

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7367691号
(P7367691)

(45)発行日 令和5年10月24日(2023.10.24)

(24)登録日 令和5年10月16日(2023.10.16)

(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

請求項の数 17 (全42頁)

(21)出願番号	特願2020-551164(P2020-551164)	(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10月8日(2019.10.8)	(74)代理人	100107423 弁理士 城村 邦彦
(86)国際出願番号	PCT/JP2019/039632	(74)代理人	100120949 弁理士 熊野 剛
(87)国際公開番号	WO2020/075708	(74)代理人	100168550 弁理士 友廣 真一
(87)国際公開日	令和2年4月16日(2020.4.16)	(72)発明者	市丸 智憲 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
審査請求日	令和4年6月28日(2022.6.28)	(72)発明者	木下 清貴 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
(31)優先権主張番号	特願2018-191054(P2018-191054)		
(32)優先日	平成30年10月9日(2018.10.9)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		
(31)優先権主張番号	特願2018-231539(P2018-231539)		
(32)優先日	平成30年12月11日(2018.12.11)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		
(31)優先権主張番号	特願2018-240718(P2018-240718)		
	最終頁に続く		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 強化ガラスおよび強化ガラスの製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

表面および厚さTを有する強化ガラスであって、
圧縮応力を正の数、引張応力を負の数として表面から深さ方向に応力を測定して得られる応力プロファイルが、

前記表面において圧縮応力が最大値となる第1ピークと、
前記第1ピークから深さ方向に漸減して応力が極小値となる第1ボトムと、
前記第1ボトムから深さ方向に漸増して圧縮応力が極大値となる第2ピークと、
前記第2ピークから深さ方向に漸減して引張応力が最小値となる第2ボトムと、を備え、

前記第1ピークにおける圧縮応力が500MPa以上であり、
前記第1ボトムにおける応力が-30MPa以上0MPa未満であり、
前記第2ピークにおける圧縮応力が15MPa~250MPaであり、
前記第2ピークが厚さTの4%~20%の深さに存在することを特徴とする強化ガラス。

【請求項2】

前記応力プロファイルは、前記第2ピークと前記第2ボトムとの間において応力がゼロとなる応力ゼロ点を有し、

前記応力ゼロ点が前記表面から前記厚さTの10%~35%の深さに存在す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】

前記第 1 ボトムが、前記表面から前記厚さ T の 0.5% ~ 12% の深さに存在することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の強化ガラス。

【請求項 4】

前記第 1 ボトムから前記第 2 ピークまでの深さ方向の距離が、前記厚さ T の 3% 以上であることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の強化ガラス。

【請求項 5】

前記第 1 ピークにおける圧縮応力が 700 MPa 以上であり、
前記第 2 ピークが表面から厚さ T の 7.3% 以上 20% 以下の深さに存在することを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の強化ガラス。

【請求項 6】

前記厚さ T が 0.3 mm ~ 0.9 mm であり、
主表面および端面に前記応力プロファイルを有することを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の強化ガラス。

【請求項 7】

前記厚さ T が 0.45 mm 以上 0.85 mm 以下の範囲内であり、
前記第 1 ピークにおける圧縮応力が 700 MPa 以上 850 MPa 以下の範囲内であり、
前記第 2 ピークにおける圧縮応力が 20 MPa 以上 80 MPa 以下の範囲内であり、
前記第 2 ピークが表面から厚さ T の 7.3% 以上 20% 以下の深さの範囲内に存在し、
前記応力プロファイルは、前記第 2 ピークと前記第 2 ボトムとの間において応力がゼロとなる応力ゼロ点を有し、

前記応力ゼロ点が前記表面から前記厚さ T の 17% 以上 25% 以下の深さの範囲内に存在し、

引張応力の最大絶対値が 40 MPa 以上 60 MPa 以下の範囲内である、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の強化ガラス。

【請求項 8】

ガラス組成として、質量%で、 SiO_2 40 ~ 70%、 Al_2O_3 10 ~ 30%、 B_2O_3 0 ~ 10%、 Li_2O 2 ~ 11%、 Na_2O 5 ~ 25%、 K_2O 0 ~ 10%、 MgO 0 ~ 6%、 ZnO 0 ~ 10%、 P_2O_5 0 ~ 20% を含有する請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の強化ガラス。

【請求項 9】

第 1 アルカリ金属イオンを含む強化用ガラスにイオン交換処理を施して、強化ガラスを得る強化ガラスの製造方法であって、

前記強化用ガラスに、前記第 1 アルカリ金属イオンよりイオン半径の大きな第 2 アルカリ金属イオンを含む第 1 熔融塩を接触させ、前記強化用ガラスに前記第 2 アルカリ金属イオンを導入する第 1 イオン交換工程と、

前記第 1 イオン交換工程の後、前記強化用ガラスに前記第 2 アルカリ金属イオンよりもイオン半径の大きな第 3 アルカリ金属イオンと、前記第 1 アルカリ金属イオンと、を含む第 2 熔融塩を接触させ、前記第 2 アルカリ金属イオンの少なくとも一部を前記強化用ガラスから離脱させるとともに、前記第 3 アルカリ金属イオンを前記強化用ガラスに導入する第 2 イオン交換工程と、を備えることを特徴とする強化ガラスの製造方法。

【請求項 10】

前記第 2 イオン交換工程において、前記強化用ガラスの表面から厚さ T の 7% より浅い領域まで前記第 3 アルカリ金属イオンを導入することを特徴とする請求項 9 に記載の強化ガラスの製造方法。

【請求項 11】

前記強化用ガラスが、前記第 2 アルカリ金属イオンをさらに含むことを特徴とする請求項 9 又は 10 に記載の強化ガラスの製造方法。

【請求項 12】

前記第 1 アルカリ金属イオンが Li イオンであり、
前記第 2 アルカリ金属イオンが Na イオンであり、

10

20

30

40

50

前記第 3 アルカリ金属イオンが K イオンであり、
 前記第 2 溶融塩に含まれる Li イオン濃度が 100 質量 ppm 以上であることを特徴とする請求項 9 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の強化ガラスの製造方法。

【請求項 13】

前記第 1 溶融塩は、 NaNO_3 を含み、
 前記第 2 溶融塩は、 LiNO_3 および KNO_3 を含むことを特徴とする請求項 9 ~ 12 のいずれか 1 項に記載の強化ガラスの製造方法。

【請求項 14】

前記第 1 アルカリ金属イオンが Li イオンであり、
 前記第 2 アルカリ金属イオンが Na イオンであり、
 前記第 3 アルカリ金属イオンが K イオンであり、
 前記第 1 溶融塩は、 NaNO_3 および KNO_3 のうち、少なくとも NaNO_3 を含み、
 前記第 1 溶融塩は、 NaNO_3 濃度が KNO_3 濃度よりも高く、
 前記第 2 溶融塩は、 LiNO_3 および KNO_3 を含み、
 前記第 2 溶融塩は、 LiNO_3 濃度が KNO_3 濃度よりも低いことを特徴とする請求項 9 ~ 13 のいずれか 1 項に記載の強化ガラスの製造方法。

【請求項 15】

前記第 1 溶融塩に占める NaNO_3 の濃度が、50 質量%以上であり、
 前記第 1 溶融塩に占める KNO_3 の濃度が、50 質量%未満であり、
 前記第 2 溶融塩に占める LiNO_3 の濃度が、0.5 ~ 5 質量%であり、
 前記第 2 溶融塩に占める KNO_3 の濃度が、95 ~ 99.5 質量%であり、
 前記第 1 イオン交換工程のイオン交換処理温度は、350 ~ 480 であり、
 前記第 2 イオン交換工程のイオン交換処理温度は、350 ~ 480 であり、
 前記第 1 イオン交換工程のイオン交換処理時間は、1 ~ 20 時間であり、
 前記第 2 イオン交換工程のイオン交換処理時間は、前記第 1 イオン交換工程のイオン交換処理時間よりも短いことを特徴とする請求項 14 に記載の強化ガラスの製造方法。

【請求項 16】

前記第 1 イオン交換工程において、前記強化用ガラスの表面から厚さ T の 10% より深い領域まで前記第 2 アルカリ金属イオンを導入し、
 前記第 2 イオン交換工程において、前記強化用ガラスの表面から厚さ T の 10% より浅い領域における前記第 2 アルカリ金属イオンの少なくとも一部を離脱させることを特徴とする請求項 9 ~ 15 のいずれか 1 項に記載の強化ガラスの製造方法。

【請求項 17】

前記第 1 溶融塩は、前記第 2 アルカリ金属イオンおよび前記第 3 アルカリ金属イオンを含むことを特徴とする請求項 9 ~ 16 のいずれか 1 項に記載の強化ガラスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、強化ガラスおよびその製造方法に関し、特に、携帯電話、デジタルカメラ、PDA (携帯端末)、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およびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

携帯電話 (特にスマートフォン)、デジタルカメラ、PDA、タッチパネルディスプレイ、大型テレビ、非接触給電等のデバイスは、益々普及する傾向にある。これらの用途には、イオン交換処理された強化ガラスが用いられている。また、近年では、デジタルサイネージ、マウス、スマートフォン等の外装部品に強化ガラスを使用することが増えてきている。

【0003】

強化ガラスは、イオン交換処理によって形成された圧縮応力層を表面に有することによ

10

20

30

40

50

り、表面におけるクラックの形成および進展を抑制し、高い強度を得られる。強化ガラスの強度は、このような圧縮応力層の形成態様を調整することにより向上できるものと考えられている（例えば、特許文献1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】国際公開第2013/088856号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、より高い耐衝撃性を得ることについては未だ改良の余地が残されていた。

【0006】

本発明は、従来技術に比べ、より高い耐衝撃性を有する強化ガラスを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記の課題を解決するために創案された本発明は、表面および厚さTを有する強化ガラスであって、圧縮応力を正の数、引張応力を負の数として表面から深さ方向に応力を測定して得られる応力プロファイルが、表面において圧縮応力が最大値となる第1ピークと、第1ピークから深さ方向に漸減して応力が極小値となる第1ボトムと、第1ボトムから深さ方向に漸増して圧縮応力が極大値となる第2ピークと、第2ピークから深さ方向に漸減して引張応力が最小値となる第2ボトムと、を備え、第1ピークにおける圧縮応力が500MPa以上であり、第2ピークにおける圧縮応力が15MPa～250MPaであり、第2ピークが厚さTの4%～20%の深さに存在することを特徴とする。本発明者等の鋭意研究の結果、このような応力プロファイルを有する強化ガラスであれば、高い耐衝撃性を有することが確認されている。特に、第2ピークの圧縮応力（極大値）とその深さ方向の位置とを上記の数値範囲とすることが、耐衝撃性を高める上で重要である。

【0008】

上記の構成において、応力プロファイルは、第2ピークと第2ボトムとの間において応力がゼロとなる応力ゼロ点を有し、応力ゼロ点が表面から厚さTの10%～35%の深さに存在することが好ましい。このようにすれば、圧縮応力を深くまで発生させることができるため、耐衝撃性が向上することが期待できる。

【0009】

上記の構成において、第1ボトムにおける応力は、-50MPa～+100MPaであることが好ましい。このようにすれば、圧縮応力と引張応力とのバランスを保つために、第2ボトムにおける引張応力を相対的に小さくすることができるため、耐衝撃性が向上することが期待できる。

【0010】

上記の構成において、第1ボトムにおける応力は、0MPa以上+65MPa以下であることが好ましい。このようにすれば、強化ガラスの表層部に引張応力が生じないため、強化ガラスの製造工程中で割れが生じるのを抑制できる。

【0011】

上記の構成において、第1ボトムにおける応力は、-30MPa以上0MPa未満であることが好ましい。このようにすれば、圧縮応力と引張応力とのバランスを保つために、第2ボトムにおける引張応力が相対的に小さくなるため、耐衝撃性が向上することが期待できる。

【0012】

上記の構成において、第1ボトムが、表面から厚さTの0.5%～12%の深さに存在することが好ましい。

【0013】

10

20

30

40

50

上記の構成において、第1ボトムから第2ピークまでの深さ方向の距離が、厚さTの3%以上であることが好ましい。

【0014】

上記の構成において、第1ピークにおける圧縮応力が700MPa以上であり、第2ピークが表面から厚さTの7.3%以深に存在することが好ましい。

【0015】

上記の構成において、厚さTが0.3mm~0.9mmであり、主表面および端面に前記応力プロファイルを有することが好ましい。

【0016】

上記の構成において、厚さTが0.45mm以上0.85mm以下の範囲内であり、第1ピークにおける圧縮応力が700MPa以上850MPa以下の範囲内であり、第2ピークにおける圧縮応力が20MPa以上80MPa以下の範囲内であり、第2ピークが表面から厚さTの7.3%以上20%以下の深さの範囲内に存在し、応力プロファイルは、第2ピークと第2ボトムとの間において応力がゼロとなる応力ゼロ点を有し、応力ゼロ点が表面から厚さTの17%以上25%以下の深さの範囲内に存在し、引張応力の最大絶対値が40MPa以上60MPa以下の範囲内であることが好ましい。

