6	33.2	33.2	33.2	33.8	32.7	33.0	34.0	33.4	34.0	33.6	33.2	34.0	34.1	33.3	33.4	33.3	33.5
線膨張係数α(X10 ⁻⁷ /°C)	70	72	76	69	71	70	68	73	65	68	78	71	79	86	77	70	65	62	62	66
ビッカース硬度 Hv	644	633	639	626	633	632	663	640	642	636	616	628	618	598	618	632	608	615	611	623
破壊靱性 K _{IC}	0.93	0.91	0.90	0.94	0.95	0.92	0.98	0.92	1.09	0.87	0.88	0.87	0.88	0.85	0.88	0.87	0.94	0.94	0.97	0.92
アルカリ溶出量A(ppb)	270	288	278	225	211	226	259	189	183	219	228	227	242	334	188	222	184	173	161	189
T _g	530	525	522	530	528	531	522	522	517	527	519	517	513	492	522	522	509	517	513	522
T _L	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
T _{log n=2}	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

10

20

30

40

50

【 0 0 7 0 】

【 表 5 】

ガラス組成(重量%)		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
SiO ₂		71.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	69.1	59.1	66.8	66.8	62.5	64.0	69.1	70.6	62.5	62.5	69.1	69.1	66.8	66.8
Al ₂ O ₃		6.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.6	9.6	14.6	14.6	15.4	13.9	11.1	9.6	13.9	13.9	9.6	9.6	11.3	13.3
B ₂ O ₃		3.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	2.7	2.7			5.0	5.0	2.7	2.7	5.0	5.0	2.7	2.7	3.4	1.4
Li ₂ O		4.5	6.0	6.8	9.1	5.6	6.7	6.8	9.1	6.8	9.1	6.0	6.0	6.0	6.0	5.5	6.5	5.5	6.5	6.5	6.5
Na ₂ O		5.0	5.5	3.5	2.0	3.3	1.7	3.5	2.0	3.5	2.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
K ₂ O		2.5	1.8	1.8	1.0	3.1	3.7	1.8	1.0	1.8	1.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
MgO																					
CaO																					
SrO																					
BaO																					
ZnO																					
TiO ₂		1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	0.4	1.9	0.4	1.9	1.9
ZrO ₂		1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.4	0.6	0.4	1.0	1.0
La ₂ O ₃		2.4	1.2	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.7	0.5	1.3	1.3
CeO ₂																					
Er ₂ O ₃																					
Gd ₂ O ₃																					
Y ₂ O ₃																					
Nb ₂ O ₅																					
Ta ₂ O ₅																					
Sb ₂ O ₃		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃		81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	82.9	82.9	82.9	82.9	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4
R ₂ O:Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O		12.0	13.3	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	13.5	13.5	13.5	13.5	13.0	14.0	13.0	14.0	14.0	14.0
RO:MgO+CaO+SrO+BaO+ZnO																					
Al ₂ O ₃ /B ₂ O ₃		1.86	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	3.57	3.57	-	-	3.07	2.77	4.13	3.57	2.77	2.77	3.57	3.57	3.34	9.88
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃)/(R ₂ O+RO)		6.76	6.12	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.12	6.12	6.12	6.12	6.24	5.80	6.24	5.80	5.80	5.80
TiO ₂ +ZrO ₂ +Ln ₂ O ₃		6.2	5.0	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	3.2	3.2	3.2	3.2	5.2	4.2	5.2	4.2	4.2	4.2
比弾性率(E/ρ)		33.3	33.9	33.7	34.6	33.2	33.3	33.5	34.2	33.5	34.2	33.8	33.7	33.4	33.3	33.4	33.6	33.1	33.2	33.5	33.3
線熱膨張係数α(X10 ⁻⁷ /°C)		65	69	65	67	65	64	68	67	67	68	71	71	70	71	69	72	70	73	72	73
ビッカース硬度 Hv		609	583	583	570	580	562	574	573	585	557	573	578	559	566	571	572	557	555	562	578
破壊靱性 K _{IC}		1.11	1.10	1.05	1.11	1.12	1.17	1.11	1.05	1.18	1.04	1.22	1.15	1.24	1.17	1.13	1.05	1.22	1.11	1.21	1.18
アルカリ溶出量A(ppb)		159	180	178	214	216	171	235	266	199	279	177	158	222	235	161	200	286	317	201	152
T _g		500	501	502	500	506	500	501	497	528	520	501	495	491	489	503	495	496	487	492	496
T _L		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
T ₁₀₀₀ °C		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

