

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2015 年 12 月 30 日(30.12.2015)



(10) 国際公開番号

WO 2015/199035 A1

- (51) 国際特許分類:  
C03C 4/08 (2006.01) C03C 3/091 (2006.01)  
C03C 3/064 (2006.01) C03C 3/093 (2006.01)  
C03C 3/066 (2006.01) C03C 3/095 (2006.01)  
C03C 3/085 (2006.01) G21F 1/06 (2006.01)  
C03C 3/087 (2006.01) G21F 3/00 (2006.01)  
C03C 3/089 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/067907
- (22) 国際出願日: 2015 年 6 月 22 日(22.06.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2014-127917 2014 年 6 月 23 日(23.06.2014) JP
- (71) 出願人: 日本電気硝子株式会社(NIPPON ELECTRIC GLASS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5208639 滋賀県大津市晴嵐 2 丁目 7 番 1 号 Shiga (JP).
- (72) 発明者: 長壽 研(CHOJU Ken); 〒5208639 滋賀県大津市晴嵐 2 丁目 7 番 1 号 日本電気硝子株式会社内 Shiga (JP). 柳瀬 智基(YANASE Tomoki); 〒5208639 滋賀県大津市晴嵐 2 丁目 7 番 1 号 日本電気硝子株式会社内 Shiga (JP). 虫明 篤(MUSHIAKE Atsushi); 〒5208639 滋賀県大津市晴嵐 2 丁目 7 番 1 号 日本電気硝子株式会社内 Shiga (JP).
- (74) 代理人: 城村 邦彦, 外(SHIROMURA Kunihiko et al.); 〒5500002 大阪府大阪市西区江戸堀 1 丁目 1 5 番 2 6 号 江原特許事務所 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:  
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: RADIATION-SHIELDING GLASS AND LAMINATED GLASS USING SAME

(54) 発明の名称: 放射線遮蔽ガラス及びそれを用いた合わせガラス

(57) Abstract: A radiation-shielding glass containing, in terms of mass% of the glass composition, 30-80% SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0.1-20% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + ZnO, 3-20% TiO<sub>2</sub> + ZrO<sub>2</sub>, and 0-5% PbO.

(57) 要約: 放射線遮蔽ガラスであって、ガラス組成として、質量%換算で、SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 30~80%、B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + ZnO 0.1~20%、TiO<sub>2</sub> + ZrO<sub>2</sub> 3~20%、PbO 0~5%を含有する。



WO 2015/199035 A1

## 明 細 書

### 発明の名称：放射線遮蔽ガラス及びそれを用いた合わせガラス 技術分野

[0001] 本発明は、放射線遮蔽ガラス及びそれを用いた合わせガラスに関し、特に放射線遮蔽窓、放射線遮蔽衝立に好適な放射線遮蔽ガラス及びそれを用いた合わせガラスに関する。

### 背景技術

[0002] X線画像撮像装置等の放射線装置を取り扱う施設では、技師等が当該装置を操作する際、放射線被曝しないように、高い放射線遮蔽性能を有する特殊ガラスが用いられている。従来まで、このような特殊ガラスの主要成分として、放射鉛当量が高い鉛が使用されてきた。

[0003] しかし、鉛は、環境負荷物質であるため、極力導入しないことが望まれている。

[0004] このような事情に鑑み、近年、鉛を含まないガラス、所謂、無鉛ガラスが開発されるに至っている。例えば、特許文献1には、BaOやSrOを含むケイ酸塩ガラスが開示されている。特許文献2には、ビスマスを含むガラスが開示されている。特許文献3には、酸化ガドリニウム等の希土類金属酸化物を含むガラスが開示されている。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0005] 特許文献1：特開2003-315490号公報

特許文献2：国際公開第2007/043280号パンフレット

特許文献3：特開2007-290899号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0006] ところが、従来の無鉛ガラスには、未だ改良の余地が残されていた。

[0007] 例えば、特許文献1に記載の無鉛ガラスは、上記の通り、BaOとSrO

を含むものの、放射線遮蔽性能が十分に高いとは言えない。

[0008] また、特許文献2に記載の無鉛ガラスは、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ と $\text{SiO}_2$ を各々10モル%以上含むが、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ と $\text{SiO}_2$ の含有量が共に多くなると、分相や失透が生じて、ガラスの可視光透過性が低下し易くなる。また、ビスマスは、周期律表において鉛の隣に位置していることから分かるように、鉛の化学的特性と類似しており、このため人体や環境に対する負荷が懸念される。

[0009] 更に、特許文献3に記載の無鉛ガラスは、高価な希土類酸化物( $\text{Gd}_2\text{O}_3$ 等)を多量に含むため、原料コストが高騰するという問題がある。

[0010] 本発明は、ガラス組成中に鉛を多量に含まなくても、放射線遮蔽性能が高く、安価に作製可能な放射線遮蔽ガラスを提供することを技術的課題とする。

### 課題を解決するための手段

[0011] 本発明者等は、鋭意検討を行なった結果、ガラス組成を所定範囲に規制することにより、上記技術的課題を解決し得ることを見出し、本発明として提案するものである。すなわち、本発明の放射線遮蔽ガラスは、ガラス組成として、質量%換算で、 $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3$  30~80%、 $\text{B}_2\text{O}_3 + \text{ZnO}$  0.1~20%、 $\text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2$  3~20%、 $\text{PbO}$  0~5%を含有することを特徴とする。ここで、「 $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3$ 」は、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 及び $\text{B}_2\text{O}_3$ の含量である。「 $\text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2$ 」は、 $\text{ZrO}_2$ と $\text{TiO}_2$ の含量を指す。

[0012] 第二に、本発明の放射線遮蔽ガラスは、 $\text{ZrO}_2$ を0.01~10質量%含むことが好ましい。このようにすれば、放射線遮蔽性能を高めつつ、液相温度付近の温度を高温化して、液相粘度を高めることができる。

[0013] 第三に、本発明の放射線遮蔽ガラスは、 $\text{TiO}_2$ を0.01~15質量%含むことが好ましい。このようにすれば、放射線遮蔽性能を高めることができる。

[0014] 第四に、本発明の放射線遮蔽ガラスは、実質的に $\text{PbO}$ を含有せず、且つ $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{Gd}_2\text{O}_3 + \text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{Ta}_2\text{O}_5 + \text{WO}_3$ の含有量が9

質量%以下であることが好ましい。このようにすれば、環境的要請に配慮しつつ、バッチコストを低減することができる。ここで、「実質的に～を含まない」とは、明示の成分の含有を可及的に避けるものの、不純物レベルの混入は許容する趣旨であり、具体的には、明示の成分の含有量が0.5質量%未満（好ましくは0.1%質量未満）の場合を指す。「 $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{Gd}_2\text{O}_3 + \text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{Ta}_2\text{O}_5 + \text{WO}_3$ 」は、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ 、 $\text{La}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Gd}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 及び $\text{WO}_3$ の含量を指す。

[0015] 第五に、本発明の放射線遮蔽ガラスは、更に、 $\text{B}_2\text{O}_3$ を0.1～15質量%含むことが好ましい。

[0016] 第六に、本発明の放射線遮蔽ガラスは、 $\text{ZnO}$ を0.1～15質量%含むことが好ましい。

[0017] 第七に、本発明の放射線遮蔽ガラスは、50kVの管電圧における厚み方向のX線透過率が30%以下であることが好ましい。ここで、「50kVの管電圧における厚み方向のX線透過率」は、JIS Z 4501に記載の方法に準拠して測定した値を指す。

[0018] 第八に、本発明の放射線遮蔽ガラスは、液相粘度が $10^{3.0} \text{ dPa} \cdot \text{s}$ 以上であることが好ましい。ここで、「液相粘度」は、液相温度におけるガラスの粘度を白金球引き上げ法で測定した値を指す。「液相温度」は、標準篩30メッシュ（ $500 \mu\text{m}$ ）を通過し、50メッシュ（ $300 \mu\text{m}$ ）に残るガラス粉末を白金ボートに入れ、温度勾配炉中に24時間保持した後、結晶の析出する温度を測定した値を指す。

[0019] 第九に、本発明の放射線遮蔽ガラスは、平板形状であることが好ましい。

[0020] 第十に、本発明の放射線遮蔽ガラスは、放射線遮蔽窓又は放射線遮蔽衝立に用いることが好ましい。

[0021] 第十一に、本発明の放射線遮蔽部材は、放射線遮蔽ガラス板と樹脂シートとを積層させてなる合わせガラスであって、放射線遮蔽ガラス板が、上記の放射線遮蔽ガラスであることが好ましい。

[0022] 第十二に、本発明の合わせガラスは、厚みが2.5mm以上であることが

好ましい。

### 発明を実施するための形態

[0023] 本発明の放射線遮蔽ガラスは、ガラス組成として、質量%換算で、 $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3$  30～80%、 $\text{B}_2\text{O}_3 + \text{ZnO}$  0.1～20%、 $\text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2$  3～20%、 $\text{PbO}$  0～5%を含有することを特徴とする。上記のように各成分の含有範囲を限定した理由を以下に説明する。なお、以下の含有範囲の説明において、%表示は、特に断りがある場合を除き、質量%を表す。

[0024]  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3$ の含有量は30～80%である。 $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3$ の含有量が少なくなると、ガラス網目構造を形成し難くなり、ガラス化が困難になる。またガラスの粘性が低下し過ぎて、高い液相粘度を確保し難くなる。よって、 $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3$ の含有量は、好ましくは30%以上、35%以上、38%以上、40%以上、42%以上、45%以上、47%以上であり、特に好ましくは49%以上である。一方、 $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3$ の含有量が多くなると、熔融性、成形性が低下し易くなり、また放射線遮蔽性能が低下し易くなる。よって、 $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3$ の含有量は、好ましくは80%以下、75%以下、70%以下、65%以下、60%以下、57%以下、55%以下、53%以下であり、特に好ましくは52%以下である。

[0025]  $\text{SiO}_2$ の含有量は30～70%が好ましい。 $\text{SiO}_2$ の含有量が少なくなると、ガラス網目構造を形成し難くなり、ガラス化が困難になる。またガラスの粘性が低下し過ぎて、高い液相粘度を確保し難くなる。よって、 $\text{SiO}_2$ の含有量は、好ましくは30%以上、33%以上、35%以上、37%以上、38%以上、39%以上であり、特に好ましくは40%以上である。一方、 $\text{SiO}_2$ の含有量が多くなると、放射線遮蔽性能、熔融性、成形性が低下し易くなる。よって、 $\text{SiO}_2$ の含有量は、好ましくは70%以下、65%以下、60%以下、55%以下、53%以下、51%以下、50%未満、48%以下、45%以下であり、特に好ましくは43%以下である。

[0026]  $\text{Al}_2\text{O}_3$ の含有量は0～20%が好ましい。 $\text{Al}_2\text{O}_3$ の含有量が多くなると、ガラスに失透結晶が析出し易くなって、液相粘度が低下し易くなり、また放射線遮蔽性能が低下し易くなる。よって、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ の含有量は、好ましくは20%以下、15%以下、10%以下、8%以下であり、特に好ましくは6%以下である。なお、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ の含有量が少なくなると、ガラス組成のバランスを欠いて、逆にガラスが失透し易くなる。よって、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ の含有量は、好ましくは0.1%以上、0.5%以上、1%以上、3%以上、4%以上であり、特に好ましくは5%以上である。

