

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7498894号
(P7498894)

(45)発行日 令和6年6月13日(2024.6.13)

(24)登録日 令和6年6月5日(2024.6.5)

(51)国際特許分類 F I
C 0 3 C 21/00 (2006.01) C 0 3 C 21/00 1 0 1
C 0 3 C 10/04 (2006.01) C 0 3 C 10/04

請求項の数 7 (全16頁)

(21)出願番号 特願2020-522593(P2020-522593)	(73)特許権者 000232243 日本電気硝子株式会社 滋賀県大津市晴嵐2丁目7番1号
(86)(22)出願日 令和1年5月30日(2019.5.30)	(72)発明者 結城 健 滋賀県大津市晴嵐二丁目7番1号 日本 電気硝子株式会社内
(86)国際出願番号 PCT/JP2019/021544	審査官 宮脇 直也
(87)国際公開番号 WO2019/230889	
(87)国際公開日 令和1年12月5日(2019.12.5)	
審査請求日 令和4年4月13日(2022.4.13)	
(31)優先権主張番号 特願2018-105958(P2018-105958)	
(32)優先日 平成30年6月1日(2018.6.1)	
(33)優先権主張国・地域又は機関 日本国(JP)	

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 強化ガラス及び強化用ガラス

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

表面にイオン交換による圧縮応力層を有する結晶化ガラスからなる強化ガラスであって、組成として、モル%で、 SiO_2 50~80%、 Al_2O_3 0.1~3.0%、 B_2O_3 0~10%、 P_2O_5 0.1~15%、 Li_2O 16.3~28%、 Na_2O 0.1~12%、 K_2O 0~7%、 ZrO_2 3~10%を含有し、結晶化度が20%以上であり、主結晶としてリチウムメタシリケート、またはリチウムダイシリケートを含有し、前記圧縮応力層の応力深さが40 μm 以上であり、板厚0.5mm換算のCTリミットが65MPaより大きい、

ことを特徴とする強化ガラス。

【請求項2】

ヤング率が80GPa以上であることを特徴とする請求項1に記載の強化ガラス。

【請求項3】

結晶子サイズが500nm以下であることを特徴とする請求項1または2に記載の強化ガラス。

【請求項4】

主結晶がリチウムダイシリケートであり、結晶化度が30%以上であることを特徴とする請求項1~3の何れかに記載の強化ガラス。

【請求項 5】

板状であり、且つ板厚が 0 . 1 ~ 2 . 0 mmであることを特徴とする請求項 1 ~ 4 の何れかに記載の強化ガラス。

【請求項 6】

前記圧縮応力層の圧縮応力値が 3 0 0 M P a 以上、且つ応力深さが 5 0 ~ 9 0 μ mであることを特徴とする請求項 1 ~ 5 の何れかに記載の強化ガラス。

【請求項 7】

タッチパネルディスプレイのカバーガラスに用いることを特徴とする請求項 1 ~ 6 の何れかに記載の強化ガラス。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、強化ガラス及び強化用ガラスに関し、特に携帯電話、デジタルカメラ、PDA（携帯端末）等のタッチパネルディスプレイのカバーガラスに好適な強化ガラスに関する。

【背景技術】

【0002】

携帯電話、デジタルカメラ、PDA（携帯端末）等は、益々普及する傾向にある。これらの用途には、タッチパネルディスプレイを保護するために、カバーガラスが用いられている（特許文献1参照）。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2006-083045号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

カバーガラス、特にスマートフォンに使用されるカバーガラスは、移動しながら使用されることが多いため、路面に落下した時に破損し易くなる。よって、カバーガラスの用途では、路面落下に対する耐傷性を高めることが重要になる。

30

【0005】

耐傷性を高める方法として、表面にイオン交換による圧縮応力層を有する強化ガラスを用いる方法が知られている。特に、耐傷性を高めるために、圧縮応力層の応力深さを大きくすることが有効である。

【0006】

しかし、応力深さを大きくしようとすると、内部の引っ張り応力が大きくなり過ぎて、破損時に粉々に砕け、人体に危険を及ぼす虞がある。よって、応力深さを大きくするには限界があった。

【0007】

本発明は、上記事情に鑑みなされたものであり、その技術的課題は、応力深さを大きくしても、破損時に粉々に砕けない強化ガラスを創案することである。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明者が、種々の検討を行った結果、ガラス組成を厳密に規制することにより、イオン交換前の臨界エネルギー解放率 G_c を所定値以上に高めることにより、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、本発明の強化ガラスは、表面にイオン交換による圧縮応力層を有する強化ガラスであって、組成として、モル%で、 SiO_2 50~80%、 Al_2O_3 0~20%、 B_2O_3 0~10%、 P_2O_5 0~15%、 Li_2O 0~35%、 Na_2O 0~12%、 K_2O 0~7%を含有することを特徴とする。

50

【0009】

また、本発明の強化ガラスは、イオン交換前の臨界エネルギー解放率 G_c が 8.0 J/m^2 以上であることが好ましい。このようにすれば、破片化に要するエネルギーが大きくなるため、破損時の破片数が少なくなり易い。またCTリミットが小さくなり易い。結果として、応力深さを大きくしても、破損時に粉々に砕けない強化ガラスを得ることができる。ここで、「臨界エネルギー解放率 G_c 」は、 $G_c = K_{1c}^2 / E$ により算出された値を指す。左記式において、「 K_{1c} 」は、破壊靱性($\text{MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$)を指し、「 E 」は、ヤング率(GPa)を指す。「破壊靱性 K_{1c} 」は、JIS R1607「ファインセラミックスの破壊靱性試験方法」に基づき、予き裂導入破壊試験法(SEPB法: Single-Edge-Pre-cracked-Beam method)を用いて測定したものである。SEPB法は、予き裂導入試験片の3点曲げ破壊試験によって試験片が破壊するまでの最大荷重を測定し、最大荷重、予き裂長さ、試験片寸法及び曲げ支点間距離から平面ひずみ破壊靱性 K_{1c} を求める方法である。なお、各ガラスの破壊靱性 K_{1c} の測定値は測定5回の平均値とする。「ヤング率」は、周知の共振法で測定することができる。