【表 6】

ガラス組成(重量%)	参考例																			
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
SiO ₂	62.5	69.1	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	56.4	54.8	56.1	53.4	67.6	66.0	66.8	66.8	66.8	68.0	66.8	66.8	68.1
Al ₂ O ₃	13.9	9.6	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	11.1	11.3	11.6	11.1	9.4	9.2	9.3	9.3	9.3	9.3	10.5	9.3	9.5
B ₂ O ₃	5.0	2.7	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	7.5	7.7	7.9	7.5	5.4	5.3	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	3.4
Li ₂ O	6.5	6.5	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.2	4.0	5.7	3.4	5.0	4.9	5.4	5.4	5.0	5.0	5.0	4.5	4.6
Na ₂ O	5.0	5.0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	2.7	4.4	2.1	6.2	5.6	5.4	6.0	6.0	5.5	5.5	5.5	7.4	7.6
K ₂ O	2.5	2.5	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	2.4	2.2	2.1	1.7	2.8	2.7	3.0	3.0	2.8	2.8	2.8	2.5	2.6
MgO			3.0					2.2	2.0	1.9	2.2									
CaO				3.0				2.2	2.0	1.9	2.2									
SiO					3.0															
BaO						3.0														
ZnO							3.0													
TiO ₂	1.9	1.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	3.3	3.1	2.9	3.3	1.9	1.9	1.9	1.9	3.1	1.9	1.9	1.9	2.0
ZrO ₂	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	4.2	3.9	3.6	4.2	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
La ₂ O ₃	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.6	4.3	4.1	4.6									
CeO ₂																				
Er ₂ O ₃																				
Gd ₂ O ₃																				
Y ₂ O ₃													2.4							
Nb ₂ O ₅																				
Ta ₂ O ₅																				
Sb ₂ O ₃	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	75.0	73.9	75.5	72.0	82.4	80.4	81.4	81.4	81.4	82.6	81.4	81.4	81.0
R ₂ O:Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	14.0	14.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	11.3	10.5	9.9	11.3	13.4	13.1	14.5	14.5	13.3	13.3	13.3	14.5	14.8
RO:MgO+CaO+SrO+BaO+ZnO			3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	4.3	4.0	3.8	4.3									
Al ₂ O ₃ /B ₂ O ₃	2.77	3.57	5.18	5.18	5.18	5.18	5.18	1.47	1.47	1.47	1.47	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.95	1.73	2.75
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃)/(R ₂ O+RO)	5.80	5.80	5.41	5.41	5.41	5.41	5.41	4.81	5.08	5.54	4.62	6.15	6.15	5.63	5.62	6.12	6.21	6.21	5.62	5.48
TiO ₂ +ZrO ₂ +Ln ₂ O ₃	4.2	4.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	9.1	11.3	10.6	12.1	3.8	6.2	3.8	3.8	5.0	3.8	3.8	3.8	3.9
比弾性率(E/ρ)	33.7	33.4	34.0	34.2	33.5	33.4	33.7	34.5	32.9	32.8	32.8	33.5	33.3	33.7	33.5	33.6	33.6	33.5	33.2	33.0
線熱膨張係数α(X10 ⁻⁷ /°C)	73	72	65	68	68	68	66	66	66	65	67	67	66	71	72	68	68	68	70	73
ビッカース硬度 Hv	581	576	588	586	577	575	589	588	600	588	616	577	591	585	587	579	587	581	586	570
破壊靱性 K _{IC}	1.16	1.22	1.10	1.08	1.05	0.99	1.11	0.99	1.05	1.00	0.99	1.02	1.22	1.06	1.06	0.97	1.00	1.08	0.96	0.97
アルカリ溶出量A(ppb)	168	221	211	198	229	244	188	195	257	158	224	147	161	189	198	167	155	128	221	281
T _g	493	495	510	508	502	503	511	510	528	517	530	502	504	495	494	507	499	505	490	500
T _L	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
T _{beg η=2}	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