10

【0017】

上記の構成において、ガラス組成として、質量%で、SiO₂ 40~70%、Al₂O₃ 10~30%、B₂O₃ 0~10%、Li₂O 2~11%、Na₂O 5~25%、K₂O 0~10%、MgO 0~6%、ZnO 0~10%、P₂O₅ 0~20%を含有することが好ましい。

20

【0018】

上記の課題を解決するために創案された本発明は、第1アルカリ金属イオンを含む強化用ガラスにイオン交換処理を施して、強化ガラスを得る強化ガラスの製造方法であって、強化用ガラスに、第1アルカリ金属イオンよりイオン半径の大きな第2アルカリ金属イオンを含む第1溶融塩を接触させ、第2アルカリ金属イオンを強化用ガラスに導入する第1イオン交換工程と、第1イオン交換工程の後、強化用ガラスに第1アルカリ金属イオンを含む第2溶融塩を接触させ、第2アルカリ金属イオンの少なくとも一部を強化用ガラスから離脱させる第2イオン交換工程と、第2イオン交換工程の後、強化用ガラスに第2アルカリ金属イオンを含む第3溶融塩を接触させ、第2アルカリ金属イオンを強化用ガラスに導入する第3イオン交換工程と、を備えることを特徴とする。このような工程を有する強化ガラスの製造方法であれば、高い耐衝撃性を有する強化ガラスを得ることができる。

30

【0019】

上記の構成において、第1イオン交換工程において、強化用ガラスの表面から厚さTの10.5%以上の深さまで第2アルカリ金属イオンを導入し、第2イオン交換工程において、強化用ガラスの表面から厚さTの10%より浅い領域までの第2アルカリ金属イオンの少なくとも一部を離脱させ、第3イオン交換工程において、強化用ガラスの表面から厚さTの7%より浅い領域まで第2アルカリ金属イオンを導入することが好ましい。この場合、上記の深さより深い領域では、アルカリ金属イオンを導入離脱させないことが好ましい。このようにすれば、高い耐衝撃性を有する強化ガラスをより確実に得ることができる。

40

【0020】

上記の構成において、第1アルカリ金属イオンがNaイオンであり、第2アルカリ金属イオンがKイオンであり、第1溶融塩は、KNO₃を含み、第2溶融塩は、NaNO₃を含み、第3溶融塩は、KNO₃を含むことが好ましい。

【0021】

上記の構成において、第1アルカリ金属イオンがNaイオンであり、第2アルカリ金属イオンがKイオンであり、第1溶融塩は、NaNO₃およびKNO₃のうち、少なくともKNO₃を含み、第2溶融塩は、NaNO₃およびKNO₃のうち、少なくともNaNO₃を含み、第1溶融塩は、KNO₃濃度がNaNO₃濃度よりも高く、第2溶融塩は、NaNO₃濃度がKNO₃濃度よりも高いことが好ましい。このようにすれば、第1イオン交

50

換工程および第2イオン交換工程を効率よく実施することができる。

【0022】

この場合、第1溶融塩に占める KNO_3 の濃度が、50質量%以上であり、第1溶融塩に占める NaNO_3 の濃度が、50質量%未満であり、第2溶融塩に占める NaNO_3 の濃度が、60質量%以上であり、第2溶融塩に占める KNO_3 の濃度が、40質量%以下であり、第3溶融塩に占める KNO_3 の濃度が、第1溶融塩に占める KNO_3 の濃度よりも高く、第1イオン交換工程のイオン交換処理温度は、420～500であり、第2イオン交換工程のイオン交換処理温度は、420～500であり、第3イオン交換工程のイオン交換処理温度は、第1イオン交換工程のイオン交換処理温度よりも10以上低く、第1イオン交換工程のイオン交換処理時間は、2～40時間であり、第2イオン交換工程のイオン交換処理時間は、2～40時間であり、第3イオン交換工程のイオン交換処理時間は、第1イオン交換工程および第2イオン交換工程のそれぞれのイオン交換処理時間よりも短いことが好ましい。

10

【0023】

上記の課題を解決するために創案された本発明は、第1アルカリ金属イオンを含む強化用ガラスにイオン交換処理を施して、強化ガラスを得る強化ガラスの製造方法であって、強化用ガラスに、第1アルカリ金属イオンよりイオン半径の大きな第2アルカリ金属イオンを含む第1溶融塩を接触させ、強化用ガラスに第2アルカリ金属イオンを導入する第1イオン交換工程と、第1イオン交換工程の後、強化用ガラスに第2アルカリ金属イオンよりもイオン半径の大きな第3アルカリ金属イオンと、第1アルカリ金属イオンと、を含む第2溶融塩を接触させ、第2アルカリ金属イオンの少なくとも一部を強化用ガラスから離脱させるとともに、第3アルカリ金属イオンを強化用ガラスに導入する第2イオン交換工程と、を備えることを特徴とする。このような工程を有する強化ガラスの製造方法であれば、高い耐衝撃性を有する強化ガラスを得ることができる。

20

【0024】

上記の構成において、第2イオン交換工程において、強化用ガラスの表面から厚さ T の7%より浅い領域まで第3アルカリ金属イオンを導入することが好ましい。この場合、上記の深さより深い領域では、アルカリ金属イオンを導入離脱させないことが好ましい。このようにすれば、高い耐衝撃性を有する強化ガラスをより確実に得ることができる。

【0025】

上記の構成において、強化用ガラスが、第2アルカリ金属イオンをさらに含むことが好ましい。

30

【0026】

上記の構成において、第1アルカリ金属イオンが Li イオンであり、第2アルカリ金属イオンが Na イオンであり、第3アルカリ金属イオンが K イオンであり、第2溶融塩に含まれる Li イオン濃度が100質量ppm以上であることが好ましい。

【0027】

上記の構成において、第1溶融塩は、 NaNO_3 を含み、第2溶融塩は、 LiNO_3 および KNO_3 を含むことが好ましい。

【0028】

上記の構成において、第1アルカリ金属イオンが Li イオンであり、第2アルカリ金属イオンが Na イオンであり、第3アルカリ金属イオンが K イオンであり、第1溶融塩は、 NaNO_3 および KNO_3 のうち、少なくとも NaNO_3 を含み、第1溶融塩は、 NaNO_3 濃度が KNO_3 濃度よりも高く、第2溶融塩は、 LiNO_3 および KNO_3 を含み、第2溶融塩は、 LiNO_3 濃度が KNO_3 濃度よりも低いことが好ましい。このようにすれば、第1イオン交換工程および第2イオン交換工程を効率よく実施することができる。

40

【0029】

この場合、第1溶融塩に占める NaNO_3 の濃度が、50質量%以上であり、第1溶融塩に占める KNO_3 の濃度が、50質量%未満であり、第2溶融塩に占める LiNO_3 の濃度が、0.5～5質量%であり、第2溶融塩に占める KNO_3 の濃度が、95～99.

50

5質量%であり、第1イオン交換工程のイオン交換処理温度は、350～480であり、第2イオン交換工程のイオン交換処理温度は、350～480であり、第1イオン交換工程のイオン交換処理時間は、1～20時間であり、第2イオン交換工程のイオン交換処理時間は、第1イオン交換工程のイオン交換処理時間よりも短いことが好ましい。

【0030】

上記の構成において、第1イオン交換工程において、強化用ガラスの表面から厚さTの10%より深い領域まで第2アルカリ金属イオンを導入し、第2イオン交換工程において、強化用ガラスの表面から厚さTの10%より浅い領域における前記第2アルカリ金属イオンの少なくとも一部を離脱させることが好ましい。この場合、上記の深さより深い領域では、アルカリ金属イオンを導入離脱させないことが好ましい。

10

【0031】

上記の構成において、第1熔融塩は、第2アルカリ金属イオンおよび第3アルカリ金属イオンを含むことが好ましい。

【発明の効果】

【0032】

本発明によれば、従来技術に比べ、より高い耐衝撃性を有する強化ガラスを得られる。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】本発明の第1実施形態に係る強化ガラスの断面を示す概略図である。

【図2】本発明の第1実施形態に係る強化ガラスの厚さ方向の応力プロファイルの概略を示すグラフである。

20

【図3】本発明の第1実施形態に係る強化ガラスの製造方法のフロー図である。

【図4】本発明の第2実施形態に係る強化ガラスの製造方法のフロー図である。

【図5】試料No. 1に係る強化ガラスの応力プロファイルを示すグラフである。

【図6】試料No. 2に係る強化ガラスの応力プロファイルを示すグラフである。

【図7】試料No. 3に係る強化ガラスの応力プロファイルを示すグラフである。

【図8】試料No. 4に係る強化ガラスの応力プロファイルを示すグラフである。

【図9】試料No. 10に係る強化ガラスの応力プロファイルを示すグラフである。

【図10】試料No. 38に係る強化ガラスの応力プロファイルを示すグラフである。

【図11】試料No. 49に係る強化ガラスの応力プロファイルを示すグラフである。

30

【図12】試料No. 140に係る強化ガラスの応力プロファイルを示すグラフである。

【図13】本発明の実施例における落下試験方法を示す概略図である。

【図14】本発明の実施例における破壊高さと計算強度との関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0034】

以下、本発明の実施形態に係る強化ガラスについて説明する。

【0035】

(第1実施形態)

図1に示すように、本発明の第1実施形態に係る強化ガラス1は、イオン交換により化学強化された板状の化学強化ガラスであり、圧縮応力層2と、引張応力層3と、を備える。強化ガラス1の厚さTは任意に定めてよいが、好ましくは2.0mm以下、より好ましくは1.8mm以下、1.6mm以下、1.4mm以下、1.2mm以下、1.0mm以下、0.9mm以下、0.85mm以下、更に好ましくは0.8mm以下で、好ましくは0.03mm以上、0.05mm以上、0.1mm以上、0.15mm以上、0.2mm以上、0.25mm以上、0.3mm以上、0.35mm以上、0.4mm以上、0.45mm以上、0.5mm以上、0.6mm以上、更に好ましくは0.65mm以上である。

40

【0036】

圧縮応力層2は、強化ガラス1の主表面1aおよび端面1bを含む表層部に形成されている。引張応力層3は、強化ガラス1の内部、すなわち、圧縮応力層2よりも深い位置に形成されている。

50

【0037】

強化ガラス1の応力プロファイル(応力分布)は、圧縮応力を正の数、引張応力を負の数として、主表面1a側から深さ方向(主表面1aと直交する方向)に応力を測定して得られる。このようにして得られた強化ガラス1の応力プロファイルは、例えば、図2のように示される。図2のグラフにおいて、縦軸は応力を示し、横軸は一方の主表面1aを基準とした厚さ方向の位置(深さ)を示す。図2のグラフにおいて、正の値の応力は圧縮応力を示し、負の値の応力は引張応力を示す。すなわち、図2のグラフにおける応力は絶対値が大きいほど大きな応力であることが示される。なお、図2は理解のため誇張された概念図であり、強化ガラス1の応力プロファイルはこの態様に限られるものでない。

【0038】

強化ガラス1の応力プロファイルは、主表面1a側から深さ方向(主表面1aと直交する方向)に順に、第1ピークP1、第1ボトムB1、第2ピークP2および第2ボトムB2を備える。

【0039】

第1ピークP1は、圧縮応力の最大値であり、主表面1aに存在する。第1ピークP1の圧縮応力 $C S_{max}$ は、500MPa以上であり、好ましくは600MPa~1100MPaであり、より好ましくは600MPa~1000MPa、700MPa~900MPa、750MPa~850MPaである。