[0027]  $\text{B}_2\text{O}_3$ の含有量は0～15%が好ましい。 $\text{B}_2\text{O}_3$ の含有量が多くなると、放射線遮蔽性能、ヤング率が低下し易くなる。よって、 $\text{B}_2\text{O}_3$ の含有量は、好ましくは15%以下、12%以下、10%以下、8%以下であり、特に好ましくは6%以下である。なお、 $\text{B}_2\text{O}_3$ の含有量が少なくなると、液相温度が低下し易くなる。よって、 $\text{B}_2\text{O}_3$ の含有量は、好ましくは0.1%以上、1%以上、2%以上、3%以上、4%以上であり、特に好ましくは5%以上である。

[0028] 質量比 $\text{SiO}_2 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3)$ は、放射線遮蔽性能と耐失透性を両立させるため、好ましくは2.5～4.6、2.8～4.5、3～4.4、3.2～4.3、3.3～4.2、3.4～4.1であり、特に好ましくは3.5～4である。なお、「 $\text{SiO}_2 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3)$ 」は、 $\text{SiO}_2$ の含有量を $\text{Al}_2\text{O}_3$ と $\text{B}_2\text{O}_3$ の合量で除した値を指す。

[0029]  $\text{B}_2\text{O}_3 + \text{ZnO}$ の含有量は、高い液相粘度を確保する観点から、0.1～20%であり、好ましくは0.5～18%、1～15%、2～12%、3～10%、3.5～9%であり、特に好ましくは4～8%である。

[0030]  $\text{ZnO}$ の含有量が多くなると、密度、熱膨張係数が高くなったり、ガラス組成の成分バランスを欠いて、耐失透性が低下したり、高温粘性が低下し過ぎて、高い液相粘度を確保し難くなる。よって、 $\text{ZnO}$ の含有量は、好ましくは15%以下、10%以下、6%以下、4%以下、2%以下、1%以下、0.5%以下であり、特に好ましくは0.1%以下である。但し、 $\text{ZnO}$ の

含有量が少なくなると、高い液相粘度を確保し難くなる。よって、耐失透性の向上を優先させる場合、 $ZnO$ の含有量は、好ましくは0.1%以上、0.5%以上、1%以上、1%超、1.5%以上、2%以上、2.5%以上であり、特に好ましくは3%以上である。

[0031] 質量比 $ZnO/B_2O_3$ は、放射線遮蔽性能と耐失透性の両立させるため、好ましくは0.1~1.2、0.2~1.2、0.3~1.1、0.4~1、0.4~0.9であり、特に好ましくは0.5~0.8である。なお、「 $ZnO/B_2O_3$ 」は、 $ZnO$ の含有量を $B_2O_3$ の含有量で除した値を指す。

[0032]  $TiO_2+ZrO_2$ は、バッチコストを高騰させずに、放射線遮蔽性能を効果的に高める成分である。しかし、 $TiO_2+ZrO_2$ の含有量が多くなると、耐失透性が低下し易くなる。よって、 $TiO_2+ZrO_2$ の含有量は、好ましくは3~20%、4~14%、5~11%、5.5~10%、6~9%であり、特に好ましくは6.5~8%である。なお、 $Zr$ 含有失透ブツの発生を抑制したい場合、 $TiO_2+ZrO_2$ の含有量は、好ましくは7.5%以下、7%以下、6.5%以下であり、特に好ましくは6%以下である。

[0033]  $TiO_2$ は、バッチコストを高騰させずに、放射線遮蔽性能を効果的に高める成分である。しかし、 $TiO_2$ の含有量が多くなると、ガラスが着色したり、耐失透性が低下し易くなる。よって、 $TiO_2$ の含有量は、好ましくは0.01~15%、0.1~15%、1~12%、2~10%、3~9%、3.5~8%であり、特に好ましくは4~7%である。なお、 $TiO_2$ の含有量が多くなると、 $Zr$ 含有失透ブツの発生を助長し易くなる。よって、 $Zr$ 含有失透ブツの発生を抑制したい場合、 $TiO_2$ の含有量は、好ましくは6%以下、5.5%以下、5%以下、4.5%以下であり、特に好ましくは4%以下である。

[0034] 質量比 $B_2O_3/TiO_2$ は、放射線遮蔽性能と耐失透性の両立させるため、好ましくは0.01~10、0.1~5、0.2~4、0.3~3、0.4~2であり、特に好ましくは0.5~1.5である。

[0035]  $ZrO_2$ は、バッチコストを高騰させずに、放射線遮蔽性能を効果的に高め

る成分である。但し、 $ZrO_2$ の含有量が多くなると、液相温度が低下し易くなる。よって、 $ZrO_2$ の含有量は、好ましくは0～10%、0.01～10%、0.1～8%、0.5～7%、1～6.5%、2～6%であり、特に好ましくは2.5～5%である。なお、Zr含有失透ブツの発生を抑制したい場合、 $ZrO_2$ の含有量は、好ましくは5%以下、4%以下、3.5%以下、3%以下であり、特に好ましくは2.5%以下である。

[0036] PbOは、放射線遮蔽性能を高める成分であるが、環境的観点から、その含有量は、好ましくは5%以下、特に好ましくは1%以下である。PbOは、実質的に含有しないことが望ましい。

[0037] 上記成分以外にも、例えば、以下の成分を添加してもよい。

[0038]  $MgO + CaO + SrO + BaO + ZnO$ の含有量は、好ましくは25～60%、30～55%、32～50%、34～49%、36～47%であり、特に好ましくは38～45%である。このようにすれば、高放射線遮蔽性能、耐失透性、熔融性、低密度、低熱膨張係数を高いレベルで達成することができる。なお、「 $MgO + CaO + SrO + BaO + ZnO$ 」は、 $MgO$ 、 $CaO$ 、 $SrO$ 、 $BaO$ 及び $ZnO$ の合量である。

[0039] 質量比  $(MgO + CaO + SrO + BaO + ZnO) / CaO$  が小さくなると、密度、熱膨張係数が高くなり易く、その含有量が小さくなると、ガラス組成のバランスを欠いて、耐失透性が低下し易くなる。よって、質量比  $(MgO + CaO + SrO + BaO + ZnO) / CaO$  は、好ましくは2以上、3以上、4以上、5以上、6以上であり、特に好ましくは7以上である。一方、質量比  $(MgO + CaO + SrO + BaO + ZnO) / CaO$  が大きくなると、放射線遮蔽性能、熔融性、ヤング率が低下し易くなる。よって、質量比  $(MgO + CaO + SrO + BaO + ZnO) / CaO$  は、好ましくは10以下、9.5以下、9以下、8.5以下、8以下であり、特に好ましくは7.5以下である。なお、「 $(MgO + CaO + SrO + BaO + ZnO) / CaO$ 」は、 $MgO$ 、 $CaO$ 、 $SrO$ 、 $BaO$ 及び $ZnO$ の合量を $CaO$ の含有量で除した値を指す。

- [0040]  $MgO + CaO$ の含有量は0～12%が好ましい。 $MgO + CaO$ の含有量が12%を超えると、ガラス組成のバランスを欠いて、耐失透性が低下し易くなる。よって、 $MgO + CaO$ の含有量は、好ましくは10%以下、7%以下、6%以下、4.6%以下、4%以下であり、特に好ましくは3.5%以下である。なお、 $MgO + CaO$ の含有量が少なくなると、熔融性が低下し易くなる。よって、 $MgO + CaO$ の含有量は、好ましくは0.1%以上、0.5%以上、1%以上、2%以上であり、特に好ましくは3%以上である。なお、「 $MgO + CaO$ 」は、 $MgO$ と $CaO$ の含量である。
- [0041]  $MgO$ は、ヤング率を高める成分であると共に、高温粘度を低下させる成分であるが、 $MgO$ を多量に含有させると、放射線遮蔽性能が低下し易くなり、液相温度が上昇して、耐失透性が低下し易くなったり、密度、熱膨張係数が高くなり易い。よって、 $MgO$ の含有量は、好ましくは10%以下、5%以下、3%以下、2%以下であり、特に好ましくは1%以下である。
- [0042]  $CaO$ の含有量が多くなると、密度、熱膨張係数が高くなり易く、その含有量が過剰になると、ガラス組成のバランスを欠いて、耐失透性が低下し易くなる。よって、 $CaO$ の含有量は、好ましくは12%以下、10%以下、8%以下、6%以下、4%以下、3.5%以下、3%以下であり、特に好ましくは2.5%以下である。なお、 $CaO$ の含有量が少なくなると、放射線遮蔽性能、熔融性、ヤング率が低下し易くなる。よって、 $CaO$ の含有量は、好ましくは0.1%以上、0.5%以上、1%以上であり、特に好ましくは2%以上である。
- [0043]  $SrO$ の含有量が多くなると、放射線遮蔽性能が高くなるが、密度、熱膨張係数も高くなり易い。また、 $SrO$ の含有量が過剰になると、ガラス組成のバランスを欠いて、耐失透性が低下し易くなる。よって、 $SrO$ の含有量は、好ましくは20%以下、15%以下、13%以下、12%以下であり、特に好ましくは11%以下である。なお、 $SrO$ の含有量が少なくなると、放射線遮蔽性能、熔融性が低下し易くなる。よって、 $SrO$ の含有量は、好ましくは0.1%以上、1%以上、3%以上、5%以上、7%以上、8%以

上であり、特に好ましくは10%以上である。

[0044] BaOは、アルカリ土類金属酸化物の中ではガラスの粘性を極端に低下させずに、放射線遮蔽性能を高める成分である。しかし、BaOの含有量が多くなると、放射線遮蔽性能、密度、熱膨張係数が高くなり易く、液相粘度が低くなり易い。また、BaOの含有量が多過ぎると、ガラス組成のバランスを欠いて、耐失透性が低下し易くなる。よって、BaOの含有量は、好ましくは50%以下、45%以下、40%以下、35%以下、32%以下、30%以下であり、特に好ましくは28%以下である。但し、BaOの含有量が少なくなると、所望の放射線遮蔽性能を得難くなる上、高い液相粘度を確保し難くなる。よって、BaOの含有量は、好ましくは0.1%以上、1%以上、5%以上、10%以上、12%以上、15%以上、17%以上、20%以上、23%以上であり、特に好ましくは25%以上である。

[0045] 質量比  $(SrO + BaO + TiO_2 + ZrO_2) / (SiO_2 + Al_2O_3 + B_2O_3)$  は0.1~3が好ましい。質量比  $(SrO + BaO + TiO_2 + ZrO_2) / (SiO_2 + Al_2O_3 + B_2O_3)$  が小さくなると、放射線遮蔽性能を高め難くなる。よって、質量比  $(SrO + BaO + TiO_2 + ZrO_2) / (SiO_2 + Al_2O_3 + B_2O_3)$  は、好ましくは0.1以上、0.3以上、0.4以上、0.5以上、0.6以上、0.7以上、0.8以上であり、特に好ましくは0.9以上である。一方、質量比  $(SrO + BaO + TiO_2 + ZrO_2) / (SiO_2 + Al_2O_3 + B_2O_3)$  が大きくなると、ガラス化が困難になると共に、ガラスの粘性が極端に低下して、高い液相粘度を確保し難くなる。よって、質量比  $(SrO + BaO + TiO_2 + ZrO_2) / (SiO_2 + Al_2O_3 + B_2O_3)$  は、好ましくは3以下、2以下、1.5以下、1.3以下、1.1以下であり、特に好ましくは1以下である。なお、「 $SrO + BaO + TiO_2 + ZrO_2$ 」は、SrO、BaO、 $TiO_2$ 及び $ZrO_2$ の含量である。「 $(SrO + BaO + TiO_2 + ZrO_2) / (SiO_2 + Al_2O_3 + B_2O_3)$ 」は、SrO、BaO、 $TiO_2$ 及び $ZrO_2$ の含量を $SiO_2$ 、 $Al_2O_3$ 及び $B_2O_3$ の含量で除した値を指す。