10

20

30

40

50

【 0 0 7 2 】

【 表 7 】

ガラス組成(重量%)	参考例																			
	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
SiO ₂	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	67.8	67.8	67.8	67.8	67.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8
Al ₂ O ₃	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.3	13.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3
B ₂ O ₃	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.4	1.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
Li ₂ O	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	5.7	5.7	4.5	4.5	4.5	4.5	6.5
Na ₂ O	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	6.2	6.2	5.0	5.0	5.0	5.0	3.0
K ₂ O	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	3.1	3.1	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
MgO									2.0											
CaO										2.0										
SrO											2.0									
BaO												2.0								
ZnO													2.0							
TiO ₂	3.8	3.1	1.0	0.4	1.0	0.4	1.0	0.4	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
ZrO ₂	1.0	3.1	1.0	0.4	1.0	0.4	1.0	0.4						0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
La ₂ O ₃	1.4		1.3	0.5	1.3	0.5	1.3	0.5						0.7	0.7	0.7				0.7
CeO ₂																				
Er ₂ O ₃																				
Gd ₂ O ₃																	0.7			
Y ₂ O ₃																		0.7		
Nb ₂ O ₅			3.0	5.0	3.0	5.0	3.0	5.0												
Ta ₂ O ₅																				
Sb ₂ O ₃	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	83.1	83.1	83.1	83.1	83.1	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4
R ₂ O:Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	15.0	15.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
RO:MgO+CaO+SrO+BaO+ZnO									2.0	2.0	2.0	2.0	2.0			3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Al ₂ O ₃ /B ₂ O ₃	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	3.34	3.34	3.34	3.34	3.34	3.34	9.68	3.34	3.34	3.34	3.34	3.34
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃)/(R ₂ O+R'O)	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	5.70	5.70	5.70	5.70	5.70	5.41	5.41	5.41	5.41	5.41	5.41	5.41
TiO ₂ +ZrO ₂ +Ln _x O _y	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
比弾性率(E/ρ)	33.2	33.3	32.8	33.1	32.7	32.4	32.8	32.8	33.8	33.9	32.9	32.9	33.3	33.1	32.9	33.2	33.4	33.5	33.0	34.5
線熱膨張係数α(X10 ⁻⁷ /°C)	65	65	65	65	64	66	66	66	65	68	68	68	66	74	75	69	68	69	68	70
ビッカース硬度 Hv	585	584	577	572	573	561	569	566	577	573	566	559	588	560	562	588	592	574	599	589
破壊靱性 K _{IC}	0.96	1.26	1.02	1.06	1.06	1.08	1.07	0.96	1.45	1.30	1.28	1.18	1.38	1.03	1.20	1.08	1.11	1.05	1.03	1.05
アルカリ溶出量Δ(ppb)	142	135	128	124	172	161	173	173	188	178	199	202	158	308	307	138	123	142	100	158
T _g	510	515	507	510	503	504	512	520	499	492	490	494	507	492	498	509	511	505	515	500
T _L	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
T _{log η = 2}	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

【表 8】

ガラス組成(重量%)	参考例																			
	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
SiO ₂	66.8	66.8	66.8	66.8	66.0	55.2	69.0	62.0	66.0	66.0	66.0	69.4	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	68.1	66.8
Al ₂ O ₃	11.3	11.3	13.3	9.3	9.2	9.1	7.2	11.2	9.2	9.2	9.2	9.6	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.5	9.3
B ₂ O ₃	3.4	3.4	1.4	5.4	5.3	5.2	4.3	7.3	5.3	5.3	5.3	5.6	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	3.4	5.4
Li ₂ O	2.5	6.5	4.5	4.5	4.9	5.3	4.9	4.9	3.9	4.9	4.9	5.6	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	3.5	5.1	4.0
Na ₂ O	7.0	5.0	5.0	5.0	5.4	5.9	5.4	5.4	7.2	5.4	5.4	6.2	5.5	5.5	5.5	6.5	7.3	8.1	5.6	5.5
K ₂ O	2.5	0.5	2.5	2.5	2.7	2.9	2.7	2.7	2.0	2.7	2.7	3.1	2.8	2.8	2.8	1.8	2.0	1.7	2.8	2.8
MgO																				
CaO	3.0	3.0	3.0																	
SrO																				
BaO																				1.0
ZnO																				
TiO ₂	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9		1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	2.0	1.9
ZrO ₂	0.6	0.6	0.6	1.9	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9		1.9	1.9	3.1	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
La ₂ O ₃	0.7	0.7	0.7	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4				1.2			1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
CeO ₂																				
Er ₂ O ₃																				
Gd ₂ O ₃										2.4										
Y ₂ O ₃										2.4										
Nb ₂ O ₅																				
Ta ₂ O ₅														1.2						
Sb ₂ O ₃	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃	81.4	81.4	81.4	81.4	80.4	79.5	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4	84.6	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	81.0	81.4
R ₂ O:Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	12.0	12.0	12.0	12.0	13.1	14.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	15.0	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.6	12.3
RO:MgO+CaO+SrO+BaO+ZnO	3.0	3.0	3.0																	1.0
Al ₂ O ₃ /B ₂ O ₃	3.34	3.34	9.68	1.73	1.73	1.73	1.66	1.53	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	2.75	1.73
(SO ₂ +Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃)/(R ₂ O+RO)	5.41	5.41	5.41	6.76	6.15	5.63	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15	5.63	6.12	6.12	6.12	6.12	6.12	6.12	5.97	6.12
TiO ₂ +ZrO ₂ +Ln _x O _y	3.2	3.2	3.2	6.2	6.2	6.1	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.1	5.1	5.0
比弾性率(E/ρ)	32.9	33.8	33.1	33.0	32.4	33.2	32.6	32.4	32.4	33.3	33.0	33.5	33.3	33.4	33.5	33.5	32.9	32.9	33.1	32.8
線熱膨張係数α(X10 ⁻⁷ /°C)	68	71	69	65	70	71	70	68	69	69	69	73	68	67	69	69	69	69	70	66
ビーカー硬度 Hv	578	592	567	621	595	583	586	603	590	589	586	584	566	571	590	589	595	590	575	581
破壊靱性 K _{IC}	1.11	1.06	1.09	1.06	1.06	1.05	1.10	1.03	1.03	1.07	1.06	1.08	1.04	1.10	0.96	1.00	1.02	0.98	1.05	1.01
アルカリ溶出量A(ppb)	112	158	156	159	190	218	165	174	174	156	160	207	165	142	162	165	189	205	225	117
T _g	521	496	512	511	507	498	510	505	511	511	508	480	505	508	502	501	512	515	499	508
T _L	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
T ₁₀₀₀ =2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