【0040】

第1ボトムB1では、第1ピークP1から深さ方向に応力が漸減し、応力が極小値をとる。第1ボトムB1の応力 $C S_b$ は、図2では圧縮応力(正の値)となる場合を例示しているが、引張応力(負の値)となる場合もある。第1ボトムB1の応力 $C S_b$ は、低いほど第2ボトムB2の引張応力 $C T_{max}$ が低下し、破損時の挙動を緩慢にする。第1ボトムB1の応力 $C S_b$ は、好ましくは+100MPa以下であり、より好ましくは+90MPa以下、+80MPa以下、+70MPa以下、+60MPa以下である。しかし第1ボトムB1の応力 $C S_b$ が低すぎると、強化工程中に表面にクラックを発生させ、視認性を悪化させる。第1ボトムB1の応力 $C S_b$ は、好ましくは-50MPa以上であり、より好ましくは-45MPa以上、-40MPa以上、-35MPa以上、-30MPa以上である。第1ボトムB1の応力 $C S_b$ は、0MPa以上+65MPa以下であってもよいし、-30MPa以上0MPa未満であってもよい。第1ボトムB1の深さ $D O L_b$ は、好ましくは厚さTの0.5%~12%であり、より好ましくは厚さTの1%~7%である。

【0041】

第2ピークP2では、第1ボトムB1から深さ方向に応力が漸増し、応力が極大値をとる。第2ピークP2の応力 $C S_p$ は、圧縮応力である。第2ピークP2の圧縮応力 $C S_p$ は、15MPa~250MPaであり、好ましくは15MPa~240MPa、15MPa~230MPa、15MPa~220MPa、15MPa~210MPa、15MPa~200MPa、15MPa~190MPa、15MPa~180MPa、15MPa~175MPa、15MPa~170MPa、15MPa~165MPa、15MPa~160MPa、18MPa~100MPaであり、より好ましくは20MPa~80MPaである。第2ピークP2の深さ $D O L_p$ は、厚さTの4%~20%であり、好ましくは厚さTの4%~19%、4%~18.5%、4%~18%、4%~17.5%、4%~17%であり、より好ましくは4.5%~17%、5%~17%、6%~17%、7.3%~17%、8%~15%である。

【0042】

第1ボトムB1から第2ピークP2までの深さ方向の距離、すなわち、 $D O L_p - D O L_b$ は厚さTの3%以上であり、好ましくは厚さTの4%以上であり、より好ましくは厚さTの5%~13%である。

【0043】

第2ボトムB2では、第2ピークP2から応力が深さ方向に漸減し、引張応力の最小値

10

20

30

40

50

(絶対値は最大値)をとる。第2ボトムB2の引張応力 $C T_{max}$ の絶対値は70MPa以下、好ましくは65MPa以下、60MPa以下、より好ましくは40MPa～55MPaである。

【0044】

第2ボトムB2の引張応力 $C T_{max}$ と厚さ T との積は、好ましくは-70MPa・mm以上であり、より好ましくは-65MPa・mm以上、-60MPa・mm以上、-55MPa・mm以上である。また、第2ボトムB2の引張応力 $C T_{max}$ と厚さ T との積は、好ましくは-5MPa・mm以下、-10MPa・mm以下、-15MPa・mm以下、-20MPa・mm以下、-25MPa・mm以下、-30・mmMPa以下である。

【0045】

第2ピークP2と第2ボトムB2との間には、応力がゼロとなる応力ゼロ点Zがある。通常、応力ゼロ点Zの深さ $D O L z e r o$ は厚さ T の20%を超えることが困難で、物理的にも22%程度が限界となるが、本実施形態ではその限界値を超える $D O L z e r o$ を得ることができる。応力ゼロ点Zの深さ $D O L z e r o$ は大きいほど突起物貫入に対する強度が高くなり、好ましくは厚さ T の10%以上、10.5%以上、11%以上、11.5%以上、12%以上、12.5%以上、13%以上、13.5%以上、14%以上、14.5%以上、15%以上、15.5%以上、16%以上、16.5%以上、17%以上、17.5%以上、18%以上であり、より好ましくは18.5%以上、19%以上、19.5%以上、20%以上、20.5%以上、21%以上、21.5%以上、22.0%以上、22.5%以上、23%以上、23.5%以上で、最も好ましくは24%以上である。しかし、応力ゼロ点Zの深さ $D O L z e r o$ が過剰に大きくなると、第1ボトムB1や第2ボトムB2において過剰な引張応力を生じさせる虞がある。よって、応力ゼロ点Zの深さ $D O L z e r o$ は、好ましくは厚さ T の35%以下、34.5%以下、34%以下、33.5%以下、33%以下、32.5%以下、32%以下、31.5%以下、31%以下、30.5%以下、30%以下、29.5%以下、29%以下、28.5%以下、28%以下で、より好ましくは27%以下である。

【0046】

ここで、本実施形態では、強化ガラス1は、端面1bにも同様の応力プロファイルを有する。すなわち、強化ガラス1の応力プロファイルは、端面1bにおいて圧縮応力が最大値となる第1ピークと、第1ピークから深さ方向に漸減して応力が極小値となる第1ボトムと、第1ボトムから深さ方向に漸増して圧縮応力が極大値となる第2ピークと、第2ピークから深さ方向に漸減して引張応力が最小値となる第2ボトムと、を備え、第1ピークにおける圧縮応力が500MPa以上であり、第2ピークにおける圧縮応力が15MPa～250MPaであり、第2ピークが厚さ T の4%～20%の深さに存在する。また、端面1bに関する応力プロファイルの好ましい範囲も、主表面1aに関する応力プロファイルの好ましい範囲を同様に適用できる。

【0047】

なお、強化ガラス1の応力およびその分布は、例えば、株式会社折原製作所製のFSM-6000LEおよびSLP-1000を用いて測定、ならびに合成した値を用いることができる。

【0048】

以上のように構成された強化ガラス1は、例えば、以下の要領で製造できる。まず、準備工程として、組成としてアルカリ金属酸化物を含み強化処理に供される板状のガラス(以下、強化用ガラスと称する)を用意する。次いで、強化用ガラスの表面に第1溶融塩を接触させる第1イオン交換工程(第1強化工程)、強化用ガラスの表面に第2溶融塩を接触させる第2イオン交換工程(緩和工程)、強化用ガラスの表面に第3溶融塩を接触させる第3イオン交換工程(第2強化工程)を順に実施する。各イオン交換工程では、強化用ガラスを溶融塩に浸漬することが好ましい。

【0049】

準備工程で用意する強化用ガラスは、例えば、ガラス組成として、質量%で、 $S i O_2$

10

20

30

40

50

40%～70%、 Al_2O_3 10%～30%、 B_2O_3 0%～3%、 Na_2O 5%～25%、 K_2O 0%～5.5%、 Li_2O 0%～10%、 MgO 0%～5.5%、 P_2O_5 2%～10%を含有することが好ましい。

【0050】

上記の組成が好ましい理由を以下に示す。なお、各成分の含有範囲の説明において、%表示は、特に断りがない限り、質量%を指す。

【0051】

SiO_2 は、ガラスのネットワークを形成する成分である。 SiO_2 の含有量が少な過ぎると、ガラス化し難くなり、また耐酸性が低下し易くなる。よって SiO_2 の好適な下限範囲は40%以上、40.5%以上、41%以上、41.5%以上、42%以上、42.5%以上、43%以上、44%以上、45%以上、46%以上、47%以上、48%以上、49%以上、特に50%以上である。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。よって SiO_2 の好適な上限範囲は70%以下、68%以下、65%以下、62%以下、60%以下、58%以下、57%以下、56%以下、55%以下、特に54%以下である。

10

【0052】

Al_2O_3 は、イオン交換速度を高める成分であり、またヤング率を高めてビッカース硬度を高める成分である。更に分相発生粘度を高める成分である。 Al_2O_3 の含有量は10～30%である。 Al_2O_3 の含有量が少な過ぎると、イオン交換速度やヤング率が低下し易くなる。よって、 Al_2O_3 の好適な下限範囲は10%以上、11%以上、12%以上、13%以上、14%以上、14.5%以上、15%以上、15.5%以上、16%以上、16.5%以上、17%以上、17.5%以上、18%以上、18.5%以上、19%以上、特に19.5%以上である。一方、 Al_2O_3 の含有量が多過ぎると、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成形し難くなる。特に、成形体耐火物としてアルミナ耐火物を用いて、オーバーフローダウンドロー法で板状成形する場合、アルミナ耐火物との界面にスピネルの失透結晶が析出し易くなる。また耐酸性も低下し、酸処理工程に適用し難くなる。更には高温粘性が高くなり、熔融性が低下し易くなる。よって、 Al_2O_3 の好適な上限範囲は30%以下、28%以下、26%以下、25%以下、24%以下、23.5%以下、23%以下、22.5%以下、22%以下、21.5%以下、特に21%以下である。

20

30

【0053】

B_2O_3 は、高温粘度や密度を低下させるとともに、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、イオン交換速度（特に応力深さ）が低下し易くなる。またイオン交換によって、ヤケと呼ばれるガラス表面の着色が発生したり、耐酸性や耐水性が低下し易くなる。よって、 B_2O_3 の好適な範囲は0%～3%、0%～2.5%、0%～2%、0%～1.9%、0%～1.8%、0%～1.7%、0%～1.6%、0%～1.5%、0%～1.3%、特に0%～1%未満である。

【0054】

Na_2O は、イオン交換成分であり、また高温粘度を低下させて、熔融性や成形性を高める成分である。また、 Na_2O は、耐失透性、成形体耐火物、特にアルミナ耐火物との反応失透性を改善する成分でもある。 Na_2O の含有量が少な過ぎると、熔融性が低下したり、熱膨張係数が低下し過ぎたり、イオン交換速度が低下し易くなる。よって、 Na_2O の好適な下限範囲は5%以上、7%以上、8%以上、8.5%以上、9%以上、9.5%以上、10%以上、11%以上、12%以上、特に12.5%以上である。一方、 Na_2O の含有量が多過ぎると、分相発生粘度が低下し易くなる。また耐酸性が低下したり、ガラス組成の成分バランスを欠き、かえって耐失透性が低下する場合がある。よって、 Na_2O の好適な上限範囲は25%以下、22%以下、20%以下、19.5%以下、19%以下、18%以下、17%以下、16.5%以下、16%以下、15.5%以下、特に15%以下である。

40

50

【 0 0 5 5 】

K_2O は、高温粘度を低下させて、熔融性や成形性を高める成分である。更に耐失透性を改善したり、ピッカーズ硬度を高める成分でもある。しかし、 K_2O の含有量が多過ぎると、分相発生粘度が低下し易くなる。また耐酸性が低下したり、ガラス組成の成分バランスを欠き、かえって耐失透性が低下する傾向がある。よって、 K_2O の好適な下限範囲は0%以上、0.01%以上、0.02%以上、0.1%以上、0.5%以上、1%以上、1.5%以上、2%以上、2.5%以上、3%以上、特に3.5%以上であり、好適な上限範囲は5.5%以下、5%以下、特に4.5%未満である。

【 0 0 5 6 】

Li_2O は、イオン交換成分であり、また高温粘度を低下させて、熔融性や成形性を高める成分である。更にヤング率を高める成分である。 Li_2O の好適な下限範囲は0%以上、0.0001%以上0.01%以上、1%以上、2%以上、2.5%以上、2.8%以上、であり、 Li_2O の好適な上限範囲は10%以下、5%以下、4.5%以下、2%以下、1%以下、1%未満、0.5%以下、0.3%以下、0.1%以下、0.05%以下である。

10

【 0 0 5 7 】

MgO は、高温粘度を低下させて、熔融性や成形性を高める成分である。また、ヤング率を高めてピッカーズ硬度を高めたり、耐酸性を高める成分でもある。よって、 MgO の好適な下限範囲は0%以上、0.1%以上、0.5%以上、1%以上、1.5%以上、特に2%以上である。しかし、 MgO の含有量が多過ぎると、イオン交換速度が低下し易くなり、またガラスが失透し易くなる傾向がある。特に、成形体耐火物としてアルミナ耐火物を用いて、オーバーフローダウンドロー法で板状成形する場合、アルミナ耐火物との界面にスピネルの失透結晶が析出し易くなる。よって、 MgO の好適な上限範囲は5.5%以下、4.5%以下、4%以下、3.5%以下、3%以下、特に2.5%以下である。

20

【 0 0 5 8 】

P_2O_5 は、圧縮応力値を維持した上で、イオン交換速度を高める成分である。よって、 P_2O_5 の好適な下限範囲は2%以上、2.1%以上、2.5%以上、3%以上、4%以上、特に4.5%以上である。しかし、 P_2O_5 の含有量が多過ぎると、ガラスに分相による白濁が生じたり、耐水性が低下し易くなる。よって、 P_2O_5 の好適な上限範囲は10%以下、8.5%以下、8%以下、7.5%以下、7%以下、6.5%以下、6.3%以下、6%以下、5.9%以下、5.7%以下、5.5%以下、5.3%以下、5.1%以下、特に5%以下である。