10

【0010】

また、本発明の強化ガラスは、ヤング率が 80 GPa 以上であることが好ましい。

【0011】

また、本発明の強化ガラスは、結晶化ガラスからなることが好ましく、結晶化ガラスの結晶化度が 5% 以上であることが好ましい。また、本発明の強化ガラスでは、結晶化ガラスの結晶子サイズが 500 nm 以下であることが好ましい。更に、本発明の強化ガラスでは、結晶化ガラスの主結晶がリチウムダイシリケートであることが好ましい。ここで、「結晶化度」は、粉末法によりX線回折装置(リガク製RINT-2100)で評価することができる。具体的には、非晶質の質量に相当するハローの面積と、結晶の質量に相当するピークの面積とをそれぞれ算出した後、 $[\text{ピークの面積}] \times 100 / [\text{ピークの面積} + \text{ハローの面積}] (\%)$ の式により求めることができる。「結晶子サイズ」は、粉末X線回折の解析結果からシェラーの式により算出することができる。「主結晶」は、粉末X線回折の解析結果から同定することができる。

20

【0012】

また、本発明の強化ガラスでは、板状であり、且つ板厚が $0.1 \sim 2.0 \text{ mm}$ であることが好ましい。

30

【0013】

また、本発明の強化ガラスでは、圧縮応力層の圧縮応力値が 300 MPa 以上、且つ応力深さが $15 \mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。ここで、「圧縮応力値」と「応力深さ」は、表面応力計(折原製作所の表面応力計FSM-6000LE)により算出した値を指す。

【0014】

また、本発明の強化ガラスは、CTリミットが 65 MPa より大きいことが好ましい。ここで、「CTリミット」とは、寸法 0.2 mm 以上になる破片数が 100 個/インチ²となる内部の引っ張り応力値を指す。「破片数が 100 個/インチ²となる内部の引っ張り応力値」は、まず、定盤上でダイヤモンドチップを用いたインデインターテストを行い、遅れ破壊を生じさせた時の破片数が 100 個/インチ²を超えたCTcv値(2点)における破片数データと、破片数が 100 個/インチ²未満である時のCTcv値(2点)における破片数データとを採取し、次に計4点のCTcv値における破片数データから指数近似曲線を引いた後、その近似曲線から破片数が 100 となるCTcv値をCTリミットとして算出したものである。なお、CTcv値は、折原製作所の表面応力計FSM-6000LEのソフトFsmVにより得ることができる。また、各点における破片数データは、測定3回の平均値とする。

40

【0015】

また、本発明の強化ガラスは、タッチパネルディスプレイのカバーガラスに用いることが好ましい。

【0016】

50

本発明の強化用ガラスは、表面にイオン交換による圧縮応力層を有する強化ガラスを製作するための強化用ガラスであって、組成として、モル%で、 SiO_2 50~80%、 Al_2O_3 0~20%、 B_2O_3 0~10%、 P_2O_5 0~15%、 Li_2O 0~35%、 Na_2O 0~12%、 K_2O 0~7%を含有することを特徴とする。

【0017】

また、本発明の強化用ガラスは、臨界エネルギー解放率 G_c が 8.0 J/m^2 以上であることが好ましい。

【0018】

また、本発明の強化用ガラスは、結晶化ガラスからなることが好ましい。

【発明を実施するための形態】

10

【0019】

本発明の強化ガラスは、組成として、モル%で、 SiO_2 50~80%、 Al_2O_3 0~20%、 B_2O_3 0~10%、 P_2O_5 0~15%、 Li_2O 0~35%、 Na_2O 0~12%、 K_2O 0~7%を含有する。上記のように各成分の含有量を限定した理由を以下に示す。なお、各成分の含有量の説明において、%表示は、特に断りがある場合を除き、モル%を表す。

【0020】

SiO_2 は、ガラスのネットワークを形成する成分であり、またリチウムダイシリケート等の結晶を析出させるための成分である。 SiO_2 の含有量は、好ましくは50~80%、55~75%、60~73%、特に65~70%である。 SiO_2 の含有量が少な過ぎると、ガラス化し難くなり、またヤング率や耐候性が低下し易くなる。一方、 SiO_2 の含有量が多過ぎると、熔融性や成形性が低下し易くなり、また熱膨張係数が低くなり過ぎて、周辺材料の熱膨張係数に整合させ難くなる。

20

【0021】

Al_2O_3 は、臨界エネルギー解放率 G_c とイオン交換性能を高める成分である。しかし、 Al_2O_3 の含有量が多過ぎると、高温粘度が上昇して、熔融性や成形性が低下し易くなる。また、ガラスに失透結晶が析出し易くなって、オーバーフローダウンドロー法等で板状に成形し難くなる。よって、 Al_2O_3 の上限範囲は、好ましくは20%以下、19.5%以下、19%以下、18.8%以下、18.7%以下、18.6%以下、18.5%以下、18%以下、15%以下、12%以下、10%以下、6%以下、特に5%以下であり、また下限範囲は、好ましくは0%以上、0.1%以上、0.5%以上、1%以上、2%以上、特に4%以上であり、イオン交換性能を重視する場合、12%以上、15%超、15.5%以上、17%以上、特に18%以上である。