10

20

30

40

50

【 0 0 7 4 】

【 表 9 】

ガラス組成(重量%)	参考例																			
	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
SiO ₂	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.1	66.8	68.4	64.6	69.1	71.5	58.2	60.1	67.6
Al ₂ O ₃	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.2	9.3	9.5	9.0	9.6	9.9	18.5	13.5	9.4
B ₂ O ₃	5.4	3.4	4.4	3.4	3.4	5.4	3.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.3	5.4	5.5	5.2	2.7		4.7	7.8	5.4
Li ₂ O	5.0	5.3	4.5	4.5	6.5	6.5	4.5	4.5	4.5	4.5	6.5	6.5	4.5	4.0	5.2	4.5	4.5	4.5	4.5	4.1
Na ₂ O	5.5	5.8	5.0	5.0	3.0	3.0	5.0	5.0	5.0	5.0	3.0	2.9	5.0	4.5	5.7	5.0	5.0	5.0	5.0	4.6
K ₂ O	1.8	2.9	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.2	2.9	2.5	2.5	2.5	2.5	2.3
MgO																				
CaO																				
SrO				1.0					0.6											
BaO	1.0		1.0	1.0	1.0	1.2	1.0	1.2	0.6	1.0	1.0	1.0	1.0							
ZnO					1.0		1.0													
TiO ₂	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	0.9	1.9	1.9	1.9	1.7	2.2	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
ZrO ₂	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	0.9	1.9	0.9	1.7	2.1	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
La ₂ O ₃	1.2	2.4	2.4	2.4	2.4	1.2	2.4	1.2	1.2	2.4	2.4	2.4	2.4	2.2	2.8	2.4	2.4	2.4	2.4	2.5
CeO ₂																				
Er ₂ O ₃																				
Gd ₂ O ₃																				
Y ₂ O ₃																				
Nb ₂ O ₅																				
Ta ₂ O ₅																				
Sb ₂ O ₃	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
SiO ₂ -Al ₂ O ₃ -B ₂ O ₃	81.4	79.4	80.4	79.4	79.4	81.4	79.4	81.4	81.4	81.4	81.4	80.6	81.4	83.4	78.8	81.4	81.4	81.4	81.4	82.4
R ₂ O:Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	12.3	14.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	11.9	12.0	10.7	13.7	12.0	12.0	12.0	12.0	11.0
RO:MgO+CaO+SrO+BaO+ZnO	1.0		1.0	2.0	2.0	1.2	2.0	1.2	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0							
Al ₂ O ₃ /B ₂ O ₃	1.73	2.75	2.12	2.75	2.75	1.73	2.75	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	3.57	-	3.96	1.73	1.73
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃)/(R ₂ O+RO)	6.12	5.66	6.17	5.66	5.66	6.15	5.66	6.15	6.15	6.24	6.24	6.24	6.24	7.78	5.75	6.76	6.76	6.76	6.76	7.51
TiO ₂ :ZrO ₂ +Ln ₂ O ₃	5.0	6.2	6.2	6.2	6.2	5.0	6.2	5.0	5.0	5.2	5.2	6.2	5.2	5.6	7.1	6.2	6.2	6.2	6.2	6.3
比弾性率(E/ρ)	33.3	32.9	32.7	32.6	33.3	33.7	32.6	33.1	33.3	32.7	33.4	33.3	32.9	32.9	33.0	32.8	32.3	32.5	32.7	32.9
線膨張係数α(X10 ⁻⁷ /°C)	66	72	66	66	66	65	64	63	65	66	66	66	64	61	70	66	66	66	66	62
ヒックス硬度 Hv	583	576	587	580	588	575	578	575	590	583	587	589	582	577	579	557	556	570	574	572
破壊靱性 K _{IC}	1.00	0.98	1.04	1.03	1.04	0.99	1.09	1.04	1.05	1.03	0.98	1.01	1.03	1.15	0.95	1.11	1.18	1.12	1.15	1.16
アルカリ溶出量A(ppb)	127	278	154	154	170	156	150	111	127	150	193	168	164	122	242	155	285	187	170	148
T _g	506	493	511	510	518	513	511	510	506	504	498	510	509	514	505	511	515	534	512	514
T _L	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
T ₁₀₀₀ =2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