[0046]  $\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ は、ガラスの粘性を低下させる成分であり、また熱膨張係数を調整する成分であるが、多量に導入すると、ガラスの粘性が低下し過ぎて、高い液相粘度を確保し難くなる。よって、 $\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ の含有量は、好ましくは15%以下、10%以下、5%以下、2%以下、1%以下であり、特に好ましくは0.5%以下である。 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ のそれぞれの含有量は、好ましくは10%以下、8%以下、5%以下、2%以下、1%以下であり、特に好ましくは0.5%以下である。 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ のそれぞれは、実質的に含有しないことが望ましい。なお、「 $\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 」は、 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 及び $\text{K}_2\text{O}$ の含量を指す。

[0047] 清澄剤として、 $\text{As}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Sb}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CeO}_2$ 、 $\text{SnO}_2$ 、F、Cl、 $\text{SO}_3$ の群から選択された一種又は二種以上を0~3%添加することができる。但し、 $\text{As}_2\text{O}_3$ 及びF、特に $\text{As}_2\text{O}_3$ は、環境的観点から、実質的に含有しないことが好ましい。特に、清澄剤として、 $\text{Sb}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SnO}_2$ 、 $\text{SO}_3$ 及びClが好ましい。 $\text{Sb}_2\text{O}_3$ の含有量は、好ましくは0~1%、0.01~0.5%であり、特に好ましくは0.05~0.4%である。 $\text{SnO}_2$ の含有量は、好ましくは0~1%、0.01~0.5%であり、特に好ましくは0.05~0.4%である。また、 $\text{SnO}_2 + \text{SO}_3 + \text{Cl}$ の含有量は、好ましくは0~1%、0.001~1%、0.01~0.5%であり、特に好ましくは0.01~0.3%である。なお、「 $\text{SnO}_2 + \text{SO}_3 + \text{Cl}$ 」は、 $\text{SnO}_2$ 、 $\text{SO}_3$ 及びClの含量を指す。

[0048]  $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{Gd}_2\text{O}_3 + \text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{Ta}_2\text{O}_5 + \text{WO}_3$ は、放射線遮蔽性能を高める成分であるが、バッチコストを高める成分である。よって、 $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{Gd}_2\text{O}_3 + \text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{Ta}_2\text{O}_5 + \text{WO}_3$ の含有量は、好ましくは9%以下、6%以下、3%以下、2%以下、1.5%、1%以下、1%未満であり、特に好ましくは0.5%以下である。なお、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ 、 $\text{La}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Gd}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{WO}_3$ のそれぞれの含有量は、好ましくは9%以下、6%以下、3%以下、2%以下、1.5%、1%以

下、1%未満であり、特に好ましくは0.5%以下である。 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ 、 $\text{La}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Gd}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{WO}_3$ のそれぞれは、実質的に含有しないことが望ましい。

[0049] 上記成分以外にも、他の成分を添加することができる。その添加量は、好ましくは10%、5%以下であり、特に好ましくは3%以下である。

[0050] 本発明の放射線遮蔽ガラスは、以下の特性を有することが好ましい。

[0051] 50kVの管電圧における厚み方向のX線透過率は、好ましくは30%以下、25%以下、20%以下であり、特に好ましくは10%以下である。80kVの管電圧における厚み方向のX線透過率は、好ましくは50%以下、35%以下、20%以下であり、特に好ましくは10%以下である。100kVの管電圧における厚み方向のX線透過率は、好ましくは60%以下、40%以下、25%以下であり、特に好ましくは10%以下である。150kVの管電圧における厚み方向のX線透過率は、好ましくは80%以下、60%以下、40%以下であり、特に好ましくは20%以下である。X線の透過率が高過ぎると、照射線遮蔽性能が低下して、放射線遮蔽窓又は放射線遮蔽衝立に適用し難くなる。

[0052] 密度は、好ましくは $3.0\text{ g/cm}^3$ 以上、 $3.1\text{ g/cm}^3$ 以上、 $3.2\text{ g/cm}^3$ 以上であり、特に好ましくは $3.3\text{ g/cm}^3$ 以上である。このようにすれば、放射線遮蔽性能を高め易くなる。なお、「密度」は、周知のアルキメデス法で測定可能である。

[0053]  $30\sim 380^\circ\text{C}$ における熱膨張係数は、好ましくは $30\times 10^{-7}/^\circ\text{C}\sim 100\times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ 、 $40\times 10^{-7}/^\circ\text{C}\sim 90\times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ 、 $60\times 10^{-7}/^\circ\text{C}\sim 85\times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ であり、特に好ましくは $65\times 10^{-7}/^\circ\text{C}\sim 80\times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ である。このようにすれば、各種機能膜の熱膨張係数に整合し易くなり、各種機能膜の剥離等を防止し易くなる。なお、「 $30\sim 380^\circ\text{C}$ における熱膨張係数」は、ディラトメーター等で測定可能である。

[0054] 歪点は、好ましくは $500^\circ\text{C}$ 以上、 $550^\circ\text{C}$ 以上、 $600^\circ\text{C}$ 以上、 $620^\circ\text{C}$ 以上であり、特に好ましくは $640^\circ\text{C}$ 以上である。歪点が低過ぎると、ガ

ラスが熱変形し易くなる。

[0055] 本発明の放射線遮蔽ガラスにおいて、 $10^{4.0} \text{ dPa} \cdot \text{s}$ における温度は、好ましくは $1250^{\circ}\text{C}$ 以下、 $1200^{\circ}\text{C}$ 以下、 $1150^{\circ}\text{C}$ 以下、 $1110^{\circ}\text{C}$ 以下であり、特に好ましくは $1060^{\circ}\text{C}$ 以下である。このようにすれば、フロート法等による成形において、成形温度を低下させることが可能になる。結果として、低温操業が可能になり、成形部に使用されている耐火物が長寿命化して、ガラス板の製造コストが低下し易くなる。

[0056] 本発明の放射線遮蔽ガラスにおいて、 $10^{2.5} \text{ dPa} \cdot \text{s}$ における温度は、好ましくは $1400^{\circ}\text{C}$ 以下、 $1350^{\circ}\text{C}$ 以下、 $1300^{\circ}\text{C}$ 以下、 $1250^{\circ}\text{C}$ 以下であり、特に好ましくは $1200^{\circ}\text{C}$ 以下である。このようにすれば、熔融性が向上するため、泡品位に優れたガラスが得られ易く、ガラスの製造効率が向上する。

[0057]  $10^{2.0} \text{ dPa} \cdot \text{s}$ における温度は、好ましくは $1200^{\circ}\text{C}$ 以上、 $1220^{\circ}\text{C}$ 以上、 $1240^{\circ}\text{C}$ 以上、 $1250^{\circ}\text{C}$ 以上であり、特に好ましくは $1260^{\circ}\text{C}$ 以上である。このようにすれば、成形温度を高温化し得るため、成形時の失透を防止し易くなる。

[0058] 液相温度は、好ましくは $1200^{\circ}\text{C}$ 以下、 $1150^{\circ}\text{C}$ 以下、 $1130^{\circ}\text{C}$ 以下、 $1100^{\circ}\text{C}$ 以下、 $1050^{\circ}\text{C}$ 以下、 $1030^{\circ}\text{C}$ 以下であり、特に好ましくは $1000^{\circ}\text{C}$ 以下である。また、液相粘度は、好ましくは $10^{3.0} \text{ dPa} \cdot \text{s}$ 以上、 $10^{3.5} \text{ dPa} \cdot \text{s}$ 以上、 $10^{4.0} \text{ dPa} \cdot \text{s}$ 以上、 $10^{4.5} \text{ dPa} \cdot \text{s}$ 以上であり、特に好ましくは $10^{4.6} \text{ dPa} \cdot \text{s}$ 以上である。このようにすれば、成形時にガラスが失透し難くなり、フロート法等でガラス板を成形し易くなる。

[0059] 本発明の放射線遮蔽ガラスは、平板形状、つまりガラス板であることが好ましい。このようにすれば、放射線遮蔽窓や放射線遮蔽衝立等に適用し易くなる。板厚は、好ましくは $0.1 \text{ mm}$ 以上、 $0.3 \text{ mm}$ 以上、 $0.5 \text{ mm}$ 以上、 $0.7 \text{ mm}$ 以上、 $0.9 \text{ mm}$ 以上、 $1.0 \text{ mm}$ 以上、 $1.2 \text{ mm}$ 以上、 $1.4 \text{ mm}$ 以上であり、特に好ましくは $1.5 \text{ mm}$ 以上である。板厚が大き

い程、ガラスが放射線を遮蔽し易くなる。

[0060] 本発明の放射線遮蔽ガラスは、平板形状の場合、少なくとも一方の表面が未研磨であることが好ましい。ガラスの理論強度は、本来非常に高いのであるが、理論強度よりも遥かに低い応力でも破壊に至ることが多い。これは、表面にグリフィスフローと呼ばれる小さな欠陥が成形後の工程、例えば研磨工程等で生じるからである。よって、表面を未研磨とすれば、ガラス本来の機械的強度を損ない難くなるため、ガラス板が破壊し難くなる。また、表面を未研磨とすれば、研磨工程を省略できるため、ガラス板の製造コストを低廉化することができる。

[0061] 本発明の放射線遮蔽ガラスにおいて、少なくとも一方の表面（但し、有効面）の表面粗さ  $R_a$  は、好ましくは  $10 \text{ \AA}$  以下、 $5 \text{ \AA}$  以下、 $3 \text{ \AA}$  以下であり、特に好ましくは  $2 \text{ \AA}$  以下である。表面粗さ  $R_a$  が  $10 \text{ \AA}$  より大きいと、その表面に形成される機能膜の品位が低下し易くなる。ここで、「表面粗さ  $R_a$ 」は、JIS B0601:2001に準拠した方法で測定した値を指す。

[0062] 次に、本発明の放射線遮蔽ガラスの製造方法を例示すると、まず所望のガラス組成になるように、ガラス原料を調合して、ガラスバッチを作製する。次いで、このガラスバッチを  $1000 \sim 1600^\circ\text{C}$  で溶融した上で、清澄した後、得られた溶融ガラスを所定の板厚（例えば  $0.5 \sim 30 \text{ mm}$  程度）の平板形状に成形する。

[0063] 本発明の放射線遮蔽ガラスは、フロート法で成形されてなることが好ましい。このようにすれば、表面品位が良好なガラス板を安価、且つ大量に製造することができる。また、ガラス板の大型化を図り易くなる。

[0064] 本発明の放射線遮蔽ガラスは、プレス法、ロールアウト法又はアップドロウ法で成形されてなることも好ましい。このようにすれば、成形時の失透を抑制することができる。