30

【0022】

B_2O_3 は、熔融性、耐失透性を高める成分である。しかし、 B_2O_3 の含有量が多過ぎると、臨界エネルギー解放率 G_c 、耐候性が低下し易くなる。よって、 B_2O_3 の含有量は、好ましくは0~10%、0~7%、0~5%、0~3%、特に0~1%未満である。

【0023】

P_2O_5 は、結晶核を生成させるための成分である。しかし、 P_2O_5 を多量に導入すると、ガラスが分相し易くなる。よって、 P_2O_5 の含有量は、好ましくは0~15%、0.1~10%、0.1~5%、0.4~4.5%、特に0.5~3%である。

40

【0024】

Li_2O は、リチウムダイシリケート等の結晶を析出させるための成分であり、更に臨界エネルギー解放率 G_c とイオン交換性能を高める成分である。しかし、 Li_2O の含有量が多過ぎると、耐候性が低下し易くなる。よって、 Li_2O の上限範囲は、好ましくは35%以下、32%以下、30%以下、29%以下、28%以下、26%以下、25%以下、23%以下、特に22%以下であり、耐候性を重視する場合、15%以下、12%以下、10%以下、9.8%以下、9.5%以下、9.4%以下、9.3%以下、9%以下、8.5%以下、8.3%以下、8%以下、特に7.8%以下であり、また下限範囲は、好ましくは0%以上、1%以上、2%以上、3%以上、4%以上、4.5%以上、5%以

50

上、5.5%以上、6%以上、6.3%以上、6.5%以上、特に6.6%以上である。

【0025】

Na₂Oは、イオン交換性能を高める成分であり、また高温粘性を下げて、熔融性を顕著に高める成分である。またガラス原料の初期の熔融に寄与する成分である。しかし、Na₂Oの含有量が多過ぎると、結晶子サイズが粗大化し易くなり、また耐候性が低下し易くなる。よって、Na₂Oの上限範囲は、好ましくは12%以下、10%以下、9.8%以下、9.5%以下、9.3%以下、9.1%以下、9%以下、8.7%以下、特に7%以下であり、耐候性を重視する場合、6%以下、5%以下、4%以下、3%以下、2%以下、1%以下、特に1%未満であり、また下限範囲は、好ましくは0%以上、0.1%以上、0.5%以上、1%以上、3%以上、4%以上、5%以上、5.5%以上、6%以上、6.5%以上、特に7%以上である。

10

【0026】

K₂Oは、イオン交換性能を高める成分であり、また高温粘性を下げて、熔融性を高める成分である。しかし、K₂Oの含有量が多過ぎると、結晶子サイズが粗大化し易くなる。よって、K₂Oの含有量は、好ましくは0~7%、0~5%、0~3%、特に0~1%未満である。

【0027】

上記成分以外にも、任意成分として、他の成分を導入してもよい。

【0028】

MgOは、ヤング率やイオン交換性能を高めると共に、高温粘性を下げて、熔融性を高める成分である。しかし、MgOの含有量が多過ぎると、成形時にガラスが失透し易くなる。よって、MgOの含有量は、好ましくは0~10%、0~7%、0~4%、特に0~2%である。

20

【0029】

CaOは、高温粘性を下げて、熔融性を高める成分である。またアルカリ土類金属酸化物の中では、導入原料が比較的安価であるため、バッチコストを低廉化する成分である。しかし、CaOの含有量が多過ぎると、成形時にガラスが失透し易くなる。よって、CaOの含有量は、好ましくは0~5%、0~3%、0~1%、特に0~0.5%である。

【0030】

SrOは、分相を抑制する成分であり、また結晶子サイズの粗大化を抑制する成分であるが、その含有量が多過ぎると、熱処理により結晶を析出させることが困難になる。よって、SrOの含有量は、好ましくは0~5%、0~4%、0~3%、特に0~2%である。

30

【0031】

BaOは、結晶子サイズの粗大化を抑制する成分であるが、その含有量が多過ぎると、熱処理により結晶を析出させることが困難になる。よって、BaOの含有量は、好ましくは0~5%、0~4%、0~3%、特に0~2%である。

【0032】

ZnOは、高温粘性を下げて、熔融性を顕著に高める成分であると共に、結晶子サイズの粗大化を抑制する成分である。しかし、ZnOの含有量が多過ぎると、成形時にガラスが失透し易くなる。よって、ZnOの含有量は、好ましくは0~5%、0~3%、0~2%、特に0~1%である。

40

【0033】

ZrO₂は、臨界エネルギー解放率G_cと耐候性を高める成分であり、また結晶核を生成させるための成分である。しかし、ZrO₂を多量に導入すると、ガラスが失透し易くなり、また導入原料が難溶解性であるため、未溶解の異物がガラス内に混入する虞がある。よって、ZrO₂の含有量は、好ましくは0~10%、0.1~9%、1~7%、2~6%、特に3~5%である。

【0034】

TiO₂は、結晶核を生成させるための成分であり、また耐候性を改善する成分である。しかし、TiO₂を多量に導入すると、ガラスが着色して、透過率が低下し易くなる。

50

よって、 TiO_2 の含有量は、好ましくは0～5%、0～3%、特に0～1%未満である。

【0035】

SnO_2 は、イオン交換性能を高める成分であるが、その含有量が多過ぎると、耐失透性が低下し易くなる。よって、 SnO_2 の含有量は、好ましくは0～3%、0.01～3%、0.05～3%、0.1～3%、特に0.2～3%である。