【表 10】

ガラス組成 (重量%)	参考例																			
	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
SiO ₂	64.4	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.1	64.8	66.1	66.1	64.8	66.1	66.1	64.8	66.1	64.8	64.8
Al ₂ O ₃	8.9	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.2	9.0	9.2	9.2	9.0	9.2	9.2	9.0	9.2	9.0	9.0
B ₂ O ₃	5.2	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.3	5.2	5.3	5.3	5.2	5.3	5.3	5.2	5.3	5.2	5.2
Li ₂ O	5.7	3.0	1.5	2.9	1.3	3.9	3.3	4.9	5.3	4.5	4.4	6.5	4.5	4.4	5.5	4.5	4.4	4.5	4.4	4.4
Na ₂ O	6.3	6.0	7.0	7.5	10.0	4.3	3.7	5.4	5.9	4.9	4.9	2.9	4.9	4.9	3.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
K ₂ O	3.2	3.0	3.5	1.6	0.7	3.8	5.0	1.7	0.8	2.5	2.4	2.5	2.5	2.4	2.5	2.5	2.4	2.5	2.4	2.4
MgO															1.0	1.0	2.9			
CaO																				
SrO												1.0	1.0	2.9						
BaO										1.0	2.9									
ZnO																				
TiO ₂	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
ZrO ₂	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.9	1.9	1.8	1.9	1.9	1.8	1.9	1.8	1.8
La ₂ O ₃	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
CeO ₂																				
Er ₂ O ₃																				
Gd ₂ O ₃																				
Y ₂ O ₃																				
Nb ₂ O ₅																				
Ta ₂ O ₅																				
Sb ₂ O ₃	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃	78.6	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	80.6	79.0	80.6	80.6	79.0	80.6	80.6	79.0	80.6	79.0	79.0
R ₂ O:Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	15.1	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	11.9	11.7	11.9	11.9	11.7	11.9	11.9	11.7	11.9	11.7	11.7
R'O:MgO+CaO+SrO+BaO+ZnO										1.0	2.9	1.0	1.0	2.9	1.0	1.0	2.9	1.0	2.9	2.9
Al ₂ O ₃ /B ₂ O ₃	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃)/(R ₂ O+R'O)	5.20	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.24	5.41	6.24	6.24	5.41	6.24	6.24	5.41	6.24	5.41	5.41
TiO ₂ +ZrO ₂ +HfO ₂	6.0	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.0	6.2	6.2	6.0	6.2	6.2	6.0	6.2	6.0	6.0
比弾性率(E/ρ)	33.3	32.3	31.5	32.3	31.5	32.6	32.1	33.1	33.6	32.8	32.5	34.1	32.9	32.7	33.4	32.9	33.3	33.1	33.4	33.5
線熱膨張係数α(×10 ⁻⁷ /°C)	76	63	64	65	65	62	63	66	67	64	66	67	64	67	65	64	65	66	67	66
ヒューズ硬度 Hv	577	586	571	575	585	583	561	578	585	584	581	588	581	566	575	574	587	573	586	588
破壊靱性 K _{IC}	0.93	1.10	1.07	1.08	1.11	1.14	1.28	1.04	0.95	1.05	0.96	1.03	1.06	1.05	1.02	1.03	1.05	1.00	1.01	1.01
アルカリ溶出量A(ppb)	316	151	157	172	258	134	130	216	204	168	129	269	228	157	142	142	139	168	174	152
T _g	494	521	546	524	544	513	526	511	510	518	511	504	510	509	510	508	512	512	512	515
T _L	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
T _{ref η=2}	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