[0065] 本発明の放射線遮蔽ガラスは、キャスト法で成形されてなることも好ましい。このようにすれば、厚みが大きいガラスを作製し易くなる。

[0066] 本発明の放射線遮蔽ガラスは、オーバーフローダウンドロー法で成形されてなることも好ましい。このようにすれば、未研磨で表面品位が良好なガラス板を安価、且つ大量に製造することができる。また、ガラス板の大型化、薄板化を図り易くなる。

[0067] その後、必要に応じて、アニール（徐冷）、切断、研磨等の加工処理を施し、表面に機能性膜を形成する。なお、機能性膜として、防曇性膜、反射防止膜等を例示できる。機能性膜の形成には、スパッタ法、CVD法、PVD法等の蒸着法を用いることが好ましい。これらの方法によれば、膜厚の制御を容易に行うことができる。

[0068] 上記のようにして作製されたガラス板は、例えば、樹脂シート等と積層して、合わせガラスとしてもよい。合わせガラスは、例えば、二枚のガラス板で樹脂シートを挟み込むようにして貼着することで作製することができる。ガラス板と樹脂シートを貼着する方法として、例えば、樹脂シートとガラス板とを熱圧着する方法、液状樹脂をガラス板に塗布して挟み込んだ後に、熱や紫外線等の外部刺激によって当該液状樹脂を硬化させる方法等を採用することができる。樹脂として、例えば、ポリビニルブチラル（PVB）、エチレン酢酸ビニル、フッ素樹脂等を用いることができる。なお、合わせガラスとすれば、放射線遮蔽窓や放射線遮蔽衝立の厚みを容易に大きくすることができる。

[0069] なお、上記の合わせガラスの作製方法は一例であり、その態様は任意に変更してもよい。例えば、二枚以上のガラス板を樹脂シートと交互に積層してもよい。また、合わせガラスの表面に更に樹脂シートを積層してもよい。最表面に樹脂層を形成すれば、合わせガラスの耐候性を高めることができる。

[0070] 次に、放射線遮蔽窓の作製方法を例示する。各種形状（例えば、平板形状、ブロック状、合わせガラス等）のガラスを金枠に固定した上で、この金枠をコンクリートや鉄の壁に設けられた開口部に嵌め込んだ後、金枠と開口部との間に目地剤等を充填する。なお、金枠に固定するガラスは、単数だけでなく、複数でもよい。

## 実施例 1

[0071] 以下、実施例に基づいて、本発明を詳細に説明する。なお、以下の実施例は単なる例示である。本発明は、以下の実施例に何ら限定されない。

[0072] 表 1 は、本発明の実施例（試料 A）を示している。

[0073] [表1]

| ガラス組成(wt%)                                     | A    |
|------------------------------------------------|------|
| SiO <sub>2</sub>                               | 39.9 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 5.1  |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                  | 5.1  |
| CaO                                            | 3.0  |
| SrO                                            | 11.2 |
| BaO                                            | 26.9 |
| ZnO                                            | 3.1  |
| TiO <sub>2</sub>                               | 3.6  |
| ZrO <sub>2</sub>                               | 2.0  |
| Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 0.1  |
| Si+Al+B                                        | 50.1 |
| Ti+Zr                                          | 5.6  |
| B+Zn                                           | 8.2  |
| $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )                    | 3.41 |
| $\alpha$ ( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ ) | 72   |
| P <sub>s</sub> (°C)                            | 633  |
| T <sub>a</sub> (°C)                            | 672  |
| T <sub>s</sub> (°C)                            | 813  |
| 10 <sup>4.0</sup> dPa·s (°C)                   | 1009 |
| 10 <sup>3.0</sup> dPa·s (°C)                   | 1110 |
| 10 <sup>2.5</sup> dPa·s (°C)                   | 1174 |
| 10 <sup>2.0</sup> dPa·s (°C)                   | 1271 |
| TL (°C)                                        | 947  |
| log $\eta$ TL (dPa·s)                          | 4.9  |

[0074] まず、表 1 に記載のガラス組成になるように、ガラス原料を調合した後、得られたガラスバッチをガラス溶融炉に供給して 1400～1500℃で 4 時間溶融した。次に、得られた溶融ガラスをカーボン板の上に流し出して平

板形状に成形した後、所定のアニール処理を行った。最後に、得られた試料（試料A）について、種々の特性を評価した。

[0075] 密度 $\rho$ は、周知のアルキメデス法によって測定した値である。

[0076] 熱膨張係数 $\alpha$ は、ディラトメーターを用いて、30～380℃における平均熱膨張係数を測定した値である。測定試料として、 $\phi 5\text{ mm} \times 20\text{ mm}$ の円柱状試料（端面はR加工されている）を用いた。

[0077] 歪点 $P_s$ は、ASTM C336-71に記載の方法に基づいて測定した値である。なお、歪点 $P_s$ が高い程、耐熱性が高くなる。

[0078] 軟化点 $T_a$ 、軟化点 $T_s$ は ASTM C338-93に記載の方法に基づいて測定した値である。

[0079] 高温粘度 $10^{4.0}\text{ dPa}\cdot\text{s}$ 、 $10^{3.0}\text{ dPa}\cdot\text{s}$ 、 $10^{2.5}\text{ dPa}\cdot\text{s}$ 及び $10^{2.0}\text{ dPa}\cdot\text{s}$ における温度は、白金球引き上げ法で測定した値である。なお、これらの温度が低い程、熔融性、成形性に優れる。

[0080] 液相温度 $T_L$ は、標準篩30メッシュ（ $500\text{ }\mu\text{m}$ ）を通過し、50メッシュ（ $300\text{ }\mu\text{m}$ ）に残るガラス粉末を白金ボートに入れ、温度勾配炉中に24時間保持して、結晶の析出する温度を測定した値である。また、液相粘度 $\log \eta_{TL}$ は、液相温度におけるガラスの粘度を白金球引き上げ法で測定した値を指す。なお、液相粘度が高く、液相温度が低い程、耐失透性、成形性に優れる。

## 実施例 2

[0081] 表1に記載の材質について、ガラス原料を調合した後、得られたガラスバッチを連続窯に投入し、1300～1500℃の温度で熔融した。続いて、得られた熔融ガラスに対して、オーバーフローダウンドロー法により、表2に記載の板厚のガラス板を成形した。得られたガラス板に対して、表面粗さ $R_a$ を測定したところ、その値は、何れも2Åであった。なお、表面粗さ $R_a$ は、JIS B0601:2001に準拠した方法で測定した値である。

[0082] 更に、上記のガラス板を複数用意し、ガラス板とガラス板の間にPVBフィルムを介装した後、熱圧着することにより合わせガラスを得た。なお、試

料No. 4は、ガラス板（板厚1.070mm）＋樹脂層（厚み0.38mm）＋ガラス板（板厚1.648mm）の合わせガラスである。試料No. 5は、ガラス板（板厚1.070mm）＋樹脂層（厚み0.38mm）＋ガラス板（板厚1.648mm）＋樹脂層（厚み0.38mm）＋ガラス板（板厚2.246mm）の合わせガラスである。

[0083] 表2の試料No. 1～5について、JIS Z 4501に記載の方法に準拠して、管電圧50kV、80kV、100kV、150kVにおける厚み方向のX線透過率を測定した。その結果を表2に示す。

[0084] [表2]

|      |          | 板厚<br>(mm) | 透過率(%) |       |      |      | 鉛当量(mmPb) |       |       |       |
|------|----------|------------|--------|-------|------|------|-----------|-------|-------|-------|
|      |          |            | 150kV  | 100kV | 80kV | 50kV | 150kV     | 100kV | 80kV  | 50kV  |
| No.1 | 単板       | 0.536      | 76.9   | 55.6  | 43.5 | 21.9 | 0.053     | 0.066 | 0.054 | 0.030 |
| No.2 | 単板       | 1.070      | 65.0   | 32.8  | 20.4 | 8.9  | 0.107     | 0.139 | 0.129 | 0.081 |
| No.3 | 単板       | 1.648      | 45.7   | 21.3  | 10.9 | 2.7  | 0.144     | 0.227 | 0.212 | 0.124 |
| No.4 | 合わせガラス2枚 | 2.718      | 34.1   | 10.3  | 3.7  | 0.5  | 0.236     | 0.384 | 0.381 | 0.222 |
| No.5 | 合わせガラス3枚 | 4.964      | 18.1   | 3.2   | 1.9  | 0.0  | 0.381     | 0.689 | 0.527 | 0.411 |

[0085] 表2から明らかなように、試料No. 1～5は、放射線遮蔽性能が高かった。

[0086] [実施例2]では、[実施例1]に記載のガラスAを用いて、放射線遮蔽性能を評価したが、表3～13に記載のガラス（試料No. 6～114）でも良好な放射線遮蔽性能を有すると考えられる。

[0087]

[表3]

| ガラス組成(wt%)                                     | No.6  | No.7  | No.8  | No.9  | No.10 | No.11 | No.12 | No.13 | No.14 | No.15 |
|------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>                               | 49.9  | 49.0  | 49.0  | 42.5  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 37.5  | 40.0  | 40.0  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 0.0   | 2.5   | 0.0   | 2.5   | 7.5   | 5.0   | 5.0   | 7.5   | 5.0   | 5.0   |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                  | 10.0  | 2.5   | 5.0   | 5.0   | 2.5   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   |
| MgO                                            | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 3.0   | 0.0   |
| CaO                                            | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 2.0   |
| Na <sub>2</sub> O                              | 10.0  | 10.0  | 10.0  | 10.0  | 10.0  | 10.0  | 10.0  | 10.0  | 7.0   | 7.0   |
| BaO                                            | 26.2  | 26.2  | 26.2  | 26.2  | 26.2  | 26.2  | 26.2  | 26.2  | 26.2  | 26.2  |
| ZnO                                            | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| TiO <sub>2</sub>                               | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   |
| ZrO <sub>2</sub>                               | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   |
| La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| Si+Al+B                                        | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  |
| Ti+Zr                                          | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   |
| B+Zn                                           | 10.0  | 2.5   | 5.0   | 5.0   | 2.5   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   |
| $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )                    | 2.393 | 2.356 | 2.354 | 2.270 | 2.278 | 2.278 | 2.283 | 2.287 | 2.336 | 2.318 |
| $\alpha$ ( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ ) | 78.6  | 74.8  | 75.3  | 74.8  | 74.2  | 75.0  | 74.8  | 74.0  | 73.3  | 71.4  |
| P <sub>0</sub> (°C)                            | 638   | 662   | 660   | 646   | 660   | 649   | 650   | 651   | 644   | 644   |
| T <sub>g</sub> (°C)                            | 870   | 703   | 687   | 687   | 711   | 687   | 688   | 690   | 683   | 683   |
| T <sub>5</sub> (°C)                            | -     | 855   | 825   | 829   | 865   | 831   | 832   | 835   | 829   | 829   |
| 10 <sup>-2</sup> dP <sub>0.5</sub> (°C)        | 958   | 1057  | 1018  | 1017  | 1060  | 1021  | 1017  | 1022  | 1013  | 1014  |
| 10 <sup>-3</sup> dP <sub>0.5</sub> (°C)        | 1037  | 1158  | 1110  | 1111  | 1165  | 1116  | 1109  | 1116  | 1104  | 1106  |
| 10 <sup>-2</sup> dP <sub>0.5</sub> (°C)        | 1091  | 1227  | 1173  | 1174  | 1232  | 1179  | 1171  | 1178  | 1165  | 1168  |
| 10 <sup>-3</sup> dP <sub>0.5</sub> (°C)        | 1159  | 1313  | 1252  | 1254  | 1316  | 1258  | 1251  | 1257  | 1242  | 1245  |
| TL (°C)                                        | 1138  | 1008  | -     | 987   | 1083  | -     | 989   | 1056  | 987   | 987   |
| log $\eta$ TL (dPa·s)                          | 2.1   | 4.6   | -     | 4.4   | 3.8   | -     | 4.7   | 3.6   | 4.4   | 4.7   |