【0036】

清澄剤として、 Cl 、 SO_3 、 CeO_2 の群（好ましくは Cl 、 SO_3 の群）から選択された一種又は二種以上を0.001～1%添加してもよい。また、清澄剤として、 Sb_2O_3 を0.001～1%添加してもよい。組成により変化する高温粘性に依じて、効果的な清澄剤を添加することができる。

10

【0037】

Fe_2O_3 の好適な含有量は1000ppm未満（0.1%未満）、800ppm未満、600ppm未満、400ppm未満、特に300ppm未満である。更に、 Fe_2O_3 の含有量を上記範囲に規制した上で、モル比 $SnO_2 / (Fe_2O_3 + SnO_2)$ を0.8以上、0.9以上、特に0.95以上に規制することが好ましい。このようにすれば、波長400～770nm、厚み1mmにおける全光線透過率が向上し易くなる。

【0038】

Y_2O_3 は、臨界エネルギー解放率 G_c を高める成分である。しかし、 Y_2O_3 は、原料自体のコストが高く、また多量に添加すると、耐失透性が低下し易くなる。よって、 Y_2O_3 の含有量は、好ましくは0～15%、0.1～12%、1～10%、1.5～8%、特に2～6%である。

20

【0039】

Gd_2O_3 、 Nb_2O_5 、 La_2O_3 、 Ta_2O_5 、 HfO_2 は、臨界エネルギー解放率 G_c を高める成分である。しかし、 Gd_2O_3 、 Nb_2O_5 、 La_2O_3 、 Ta_2O_5 、 HfO_2 は、原料自体のコストが高く、また多量に添加すると、耐失透性が低下し易くなる。また、 Gd_2O_3 、 Nb_2O_5 、 La_2O_3 、 Ta_2O_5 、 Hf_2O の含量及び個別の含有量は、好ましくは0～15%、0～10%、0～5%、特に0～3%である。

【0040】

本発明の強化ガラスは、環境的配慮から、組成として、実質的に As_2O_3 、 PbO 、 F 等を含むことが好ましい。また、環境的配慮から、実質的に Bi_2O_3 を含むことも好ましい。「実質的に～を含む」とは、ガラス成分として積極的に明示の成分を添加しないものの、不純物レベルの添加を許容する趣旨であり、具体的には、明示の成分の含有量が0.05%未満の場合を指す。

30

【0041】

本発明の強化ガラスにおいて、イオン交換前の臨界エネルギー解放率 G_c は、好ましくは5.0J/m²以上、5.5J/m²以上、5.8J/m²以上、6.0J/m²以上、6.2J/m²以上、6.4J/m²以上、6.5J/m²以上、6.6J/m²以上、6.8J/m²以上、7.0J/m²以上、7.2J/m²以上、7.4J/m²以上、7.6J/m²以上、7.8J/m²以上、8.0J/m²以上、12J/m²以上、15J/m²以上、20J/m²以上、25J/m²以上、特に30～50J/m²以上である。臨界エネルギー解放率 G_c が小さ過ぎると、破片化に要するエネルギーが小さくなるため、破損時の破片数が多くなり易い。またCTリミットが小さくなり易い。

40

【0042】

本発明の強化ガラスは、臨界エネルギー解放率 G_c を高めるために、結晶化ガラスからなることが好ましい。結晶化ガラスの主結晶種は特に限定されないが、リチウムメタシリケート、リチウムダイシリケート、エンスタタイト、石英、スポジュメン、ネフェリン、カーネギアイト、リチウムアルミナシリケート、クリストバライト、ムライト、スピネルの何れかであることが好ましく、特にリチウムダイシリケートが好ましい。主結晶が上記以外であると、臨界エネルギー解放率 G_c が低下し易くなる。

【0043】

50

強化ガラスを結晶化ガラスとする場合、結晶化度は、好ましくは10%以上、20%以上、特に30~90%である。結晶化度が低過ぎると、臨界エネルギー解放率 G_c が低下し易くなる。一方、結晶化度が高過ぎると、イオン交換速度が低下して、強化ガラスの製造効率が低下し易くなる。

【0044】

結晶子サイズは、好ましくは500nm以下、300nm以下、200nm以下、150nm以下、特に100nm以下である。結晶子サイズが大き過ぎると、強化ガラスの機械的強度が低下し易くなると共に、端面加工時等で結晶が欠落して、強化ガラスの表面粗さが低下し易くなる。更に透明性が低下し易くなる。

【0045】

本発明の強化ガラスは、以下の特性を有することが好ましい。

【0046】

密度は、好ましくは 3.50 g/cm^3 以下、 3.25 g/cm^3 以下、 3.00 g/cm^3 以下、 2.90 g/cm^3 以下、 2.80 g/cm^3 以下、 2.70 g/cm^3 以下、 2.60 g/cm^3 以下、特に $2.37\sim 2.55\text{ g/cm}^3$ である。密度が低い程、強化ガラスを軽量化することができる。なお、ガラス組成中の SiO_2 、 B_2O_3 、 P_2O_5 の含有量を増量したり、アルカリ金属酸化物、アルカリ土類金属酸化物、 ZnO 、 ZrO_2 、 TiO_2 の含有量を減量すれば、密度が低下し易くなる。