10

20

30

40

50

【 0 0 7 6 】

【 表 1 1 】

ガラス組成(重量%)	参考例																			
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
SiO ₂	64.8	64.8	64.8	66.1	64.8	66.1	64.8	65.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.8	66.9
Al ₂ O ₃	9.0	9.0	9.0	12.2	12.0	9.2	9.0	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3
B ₂ O ₃	5.2	5.2	5.2	2.3	2.2	5.3	5.2	2.4	2.4	2.4	2.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	2.6
Li ₂ O	4.4	4.4	4.4	4.5	4.4	4.5	4.4	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	5.2
Na ₂ O	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.7
K ₂ O	2.4	2.4	2.4	2.5	2.4	2.5	2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.9
MgO															3.0					
CaO	2.9	2.9	2.9						3.0				3.0				5.0			
SrO																5.0				
BaO								3.0				3.0								
ZnO				1.0	2.9	1.0	2.9				3.0									
TiO ₂	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.0	1.0	1.0	1.0	0.4	0.4	0.4	0.4	2.2
ZrO ₂	1.8	1.8	1.8	1.9	1.8	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	1.0	1.0	1.0	1.0	0.4	0.4	0.4	0.4	2.1
La ₂ O ₃				2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	1.3	1.3	1.3	1.3	0.5	0.5	0.5	0.5	2.8
CeO ₂																				
Er ₂ O ₃																				
Gd ₂ O ₃																				
Y ₂ O ₃	2.4																			
Nb ₂ O ₅		2.4																		
Ta ₂ O ₅			2.4																	
Sb ₂ O ₃	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4
SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃	79.0	79.0	79.0	80.6	79.0	80.6	79.0	78.4	78.4	78.4	78.4	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4	78.8
R ₂ O·Li ₂ O+Na ₂ O+H ₂ O	11.7	11.7	11.7	11.9	11.7	11.9	11.7	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	13.7
R ₂ O·MgO+CaO+SrO+BaO+ZnO	2.9	2.9	2.9	1.0	2.9	1.0	2.9	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
Al ₂ O ₃ /B ₂ O ₃	1.73	1.73	1.73	5.25	5.42	1.73	1.73	3.91	3.91	3.91	3.91	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	3.57
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃)/(R ₂ O+R'O)	5.41	5.41	5.41	6.24	5.41	6.24	5.41	5.21	5.21	5.21	5.21	5.41	5.41	5.41	5.41	4.78	4.78	4.78	4.78	5.75
TiO ₂ +ZrO ₂ +LnOy	6.0	6.0	6.0	6.2	6.0	6.2	6.0	6.2	6.2	6.2	6.2	3.2	3.2	3.2	3.2	1.2	1.2	1.2	1.2	7.1
比弾性率(E/p)	33.8	33.4	33.4	33.6	33.1	32.9	32.2	32.2	32.5	32.9	32.3	32.7	33.0	33.4	33.4	32.2	32.5	33.6	33.7	32.7
線熱膨張係数α(X10 ⁻⁷ /°C)	67	65	65	67	66	64	63	67	68	69	67	66	67	67	65	68	69	68	66	72
ビッカース硬度 Hv	577	538	592	578	590	575	581	580	572	583	570	580	584	576	572	561	572	585	581	583
破壊靱性 K _{IC}	0.99	1.03	1.05	1.21	1.25	1.06	1.00	1.05	1.10	1.04	1.12	1.06	1.06	1.02	1.14	1.01	0.95	0.97	1.04	0.98
アルカリ溶出量A(ppb)	166	135	110	199	154	177	135	207	259	166	208	210	172	168	128	151	143	153	131	275
T _g	509	513	515	518	511	509	504	505	506	519	504	505	500	505	500	496	498	505	505	508
T _L	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
T _{logη=2}	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