30

【 0 0 5 9 】

清澄剤として、 CaO 、 SO_3 、 CeO_2 の群（好ましくは CaO 、 SO_3 の群）から選択された一種又は二種以上を0%～3%添加してもよい。

【 0 0 6 0 】

SnO_2 は、イオン交換性能を高める効果を有する。よって、 SnO_2 の含有量は0%～3%、0.01%～3%、0.05%～3%、特に0.1%～3%、特に0.2%～3%が好ましい。

【 0 0 6 1 】

Fe_2O_3 の含有量は1000ppm未満（0.1%未満）、800ppm未満、600ppm未満、400ppm未満、特に300ppm未満が好ましい。このようにすれば、厚さ1mmにおける透過率（400nm～770nm）が向上し易くなる。

40

【 0 0 6 2 】

Nb_2O_5 、 La_2O_3 等の希土類酸化物は、ヤング率を高める成分である。しかし、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、希土類酸化物の含有量は3%以下、2%以下、1%以下、0.5%以下、特に0.1%以下が好ましい。

【 0 0 6 3 】

また、上記の強化用ガラスは環境的配慮から、ガラス組成として、実質的に As_2O_3

50

、 Sb_2O_3 、 PbO を含有しないことが好ましい。また、環境的配慮から、実質的に Bi_2O_3 、 F を含有しないことも好ましい。

【0064】

強化用ガラスは、より好ましくはガラス組成として、質量%で、 SiO_2 40~70%、 Al_2O_3 10%~30%、 B_2O_3 0.1%~3%、 Na_2O 5%~25%、 K_2O 1%~5.5%、 Li_2O 0.01%~10%、 MgO 0.1%~5.5%、 P_2O_5 2%~10%、 SnO_2 0.01%~3%を含有する。

【0065】

なお、上記の強化用ガラスの組成は一例であり、イオン交換による化学強化が可能であれば周知の組成を有する強化用ガラスを用いてよい。また、上記の強化用ガラスをイオン交換処理して得られる強化ガラスの組成は、イオン交換処理前の強化用ガラスの組成と同様の組成となる。

10

【0066】

上記の強化用ガラスは以下のようにして作製することができる。

【0067】

まず上記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、1500~1600で加熱溶融し、清澄した後、成形装置に供給した上で板状等に成形し、徐冷することにより、強化用ガラスを作製することができる。

【0068】

ガラス板を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、大量に高品位なガラス板を作製できるとともに、大型のガラス板も容易に作製できる方法であり、またガラス板の表面の傷を可及的に低減することができる。なお、オーバーフローダウンドロー法では、成形体として、アルミナやデンスジルコンが使用される。本発明に係る強化用ガラスは、アルミナやデンスジルコン、特にアルミナとの適合性が良好である（成形体と反応して泡やブツ等を発生させ難い）。

20

【0069】

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。

30

【0070】

強化用ガラスを成形した後、或いは成形と同時に、必要に応じて曲げ加工を行ってもよい。また必要に応じて、切断加工、孔開け加工、表面研磨加工、面取り加工、端面研磨加工、エッチング加工等の加工を行ってもよい。

【0071】

強化用ガラスの寸法は任意に定めてよいが、厚さ T は、好ましくは2.0mm以下、より好ましくは1.0mm以下、更に好ましくは0.3mm~0.9mmである。

【0072】

上記のようにして得た強化用ガラスに対して、複数回のイオン交換処理を行う。本実施形態では3回のイオン交換処理を実施する場合を一例として説明する。詳細には、本実施形態に係る強化ガラスの製造方法では、図3に示すように、第1イオン交換工程 S_1 、第2イオン交換工程 S_2 、第3イオン交換工程 S_3 を順に実施する。なお、図面は省略するが、以下では、各工程 S_1 ~ S_3 で使用される溶融塩やアルカリ金属イオンにも、これらを区別するために符号を付す。

40

【0073】

第1イオン交換工程 S_1 では、強化用ガラスに含まれる第1アルカリ金属イオン a_1 よりイオン半径の大きな第2アルカリ金属イオン a_2 を含む第1溶融塩で満たされた処理槽に、強化用ガラスを浸漬するとともに、所定温度にて所定時間保持することにより、強化用ガラスの表面のイオン交換処理を行う。これにより、強化用ガラスに含まれる第1アルカリ金属イオン a_1 と、第1溶融塩 m_1 に含まれる第2アルカリ金属イオン a_2 とをイオ

50

ン交換し、強化用ガラスの表面（本実施形態では、主表面および端面）から厚さTの10.5%以上の深さまで第2アルカリ金属イオンa2を導入する。その結果、強化用ガラスの表層部に圧縮応力層が形成され、強化用ガラスが強化される。

【0074】

第1イオン交換工程S1では、第1アルカリ金属イオンa1が強化用ガラスから離脱する離脱イオン、第2アルカリ金属イオンa2が強化用ガラスに導入される導入イオンとなる。

【0075】

第1イオン交換工程S1において、第2アルカリ金属イオンa2を強化用ガラスに導入する領域は、好ましくは強化用ガラスの表面から厚さTの12%以上の深さまでの領域、より好ましくは強化用ガラスの表面から厚さTの13.5%以上30%以下の深さまでの領域である。

10

【0076】

第1溶融塩m1は、強化用ガラスの組成に予め含まれ、イオン交換において離脱する第1アルカリ金属イオンa1の硝酸塩と、イオン交換により強化用ガラスに導入される第2アルカリ金属イオンa2の硝酸塩との混合塩を主成分として構成される。本実施形態では、第1アルカリ金属イオンa1がNaイオンであり、第2アルカリ金属イオンa2がKイオンである場合について説明する。すなわち、本実施形態において、第1溶融塩m1は、 NaNO_3 および KNO_3 を主成分とする混合塩である。なお、第1溶融塩m1は、これに限定されず、例えば KNO_3 のみからなる溶融塩でもよい。

20

【0077】

第1溶融塩m1に占める KNO_3 の濃度は、第1溶融塩m1に占める NaNO_3 の濃度よりも高いことが好ましい。具体的には、 NaNO_3 の濃度は、好ましくは50質量%未満、より好ましくは5~40質量%である。 KNO_3 の濃度は、好ましくは50質量%以上、より好ましくは60~95質量%である。

【0078】

第2イオン交換工程S2では、第1アルカリ金属イオンa1を含む第2溶融塩m2で満たされた処理槽に、第1イオン交換工程S1を経た強化用ガラスを浸漬するとともに、所定温度にて所定時間保持することにより、強化用ガラスの表面のイオン交換処理を行う。これにより、強化用ガラスに含まれる第2アルカリ金属イオンa2と、第2溶融塩m2に含まれる第1アルカリ金属イオンa1とをイオン交換し、強化用ガラスの表面（本実施形態では、主表面および端面）から厚さTの10%より浅い領域までの第2アルカリ金属イオンa2の少なくとも一部を強化用ガラスから離脱させる。その結果、強化用ガラスに形成された圧縮応力層の圧縮応力は小さくなる。その一方で、圧縮応力層の形成領域が強化用ガラスの深くまで拡大する。

30

【0079】

第2イオン交換工程S2では、第2アルカリ金属イオンa2が強化用ガラスから離脱する離脱イオン、第1アルカリ金属イオンa1が強化用ガラスに導入される導入イオンとなる。

【0080】

第2イオン交換工程S2において、第2アルカリ金属イオンa1を強化用ガラスから離脱させる領域は、好ましくは強化用ガラスの表面から厚さTの9%以下の深さまでの領域、より好ましくは強化用ガラスの表面から厚さTの4%以上8%以下の深さまでの領域である。

40

【0081】

第2溶融塩m2は、強化用ガラスの組成に予め含まれイオン交換において離脱する第2アルカリ金属イオンa2の硝酸塩と、イオン交換により強化用ガラスに導入される第1アルカリ金属イオンa1の硝酸塩との混合塩を主成分として構成される。すなわち、本実施形態において、第2溶融塩m2は、 NaNO_3 および KNO_3 を主成分とする混合塩である。なお、第2溶融塩m2は、これに限定されず、例えば NaNO_3 のみからなる溶融塩

50

でもよい。

【0082】

第2溶融塩m2に占めるNaNO₃の濃度は、第2溶融塩m2に占めるKNO₃の濃度よりも高いことが好ましい。具体的には、NaNO₃の濃度は、好ましくは60質量%以上、より好ましくは70～95質量%である。KNO₃の濃度は、好ましくは40質量%以下、より好ましくは5～30質量%である。

【0083】

第3イオン交換工程S3では、第2アルカリ金属イオンa2を含む第3溶融塩m3で満たされた処理槽に、第2イオン交換工程S2を経た強化用ガラスを浸漬するとともに、所定温度にて所定時間保持することにより、強化用ガラスの表面のイオン交換処理を行う。これにより、強化用ガラスに含まれる第1アルカリ金属イオンa1と、第1溶融塩m1に含まれる第2アルカリ金属イオンa2とをイオン交換し、強化用ガラスの表面（本実施形態では、主表面および端面）から厚さTの7%より浅い領域まで第2アルカリ金属イオンa2を導入する。その結果、強化用ガラスが再強化され、表層部のうちの表面近傍に高い圧縮応力を有する圧縮応力層2を形成することができる。この際、圧縮応力層2は、ある程度深くまで拡大した状態のまま維持される。

10

【0084】

第3イオン交換工程S3では、第1アルカリ金属イオンa1が強化用ガラスから離脱する離脱イオン、第2アルカリ金属イオンa2が強化用ガラスに導入される導入イオンとなる。

20

【0085】

第3イオン交換工程S3において、第2アルカリ金属イオンa2を強化用ガラスに導入する領域は、好ましくは強化用ガラスの表面から厚さTの6%以下の深さまでの領域、より好ましくは強化用ガラスの表面から厚さTの1%以上5%以下の深さまでの領域である。

【0086】

第3溶融塩m3に占めるKNO₃の濃度は、第3溶融塩m3に占めるNaNO₃の濃度よりも高いことが好ましい。

【0087】

第3溶融塩m3に占めるNaNO₃の濃度は、第1溶融塩m1に占めるNaNO₃の濃度よりも低いことが好ましい。具体的には、第3溶融塩m3のNaNO₃の濃度は、好ましくは10質量%以下、より好ましくは0～5質量%、さらに好ましくは0.1～5質量%である。

30

【0088】

第3溶融塩m3に占めるKNO₃の濃度は、第1溶融塩m1に占めるKNO₃の濃度よりも高いことが好ましい。具体的には、第3溶融塩m3に占めるKNO₃の濃度は、好ましくは90質量%以上、より好ましくは95～100質量%、さらに好ましくは95～99.5質量%である。

【0089】

本実施形態において、第3溶融塩m3は、KNO₃のみからなる溶融塩であるが、これに限定されず、例えばNaNO₃およびKNO₃を主成分とする混合塩であってもよい。

40

【0090】

第3溶融塩m3においてイオン半径の小さいアルカリ金属イオン（例えばLiイオン、Naイオン、特にNaイオン）の含有割合は、第1溶融塩m1中のそれよりも少ないことが好ましい。これにより、応力深さを深く形成しつつ、最表面における大きなアルカリ金属イオンの濃度を高め易くなる。なお、アルカリ金属イオンの大きさは、Liイオン<Naイオン<Kイオン（カリウムイオン）<Ceイオン<Rbイオンの関係である。

【0091】

第1イオン交換工程S1のイオン交換処理温度および第2イオン交換工程S2のイオン交換処理温度は、第3イオン交換工程S3のイオン交換処理温度よりも高いことが好ましい。なお、イオン交換処理温度は、溶融塩の温度を意味する。

50

【 0 0 9 2 】

具体的には、第1イオン交換工程S1および第2イオン交換工程S2のイオン交換処理温度は、420 以上であることが好ましく、より好ましくは430 以上、更に好ましくは440 ~ 500 である。なお、第1イオン交換工程S1のイオン交換処理温度は、第2イオン交換工程S2のイオン交換処理温度よりも高いことが好ましい。第1イオン交換工程S1および第2イオン交換工程S2のイオン交換処理温度の差は、好ましくは5 以上、より好ましくは5 ~ 50 である。第1イオン交換工程S1のイオン交換処理温度は、より好ましくは440 ~ 490 未満、更に好ましくは450 ~ 470 である。第2イオン交換工程S2のイオン交換処理温度は、より好ましくは400 ~ 480 、更に好ましくは420 ~ 460 である。