【0047】

30~380の温度範囲における熱膨張係数は、好ましくは、 $150 \times 10^{-7}/$ 以下、 $130 \times 10^{-7}/$ 以下、特に $50 \sim 120 \times 10^{-7}/$ である。30~380の温度範囲における熱膨張係数が上記範囲外になると、各種膜との熱膨張が不整合になり、膜剥がれ等の欠陥が発生し易くなる。ここで、「30~380の温度域における熱膨張係数」は、ディラトメーターで測定した値を指す。

【0048】

クラックレジスタンスは、好ましくは10gf以上、25gf以上、特に50~1000gfである。このようにすれば、クラックが生じ難くなる。なお、「クラックレジスタンス」とは、表面にビッカース圧子を押し込み、圧痕のコーナーに生じるラジアルクラックの数を圧痕のコーナーの全数で割った際の割合(=クラックの発生率)が50%になるときの荷重を指し、ビッカース圧子の押し込みは少なくとも20回行うものとする。

【0049】

本発明の強化ガラスは、イオン交換前に、以下の特性を有することが好ましい。

【0050】

イオン交換前の破壊靱性 K_{1c} は、好ましくは $0.7\text{ MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$ 以上、 $0.8\text{ MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$ 以上、 $1.0\text{ MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$ 以上、 $1.2\text{ MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$ 以上、特に $1.5\sim 3.5\text{ MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$ である。破壊靱性 K_{1c} が小さ過ぎると、破片化に要するエネルギーが小さくなるため、破損時の破片数が多くなる。またCTリミットが小さくなり易い。

【0051】

イオン交換前のヤング率は、好ましくは70GPa以上、72GPa以上、73GPa以上、74GPa以上、75GPa以上、76GPa以上、77GPa以上、78GPa以上、79GPa以上、80GPa以上、83GPa以上、85GPa以上、87GPa以上、90GPa以上、特に100~150GPaである。ヤング率が低いと、板厚が薄い場合に、強化ガラスが撓み易くなる。

【0052】

イオン交換前のビッカース硬度は、好ましくは500以上、550以上、580以上、特に600~2500である。ビッカース硬度が低過ぎると、傷が付き易くなる。

【0053】

本発明の強化ガラスは、表面にイオン交換による圧縮応力層を有する。圧縮応力層の圧縮応力値は、好ましくは300MPa以上、400MPa以上、500MPa以上、60

10

20

30

40

50

0 MPa以上、特に700 MPa以上である。圧縮応力値が大きい程、臨界エネルギー解放率Gcが高くなる。一方、表面に極端に大きな圧縮応力が形成されると、内在する引っ張り応力が極端に高くなり、またイオン交換処理前後の寸法変化が大きくなる虞がある。このため、圧縮応力層の圧縮応力値は1800 MPa以下、1650 MPa以下、特に1500 MPa以下が好ましい。なお、イオン交換時間を短くしたり、イオン交換溶液の温度を下げれば、圧縮応力値が大きくなる傾向がある。

【0054】

圧縮応力層の応力深さは、好ましくは15 μm以上、30 μm以上、35 μm以上、40 μm以上、特に45 μm以上である。応力深さが大きい程、耐傷性が高くなり、また強化ガラスの機械的強度のバラツキが小さくなる。一方、応力深さが大きい程、内在する引っ張り応力が高くなり、またイオン交換処理前後で寸法変化が大きくなる虞がある。更に、応力深さが大きすぎると、圧縮応力値が低下する傾向がある。よって、応力深さは、好ましくは90 μm以下、80 μm以下、特に70 μm以下である。なお、イオン交換時間を長くしたり、イオン交換溶液の温度を上げれば、応力深さが大きくなる傾向がある。

10

【0055】

内部の引っ張り応力値は、好ましくは180 MPa以下、150 MPa以下、120 MPa以下、特に100 MPa以下である。内部の引っ張り応力値が高過ぎると、ハードスクラッチにより、強化ガラスが自己破壊し易くなる。一方、内部の引っ張り応力値が低過ぎると、強化ガラスの機械的強度を確保し難くなる。内部の引っ張り応力値は、好ましくは35 MPa以上、45 MPa以上、55 MPa以上、特に70 MPa以上である。なお、内部の引っ張り応力値は、(圧縮応力値×応力深さ)/(板厚-2×応力深さ)により算出される値であり、折原製作所の表面応力計FSM-6000LEのソフトFsmVにより測定することができる。

20

【0056】

CTリミットは、好ましくは65 MPa以上、70 MPa以上、80 MPa以上、90 MPa以上、特に100 MPa～300 MPaである。また、板厚0.5 mm換算のCTリミットは、好ましくは65 MPa以上、70 MPa以上、80 MPa以上、90 MPa以上、特に100 MPa～300 MPaである。CTリミットが低過ぎると、応力深さを大きくすることが困難になり、強化ガラスの機械的強度を確保し難くなる。

【0057】

本発明の強化ガラスは、板状であることが好ましく、且つ板厚は、好ましくは2.0 mm以下、1.5 mm以下、1.3 mm以下、1.1 mm以下、1.0 mm以下、特に0.9 mm以下である。板厚が小さい程、強化ガラスを軽量化することができる。一方、板厚が薄過ぎると、所望の機械的強度を得難くなる。よって、板厚は、好ましくは0.3 mm以上、0.4 mm以上、0.5 mm以上、0.6 mm以上、特に0.7 mm以上である。