[0088] [表4]

| ガラス組成(wt%)                                     | No.16 | No.17 | No.18 | No.19 | No.20 | No.21 | No.22 | No.23 | No.24 | No.25 |
|------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>                               | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 37.5  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 2.5   | 5.0   |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                  | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 7.5   | 7.5   |
| MgO                                            | 3.0   | 3.0   | 6.0   | 6.0   | 9.0   | 9.0   | 12.0  | 9.0   | 0.0   | 0.0   |
| CaO                                            | 9.8   | 0.0   | 6.0   | 0.0   | 2.0   | 0.0   | 0.0   | 2.8   | 5.0   | 5.0   |
| Na <sub>2</sub> O                              | 4.0   | 13.8  | 4.0   | 10.8  | 4.0   | 7.8   | 4.8   | 10.9  | 10.9  | 10.9  |
| BaO                                            | 26.2  | 26.2  | 26.2  | 26.2  | 26.2  | 26.2  | 26.2  | 26.2  | 26.2  | 26.2  |
| ZnO                                            | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| TiO <sub>2</sub>                               | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 7.0   | 4.0   | 4.0   |
| ZrO <sub>2</sub>                               | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   |
| La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 0.1   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| Si+Al+B                                        | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  |
| Ti+Zr                                          | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 10.0  | 7.0   | 7.0   |
| B+Zn                                           | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 7.5   | 7.5   |
| $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )                    | 2.308 | 2.393 | 2.293 | 2.346 | 2.278 | 2.302 | 2.268 | 2.379 | 2.383 | 2.388 |
| $\alpha$ ( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ ) | 74.6  | 71.8  | 72.4  | 70.4  | 70.2  | 68.6  | 68.6  | 71.4  | 75.3  | 75.6  |
| P <sub>0</sub> (°C)                            | 645   | 648   | 644   | 645   | 646   | 647   | 650   | 654   | 649   | 638   |
| T <sub>g</sub> (°C)                            | 683   | 695   | 682   | 684   | 684   | 686   | 688   | 692   | 678   | 674   |
| T <sub>5</sub> (°C)                            | 827   | 832   | 828   | 830   | 827   | 830   | 829   | 834   | 808   | 808   |
| 10 <sup>-2</sup> dP <sub>0.5</sub> (°C)        | 1006  | 1028  | 1008  | 1022  | 1008  | 1015  | 1024  | 1024  | 987   | 987   |
| 10 <sup>-3</sup> dP <sub>0.5</sub> (°C)        | 1095  | 1127  | 1096  | 1116  | 1097  | 1106  | 1112  | 1122  | 1076  | 1075  |
| 10 <sup>-2</sup> dP <sub>0.5</sub> (°C)        | 1155  | 1180  | 1155  | 1182  | 1156  | 1168  | 1167  | 1185  | 1138  | 1136  |
| 10 <sup>-3</sup> dP <sub>0.5</sub> (°C)        | 1229  | 1277  | 1230  | 1261  | 1230  | 1245  | 1228  | 1271  | 1211  | 1211  |
| TL (°C)                                        | 1026  | 683   | -     | 973   | -     | -     | -     | 1022  | 978   | 952   |
| log $\eta$ TL (dPa·s)                          | 3.7   | 4.6   | -     | 4.7   | -     | -     | -     | 4.0   | 4.1   | 4.5   |

[0089] [表5]

| ガラス組成(wt%)                                     | No.26 | No.27 | No.28 | No.29 | No.30 | No.31 | No.32 | No.33 | No.34 | No.35 |
|------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>                               | 42.5  | 37.5  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 0.0   | 2.5   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.1   | 5.1   |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                  | 7.5   | 10.0  | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.1   | 5.1   |
| MgO                                            | 0.0   | 0.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 4.1   | 3.0   |
| CaO                                            | 5.9   | 5.9   | 2.9   | 2.9   | 2.9   | 2.9   | 2.9   | 2.9   | 2.9   | 4.4   |
| SrO                                            | 10.9  | 10.9  | 7.9   | 4.9   | 4.9   | 10.9  | 7.9   | 4.9   | 8.4   | 8.4   |
| BaO                                            | 26.2  | 26.2  | 23.2  | 26.2  | 23.2  | 20.2  | 20.2  | 20.2  | 23.8  | 26.5  |
| ZnO                                            | 0.0   | 0.0   | 6.0   | 6.0   | 6.0   | 6.0   | 6.0   | 12.0  | 6.0   | 0.0   |
| TiO <sub>2</sub>                               | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.1   | 4.0   |
| ZrO <sub>2</sub>                               | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.1   | 3.0   |
| La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| SnO <sub>2</sub>                               | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| Si+Al+B                                        | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.8  | 50.6  |
| Ti+Zr                                          | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.1   | 7.1   |
| B+Zn                                           | 7.5   | 10.0  | 11.0  | 11.0  | 14.0  | 11.0  | 14.0  | 17.0  | 5.1   | 5.1   |
| $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )                    | 2.378 | 3.393 | 3.359 | 3.355 | 3.347 | 3.344 | 3.340 | 3.338 | 3.322 | 3.330 |
| $\alpha$ ( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ ) | 75.2  | 75.5  | 67.4  | 68.6  | 64.3  | 68.8  | 65.9  | 61.9  | 71.0  | 72.2  |
| T <sub>g</sub> (°C)                            | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| T <sub>5</sub> (°C)                            | 676   | 668   | 670   | 670   | 663   | 668   | 663   | 657   | 662   | 662   |
| T <sub>10</sub> (°C)                           | 807   | 792   | 818   | 819   | 812   | 817   | 812   | 808   | 831   | 828   |
| 10 <sup>-10</sup> dPa·s (°C)                   | 983   | 956   | 1010  | 1014  | 1006  | 1004  | 1001  | 994   | 1022  | 1020  |
| 10 <sup>-20</sup> dPa·s (°C)                   | 1077  | 1038  | 1106  | 1111  | 1102  | 1096  | 1085  | 1088  | 1118  | 1115  |
| 10 <sup>-30</sup> dPa·s (°C)                   | 1134  | 1093  | 1170  | 1176  | 1167  | 1158  | 1157  | 1150  | 1183  | 1178  |
| 10 <sup>-40</sup> dPa·s (°C)                   | 1207  | 1162  | 1251  | 1256  | 1247  | 1236  | 1239  | 1229  | 1262  | 1256  |
| TL (°C)                                        | —     | 984   | 983   | 992   | —     | 979   | —     | —     | —     | —     |
| log $\eta$ TL (dPa·s)                          | —     | 3.9   | 4.4   | 4.3   | —     | 4.3   | —     | —     | —     | —     |

[0090] [表6]

| ガラス組成(wt%)                                     | No.36 | No.37 | No.38 | No.39 | No.40 | No.41 | No.42 | No.43 | No.44 | No.45 |
|------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>                               | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 37.5  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 2.5   | 7.5   | 5.0   |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                  | 2.5   | 0.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 7.5   | 2.5   | 7.5   |
| MgO                                            | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 3.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| CaO                                            | 5.9   | 5.9   | 2.9   | 2.9   | 2.9   | 0.0   | 0.0   | 5.9   | 5.9   | 5.9   |
| SrO                                            | 7.9   | 7.9   | 13.0  | 10.9  | 10.9  | 10.9  | 16.9  | 10.9  | 10.9  | 10.9  |
| BaO                                            | 26.2  | 26.2  | 26.2  | 26.2  | 26.2  | 26.2  | 26.2  | 26.2  | 26.2  | 26.2  |
| ZnO                                            | 3.0   | 3.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| TiO <sub>2</sub>                               | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 7.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   |
| ZrO <sub>2</sub>                               | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   |
| La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 2.5   | 5.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| SnO <sub>2</sub>                               | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| Si+Al+B                                        | 47.5  | 45.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  |
| Ti+Zr                                          | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 10.0  | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   |
| B+Zn                                           | 5.5   | 3.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 7.5   | 2.5   | 7.5   |
| $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )                    | 3.481 | 3.580 | 3.418 | 3.382 | 3.364 | 3.444 | 3.450 | 3.389 | 3.389 | 3.390 |
| $\alpha$ ( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ ) | 73.4  | 75.3  | 73.5  | 71.9  | 72.1  | 70.0  | 73.1  | —     | 73.8  | 75.0  |
| T <sub>g</sub> (°C)                            | 656   | 661   | 646   | 632   | 643   | 643   | 650   | 639   | 664   | 635   |
| T <sub>5</sub> (°C)                            | 699   | 734   | 697   | 691   | 693   | 682   | 699   | 676   | 706   | 671   |
| T <sub>10</sub> (°C)                           | 855   | 888   | 832   | 834   | 832   | 830   | 824   | 809   | 861   | 807   |
| 10 <sup>-10</sup> dPa·s (°C)                   | 1042  | 1080  | 1027  | 1023  | 1019  | 1029  | 1022  | 984   | 1053  | 984   |
| 10 <sup>-20</sup> dPa·s (°C)                   | 1139  | 1174  | 1125  | 1121  | 1115  | 1132  | 1133  | 1073  | 1158  | 1074  |
| 10 <sup>-30</sup> dPa·s (°C)                   | 1205  | 1236  | 1192  | 1187  | 1179  | 1202  | 1202  | 1133  | 1224  | 1133  |
| 10 <sup>-40</sup> dPa·s (°C)                   | 1288  | 1316  | 1275  | 1270  | 1260  | 1251  | 1256  | 1206  | 1308  | 1207  |
| TL (°C)                                        | 1043  | —     | 1038  | —     | 875   | 1021  | —     | 893   | —     | 981   |
| log $\eta$ TL (dPa·s)                          | 4.0   | —     | 3.9   | —     | 4.5   | 4.1   | —     | 3.9   | —     | 4.3   |