10

【 0 0 9 3 】

第3イオン交換工程S3のイオン交換処理温度は、第1イオン交換工程S1のイオン交換温度よりも10 以上、20 以上、30 以上、30 以上、特に50 以上低いことが好ましい。具体的には、第3イオン交換工程S3のイオン交換処理温度は、好ましくは350 ~ 410 未満、360 ~ 400 未満、特に380 ~ 400 未満である。

【 0 0 9 4 】

第1イオン交換工程S1および第2イオン交換工程S2のイオン交換処理時間は、好ましくは第3イオン交換工程S3のイオン交換処理時間よりも3倍以上長く、より好ましくは5倍以上、更に好ましくは10倍~200倍である。

20

【 0 0 9 5 】

第1イオン交換工程S1および第2イオン交換工程S2のイオン交換処理時間は、好ましくは2時間以上、より好ましくは3時間以上、更に好ましくは4時間~20時間である。第1イオン交換工程S1および第2イオン交換工程S2のイオン交換処理時間を長くすることによって、圧縮応力層を深く形成し得るため、生産性が低下しない範囲で当該処理時間を長くすることが好ましい。なお、第1イオン交換工程S1のイオン交換処理時間は、第2イオン交換工程S2のイオン交換処理時間よりも長いことが好ましい。第1イオン交換工程S1および第2イオン交換工程S2のイオン交換処理時間の差は、好ましくは2時間以上、より好ましくは3時間~7時間である。

【 0 0 9 6 】

第3イオン交換工程S3のイオン交換処理時間は、好ましくは2時間以下、より好ましくは3時間以下、0.2時間~2時間、0.3~1時間、0.3~0.5時間である。イオン交換処理の合計時間を短く制御することにより、引張応力層3における引張応力を小さな値に制御し易くなる。

30

【 0 0 9 7 】

各イオン交換工程S1~S3において熔融塩に浸漬される強化用ガラスは、予め各イオン交換工程のイオン交換処理における熔融塩の温度まで予熱されていてもよく、常温(例えば、1 ~ 40)の状態のまま各熔融塩に浸漬させてもよい。

【 0 0 9 8 】

第1イオン交換工程S1と第2イオン交換工程S2の間、および/又は、第2イオン交換工程S2と第3イオン交換工程S3の間に、熔融塩から引き出された強化用ガラスを洗浄する洗浄工程を設けることが好ましい。洗浄を行うことによって、強化用ガラスに付着していた付着物を除去しやすくなり、第2イオン交換工程S2や第3イオン交換工程S3において、より均一にイオン交換処理を行うことができる。

40

【 0 0 9 9 】

以上に説明した第1~第3イオン交換工程S1~S3の条件範囲において処理時間や処理温度を適宜調整することより、上記の特性を有する強化ガラス1を得ることができる。

【 0 1 0 0 】

なお、上記の第3イオン交換工程S3の後に、切断加工、孔開け加工、表面研磨加工、面取り加工、端面研磨加工、エッチング加工、成膜加工等の各種加工を行ってもよい。

50

【0101】

また、上記の実施形態では、2回の強化工程と1回の緩和工程を含む第1～第3イオン交換工程を行う例について説明したが、少なくとも2回の強化工程を含む、2回又は4回以上のイオン交換工程を実施してもよい。

【0102】

(第2実施形態)

上記の第1実施形態では、3回のイオン交換処理により強化ガラス1を得る方法を例示したが、第二実施形態では、2回のイオン交換処理により強化ガラス1を得る方法を例示する。詳細には、本実施形態に係る強化ガラスの製造方法では、図4に示すように、第1イオン交換工程T1、第2イオン交換工程T2を順に実施する。なお、図面は省略するが、以下では、各工程T1～T2で使用される溶融塩やアルカリ金属イオンにも、これらを区別するために符号を付す。

10

【0103】

第1イオン交換工程T1では、強化用ガラスに含まれる第1アルカリ金属イオンb1よりイオン半径の大きな第2アルカリ金属イオンb2を含む第1溶融塩n1で満たされた処理槽に、強化用ガラスを浸漬するとともに、所定温度にて所定時間保持することにより、強化用ガラスの表面のイオン交換処理を行う。これにより、強化用ガラスに含まれる第1アルカリ金属イオンb1と、第1溶融塩n1に含まれる第2アルカリ金属イオンb2とをイオン交換し、強化用ガラスの表面(本実施形態では、主表面および端面)近傍に第2アルカリ金属イオンb2を導入する。その結果、強化用ガラスの表層部に圧縮応力層が形成され、強化用ガラスが強化される。

20

【0104】

第1イオン交換工程T1では、第1アルカリ金属イオンb1が強化用ガラスから離脱する離脱イオン、第2アルカリ金属イオンb2が強化用ガラスに導入される導入イオンとなる。

【0105】

第1イオン交換工程T1において、第2アルカリ金属イオンb2を強化用ガラスに導入する領域は、好ましくは強化用ガラスの表面から厚さTの10%以上の深さまでの領域、より好ましくは強化用ガラスの表面から厚さTの12%以上、14%以上、15%以上、15%以上40%以下の深さまでの領域である。

30

【0106】

第2イオン交換工程T2では、強化用ガラスに第2アルカリ金属イオンb2よりもイオン半径の大きな第3アルカリイオンb3と、第1アルカリ金属イオンb1と、を含む第2溶融塩n2で満たされた処理槽に、強化用ガラスを浸漬するとともに、所定温度にて所定時間保持することにより、強化用ガラスの表面のイオン交換処理を行う。これにより、第1アルカリ金属イオンb1を、強化用ガラスに含まれる第2アルカリ金属イオンb2と逆イオン交換し、第2アルカリ金属イオンb2の少なくとも一部を強化用ガラスから離脱させる。これと同時に、第3アルカリ金属イオンb3を、強化用ガラスに含まれる第1アルカリ金属イオンb1または第2アルカリ金属イオンb2とイオン交換し、表面から厚さTの7%より浅い領域まで第3アルカリ金属イオンb3を強化ガラスに導入させる。つまり、逆イオン交換により強化用ガラスの表層部に形成された圧縮応力が緩和されながら、イオン交換により強化用ガラスが強化され、表層部のうちの表面近傍のみに高い圧縮応力が形成される。

40

【0107】

第2イオン交換工程T2において、第2アルカリ金属イオンb2を強化用ガラスから離脱させる領域は、好ましくは強化用ガラスの表面から厚さTの15%以下の深さまでの領域、より好ましくは強化用ガラスの表面から厚さTの14%以下、13%以下、12%以下、11%以下、10%以下、1%以上10%以下、2%以上10%以下、3%以上10%以下、4%以上10%以下、5%以上10%以下の深さまでの領域である。また、第2イオン交換工程T2において、第3アルカリ金属イオンb3を強化用ガラスに導入する領

50

域は、好ましくは強化用ガラスの表面から厚さ T の7%以下の深さまでの領域、より好ましくは強化用ガラスの表面から厚さ T の6.5%以下、6%以下、5.5%以下、5%以下の深さまでの領域である。

【0108】

以上に説明した第1～第2イオン交換工程 T_1 ～ T_2 の条件範囲において処理時間や処理温度を適宜調整することより、上記の特性を有する強化ガラス1を得ることができる。

【0109】

ここで、第2イオン交換工程 T_2 において、上記の逆イオン交換の速度は、上記のイオン交換の速度よりも大きいことから、表層部の圧縮応力の緩和が先に深くまで進行し、その後表面に再び圧縮応力が形成されるため、製造された強化ガラス1の応力プロファイルにおいて、図2に示すような第1ボトム B_1 が形成されやすくなる。

10

【0110】

なお、上記の第2イオン交換工程 T_2 の後に、切断加工、孔開け加工、表面研磨加工、面取り加工、端面研磨加工、エッチング加工、成膜加工等の各種加工を行ってもよい。

【0111】

第2実施形態において、第1アルカリ金属イオン b_1 は Li イオンであることが好ましく、第2アルカリ金属イオン b_2 は Na イオンであることが好ましく、第3アルカリ金属イオン b_3 は K イオンであることが好ましい。

【0112】

特に、強化用ガラスが質量%で Li_2O を2%以上、 Na_2O を5%以上含有するリチウムアルミノシリケートガラスである場合、第1溶融塩 n_1 として、 $NaNO_3$ のみからなる溶融塩、あるいは、 $NaNO_3$ および KNO_3 を主成分とする混合塩を用いることができる。なお、第1溶融塩 n_1 は、 $LiNO_3$ を含んでいてもよい。この場合、強化用ガラスの Li_2O 含有量は、好ましくは2.5～5.0質量%、より好ましくは、2.8～4.5質量%である。

20

【0113】

第2実施形態において、強化用ガラスは、ガラス組成として、質量%で、 SiO_2 48～60%、 Al_2O_3 21～29%、 B_2O_3 0～10%、 Li_2O 2～11%、 Na_2O 5～20%、 K_2O 0～10%、 MgO 0～6%、 ZnO 0～10%、 P_2O_5 0～20%を含有することが好ましい。

30

【0114】

第2実施形態では、第1イオン交換工程 T_1 に用いる第1溶融塩 n_1 は、 $NaNO_3$ および KNO_3 の混合塩が好ましい。第1溶融塩 n_1 に K イオンが含まれていると、第1イオン交換工程 T_1 後に、強化用ガラスの応力およびその分布を測定しやすくなるため、得られる強化ガラスの品質管理に好適である。第1溶融塩 n_1 に占める $NaNO_3$ の濃度は、質量%で好ましくは100～20%、100～30%、100～40%、100～50%、100～60%であり、残部は KNO_3 であることが好ましい。第1溶融塩 n_1 に占める $NaNO_3$ の濃度は、第1溶融塩 n_1 に占める KNO_3 の濃度よりも高いことが好ましい。なお、第1溶融塩 n_1 は、 $NaNO_3$ のみを含み、 KNO_3 を含まない構成としてもよい。第1イオン交換工程 T_1 のイオン交換処理温度は、好ましくは350～480

40

、より好ましくは360～430、更に好ましくは370～400、370～390である。第1イオン交換工程 T_1 のイオン交換処理時間は、好ましくは1～20時間であり、より好ましくは1.5時間～15時間、更に好ましくは2時間～10時間である。

【0115】

第2実施形態では、第2イオン交換工程 T_2 に用いる第2溶融塩 n_2 は、 $LiNO_3$ および KNO_3 の混合塩が好ましい。第2溶融塩 n_2 に占める $LiNO_3$ の濃度は、第2溶融塩 n_2 に占める KNO_3 の濃度よりも低いことが好ましい。詳細には、第2溶融塩 n_2 に占める $LiNO_3$ の濃度は、質量%で好ましくは0.1～5%、0.2～5%、0.3～5%、0.4～5%、0.5～5%、0.5～4%、0.5～3%、0.5～2.5%、0.5～2%、1～2%であり、残部は KNO_3 であることが好ましい。また、第2溶

50

融塩に含まれるLiイオン濃度が100質量ppm以上であることが好ましい。この際、第2溶融塩n2に占めるLiイオンの濃度は、質量%で表されるLiNO₃に0.101を乗ずることで求められる。第2イオン交換工程T2のイオン交換処理温度は、好ましくは350~480、より好ましくは360~430、更に好ましくは370~400、370~390である。第2イオン交換工程T2のイオン交換処理時間は、第1イオン交換工程T1のイオン交換処理時間より短いことが好ましい。第2イオン交換工程T2のイオン交換処理時間は、好ましくは0.2時間以上、より好ましくは0.3~2時間、0.4~1.5時間、更に好ましくは0.5~1時間である。

【0116】

以上、本発明の実施形態を説明したが、もちろん本発明はこの形態に限定されることなく、本発明の範囲内で種々の形態をとることが可能である。

10

【0117】

例えば、上記の第1および第2実施形態では、強化ガラス1が表裏の主表面1aの双方側および端面1b側に圧縮応力層2を備える例を示したが、一方の主表面1a側のみ圧縮応力層2を備える等、強化ガラス1の表層部の一部のみに圧縮応力層2を備えてもよい。強化ガラス1の表層部の一部のみに圧縮応力層2を形成する方法としては、例えば、強化用ガラスのうちの圧縮応力層を形成しない領域に、イオン交換処理における導入イオンの透過を抑制する抑制膜(例えば、SiO₂膜)を予め形成し、抑制膜を除く部分に対して部分的にイオン交換処理を施す方法が挙げられる。