30

【0058】

本発明の強化ガラスを製造する方法は、例えば、以下の通りである。まず所望のガラス組成になるように調合したガラス原料を連続溶融炉に投入して、1400～1700で加熱溶融し、清澄した後、溶融ガラスを成形装置に供給した上で板状に成形し、冷却することでガラス板(結晶性ガラス板)を得る。板状に成形した後に、所定寸法に切断加工する方法は、周知の方法を採用することができる。

40

【0059】

溶融ガラスを板状に成形する方法として、オーバーフローダウンドロー法を採用することが好ましい。オーバーフローダウンドロー法は、高品位なガラス板を大量に作製し得る方法である。ここで、「オーバーフローダウンドロー法」は、成形体耐火物の両側から溶融ガラスを溢れさせて、溢れた溶融ガラスを成形体耐火物の下端で合流させながら、下方に延伸成形して板状に成形する方法である。オーバーフローダウンドロー法では、表面となるべき面は成形体耐火物の表面に接触せず、自由表面の状態に成形される。このため、未研磨で表面品位が良好な強化ガラスを安価に製造することができる。

【0060】

50

オーバーフローダウンドロー法以外にも、種々の成形方法を採用することができる。例えば、フロート法、ダウンドロー法（スロットダウンドロー法、リドロ法等）、ロールアウト法、プレス法等の成形方法を採用することができる。

【0061】

次に、ガラス板が結晶性ガラス板である場合、結晶性ガラス板を熱処理することにより結晶化ガラス板を得ることが好ましい。熱処理工程は、ガラスマトリクス中に結晶核を生成する結晶核生成工程と、生成した結晶核を成長させる結晶成長工程と、を有することが好ましい。結晶核生成工程の熱処理温度は450～700、特に480～650が好ましく、熱処理時間は10分間～24時間、特に30分～12時間が好ましい。また結晶成長工程の熱処理温度は780～920、特に820～880が好ましく、熱処理時間は10分間～5時間、特に30分間～3時間が好ましい。また昇温速度は1/分～30/分、特に1/分～10/分が好ましい。熱処理温度、熱処理時間及び昇温速度が上記範囲外になると、結晶子サイズが粗大化したり、結晶化度が低下したりする。

10

【0062】

続いて、ガラス板（結晶化ガラス板）をイオン交換処理して、表面にイオン交換による圧縮応力層を形成する。イオン交換処理を行うと、表面に圧縮応力層が形成されるため、破壊靱性 K_{1C} を高めることができる。イオン交換処理の条件は、特に限定されず、ガラスの粘度特性、厚み、内部の引っ張り応力、寸法変化等を考慮して最適な条件を選択すればよい。特に、 $NaNO_3$ 溶融塩や KNO_3 と $NaNO_3$ 混合溶融塩中の Na イオンをガラス中の Li 成分とイオン交換することが好ましい。 Na イオンと Li 成分のイオン交換は、 K イオンと Na 成分とのイオン交換よりも交換スピードが速く、効率よくイオン交換処理を行うことができる。なお、イオン交換液温度は380～500が好ましく、イオン交換時間は1～1000時間、2～800時間、3～500時間、特に4～200時間が好ましい。

20

【実施例】

【0063】

以下、実施例に基づいて、本発明を説明する。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。

【0064】

表1は、本発明の実施例（試料No. 1～6）のガラス組成とガラス特性を示している。

30

【0065】

40

50

【表 1】

(mol%)	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
SiO ₂	66.9	66.9	66.9	66.9	66.9	64.9
Al ₂ O ₃	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0
P ₂ O ₅	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Li ₂ O	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3
Na ₂ O	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	3.7
K ₂ O	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	0.0
ZrO ₂	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	5.2
SnO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Sb ₂ O ₃	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0
室温⇒結晶核形成温度 昇温速度	1°C/分	10°C/分	10°C/分	10°C/分	10°C/分	10°C/分
結晶核形成条件	500°C30分	500°C30分	615°C30分	615°C30分	615°C12時間	500°C30分
結晶核形成温度 ⇒結晶成長温度 昇温速度	1°C/分	10°C/分	10°C/分	10°C/分	10°C/分	10°C/分
結晶成長条件	850°C30分	850°C30分	850°C30分	750°C30分	850°C3時間	850°C30分
結晶成長温度⇒室温 降温速度	1°C/分	10°C/分	10°C/分	10°C/分	10°C/分	10°C/分
密度(g/cm ³) 結晶化前 結晶化後	2.51 2.55	2.51 2.53	2.51 2.53	2.51 2.53	2.51 2.55	2.51 2.56
α ($\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$) 結晶化前 結晶化後	91 86	91 86	91 86	91 86	91 86	91 89
E(GPa) 結晶化前 結晶化後	85 100	85 91	85 92	85 91	85 99	89 93
Gc(J/m ²) 結晶化前 結晶化後	8.7 32.4	8.7 20.3	8.7 21.3	8.7 16.3	8.7 25.9	未測定 17.8
主結晶	Li ₂ Si ₂ O ₅	Li ₂ SiO ₃	Li ₂ SiO ₃	Li ₂ SiO ₃	Li ₂ Si ₂ O ₅	Li ₂ SiO ₃
結晶化度(%)	36	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
結晶子サイズ(nm)	60	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
光弾性定数(nm/cm/MPa)	25.1	未測定	未測定	未測定	25.1	未測定
屈折率nd	1.55	未測定	未測定	未測定	1.55	未測定
圧縮応力値(MPa)	423	未測定	未測定	未測定	445	未測定
応力深さ(μm)	50	未測定	未測定	未測定	50	未測定
CTリミット 0.5mm厚(MPa)	100超	100超	100超	100超	100超	100超