[0091] [表7]

| ガラス組成(w%)                                      | No.46 | No.47 | No.48 | No.49 | No.50 | No.51 | No.52 | No.53 | No.54 | No.55 |
|------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>                               | 37.5  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 7.5   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                  | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   |
| MgO                                            | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| CaO                                            | 5.0   | 2.0   | 2.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| SrO                                            | 10.0  | 10.0  | 7.0   | 10.0  | 7.0   | 4.0   | 1.0   | 10.0  | 10.0  | 7.0   |
| BaO                                            | 26.2  | 26.2  | 29.2  | 29.2  | 32.1  | 35.1  | 38.1  | 26.2  | 26.2  | 26.2  |
| ZnO                                            | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| TiO <sub>2</sub>                               | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   |
| ZrO <sub>2</sub>                               | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   |
| La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| Si+Al+B                                        | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  |
| Ti+Zr                                          | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 10.0  | 10.0  | 10.0  |
| B+Zn                                           | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   |
| $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )                    | 3.389 | 3.427 | 3.419 | 3.454 | 3.495 | 3.495 | 3.495 | 3.431 | 3.413 | 3.354 |
| $\alpha$ ( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ ) | 74.8  | 73.8  | 70.4  | 69.0  | 68.8  | 67.6  | 67.4  | 68.1  | 67.1  | 65.8  |
| P <sub>5</sub> (°C)                            | 648   | 646   | 641   | 641   | 643   | 642   | 642   | 653   | 643   | 637   |
| T <sub>g</sub> (°C)                            | 687   | 685   | 680   | 659   | 652   | 661   | 651   | 682   | 682   | 678   |
| T <sub>5</sub> (°C)                            | 833   | 831   | 828   | 830   | 833   | 833   | 833   | 835   | 828   | 824   |
| 10 <sup>10</sup> dPa·s (°C)                    | 1023  | 1025  | 1025  | 1035  | 1038  | 1045  | 1049  | 1038  | 1039  | 1020  |
| 10 <sup>20</sup> dPa·s (°C)                    | 1117  | 1125  | 1127  | 1143  | 1146  | 1155  | 1162  | 1142  | 1134  | 1120  |
| 10 <sup>25</sup> dPa·s (°C)                    | 1180  | 1192  | 1194  | 1215  | 1218  | 1230  | 1238  | 1213  | 1205  | 1186  |
| 10 <sup>30</sup> dPa·s (°C)                    | 1258  | 1278  | 1279  | 1307  | 1311  | 1325  | 1334  | 1302  | 1293  | 1273  |
| TL (°C)                                        | -     | 1007  | 975   | 1022  | 1063  | 1046  | 1103  | -     | 1012  | 1004  |
| log $\eta$ TL (dPa·s)                          | -     | 4.2   | 4.7   | 4.2   | 3.7   | 4.0   | 3.5   | -     | 4.2   | 4.2   |

[0092] [表8]

| ガラス組成(w%)                                      | No.56 | No.57 | No.58 | No.59 | No.60 | No.61 | No.62 | No.63 | No.64 | No.65 |
|------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>                               | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                  | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   |
| MgO                                            | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| CaO                                            | 3.0   | 3.0   | 5.0   | 2.0   | 5.0   | 0.0   | 2.0   | 0.0   | 5.0   | 2.0   |
| SrO                                            | 7.0   | 7.0   | 10.0  | 10.0  | 13.0  | 10.0  | 10.0  | 10.0  | 10.0  | 13.0  |
| BaO                                            | 26.2  | 26.2  | 26.2  | 26.2  | 29.2  | 32.1  | 26.2  | 26.2  | 26.2  | 26.2  |
| ZnO                                            | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| TiO <sub>2</sub>                               | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 4.0   | 4.0   |
| ZrO <sub>2</sub>                               | 3.0   | 3.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| Si+Al+B                                        | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  |
| Ti+Zr                                          | 10.0  | 10.0  | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 4.0   | 4.0   |
| B+Zn                                           | 5.0   | 8.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 8.0   | 8.0   | 8.0   | 8.0   |
| $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )                    | 3.385 | 3.372 | 3.388 | 3.402 | 3.404 | 3.440 | 3.385 | 3.422 | 3.388 | 3.421 |
| $\alpha$ ( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ ) | 59.7  | 67.5  | 78.0  | 74.6  | 74.8  | 33.8  | 71.7  | 70.7  | -     | -     |
| P <sub>5</sub> (°C)                            | 649   | 640   | 640   | 641   | 642   | 641   | 634   | 635   | 629   | 630   |
| T <sub>g</sub> (°C)                            | 688   | 678   | 677   | 677   | 678   | 678   | 671   | 672   | 667   | 667   |
| T <sub>5</sub> (°C)                            | 832   | 824   | 813   | 815   | 817   | 817   | 811   | 813   | 806   | 807   |
| 10 <sup>10</sup> dPa·s (°C)                    | 1030  | 1019  | 989   | 995   | 996   | 1004  | 994   | 1002  | 990   | 994   |
| 10 <sup>20</sup> dPa·s (°C)                    | 1131  | 1119  | 1083  | 1091  | 1091  | 1104  | 1089  | 1101  | 1083  | 1089  |
| 10 <sup>25</sup> dPa·s (°C)                    | 1195  | 1187  | 1145  | 1155  | 1156  | 1173  | 1153  | 1170  | 1146  | 1154  |
| 10 <sup>30</sup> dPa·s (°C)                    | 1283  | 1274  | 1227  | 1240  | 1239  | 1262  | 1238  | 1258  | 1223  | 1237  |
| TL (°C)                                        | 1042  | 1010  | 1047  | 1080  | -     | -     | 890   | 1011  | 994   | -     |
| log $\eta$ TL (dPa·s)                          | 3.9   | 4.1   | 3.3   | 3.1   | -     | -     | 4.1   | 3.9   | 4.0   | -     |

[0093] [表9]

| ガラス組成(wt%)                                     | No.66 | No.67 | No.68 | No.69 | No.70 | No.71 | No.72 | No.73 | No.74 | No.75 |
|------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>                               | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 40.0  | 37.0  | 37.0  | 37.0  | 37.0  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                  | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   |
| MgO                                            | 0.0   | 2.9   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 3.0   | 0.0   | 0.0   |
| CaO                                            | 2.9   | 0.0   | 8.9   | 5.9   | 2.9   | 0.0   | 5.9   | 5.9   | 8.9   | 5.9   |
| SiO                                            | 10.9  | 10.9  | 7.9   | 7.9   | 10.9  | 7.9   | 7.9   | 7.9   | 7.9   | 10.9  |
| BaO                                            | 29.2  | 29.2  | 26.2  | 26.2  | 26.2  | 29.1  | 26.2  | 26.2  | 26.2  | 26.2  |
| ZnO                                            | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 6.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   |
| TiO <sub>2</sub>                               | 4.0   | 4.0   | 5.0   | 8.0   | 8.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   |
| ZrO <sub>2</sub>                               | 0.0   | 0.0   | 2.0   | 1.0   | 1.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   |
| La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| Si+Al+B                                        | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 50.0  | 47.0  | 47.0  | 47.0  |
| Ti+Zr                                          | 4.0   | 4.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   |
| B+Zn                                           | 8.0   | 8.0   | 8.0   | 6.0   | 8.0   | 11.0  | 11.0  | 6.0   | 8.0   | 8.0   |
| $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )                    | 3.430 | 3.405 | 3.382 | 3.375 | 3.397 | 3.465 | 3.382 | 3.422 | 3.439 | 3.470 |
| $\alpha$ ( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ ) | -     | -     | -     | 74    | 71    | 72    | 73    | 75    | 77    | 77    |
| T <sub>g</sub> ( $^{\circ}\text{C}$ )          | 628   | 625   | 635   | 636   | 637   | 633   | 627   | 636   | 640   | 639   |
| T <sub>5</sub> ( $^{\circ}\text{C}$ )          | 666   | 663   | 676   | 673   | 675   | 671   | 663   | 674   | 677   | 677   |
| T <sub>10</sub> ( $^{\circ}\text{C}$ )         | 807   | 807   | 815   | 813   | 815   | 816   | 798   | 815   | 817   | 817   |
| 10 <sup>-3</sup> dPa/s( $^{\circ}\text{C}$ )   | 994   | 998   | 1003  | 999   | 1005  | 1003  | 975   | 989   | 989   | 994   |
| 10 <sup>-5</sup> dPa/s( $^{\circ}\text{C}$ )   | 1091  | 1097  | 1097  | 1093  | 1101  | 1094  | 1083  | 1075  | 1074  | 1081  |
| 10 <sup>-7</sup> dPa/s( $^{\circ}\text{C}$ )   | 1157  | 1163  | 1161  | 1155  | 1167  | 1154  | 1121  | 1131  | 1130  | 1139  |
| 10 <sup>-9</sup> dPa/s( $^{\circ}\text{C}$ )   | 1240  | 1245  | 1241  | 1235  | 1248  | 1235  | 1194  | 1203  | 1202  | 1213  |
| TL( $^{\circ}\text{C}$ )                       | 987   | 974   | 992   | 994   | 1012  | 994   | 989   | 1003  | 1002  | 974   |
| log $\eta$ TL (dPa/s)                          | 4.1   | 4.3   | 4.2   | 4.1   | 3.9   | 4.1   | 4.5   | 3.5   | 3.8   | 4.3   |

[0094] [表10]

| ガラス組成(wt%)                                     | No.76 | No.77 | No.78 | No.79 | No.80 | No.81 | No.82 | No.83 | No.84 | No.85 |
|------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>                               | 37.0  | 37.0  | 37.0  | 37.0  | 37.0  | 37.0  | 37.0  | 37.0  | 40.0  | 40.0  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                  | 5.0   | 5.0   | 8.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   |
| MgO                                            | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 3.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| CaO                                            | 5.9   | 5.9   | 2.9   | 2.9   | 5.9   | 2.9   | 2.9   | 2.9   | 2.9   | 5.9   |
| SiO                                            | 7.9   | 7.9   | 7.9   | 7.9   | 7.9   | 10.9  | 7.9   | 7.9   | 10.9  | 7.9   |
| BaO                                            | 29.2  | 26.2  | 29.2  | 29.2  | 29.2  | 29.2  | 32.2  | 29.2  | 25.2  | 26.2  |
| ZnO                                            | 3.0   | 6.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 6.0   | 3.0   | 3.0   |
| TiO <sub>2</sub>                               | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 1.0   | 0.0   |
| ZrO <sub>2</sub>                               | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 6.0   | 7.0   |
| La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| Si+Al+B                                        | 47.0  | 47.0  | 50.0  | 47.0  | 47.0  | 47.0  | 47.0  | 47.0  | 50.0  | 50.0  |
| Ti+Zr                                          | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   |
| B+Zn                                           | 8.0   | 11.0  | 11.0  | 6.0   | 6.0   | 6.0   | 6.0   | 11.0  | 8.0   | 8.0   |
| $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )                    | 3.478 | 3.466 | 3.421 | 3.464 | 3.480 | -     | -     | -     | -     | -     |
| $\alpha$ ( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ ) | 76    | 75    | 72    | 75    | 76    | 78    | 75    | 72    | 72    | 70    |
| T <sub>g</sub> ( $^{\circ}\text{C}$ )          | 636   | 631   | 626   | 635   | 636   | 638   | 639   | 631   | 643   | 650   |
| T <sub>5</sub> ( $^{\circ}\text{C}$ )          | 676   | 669   | 662   | 673   | 675   | 675   | 675   | 668   | 689   | 691   |
| T <sub>10</sub> ( $^{\circ}\text{C}$ )         | 817   | 815   | 799   | 815   | 817   | 817   | 818   | 812   | 849   | 850   |
| 10 <sup>-3</sup> dPa/s( $^{\circ}\text{C}$ )   | 987   | 982   | 953   | 998   | 996   | 1004  | 1006  | 1026  | 1053  | 1055  |
| 10 <sup>-5</sup> dPa/s( $^{\circ}\text{C}$ )   | 1086  | 1081  | 1075  | 1088  | 1094  | 1098  | 1100  | 1123  | 1157  | 1154  |
| 10 <sup>-7</sup> dPa/s( $^{\circ}\text{C}$ )   | 1144  | 1141  | 1138  | 1148  | 1144  | 1160  | 1163  | 1190  | 1224  | 1219  |
| 10 <sup>-9</sup> dPa/s( $^{\circ}\text{C}$ )   | 1220  | 1215  | 1219  | 1224  | 1218  | 1238  | 1238  | 1272  | 1308  | 1302  |
| TL( $^{\circ}\text{C}$ )                       | 983   | 972   | 983   | 1000  | 1009  | 1024  | 1080  | 980   | -     | -     |
| log $\eta$ TL (dPa/s)                          | 4.5   | 4.3   | 4.7   | 4.0   | 3.8   | 3.8   | 3.4   | 4.8   | -     | -     |