【0118】

また、上記の実施形態において強化ガラス1は平坦な板状であるが、本発明における板状の概念には、曲面を有する曲げ板状の形態も含まれる。

20

【実施例】

【0119】

以下、本発明に係る強化ガラスについて実施例に基づいて説明する。なお、以下の実施例は単なる例示であって、本発明は、以下の実施例に何ら限定されない。

【0120】

次のようにして試料を作製した。まずガラス組成として表1~2に示す組成A~Tの強化用ガラスを用意した。

【0121】

【表1】

30

	ガラス	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
wt%	SiO ₂	53.59	61.69	58.2	58.9	57.2	56.6	54.7	54.5	54.0	53.4
	Al ₂ O ₃	20	18	27.4	27.7	27.5	28.7	26.8	23.2	22.5	25.0
	B ₂ O ₃	0.5	0.5		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	Li ₂ O	0.01	0.01	2.9	3.8	3.8	3.3	2.8	3.4	3.5	3.5
	Na ₂ O	13.7	14.6	10.4	7.6	8.5	8.4	8.1	6.4	7.1	6.4
	K ₂ O	4.4	2.0		1.8	1.8	1.8	1.2	3.5	2.1	3.5
	MgO	2.1	3.0						1.4	1.2	2.1
	ZnO										
	P ₂ O ₅			1.0		1.0	1.0	6.3	7.3	9.4	5.9
	SnO ₂	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

40

【0122】

50

【表 2】

	ガラス	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
wt%	SiO ₂	53.2	54.2	53.4	53.7	52.9	52.1	54.9	56.3	57.0	51.5
	Al ₂ O ₃	22.4	22.6	22.5	22.4	22.3	24.4	23.4	24.0	25.2	27.9
	B ₂ O ₃	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1			0.3
	Li ₂ O	3.5	4.0	4.0	3.1	3.0	4.1	3.8	2.8	3.6	3.3
	Na ₂ O	7.1	6.2	6.2	8.0	7.9	6.2	6.0	10.2	7.5	7.5
	K ₂ O	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	1.0	3.5		0.7	0.6
	MgO	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	2.4	1.4		0.2	0.3
	ZnO								1.4		
	P ₂ O ₅	10.4	9.4	10.4	9.4	10.3	9.5	6.8	5.2	5.7	8.4
	SnO ₂	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

10

【0123】

組成ごとにガラス原料を調合し、白金ポットを用いて1600 で21時間溶融した。その後、得られた溶融ガラスを、オーバーフローダウンドロー法を用いて耐火物成形体から流下成形して、表3～18に記載の所定の厚さの板状に成形した。

20

【0124】

次いで、上記の強化用ガラスを表3～18に示す条件で溶融塩浴に浸漬して、イオン交換処理を行うことにより板状の強化ガラスを得た。溶融塩浴に関して、NaNO₃/KNO₃の標記のある工程では、溶融塩中のNaNO₃とKNO₃の重量濃度比が表に記載の濃度となるように、KNO₃溶融塩にNaNO₃溶融塩を添加して調整した。溶融塩浴に関して、LiNO₃/KNO₃の標記のある工程では、溶融塩中のLiNO₃とKNO₃の重量濃度比が表に記載の濃度となるように、KNO₃溶融塩にLiNO₃溶融塩を添加して調整した。

30

【0125】

なお、試料No.1～10は第1イオン交換工程（強化工程）、第2イオン交換工程（緩和工程）および第3イオン交換工程（強化工程）の計3回のイオン交換処理を行った。一方、試料No.11は第1イオン交換工程（強化工程）のみの計1回のイオン交換処理を行い、試料No.12～160は第1イオン交換工程（強化工程）および第2イオン交換工程（強化工程）の計2回のイオン交換処理を行った。試料No.1～10、およびNo.13～160は本発明の実施例であり、試料No.11～12は比較例である。

【0126】

このようにして得られた強化ガラスについて、以下の通り測定した各種特性、および強度試験の結果を表3～18に示す。

40

【0127】

50

【表 3】

No.	組成		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	厚さT	μm	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B
第1イオン 交換工程	NaNO ₃ /KNO ₃	質量%	33.3/66.7	33.3/66.7	33.3/66.7	20/80	20/80	20/80	20/80	0/100	33.3/66.7	20/80	1.9/98.1	29.6/70.4
	処理温度	°C	460	460	460	460	460	460	460	460	460	460	430	490
	処理時間	h	9	9	9	9	24	24	24	24	2	24	3	18.5
第2イオン 交換工程	NaNO ₃ /KNO ₃	質量%	80/20	80/20	80/20	80/20	70/30	65/35	65/35	100/0	68/32	60/40	-	0/100
	処理温度	°C	430	450	450	450	450	450	450	410	450	450	-	390
	処理時間	h	9	4	9	4	7	16	18	4	9	18	-	1
第3イオン 交換工程	NaNO ₃ /KNO ₃	質量%	0/100	0/100	0/100	0/100	0/100	0/100	0/100	0/100	0/100	0/100	-	-
	処理温度	°C	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	-	-
	処理時間	h	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	-	-
CSmax	MPa	855	867	867	772	733	746	741	741	741	919	763	842	812
	MPa	42	42	37	56	76	61	61	57	44	55	64	35.8	101.8
CTmax・厚さT	MPa・mm	29	30	26	39	53	42	42	40	31	39	45	-	-
	μm	136	127	144	132	177	186	186	186	92	171	181	36	102
DOLzero/厚さT	%	19	18	21	19	25	27	27	27	13	24	26	5	13
	MPa	8.9	16.2	-7.4	2.0	-29.4	-10.5	-17.7	-17.7	55.7	-5.0	-2.3	-	-
DOLb	μm	21.9	20.3	21.5	25.5	19.1	19.6	19.6	21	12	17.1	19.5	-	-
	%	3	3	3	4	3	3	3	3	2	2	3	-	-
CSp	MPa	33	46	21	71	60	28	28	26	156	32	26	-	-
	μm	69.6	61.8	81.6	67.8	91.5	104.1	104.1	107.6	37	91.6	99.5	-	-
DOLp/厚さT	%	10	9	12	10	13	15	15	15	5	13	14	-	-
	MPa	24.0	29.8	28.0	69.5	89.7	38.5	44.1	44.1	100.3	36.8	28.4	39	76
(DOLp-DOLb)	μm	47.7	41.5	60.1	42.3	72.4	84.5	84.5	86.6	25.0	74.5	80.0	<20	<20
	%	7	6	9	6	10	12	12	12	4	11	11	-	-
(CSp-CSpb)/(DOLp-DOLb)	MPa/μm	0.5	0.7	0.5	1.6	1.2	0.5	0.5	0.5	4.0	0.5	0.4	-	-
	P180	153	169	130	197	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	154	167	39	76
疑似筐体落下強度	P120	47	51	50	48	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	52	53	<20	<20
	P100	未測定	未測定	未測定	25	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	45	未測定	未測定
	P80	未測定	未測定	未測定	<20	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	45	未測定	未測定
	P180	80	91	67	110	-	-	-	-	-	-	76	70	32
計算強度	P120	62	64	56	81	-	-	-	-	-	68	64	5	-
	P100	48	47	46	56	-	-	-	-	-	59	57	3	-
	P80	-4	-8	4	-18	-	-	-	-	-	7	12	-15	-
	P80	-4	-8	4	-18	-	-	-	-	-	7	12	-15	-

【 0 1 2 8 】

10

20

30

40

50

【表 4】

No.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
組成	C	C	D	D	D	D	D	D	D	D
板厚T	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
NaNO ₃ /KNO ₃	100/0	80/20	100/0	100/0	100/0	100/0	100/0	100/0	90/10	85/15
処理温度	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
処理時間	3	6	3	3	3	3	3	6	6	6
LiNO ₃ /KNO ₃	1.5/98.5	1.5/98.5	1.5/98.5	1.5/98.5	1.5/98.5	1.7/98.3	1.5/98.5	1.5/98.5	1.5/98.5	1.5/98.5
処理温度	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
処理時間	60	90	60	75	90	90	105	90	90	90
C _{Smax}	863	799	511	743	856	769	778	816	739	725
C _{Tmax}	37	33	64	58	53	46	52	61	62	66
C _{Tmax} ・板厚T	26	23	45	41	37	33	36	43	43	46
DOLzero	170	155	146	157	160	164	167	167	166	164
DOLzero/板厚T	24	22	21	22	23	23	24	24	24	23
CSb	-35	-26	47	39	28	22	10	11	17	-10
DOLb	15	19	25	38	41	42	16	16	14	17
DOLb/板厚T	2	3	4	5	6	6	2	2	2	2
C _{Sp}	28	25	62	51	42	36	32	45	50	56
DOLp	97	88	61	76	87	98	83	80	76	77
DOLp/板厚T	14	13	9	11	12	14	12	11	11	11
C _{Sp} -C _{Sb}	63	51	15	12	14	14	23	34	33	66
DOLp-DOLb	81	69	36	38	46	56	67	64	62	60
(DOLp-DOLb)/板厚T	12	10	5	5	7	8	10	9	9	9
(C _{Sp} -C _{Sb})/(DOLp-DOLb)	0.8	0.7	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3	0.5	0.5	1.1
疑似筐体落下強度	P180	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P120	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P100	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P80	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
計算強度	P180	-	-	108	98	87	80	91	97	98
	P120	-	-	82	81	76	72	78	82	85
	P100	-	-	62	65	62	61	65	68	69
	P80	-	-	-12	-4	0	3	2	1	1

【 0 1 2 9 】

10

20

30

40

50

【表 5】

No.	組成	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
第1イオン 交換工程	板厚T	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
	NaNO ₃ / KNO ₃	80/20	75/25	100/0	100/0	100/0	100/0	100/0	100/0	90/10	85/15
	処理温度	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
第2イオン 交換工程	処理時間	6	6	3	3	3	3	3	6	6	6
	LiNO ₃ / KNO ₃	1.5/98.5	1.5/98.5	1.5/98.5	1.5/98.5	1.5/98.5	1.7/98.3	1.5/98.5	1.5/98.5	1.5/98.5	1.5/98.5
	処理温度	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
CSmax	処理時間	90	90	60	75	90	90	105	90	90	90
	MPa	719	699	803	803	788	766	809	711	706	694
	CTmax	53	60	53	52	50	45	43	55	63	56
DOLzero/板厚T	CTmax・板厚T	37	42	37	36	35	32	30	39	44	39
	μm	161	160	151	158	164	168	167	173	165	166
	%	23	23	22	23	23	24	24	25	24	24
DOLb/板厚T	CSb	8	20	21	23	19	13	2	-2	5	-2
	μm	16	18	14	26	28	27	16	14	20	17
	%	2	2	2	4	4	4	2	2	3	2
DOLp/板厚T	CSp	43	52	54	43	36	35	26	41	45	45
	μm	77	74	68	75	85	90	93	87	83	84
	%	11	11	10	11	12	13	13	12	12	12
(DOLp-DOLb)/板厚T	CSp-CSb	35	32	33	20	16	22	24	43	40	47
	μm	61	56	54	49	57	62	77	73	63	67
	%	9	8	8	7	8	9	11	10	9	10
疑似筐体落下強度	(CSp-CSb)/(DOLp-DOLb)	0.6	0.6	0.6	0.4	0.3	0.4	0.3	0.6	0.6	0.7
	P180	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P120	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
計算強度	P100	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P80	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P180	89	99	101	90	82	78	71	85	89	88
計算強度	P120	75	82	80	75	71	70	63	76	78	78
	P100	62	66	63	61	60	60	55	65	65	65
	P80	2	-3	-6	0	4	7	9	7	0	2

【 0 1 3 0 】

10

20

30

40

50

【表 6】

No.	組成	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
第1イオン 交換工程	板厚T	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
	NaNO ₃ / KNO ₃	80/20	75/25	100/0	100/0	100/0	100/0	100/0	100/0	90/10	85/15
	処理温度	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
第2イオン 交換工程	処理時間	6	6	3	3	3	3	3	6	6	6
	LiNO ₃ / KNO ₃	1.5/98.5	1.5/98.5	1.5/98.5	1.5/98.5	1.5/98.5	1.7/98.3	1.5/98.5	1.5/98.5	1.5/98.5	1.5/98.5
	処理温度	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
C	処理時間	90	90	60	75	90	90	105	90	90	90
	C _{Smax}	719	685	832	859	841	837	812	732	754	651
	C _{Tmax}	53	57	53	52	46	45	47	45	53	53
DOL	C _{Tmax} ・板厚T	37	40	37	36	32	32	33	32	37	37
	DOLzero	161	157	150	163	159	167	161	173	166	168
	DOLzero/板厚T	23	22	21	23	23	24	23	25	24	24
CS	CSb	8	9	24	21	15	10	2	-17	-2	9
	DOLb	16	19	15	31	17	40	19	17	16	16
	DOLb/板厚T	2	3	2	4	2	6	3	2	2	2
DOLp	C _{Sp}	43	48	49	37	33	28	22	31	36	35
	DOLp	77	78	66	79	86	100	86	96	82	81
	DOLp/板厚T	11	11	9	11	12	14	12	14	12	12
DOLp-DOLb	C _{Sp} -C _{Sb}	35	39	25	15	17	18	20	48	37	26
	DOLp-DOLb	61	59	52	48	68	61	67	79	66	64
	(DOLp-DOLb)/板厚T	9	8	7	7	10	9	10	11	9	9
疑似筐体落下強度	(C _{Sp} -C _{Sb})/(DOLp-DOLb)	0.6	0.7	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.6	0.6	0.4
	P180	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P120	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
計算強度	P100	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P80	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P180	89	93	96	84	79	70	69	71	81	82
計算強度	P120	75	79	76	71	68	64	59	67	70	71
	P100	62	63	60	59	57	56	51	59	59	60
	P80	2	-4	-5	4	3	8	10	10	6	7