【0066】

次のようにして表中の各試料を作製した。まず表中のガラス組成になるように、ガラス原料を調合し、白金ポットを用いて1550で8時間溶融した。続いて、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、徐冷炉で徐冷することで結晶性ガラス板を得た。得られた結晶性ガラス板（強化用ガラス板）について、板厚が0.5mmになるように表面を光学研磨した後、種々の特性を評価した。

【0067】

続いて、得られた結晶性ガラス板について、電気炉により、常温から表中に示す昇温速度で昇温した後、表中に示す結晶核形成条件で結晶核を生成させ、更に表中に示す昇温/降温速度及び結晶成長条件でガラスマトリクス中に結晶を成長させた。その後、表中に示す降温速度で常温まで冷却して、結晶化ガラス板を得た。得られた結晶化ガラス板について、種々の特性を評価した。

【 0 0 6 8 】

密度は、周知のアルキメデス法によって測定した値である。

【 0 0 6 9 】

30 ~ 380 の温度範囲における熱膨張係数は、ディラトメーターで測定した値である。

【 0 0 7 0 】

ヤング率Eは、周知の共振法によって測定した値である。

【 0 0 7 1 】

臨界エネルギー解放率Gcは、 $Gc = K_{1c}^2 / E$ により算出された値であり、破壊靱性 K_{1c} は、JIS R 1607「ファインセラミックスの破壊靱性試験方法」に基づき、SEPB法を用いて測定したものである（但し、測定5回の平均値）。

10

【 0 0 7 2 】

主結晶は、X線回折装置（リガク製RINT-2100）を用いた粉末X線回折で評価したものである。なお、測定範囲を $2\theta = 10 \sim 60^\circ$ とした。

【 0 0 7 3 】

結晶化度は、X線回折装置（リガク製RINT-2100）を用いた粉末X線回折で評価したものである。具体的には、非晶質の質量に相当する八ローの面積と、結晶の質量に相当するピークの面積とをそれぞれ算出した後、 $[\text{ピークの面積}] \times 100 / [\text{ピークの面積} + \text{八ローの面積}]$ （%）の式により求めた値を指す。なお、測定範囲を $2\theta = 10 \sim 60^\circ$ とした。

20

【 0 0 7 4 】

結晶子サイズは、粉末X線回折の解析結果からシェラーの式により算出したものである。

【 0 0 7 5 】

光弾性定数は、ユニオプト製の光弾性定数測定装置で算出した値である。

【 0 0 7 6 】

屈折率ndは、Vブロック法にて測定したものである。ndとは、d線における屈折率である。

【 0 0 7 7 】

次に、各結晶化ガラス板について、450 の KNO_3 中に168時間浸漬して、イオン交換処理を行い、表面に圧縮応力層を形成することにより、各強化ガラス（試料No. 1 ~ 6）を得た。

30

【 0 0 7 8 】

圧縮応力値と応力深さは、表面応力計（折原製作所の表面応力計FSM-6000LE）により算出したものである。その算出の際、光弾性定数と屈折率ndを使用した。

【 0 0 7 9 】

また、各結晶化ガラス板に対して、種々の条件でイオン交換処理を行い、応力状態の異なる強化ガラスを作製した。続いて、定盤上でダイヤモンドチップを用いたインデントテストを行い、遅れ破壊を生じさせた時の破片数が100個/インチ²を超えたCTcv値（2点）における破片数データと、破片数が100個/インチ²未満である時のCTcv値（2点）における破片数データとを採取した。各点における破片数データは、3回の測定における平均値である。更に、計4点のCTcv値における破片数データから指数近似曲線を引いた後、その近似曲線から破片数が100となるCTcv値をCTリミットとして算出した。なお、CTcv値は、表中の光弾性定数、屈折率ndに基づき、折原製作所の表面応力計FSM-6000LEのソフトFsmVのCTcv値から得たものである。

40

【 0 0 8 0 】

表1から明らかなように、試料No. 1 ~ 6は、イオン交換前の臨界エネルギー解放率Gcが高いため、CTリミットが高かった。よって、試料No. 1 ~ 6は、応力深さが大きくても、破損時に粉々に砕け難いものと考えられる。参考までに、ガラス組成として、モル%で、 SiO_2 66.4%、 Al_2O_3 11.4%、 MgO 4.7%、 B_2O_3 0.5%、 CaO 0.1%、 SnO_2 0.2%、 Li_2O 0.01%、 Na_2O 1

50

5.3%、 K_2O 1.4%を含有するアルミノシリケートガラスは、イオン交換前の臨界エネルギー解放率 G_c が $6.9 J/m^2$ であるため、上記の方法で測定したCTリミットが65MPaであった。

【0081】

現時点では実験していないが、下記の試料No.7~11についても、上記と同様の実験を行うことにより、上記と同様の効果が得られるものと予見される。

【0082】

【表2】

(mol%)	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11
SiO_2	71.9	66.9	76.9	66.9	71.9
Al_2O_3	3.0	8.0	3.0	13.0	8.0
P_2O_5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Li_2O	16.3	16.3	11.3	11.3	11.3
Na_2O	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
K_2O	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
ZrO_2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
SnO_2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Sb_2O_3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

10

20

【0083】

なお、上記実施例では、結晶性ガラス板を熱処理して結晶化ガラス板を得た後、その結晶化ガラス板をイオン交換処理して、強化ガラスを作製したが、結晶性ガラス板をそのままイオン交換処理して、強化ガラスを作製してもよい。