【表 1 2】

ガラス組成(重量%)	参考例																	
	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198
SiO ₂	66.8	66.8	66.8	66.8	68.9	71.2	62.8	64.6	65.2	67.5	67.1	60.7	68.3	68.3	66.8	69.1	51.0	53.5
Al ₂ O ₃	9.3	9.3	9.3	9.3	9.6	9.9	8.7	9.0	9.1	9.4	9.3	13.5	9.5	9.5	9.3	9.6	14.2	14.1
B ₂ O ₃	5.4	5.4	5.4	5.4	5.5	5.7	5.1	5.2	5.2	2.6	2.6	4.9	2.7	2.7	5.4	2.7	3.6	3.5
Li ₂ O	4.5	4.5	4.5	4.5	4.7	4.8	4.3	3.3	5.9	5.3	4.4	4.4	4.9	4.9	5.5	5.3	3.7	4.0
Na ₂ O	5.0	5.0	5.0	5.0	5.2	5.3	4.7	8.5	5.3	5.9	4.9	4.9	5.4	5.4	2.5	5.8	4.1	4.4
K ₂ O	2.5	2.5	2.5	2.5	2.6	2.7	2.4	1.8	2.9	2.9	2.4	2.4	2.7	2.7	4.0	2.9	2.0	2.2
MgO																	3.9	5.8
CaO											2.9	2.9					5.7	0.7
SrO																		
BaO																		
ZnO																		
TiO ₂		2.7	1.1	0.7	1.0		3.6	2.2	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	3.2	3.2
ZrO ₂	2.7		3.7	0.7	1.0		3.5	2.1	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	1.0	4.0	3.9
La ₂ O ₃	3.5	3.5	1.4	4.9	1.3		4.6	2.8	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	1.3	4.4	4.4
CeO ₂																		
Er ₂ O ₃																		
Gd ₂ O ₃																		
Y ₂ O ₃																		
Nb ₂ O ₅																		
Ta ₂ O ₅																		
Sb ₂ O ₃	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃	81.4	81.4	81.4	81.4	84.0	86.8	76.6	78.8	79.5	79.5	79.0	79.0	80.4	80.4	81.4	81.4	68.8	71.1
R ₂ O:Li ₂ O+Na ₂ O+K ₂ O	12.0	12.0	12.0	12.0	12.4	12.8	11.3	13.7	14.1	14.1	11.7	11.7	13.1	13.1	12.0	14.0	9.8	10.7
R'O:MgO+CaO+SrO+BaO+ZnO											2.9	2.9					9.6	6.5
Al ₂ O ₃ /B ₂ O ₃	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	3.57	3.57	2.77	3.57	3.57	1.73	3.57	3.99	3.99
(SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +B ₂ O ₃)/(R ₂ O+R'O)	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	5.75	5.63	5.63	5.41	5.41	6.15	6.15	6.76	5.80	3.55	4.14
TiO ₂ +ZrO ₂ +LnOy	6.2	6.2	6.2	6.2	3.2		11.7	7.1	6.1	6.1	6.0	6.0	6.2	6.2	6.2	4.2	11.6	11.5
比弾性率(E/ρ)	32.9	32.9	33.1	32.6	33.2	33.4	32.7	32.6	33.7	32.7	32.9	33.2	32.9	33.3	33.3	32.9	34.0	33.5
線膨張係数α(X10 ⁻⁷ /°C)	65	65	64	66	65	65	65	67	71	68	68	68	69	73	66	72	72	68
ビッカース硬度 Hv	584	583	585	581	573	568	605	580	585	569	576	596	563	560	587	569	664	652
破壊靱性 K _{IC}	1.24	0.95	1.04	1.07	1.23	1.15	1.03	0.94	1.09	1.05	1.06	1.03	1.13	1.33	1.01	1.11	0.90	1.04
アルカリ溶出量A(ppb)	163	147	140	192	145	93	171	297	197	334	132	102	248	248	118	236	305	235
T _g	511	512	514	506	497	493	525	513	503	497	512	519	502	495	506	490	554	521
T _L	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
T _{log η = 2}	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

表 1、表 2 によれば、実施例 1 ~ 3 5 のガラス基板では比弾性率が 3 2 以上と従来のガラス基板に比べ大きい値となり、またビッカース硬度は 5 3 0 ~ 6 8 0 の範囲と適度な表面硬度を有していた。さらに、アルカリ溶出量は 3 5 0 p p b 以下と従来のガラス基板に比べ少なかった。そしてまた、線熱膨張係数は $6 0 \times 1 0^{-7} \sim 9 0 \times 1 0^{-7} /$ の範囲と H D D の部材に近い値であった。また破壊靱性値は 0 . 8 0 よりいずれも大きく、いずれも実用上まったく問題のないレベルであった。さらに、ガラスの溶融性についても良好なレベルであった。