[0095] [表11]

| ガラス組成(wt%)                                     | No.86 | No.87 | No.88 | No.89 | No.90 | No.91 | No.92 | No.93 | No.94 | No.95 |
|------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>                               | 39.0  | 39.0  | 39.0  | 39.0  | 39.0  | 39.3  | 39.7  | 40.1  | 40.5  | 40.9  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.1   | 5.1   | 5.2   | 5.2   | 5.3   |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                  | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.1   | 5.1   | 5.2   | 5.2   | 5.3   |
| MgO                                            | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| CaO                                            | 2.9   | 2.9   | 2.9   | 2.9   | 2.9   | 2.9   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   |
| SnO                                            | 10.9  | 10.9  | 11.0  | 10.9  | 7.9   | 11.0  | 11.1  | 11.2  | 11.3  | 11.5  |
| BaO                                            | 26.2  | 27.2  | 26.2  | 26.2  | 27.2  | 26.5  | 26.7  | 27.0  | 27.3  | 27.6  |
| ZnO                                            | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.1   | 4.1   | 4.1   | 4.2   |
| TiO <sub>2</sub>                               | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.0   | 4.1   | 4.1   | 4.1   | 4.2   |
| ZrO <sub>2</sub>                               | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 4.0   | 3.0   | 2.0   | 1.0   | 0.0   |
| La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.1   | 0.1   | 0.1   | 0.1   | 0.1   |
| Si+Al+B                                        | 49.0  | 49.0  | 49.0  | 49.0  | 49.0  | 49.4  | 49.9  | 50.4  | 50.9  | 51.4  |
| Ti+Zr                                          | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 6.1   | 5.1   | 4.1   | 3.2   |
| B+Zn                                           | 9.0   | 8.0   | 8.0   | 8.0   | 8.0   | 8.1   | 8.2   | 8.2   | 8.3   | 8.4   |
| $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )                    | 3.441 | 3.445 | 3.443 | 3.432 | 3.413 | 3.432 | 3.420 | 3.409 | 3.377 | 3.380 |
| $\alpha$ ( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ ) | 72.2  | 72.2  | 72.6  | 72.8  | 73.4  | 70.8  | 71.3  | 71.6  | 72.3  | —     |
| P <sub>0</sub> (°C)                            | 639   | 637   | 638   | 639   | 640   | 629   | 630   | 628   | 625   | 638   |
| T <sub>0</sub> (°C)                            | 676   | 676   | 677   | 678   | 678   | 667   | 667   | 666   | 663   | 676   |
| T <sub>0</sub> (°C)                            | 822   | 820   | 821   | 821   | 819   | 806   | 807   | 807   | 807   | 818   |
| 10 <sup>-3</sup> dP <sub>0</sub> /s (°C)       | 1012  | 1014  | 1014  | 1011  | 1008  | 990   | 994   | 994   | 998   | 1003  |
| 10 <sup>-3</sup> dP <sub>0</sub> /s (°C)       | 1107  | 1110  | 1108  | 1105  | 1100  | 1083  | 1089  | 1091  | 1097  | 1097  |
| 10 <sup>-3</sup> dP <sub>0</sub> /s (°C)       | 1171  | 1174  | 1171  | 1167  | 1160  | 1146  | 1154  | 1157  | 1163  | 1161  |
| 10 <sup>-3</sup> dP <sub>0</sub> /s (°C)       | 1252  | 1255  | 1256  | 1246  | 1239  | 1223  | 1237  | 1240  | 1246  | 1241  |
| TL (°C)                                        | 971   | 987   | 984   | 966   | 972   | 1046  | —     | 953   | 920   | 921   |
| log $\eta$ TL (dPa·s)                          | 4.6   | 4.4   | 4.4   | 4.5   | 4.5   | 3.4   | —     | 4.8   | 5.2   | 5.3   |

[0096] [表12]

| ガラス組成(wt%)                                     | No.96 | No.97 | No.98 | No.99 | No.100 | No.101 | No.102 | No.103 | No.104 | No.105 |
|------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub>                               | 39.9  | 39.9  | 39.9  | 39.9  | 39.9   | 39.3   | 39.7   | 39.9   | 40.1   | 40.3   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0    | 5.1    | 5.1    | 5.1    | 5.2    | 5.2    |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                  | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 5.0    | 5.1    | 5.1    | 5.1    | 5.2    | 5.2    |
| MgO                                            | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| CaO                                            | 2.9   | 2.9   | 2.9   | 2.9   | 2.9    | 2.9    | 3.0    | 3.0    | 3.0    | 3.0    |
| SnO                                            | 13.9  | 10.9  | 12.4  | 13.9  | 10.9   | 11.0   | 11.1   | 11.2   | 11.2   | 11.3   |
| BaO                                            | 26.2  | 26.2  | 26.2  | 26.2  | 26.2   | 26.5   | 26.7   | 26.9   | 27.0   | 27.1   |
| ZnO                                            | 3.0   | 6.0   | 4.5   | 4.0   | 3.0    | 3.0    | 3.1    | 3.1    | 3.1    | 3.1    |
| TiO <sub>2</sub>                               | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 4.0   | 3.5    | 3.5    | 3.6    | 3.6    | 3.6    | 3.6    |
| ZrO <sub>2</sub>                               | 2.0   | 2.0   | 2.0   | 6.0   | 4.5    | 3.5    | 2.5    | 2.0    | 1.5    | 1.0    |
| La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                 | 0.1   | 0.1   | 0.1   | 0.1   | 0.1    | 0.1    | 0.1    | 0.1    | 0.1    | 0.1    |
| Si+Al+B                                        | 48.9  | 48.9  | 48.9  | 48.9  | 48.9   | 49.4   | 49.9   | 50.2   | 50.4   | 50.7   |
| Ti+Zr                                          | 5.0   | 9.0   | 5.0   | 4.0   | 8.0    | 7.0    | 6.1    | 5.6    | 5.1    | 4.6    |
| B+Zn                                           | 8.0   | 11.0  | 6.5   | 9.0   | 8.0    | 8.1    | 8.2    | 8.2    | 8.2    | 8.3    |
| $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )                    | 3.451 | 3.446 | 3.449 | 3.446 | 3.435  | 3.435  | 3.412  | 3.408  | 3.401  | 3.392  |
| $\alpha$ ( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ ) | 74.8  | 71.9  | 72.6  | 76.3  | 71.1   | 72.0   | 71.6   | 72.0   | 72.4   | 72.7   |
| P <sub>0</sub> (°C)                            | 632   | 625   | 628   | 624   | 641    | 639    | 635    | 633    | 632    | 630    |
| T <sub>0</sub> (°C)                            | 670   | 663   | 666   | 661   | 680    | 678    | 674    | 672    | 670    | 667    |
| T <sub>0</sub> (°C)                            | 812   | 807   | 809   | 799   | 828    | 822    | 816    | 813    | 811    | 809    |
| 10 <sup>-3</sup> dP <sub>0</sub> /s (°C)       | 985   | 988   | 988   | 978   | 1022   | 1013   | 1010   | 1009   | 1004   | 999    |
| 10 <sup>-3</sup> dP <sub>0</sub> /s (°C)       | 1092  | 1091  | 1090  | 1070  | 1119   | 1109   | 1108   | 1110   | 1101   | 1096   |
| 10 <sup>-3</sup> dP <sub>0</sub> /s (°C)       | 1155  | 1158  | 1154  | 1131  | 1183   | 1173   | 1174   | 1174   | 1167   | 1163   |
| 10 <sup>-3</sup> dP <sub>0</sub> /s (°C)       | 1235  | 1239  | 1234  | 1209  | 1264   | 1256   | 1256   | 1271   | 1251   | 1247   |
| TL (°C)                                        | 928   | 916   | 926   | —     | —      | 967    | 963    | 947    | 953    | 942    |
| log $\eta$ TL (dPa·s)                          | 5.1   | 5.2   | 5.1   | —     | —      | 4.8    | 4.6    | 4.9    | 4.7    | 5      |

[0097] [表13]

| ガラス組成(wt%)                       | No.106 | No.107 | No.108 | No.109 | No.110 | No.111 | No.112 | No.113 | No.114 |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub>                 | 39.9   | 39.5   | 43.9   | 39.9   | 39.9   | 39.9   | 39.9   | 39.9   | 39.9   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | 5.1    | 5.1    | 5.0    | 5.1    | 5.1    | 5.1    | 5.1    | 5.1    | 4.1    |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>    | 4.1    | 5.1    | 0.0    | 5.1    | 5.1    | 5.1    | 5.1    | 5.1    | 5.1    |
| MgO                              | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| CaO                              | 3.0    | 2.9    | 5.9    | 3.0    | 3.0    | 3.0    | 3.0    | 3.0    | 3.0    |
| SrO                              | 12.2   | 12.2   | 5.9    | 11.2   | 11.2   | 11.2   | 11.2   | 12.2   | 12.2   |
| BaO                              | 26.9   | 26.6   | 26.2   | 26.9   | 26.9   | 26.9   | 26.9   | 26.9   | 26.9   |
| ZnO                              | 3.1    | 3.0    | 3.0    | 3.1    | 3.1    | 3.1    | 3.1    | 3.1    | 3.1    |
| TiO <sub>2</sub>                 | 3.6    | 3.6    | 4.0    | 3.6    | 3.6    | 4.6    | 5.6    | 3.6    | 3.6    |
| ZrO <sub>2</sub>                 | 2.0    | 2.0    | 0.0    | 1.0    | 0.0    | 1.0    | 0.0    | 2.0    | 2.0    |
| La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | 0.0    | 0.0    | 6.0    | 1.0    | 2.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | 0.1    | 0.1    | 0.1    | 0.1    | 0.1    | 0.1    | 0.1    | 0.1    | 0.1    |
| Si+Al+B                          | 49.1   | 49.7   | 48.9   | 50.2   | 50.2   | 50.2   | 50.2   | 49.1   | 49.1   |
| Ti+Zr                            | 5.6    | 5.6    | 4.0    | 4.6    | 3.6    | 5.6    | 5.6    | 5.6    | 5.6    |
| B+Zn                             | 7.2    | 8.1    | 3.0    | 8.2    | 8.2    | 8.2    | 8.2    | 8.2    | 8.2    |
| $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )      | —      | —      | 3.428  | 3.413  | 3.421  | 3.401  | 3.395  | —      | —      |
| $\alpha$ ( $\times 10^{-7}$ /°C) | 74.0   | 72.9   | 74.7   | 73.2   | 74.1   | 73.0   | 73.2   | 73.0   | 73.3   |
| P <sub>5</sub> (°C)              | 637    | 633    | 679    | 631    | 627    | 631    | 630    | 632    | 633    |
| T <sub>5</sub> (°C)              | 676    | 671    | 721    | 669    | 665    | 668    | 667    | 670    | 670    |
| T <sub>5</sub> (°C)              | 823    | 814    | 876    | 809    | 804    | 807    | 802    | 812    | 812    |
| 10 <sup>4</sup> dPa·s(°C)        | 1013   | 1002   | 1084   | 1000   | 990    | 996    | 987    | 998    | 997    |
| 10 <sup>3</sup> dPa·s(°C)        | 1109   | 1098   | 1188   | 1098   | 1086   | 1091   | 1081   | 1093   | 1091   |
| 10 <sup>2</sup> dPa·s(°C)        | 1174   | 1162   | 1268   | 1163   | 1149   | 1155   | 1145   | 1158   | 1154   |
| 10 <sup>2.5</sup> dPa·s(°C)      | 1256   | 1244   | 1348   | 1253   | 1233   | 1238   | 1228   | 1236   | 1234   |
| TL(°C)                           | 940    | 976    | —      | 931    | 939    | 973    | 955    | 955    | 1015   |
| log $\eta$ TL(dPa·s)             | 5.1    | 4.4    | —      | 5.0    | 4.7    | 4.3    | 4.4    | 4.5    | 3.8    |