【0084】

表3~9は、本発明の実施例(試料No.12~59)のガラス組成を示している。試料No.12~59については、上記の方法で得られたガラス板を熱処理して結晶化ガラス板を得た後、その結晶化ガラス板をイオン交換処理して、強化ガラスを作製してもよく、上記の方法で得られたガラス板をそのままイオン交換処理して、強化ガラスを作製してもよい。

30

【0085】

40

50

【表 3】

(mol%)	No.12	No.13	No.14	No.15	No.16	No.17	No.18	No.19	No.20	No.21
SiO ₂	62.9	62.9	62.9	63.0	63.4	63.0	63.0	65.7	64.1	64.1
Al ₂ O ₃	18.8	17.8	16.8	18.8	18.8	18.8	18.1	17.6	18.1	18.1
P ₂ O ₅	0.5	0.5	0.5	0.4	0.0	1.4	1.4	0.4	1.4	3.1
Li ₂ O	7.3	7.3	8.3	7.3	7.3	7.3	8.7	6.1	6.3	6.3
Na ₂ O	9.1	10.1	10.1	8.6	8.6	8.6	7.9	8.0	8.2	8.2
K ₂ O	1.3	1.3	1.3	0.8	0.8	0.8	0.8	2.2	1.7	0.0
ZrO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SnO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sb ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
B ₂ O ₃	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
MgO	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Y ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TiO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HfO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SO ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cl	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

10

20

【 0 0 8 6 】

【表 4】

(mol%)	No.22	No.23	No.24	No.25	No.26	No.27	No.28	No.29	No.30	No.31
SiO ₂	62.6	64.5	64.5	64.5	64.5	64.5	64.5	64.5	64.5	64.5
Al ₂ O ₃	18.1	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5
P ₂ O ₅	3.1	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	3.0	2.0	2.0	2.0
Li ₂ O	6.3	6.0	7.0	8.0	6.0	7.0	8.0	6.0	7.0	8.0
Na ₂ O	8.9	6.0	5.0	4.0	7.0	6.0	5.0	8.0	7.0	6.0
K ₂ O	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZrO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SnO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sb ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
B ₂ O ₃	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
MgO	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Y ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TiO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HfO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SO ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cl	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

30

40

【 0 0 8 7 】

50

【表 5】

(mol%)	No.32	No.33	No.34	No.35	No.36	No.37	No.38	No.39	No.40	No.41
SiO ₂	64.5	64.5	64.5	64.5	64.5	64.5	64.5	64.5	64.5	61.3
Al ₂ O ₃	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	15.4
P ₂ O ₅	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	3.0	2.0	2.0	2.0	3.5
Li ₂ O	6.4	7.4	8.4	6.4	7.4	8.4	6.4	7.4	8.4	7.8
Na ₂ O	6.4	5.4	4.4	7.4	6.4	5.4	8.4	7.4	6.4	7.0
K ₂ O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5
ZrO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SnO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sb ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
B ₂ O ₃	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
MgO	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	2.4
CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Y ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TiO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HfO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SO ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cl	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

10

20

【 0 0 8 8 】

【表 6】

(mol%)	No.42	No.43	No.44	No.45	No.46	No.47	No.48	No.49	No.50	No.51
SiO ₂	61.0	60.2	59.8	59.8	60.5	61.0	60.5	61.0	60.5	58.5
Al ₂ O ₃	15.0	15.4	16.5	15.4	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	16.2
P ₂ O ₅	4.5	4.5	2.8	4.0	5.0	4.5	5.0	4.5	5.0	4.5
Li ₂ O	8.0	8.0	7.8	7.8	8.0	9.0	9.0	7.0	7.0	9.3
Na ₂ O	7.8	7.8	7.0	7.0	7.8	6.8	6.8	8.8	8.8	6.8
K ₂ O	1.5	1.5	2.5	2.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0.8
ZrO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SnO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sb ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
B ₂ O ₃	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
MgO	2.1	2.5	3.5	2.4	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	4.0
CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Y ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TiO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
HfO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SO ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cl	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

30

40

【 0 0 8 9 】

50

【表 7】

(mol%)	No.52	No.53	No.54	No.55	No.56	No.57	No.58	No.59
SiO ₂	61.3	68.2	68.2	61.3	60.4	68.2	70.2	66.2
Al ₂ O ₃	15.4	9.5	9.5	15.4	16.2	9.5	9.5	11.3
P ₂ O ₅	3.2	0.0	0.0	3.5	4.5	0.0	0.0	0.0
Li ₂ O	8.6	9.0	8.0	7.8	9.3	9.0	9.0	10.3
Na ₂ O	6.5	8.2	8.2	7.0	6.8	6.2	6.2	5.5
K ₂ O	2.5	3.0	3.0	2.5	0.8	3.0	3.0	1.4
ZrO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
SnO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sb ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
B ₂ O ₃	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0
MgO	2.4	2.0	3.0	2.4	2.1	4.0	2.0	3.1
CaO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
Y ₂ O ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
TiO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
HfO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SO ₃	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cl	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

10

20

【産業上の利用可能性】

【0090】

本発明の強化ガラスは、タッチパネルディスプレイのカバーガラスとして好適であるが、それ以外にも、車載用ガラス、ベアリング球にも好適である。

30

40

50

フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2017/223551(WO, A1)

特表2018-513091(JP, A)

特開2013-249222(JP, A)

特表2017-530933(JP, A)

特表2016-529201(JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

C03C 1/00 - 14/00

C03C 21/00

INTERGLAD