【 0 0 7 9 】

一方、表 2 によれば、比較例 1 のガラス基板では、 $S i O_2$ の含有量が 4 3 . 1 % と少ないため、ガラスの構造が軟弱となりアルカリ溶出量が増加した。また、 $R_2 O$ の総量に対するガラスの骨格成分 ($S i O_2 + A l_2 O_3 + B_2 O_3$) の含有量が少なくなり、ビッカース硬度および破壊靱性値が低下した。またガラスに失透物が見られた。一方、 $S i O_2$ の含有量が 7 6 . 8 % と多い比較例 2 のガラス基板では、比弾性率が低下し、また温度 $T_{10g} = 2$ が高くガラスの溶融性が悪かった。ガラスの骨格成分 ($S i O_2 + A l_2 O_3 + B_2 O_3$) の含有量が少なく、 $R_2 O$ ($R: L i, N a, K$) の含有量が多く、さらに $R_2 O$ の総量に対するガラスの骨格成分 ($S i O_2 + A l_2 O_3 + B_2 O_3$) の含有量が少ない比較例 3 のガラス基板では、比弾性率、ビッカース硬度、アルカリ溶出量、線熱膨張係数および破壊靱性値のすべての特性において所望値が得られなかった。

【 0 0 8 0 】

また表 2 によれば、比較例 4 のガラス基板では、 $B_2 O_3$ の含有量が 1 5 . 7 % と多いためガラスの構造が脆弱となり、アルカリ溶出量が増加するとともに重量減少率が高くなった。さらには線熱膨張係数が小さくなった。一方、比較例 5 のガラス基板では、 $A l_2 O_3 / B_2 O_3$ が 0 . 5 3 と小さいためガラスの構造が脆弱になり、比較例 4 のガラス基板と同様に、アルカリ溶出量が増加するとともに重量減少率が高くなった。また破壊靱性値が小さく、さらには温度 $T_{10g} = 2$ も高くガラスの溶融性が悪かった。

【 0 0 8 1 】

【発明の効果】

本発明に係るガラス組成物及びガラス基板は、強化処理を行うことなく高い剛性を有し、また適度な表面硬度を有し基板表面の傷を防止すると共に研磨などの表面加工が容易で、しかもアルカリ成分の溶出が少ない。また従来に比べ線熱膨張係数が高く H D D の部材のそれに近くなったので、記録装置への取付け時や情報記録時に不具合が生じることがない。また破壊靱性値が高いので情報記録用基板の製造時などに基板が破損することがない。

【 0 0 8 2 】

本発明に係るガラス基板を情報記録用媒体に使用すると、表面処理が容易で、製造工程中において破損することがなく、耐久性に優れ、高い記録密度が得られる。

【 0 0 8 3 】

また本発明に係るガラス基板を光通信用素子に使用すると、経時変化が少なく、温度・湿度の変化による波長シフトを抑制できる。

【図面の簡単な説明】

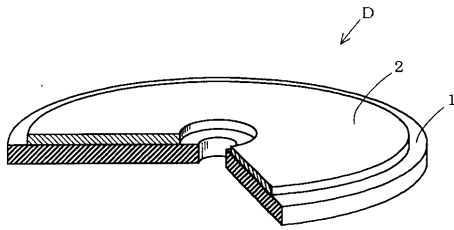
【図 1】 本発明のガラス基板を用いた情報記録用媒体の一例を示す斜視図である。

【図 2】 ビッカース圧子で押圧したときにできるガラス基板表面の圧痕とクラックの模式図である。

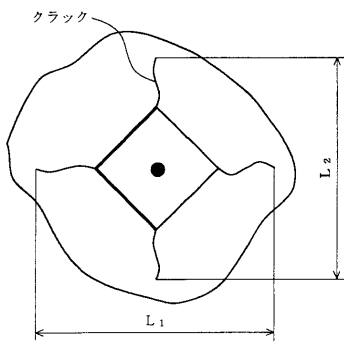
【符号の説明】

- 1 ガラス基板
- 2 磁性膜
- D 磁気ディスク

【図 1】



【図 2】



$$C = \{ (L_1 + L_2) / 2 \} / 2$$

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
G 1 1 B 7/253 (2006.01) G 1 1 B 7/24 5 2 6 V

合議体

審判長 木村 孔一

審判官 深草 祐一

審判官 小川 慶子

(56)参考文献 特開 2 0 0 0 - 3 2 2 7 3 1 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 1 7 2 0 4 3 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 2 5 0 4 0 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 2 5 5 5 8 5 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
C03C1/00-14/00