【 0 1 3 1 】

10

20

30

40

50

【表 7】

No.	組成	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
第1イオン 交換工程	板厚T	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
	NaNO ₃ / KNO ₃	80/20	75/25	75/25	75/25	75/25	100/0	100/0	100/0	100/0	100/0
	処理温度	380	380	410	410	410	380	380	380	380	380
第2イオン 交換工程	処理時間	6	6	3	3	3	3	3	3	3	3
	LiNO ₃ / KNO ₃	1.5/98.5	1.5/98.5	1.5/98.5	1.5/98.5	1.5/98.5	1.5/98.5	1.5/98.5	1.5/98.5	1.5/98.5	1.5/98.5
	処理温度	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
CSpmax	処理時間	90	90	105	105	90	30	45	60	75	45
	CSpmax	745	735	796	757	692	696	749	735	779	696
	CTmax	49	50	57	48	47	59	54	42	45	59
DOLzero/板厚T	CTmax・板厚T	34	35	40	34	33	41	38	29	31	41
	DOLzero	165	163	168	167	156	156	146	158	162	156
	%	24	23	24	24	22	22	21	23	23	22
DOLb/板厚T	Csb	-3	8	15	-5	22	54	12	13	9	54
	DOLb	18	19	15	19	18	10	14	17	15	10
	%	3	3	2	3	3	1	2	2	2	1
DOLp/板厚T	Csp	34	33	37	27	29	59	48	20	26	59
	DOLp	85	82	78	90	63	42	55	68	75	42
	%	12	12	11	13	9	6	8	10	11	6
(DOLp-DOLb)/板厚T	Csp-Csb	36	26	23	32	7	5	36	7	17	5
	DOLp-DOLb	67	63	63	71	45	32	41	51	61	32
	%	10	9	9	10	6	5	6	7	9	5
疑似筐体落下強度	(CSp-Csb)/(DOLp-DOLb)	0.5	0.4	0.4	0.4	0.2	0.1	0.9	0.1	0.3	0.1
	P180	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P120	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
計算強度	P100	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P80	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P180	79	80	85	72	79	104	93	70	75	104
計算強度	P120	69	69	72	64	63	79	68	56	62	79
	P100	58	58	61	55	53	63	54	49	53	63
	P80	6	4	6	8	5	-1	1	11	9	-1

【 0 1 3 2 】

10

20

30

40

50

【表 8】

No.	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62
組成	G	G	G	G	G	H	H	H	I	I
板厚T	700	700	700	700	700	700	670	670	670	680
第1イオン交換工程	NaNO ₃ / KNO ₃	100/0	100/0	100/0	100/0	75/25	75/25	75/25	75/25	75/25
	処理温度	380	380	380	380	420	420	420	420	420
	処理時間	3	3	3	3	3	3	3	3	3
第2イオン交換工程	LiNO ₃ / KNO ₃	1/99	1.3/98.7	1.3/98.7	1/99	1.5/98.5	2/98	1.5/98.5	2/98	1.5/98.5
	処理温度	380	380	380	360	380	380	380	380	380
	処理時間	90	60	45	120	45	45	90	45	90
	C _{Smax}	791	762	768	797	813	536	584	507	517
	C _{Tmax}	55	44	59	52	51	67	61	59	59
	C _{Tmax} ・板厚T	39	31	41	37	36	45	41	39	40
	DOLzero	141	153	154	159	144	145	146	151	150
	DOLzero/板厚T	20	22	22	23	21	22	22	23	22
	CSb	24	33	42	26	47	67	33	26	17
	DOLb	15	14	15	19	14	11	20	13	15
	DOLb/板厚T	2	2	2	3	2	2	3	2	2
	CSp	52	36	48	27	53	73	46	52	55
	DOLp	45	45	50	50	48	39	59	61	55
	DOLp/板厚T	6	6	7	7	7	6	9	9	8
	CSp-Csb	27	3	5	2	7	6	13	26	38
	DOLp-DOLb	30	32	35	31	33	28	39	47	41
	(DOLp-DOLb)/板厚T	4	4	5	4	5	4	6	7	6
	(CSp-Csb)/(DOLp-DOLb)	0.9	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.3	0.5	0.9
疑似筐体落下強度	P180	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P120	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P100	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P80	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
計算強度	P180	93	84	96	77	99	114	94	99	99
	P120	65	65	73	61	73	91	71	76	73
	P100	52	54	59	52	57	71	62	60	58
	P80	0	4	-1	7	-6	-7	-10	-5	-3

【 0 1 3 3 】

10

20

30

40

50

【表 9】

No.	組成	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
	板厚T	μm	680	680	680	680	680	700	700	700	700
第1イオン 交換工程	NaNO ₃ / KNO ₃	質量%	75/25	75/25	75/25	75/25	75/25	75/25	75/25	75/25	75/25
	処理温度	°C	420	420	420	420	420	420	420	420	420
	処理時間	h	3	3	3	3	3	3	3	3	3
第2イオン 交換工程	LiNO ₃ / KNO ₃	質量%	1.5/98.5	2/98	1.5/98.5	1.5/98.5	1.5/98.5	1/99	1.5/98.5	1/99	1.5/98.5
	処理温度	°C	380	380	380	380	380	380	380	380	380
	処理時間	min.	45	45	90	45	45	90	90	60	60
	C _S max	MPa	561	528	604	531	517	616	546	579	527
	C _T max	MPa	76	74	66	66	59	69	65	69	60
	C _T max・板厚T	MPa・mm	52	50	45	45	40	48	45	48	42
	DOLzero	μm	145	146	150	146	150	148	164	158	161
	DOLzero/板厚T	%	21	22	22	21	22	22	23	23	23
	C _S b	MPa	63	24	46	54	17	23	43	19	21
	DOLb	μm	8	9	14	12	15	19	17	14	13
	DOLb/板厚T	%	1	1	2	2	2	3	2	2	2
	C _S p	MPa	97	95	61	67	55	32	51	64	60
	DOLp	μm	42	44	53	41	55	57	67	57	66
	DOLp/板厚T	%	6	6	8	6	8	8	7	8	9
	C _S p-C _S b	MPa	34	71	15	13	38	9	8	46	39
	DOLp-DOLb	μm	34	35	38	28	41	38	51	43	53
	(DOLp-DOLb)/板厚T	%	5	5	6	4	6	6	7	6	8
	(C _S p-C _S b)/(DOLp-DOLb)	MPa/μm	1.0	2.1	0.4	0.5	0.9	0.2	0.4	1.1	0.7
疑似筐体落下強度	P180	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P120	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P100	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P80	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
計算強度	P180	130	127	107	106	99	80	98	92	108	106
	P120	88	86	79	74	73	61	76	75	82	85
	P100	66	65	62	58	58	50	61	62	65	68
	P80	-14	-11	-7	-5	0	3	0	5	0	1

【 0 1 3 4 】

10

20

30

40

50

【表 1 0】

No.	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82
組成	M	M	M	N	N	N	N	N	N	O
板厚T	700	700	700	700	700	700	698	698	698	700
第1イオン	NaNO ₃ / KNO ₃	75/25	75/25	75/25	75/25	75/25	75/25	75/25	75/25	75/25
交換工程	質量%	420	420	420	420	420	420	420	420	420
	処理温度	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	処理時間	h	3	3	3	3	3	3	3	3
第2イオン	LiNO ₃ / KNO ₃	1/99	1.5/98.5	2/98	1.5/98.5	2/98	1/99	1.5/98.5	2/98	1/99
交換工程	質量%	380	380	380	380	380	380	380	380	380
	処理温度	90	90	90	60	60	90	s	90	60
	処理時間	min.	90	90	60	60	90	s	90	60
	C _S max	MPa	629	571	527	557	647	582	529	613
	C _T max	MPa	70	61	52	52	52	49	43	59
	C _T max・板厚T	MPa・mm	49	42	36	40	36	34	30	41
	DOLzero	μm	158	165	168	152	145	157	165	151
	DOLzero/板厚T	%	23	24	24	22	21	22	24	22
	C _S b	MPa	42	21	17	32	9	6	4	34
	DOLb	μm	18	17	17	16	17	19	21	17
	DOLb/板厚T	%	2	2	2	2	2	3	3	2
	C _S p	MPa	48	43	37	47	48	27	25	49
	DOLp	μm	52	69	76	55	51	73	84	53
	DOLp/板厚T	%	7	10	11	8	7	11	12	8
	C _S p-C _S b	MPa	6	22	21	15	39	21	21	16
	DOLp-DOLb	μm	34	53	59	39	34	54	63	36
	(DOLp-DOLb)/板厚T	%	5	8	8	6	5	8	9	5
	(C _S p-C _S b)/(DOLp-DOLb)	MPa/μm	0.2	0.4	0.4	0.4	1.1	0.4	0.3	0.4
疑似筐体落下強度	P180	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P120	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P100	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P80	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
計算強度	P180	96	91	86	94	88	91	76	72	-
	P120	74	75	72	71	71	66	62	62	-
	P100	61	62	61	57	59	53	52	53	-
	P80	0	5	8	2	5	3	8	10	-

【 0 1 3 5】

10

20

30

40

50

【表 1 1】

No.	組成	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92
	板厚T	700	700	698	698	698	700	700	700	700	700
第1イオン 交換工程	NaNO ₃ / KNO ₃	75/25	75/25	75/25	75/25	75/25	75/25	75/25	75/25	75/25	75/25
	処理温度	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420
第2イオン 交換工程	処理時間	3	3	3	3	3	1.5	1.5	3	1.5	3
	LiNO ₃ / KNO ₃	1.5/98.5	2/98	1/99	1.5/98.5	2/98	2/98	1/99	1/99	1.5/98.5	1.5/98.5
	処理温度	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
	処理時間	60	60	90	90	90	60	60	60	60	60
	C\$max	548	516	644	586	544	632	737	695	662	627
	CTmax	51	50	55	47	45	66	56	80	77	82
	CTmax・板厚T	35	35	38	33	31	46	39	56	54	57
	DOLzero	161	170	147	153	172	153	144	154	153	158
	DOLzero/板厚T	23	24	21	22	25	22	21	22	22	22
	CSb	8	-7	31	3	0	55	53	80	77	64
	DOLb	16	16	22	20	21	11	9	10	15	12
	DOLb/板厚T	2	2	3	3	3	2	1	1	2	2
	CSp	43	38	35	28	21	70	70	85	78	78
	DOLp	72	79	51	71	93	49	41	36	25	48
	DOLp/板厚T	10	11	7	10	13	7	6	5	4	7
	CSp-Csb	36	45	4	25	21	15	16	5	0	14
	DOLp-DOLb	56	63	29	51	72	38	32	26	10	36
	(DOLp-DOLb)/板厚T	8	9	4	7	10	5	5	4	1	5
	(CSp-Csb)/(DOLp-DOLb)	0.6	0.7	0.1	0.5	0.3	0.4	0.5	0.2	0.0	0.4
疑似筐体落下強度	P180	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P120	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P100	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P80	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
計算強度	P180	-	-	-	-	-	114	109	125	117	122
	P120	-	-	-	-	-	84	76	91	85	91
	P100	-	-	-	-	-	66	59	71	67	71
	P80	-	-	-	-	-	-5	-4	-10	-8	-7