## 産業上の利用可能性

[0098] 本発明の放射線遮蔽ガラスは、例えば、放射線遮蔽窓又は放射線遮蔽衝立に利用可能であり、特に放射線施設における観察窓、X線を発する分析機器の観察窓等に利用可能である。

### 請求の範囲

- [請求項1] ガラス組成として、質量％換算で、 $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{B}_2\text{O}_3$  30～80％、 $\text{B}_2\text{O}_3 + \text{ZnO}$  0.1～20％、 $\text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2$  3～20％、 $\text{PbO}$  0～5％を含有することを特徴とする放射線遮蔽ガラス。
- [請求項2]  $\text{ZrO}_2$ を0.01～10質量％含むことを特徴とする請求項1に記載の放射線遮蔽ガラス。
- [請求項3]  $\text{TiO}_2$ を0.01～15質量％含むことを特徴とする請求項1又は2に記載の放射線遮蔽ガラス。
- [請求項4] 実質的に $\text{PbO}$ を含有せず、且つ $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{Gd}_2\text{O}_3 + \text{Nb}_2\text{O}_5 + \text{Ta}_2\text{O}_5 + \text{WO}_3$ の含有量が9質量％以下であることを特徴とする請求項1～3の何れかに記載の放射線遮蔽ガラス。
- [請求項5] 更に、 $\text{B}_2\text{O}_3$ を0.1～15質量％含むことを特徴とする請求項1～4の何れかに記載の放射線遮蔽ガラス。
- [請求項6]  $\text{ZnO}$ を0.1～15質量％含むことを特徴とする請求項1～5の何れかに記載の放射線遮蔽ガラス。
- [請求項7] 50kVの管電圧における厚み方向のX線透過率が30％以下であることを特徴とする請求項1～6の何れか一項に記載の放射線遮蔽ガラス。
- [請求項8] 液相粘度が $10^{3.0} \text{ dPa} \cdot \text{s}$ 以上であることを特徴とする請求項1～7の何れか一項に記載の放射線遮蔽ガラス。
- [請求項9] 平板形状であることを特徴とする請求項1～8の何れか一項に記載の放射線遮蔽ガラス。
- [請求項10] 放射線遮蔽窓又は放射線遮蔽衝立に用いることを特徴とする請求項1～9の何れか一項に記載の放射線遮蔽ガラス。
- [請求項11] 放射線遮蔽ガラス板と樹脂シートとを積層させてなる合わせガラスであって、  
放射線遮蔽ガラス板が、請求項1～10の何れか一項に記載の放射

線遮蔽ガラスであることを特徴とする合わせガラス。

[請求項12]      厚みが2.5 mm以上であることを特徴とする請求項11に記載の合わせガラス。

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/067907

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C03C4/08(2006.01)i, C03C3/064(2006.01)i, C03C3/066(2006.01)i, C03C3/085(2006.01)i, C03C3/087(2006.01)i, C03C3/089(2006.01)i, C03C3/091(2006.01)i, C03C3/093(2006.01)i, C03C3/095(2006.01)i, G21F1/06(2006.01)i,  
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C03C1/00-14/00, G21F1/06, G21F3/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2015 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2015 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2015 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

INTERGLAD

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                              | Relevant to claim No. |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X<br>A    | JP 2012-254920 A (Nippon Electric Glass Co., Ltd.),<br>27 December 2012 (27.12.2012),<br>claims; paragraphs [0063], [0065], [0073];<br>tables 1 to 3<br>& WO 2012/157695 A1 & DE 112012002137 T5<br>& TW 201307238 A & CN 103492331 A<br>& KR 10-2013-0143639 A | 1-7, 9-12<br>8        |
| X<br>A    | JP 60-151248 A (Nippon Sheet Glass Co., Ltd.),<br>09 August 1985 (09.08.1985),<br>page 1, lines 6 to 9; table 1<br>(Family: none)                                                                                                                               | 1-4, 6-10<br>5, 11-12 |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
01 September 2015 (01.09.15)

Date of mailing of the international search report  
15 September 2015 (15.09.15)

Name and mailing address of the ISA/  
Japan Patent Office  
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,  
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/067907

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                 | Relevant to claim No.         |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| X<br>A    | JP 56-134535 A (Corning Glass Works),<br>21 October 1981 (21.10.1981),<br>page 2, lines 2 to 4; table 1<br>& US 4277286 A & DE 3103345 A1<br>& FR 2476060 A1 & KR 10-1983-0002077 B1               | 1-4, 6-7, 9-10<br>5, 8, 11-12 |
| X<br>A    | JP 58-120537 A (Asahi Glass Co., Ltd.),<br>18 July 1983 (18.07.1983),<br>claims; page 3, upper right column<br>(Family: none)                                                                      | 1-4, 6-7, 9-10<br>5, 8, 11-12 |
| X<br>A    | JP 62-288134 A (Nippon Electric Glass Co.,<br>Ltd.),<br>15 December 1987 (15.12.1987),<br>claims; tables<br>(Family: none)                                                                         | 1-4, 6-7, 9-10<br>5, 8, 11-12 |
| X<br>A    | JP 63-215533 A (Nippon Electric Glass Co.,<br>Ltd.),<br>08 September 1988 (08.09.1988),<br>claims; tables<br>(Family: none)                                                                        | 1-4, 6-7, 9-10<br>5, 8, 11-12 |
| X<br>A    | JP 2002-343274 A (Asahi Glass Co., Ltd.),<br>29 November 2002 (29.11.2002),<br>claims; table 1<br>& US 2003/0076027 A1 & GB 2376463 A<br>& DE 10220393 A1 & KR 10-2002-0087852 A<br>& CN 1385875 A | 1-4, 6-7, 9-10<br>5, 8, 11-12 |
| X<br>A    | JP 2005-67902 A (Nippon Electric Glass Co.,<br>Ltd.),<br>17 March 2005 (17.03.2005),<br>claims; tables 2, 3<br>& US 2005/0043165 A1 & CN 1583625 A                                                 | 1-4, 6-7, 9-10<br>5, 8, 11-12 |
| X<br>A    | JP 2011-162435 A (Schott AG.),<br>25 August 2011 (25.08.2011),<br>claims; table 1<br>& US 2011/0218268 A1 & GB 2477843 A<br>& DE 102010007796 B3 & CN 102190438 A<br>& KR 10-1056099 B1            | 1-2, 4-5<br>3, 6-12           |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2015/067907

Continuation of A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
(International Patent Classification (IPC))

G21F3/00(2006.01)i

(According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC)

## A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C03C4/08(2006.01)i, C03C3/064(2006.01)i, C03C3/066(2006.01)i, C03C3/085(2006.01)i,  
C03C3/087(2006.01)i, C03C3/089(2006.01)i, C03C3/091(2006.01)i, C03C3/093(2006.01)i,  
C03C3/095(2006.01)i, G21F1/06(2006.01)i, G21F3/00(2006.01)i

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C03C1/00-14/00, G21F1/06, G21F3/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

|             |                     |
|-------------|---------------------|
| 日本国実用新案公報   | 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1 9 7 1 - 2 0 1 5 年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1 9 9 6 - 2 0 1 5 年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1 9 9 4 - 2 0 1 5 年 |

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

INTERGLAD

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                                                                                                                    | 関連する<br>請求項の番号        |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X<br>A          | JP 2012-254920 A（日本電気硝子株式会社）2012.12.27, [特許請求<br>の範囲], 段落[0063], [0065], [0073], [表 1]-[表 3]<br>& WO 2012/157695 A1 & DE 112012002137 T5 & TW 201307238 A<br>& CN 103492331 A & KR 10-2013-0143639 A | 1-7, 9-12<br>8        |
| X<br>A          | JP 60-151248 A（日本板硝子株式会社）1985.08.09, 第 1 頁第 6-9<br>行, 第 1 表（ファミリーなし）                                                                                                                                 | 1-4, 6-10<br>5, 11-12 |

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）  
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 1 . 0 9 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

1 5 . 0 9 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）  
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5  
東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

相田 悟

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 6 5

4 T

3 9 4 8

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                                                                                                          |                                  |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 引用文献の<br>カテゴリー*       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                                                                                        | 関連する<br>請求項の番号                   |
| X<br>A                | JP 56-134535 A (コーニング・グラス・ワークス) 1981. 10. 21, 第2<br>頁第2-4行, 第1表<br>& US 4277286 A & DE 3103345 A1 & FR 2476060 A1<br>& KR 10-1983-0002077 B1                             | 1-4, 6-7,<br>9-10<br>5, 8, 11-12 |
| X<br>A                | JP 58-120537 A (旭硝子株式会社) 1983. 07. 18, 特許請求の範囲, 第<br>3頁右上欄 (ファミリーなし)                                                                                                     | 1-4, 6-7,<br>9-10<br>5, 8, 11-12 |
| X<br>A                | JP 62-288134 A (日本電気硝子株式会社) 1987. 12. 15, 特許請求の<br>範囲, 表 (ファミリーなし)                                                                                                       | 1-4, 6-7,<br>9-10<br>5, 8, 11-12 |
| X<br>A                | JP 63-215533 A (日本電気硝子株式会社) 1988. 09. 08, 特許請求の<br>範囲, 表 (ファミリーなし)                                                                                                       | 1-4, 6-7,<br>9-10<br>5, 8, 11-12 |
| X<br>A                | JP 2002-343274 A (旭硝子株式会社) 2002. 11. 29, [特許請求の範囲],<br>[表1]<br>& US 2003/0076027 A1 & GB 2376463 A & DE 10220393 A1<br>& KR 10-2002-0087852 A & CN 1385875 A             | 1-4, 6-7,<br>9-10<br>5, 8, 11-12 |
| X<br>A                | JP 2005-67902 A (日本電気硝子株式会社) 2005. 03. 17, [特許請求<br>の範囲], [表2], [表3]<br>& US 2005/0043165 A1 & CN 1583625 A                                                              | 1-4, 6-7,<br>9-10<br>5, 8, 11-12 |
| X<br>A                | JP 2011-162435 A (ショット アクチエンゲゼルシャフト)<br>2011. 08. 25, [特許請求の範囲], [表1]<br>& US 2011/0218268 A1 & GB 2477843 A & DE 102010007796 B3<br>& CN 102190438 A & KR 10-1056099 B1 | 1-2, 4-5<br>3, 6-12              |