【 0 1 3 6 】

10

20

30

40

50

【表 1 2】

No.		93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	
組成		P	P	P	P	Q	Q	Q	Q	Q	R	
板厚T		700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	
第1イオン 交換工程	NaNO ₃ / KNO ₃	75/25	75/25	75/25	75/25	75/25	75/25	75/25	75/25	75/25	100/0	
	処理温度	420	420	420	420	420	420	420	420	420	380	
	処理時間	1.5	3	1.5	3	1.5	3	1.5	3	3	4	
第2イオン 交換工程	LiNO ₃ / KNO ₃	2/98	2/98	1.5/98.5	1.5/98.5	2/98	1.5/98.5	2/98	2/98	1.5/98.5	2/98	
	処理温度	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	
	処理時間	90	90	90	90	60	60	90	90	90	30	
CSmax		612	626	710	647	543	539	557	521	564	595	
CTmax		61	61	70	67	61	74	53	62	70	41	
CTmax・板厚T		43	43	49	47	43	52	37	44	49	28	
DOLzero		165	174	158	167	147	154	159	164	162	168	
DOLzero/板厚T		24	25	23	24	21	22	23	23	23	24	
CSb		28	21	53	35	60	64	28	35	50	-6	
DOLb		16	10	14	13	14	12	16	18	14	9	
DOLb/板厚T		2	1	2	2	2	2	2	3	2	1	
CSp		43	46	60	53	70	79	45	49	61	41	
DOLp		67	72	49	66	42	46	65	64	54	78	
DOLp/板厚T		10	10	7	9	6	7	9	9	8	11	
CSp-Csb		15	25	7	18	9	15	17	14	11	47	
DOLp-DOLb		51	62	35	52	28	34	49	46	39	69	
(DOLp-DOLb)/板厚T		7	9	5	7	4	5	7	7	6	10	
(CSp-Csb)/(DOLp-DOLb)		0.3	0.4	0.2	0.3	0.3	0.5	0.4	0.3	0.3	0.7	
疑似筐体落下強度		P180	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	108	
		P120	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	
		P100	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	44
		P80	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	47
計算強度		P180	92	107	102	111	121	94	98	108	87	
		P120	75	82	83	88	75	88	75	79	74	
		P100	63	67	66	69	61	69	61	65	68	62
		P80	4	9	-3	1	-5	-6	3	2	-1	10

【 0 1 3 7 】

10

20

30

40

50

【表 1 3】

No.	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
組成	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
板厚T	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
NaNO ₃ / KNO ₃	100/0	100/0	100/0	100/0	100/0	80/20	80/20	80/20	80/20	80/20
処理温度	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
処理時間	4	4	9	9	9	9	4	9	4	9
LiNO ₃ / KNO ₃	2/98	2/98	2/98	2/98	2/98	2/98	2/98	2/98	2/98	2/98
処理温度	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
処理時間	45	60	30	45	60	30	30	45	45	60
C _S max	637	671	528	559	590	583	627	636	636	626
C _T max	37	30	35	28	26	39	43	44	44	32
C _T max・板厚T	26	21	25	20	18	27	30	31	31	23
DOLzero	172	181	183	188	197	163	158	158	158	176
DOLzero/板厚T	24	26	26	27	28	23	23	23	23	25
C _S b	-2	-9	-56	-46	-29	-2	11	12	12	-12
DOLb	22	35	9	12	26	21	11	43	43	30
DOLb/板厚T	3	5	1	2	4	3	2	6	6	4
C _S p	31	18	40	31	24	45	43	32	32	22
DOLp	90	106	87	103	113	76	70	90	90	102
DOLp/板厚T	13	15	12	15	16	11	10	13	13	15
C _S p-C _S b	33	27	96	77	52	48	32	20	20	35
DOLp-DOLb	68	71	79	91	88	54	59	47	47	72
(DOLp-DOLb)/板厚T	10	10	11	13	13	8	8	7	7	10
(C _S p-C _S b)/(DOLp-DOLb)	0.5	0.4	1.2	0.8	0.6	0.9	0.5	0.4	0.4	0.5
疑似筐体落下強度	P180	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P120	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P100	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P80	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
計算強度	P180	74	58	78	65	86	91	75	75	58
	P120	67	55	74	67	74	74	66	66	58
	P100	58	50	64	60	53	61	60	56	52
	P80	13	19	18	20	24	11	5	6	18

【 0 1 3 8】

10

20

30

40

50

【表 1 4】

No.	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122
組成	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
板厚T	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
第1イオン交換工程	80/20	60/40	60/40	60/40	60/40	60/40	60/40	40/60	40/60	40/60
質量%	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
処理温度	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
処理時間	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
第2イオン交換工程	2/98	2/98	2/98	2/98	2/98	2/98	2/98	2/98	2/98	2/98
質量%	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
処理温度	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
処理時間	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.
C _{Smax}	677	631	597	692	692	668	717	657	655	673
C _{Tmax}	32	48	48	44	44	35	39	45	45	37
C _{Tmax} ・板厚T	22	33	34	31	31	24	27	31	31	26
DOLzero	171	150	147	149	149	161	149	153	144	151
DOLzero/板厚T	24	21	21	21	21	23	21	22	21	22
C _{Sb}	1	32	31	34	34	-14	9	17	8	6
DOLb	31	16	41	20	20	40	46	45	38	48
DOLb/板厚T	4	2	6	3	3	6	7	6	5	7
C _{Sp}	20	42	42	34	34	24	18	31	27	24
DOLp	108	57	73	32	32	94	90	85	75	95
DOLp/板厚T	15	8	10	5	5	13	13	12	11	14
C _{Sp} -C _{Sb}	19	10	10	0	0	38	9	14	18	18
DOLp-DOLb	77	41	32	13	13	54	43	41	37	47
(DOLp-DOLb)/板厚T	11	6	5	2	2	8	6	6	5	7
(C _{Sp} -C _{Sb})/(DOLp-DOLb)	0.2	0.3	0.3	0.0	0.0	0.7	0.2	0.3	0.5	0.4
疑似筐体落下強度	P180	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P120	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P100	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P80	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
計算強度	P180	61	91	89	81	59	66	76	73	66
	P120	57	70	70	61	58	55	64	59	59
	P100	51	56	55	51	50	47	53	48	50
	P80	14	1	1	4	13	8	5	5	7

【 0 1 3 9 】

10

20

30

40

50

【表 1 5】

No.	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132
組成	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
板厚T	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
NaNO ₃ / KNO ₃	40/60	100/0	100/0	100/0	80/20	80/20	60/40	100/0	100/0	100/0
処理温度	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
処理時間	9	3	4	9	4	9	9	3	4	9
LiNO ₃ / KNO ₃	2/98	1.5/98.5	1.5/98.5	1.5/98.5	1.5/98.5	1.5/98.5	1.5/98.5	1.5/98.5	1.5/98.5	1.5/98.5
処理温度	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
処理時間	60	30	30	30	30	30	30	45	45	45
C _{Smax}	646	685	670	610	655	675	657	722	751	659
C _{Tmax}	34	52	50	41	56	48	49	43	46	37
C _{Tmax} ・板厚T	24	36	35	28	40	34	34	30	32	26
DOLzero	146	150	149	154	145	148	139	154	160	169
DOLzero/板厚T	21	21	21	22	21	21	20	22	23	24
C _{Sb}	-6	21	23	-7	28	24	30	11	7	-13
DOLb	45	24	29	21	26	26	32	18	16	16
DOLb/板厚T	6	3	4	3	4	4	5	3	2	2
C _{Sp}	22	54	51	50	56	47	43	33	34	32
DOLp	95	62	68	75	59	66	67	73	78	91
DOLp/板厚T	14	9	10	11	8	9	10	10	11	13
C _{Sp} -C _{Sb}	28	34	28	57	28	23	14	22	27	45
DOLp-DOLb	49	38	39	54	34	41	35	55	63	75
(DOLp-DOLb)/板厚T	7	5	6	8	5	6	5	8	9	11
(C _{Sp} -C _{Sb})/(DOLp-DOLb)	0.6	0.9	0.7	1.0	0.8	0.6	0.4	0.4	0.4	0.6
疑似筐体落下強度	P180	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	86	未測定	未測定
	P120	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P100	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	49	未測定	未測定
	P80	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	50	未測定	未測定
計算強度	P180	60	99	96	92	100	91	81	80	73
	P120	55	75	75	77	74	69	66	68	68
	P100	47	59	59	62	57	53	54	57	58
	P80	6	1	0	3	-3	-7	4	7	11

【 0 1 4 0 】

10

20

30

40

50

【表 1 6】

No.	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142
組成	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
板厚T	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
NaNO ₃ / KNO ₃	80/20	80/20	100/0	100/0	100/0	100/0	80/20	80/20	80/20	80/20
処理温度	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
処理時間	4	9	9	4	9	4	9	4	9	4
LiNO ₃ / KNO ₃	1.5/98.5	1.5/98.5	1/99	1/99	1/99	1/99	1/99	1/99	1/99	1/99
処理温度	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
処理時間	45	45	30	30	45	45	30	30	45	45
C _{Smax}	709	676	715	758	768	717	721	796	739	761
C _{Tmax}	46	43	46	52	42	45	52	52	50	41
C _{Tmax} ・板厚T	33	30	32	36	30	32	37	37	35	28
DOLzero	154	157	155	150	162	154	149	147	152	148
DOLzero/板厚T	22	22	22	21	23	22	21	21	22	21
CSb	19	-11	11	36	-2	31	34	46	24	36
DOLb	31	26	24	27	11	47	35	12	35	49
DOLb/板厚T	4	4	3	4	2	7	5	2	5	7
CSp	33	35	47	48	37	35	47	52	37	37
DOLp	76	80	72	64	74	85	68	40	76	67
DOLp/板厚T	11	11	10	9	11	12	10	6	11	10
CSp-CSb	14	45	36	12	39	5	13	6	12	1
DOLp-DOLb	45	54	49	37	64	38	33	29	41	18
(DOLp-DOLb)/板厚T	6	8	7	5	9	5	5	4	6	3
(CSp-CSb)/(DOLp-DOLb)	0.3	0.8	0.7	0.3	0.6	0.1	0.4	0.2	0.3	0.0
疑似筐体落下強度	P180	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	170	未測定	未測定
	P120	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	140	未測定	未測定
	P100	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	56	未測定	未測定
	P80	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	32	未測定	未測定
計算強度	P180	81	77	92	96	84	93	96	96	92
	P120	66	67	75	75	70	72	69	75	77
	P100	55	55	61	59	58	57	55	59	62
	P80	2	7	3	-2	9	-1	0	1	3

【 0 1 4 1 】

10

20

30

40

50

【表 17】

No.	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152
組成	R	R	R	S	S	S	S	T	T	T
厚さT	700	700	700	700	700	780	780	700	700	700
NaNO ₃ / KNO ₃	60/40	40/60	40/60	100/0	100/0	100/0	100/0	75/25	75/25	75/25
処理温度	380	380	380	380	380	380	380	410	410	410
処理時間	9	4	9	3	3	3	3	3	3	3
LiNO ₃ / KNO ₃	1/99	1/99	1/99	2/98	2/98	2.5/97.5	2.5/97.5	0.5/99.5	1/99	1.5/98.5
処理温度	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
処理時間	30	45	45	45	60	45	60	45	45	45
C _{Smax}	705	773	737	727	852	794	748	844	764	685
C _{Tmax}	57	46	37	46	46	46	43	65	56	53
C _{Tmax} ・厚さT	40	32	26	32	32	36	33	45	39	37
DOLzero	141	144	140	168	177	179	183	146	159	161
DOLzero/厚さT	20	21	20	24	25	23	24	21	23	23
C _{Sb}	35	32	23	45	34	30	24	60	37	13
DOLb	32	15	41	13	10	10	11	18	13	16
DOLb/厚さT	5	2	6	2	1	1	1	3	2	2
C _{Sp}	45	47	28	52	45	48	39	60	46	40
DOLp	63	44	69	54	64	71	74	20	58	72
DOLp/厚さT	9	6	10	8	9	9	9	3	8	10
C _{Sp} -C _{Sb}	10	15	5	7	11	18	14	0	9.0	27
DOLp-DOLb	31	30	28	41	54	61	63	2	45	57
(DOLp-DOLb)/厚さT	4	4	4	6	8	8	8	0	6	8
(C _{Sp} -C _{Sb})/(DOLp-DOLb)	0.3	0.5	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.0	0.2	0.5
疑似筐体落下強度	P180	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	178	167	182
	P120	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	135	165	132
	P100	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	33	41	38
	P80	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
計算強度	P180	95	80	73	100	94	88	100	95	88
	P120	68	68	68	80	78	75	72	75	72
	P100	53	57	58	66	66	70	65	61	60
	P80	-6	7	11	8	12	13	16	1	4

【 0 1 4 2 】

10

20

30

40

50

【表 1 8】

No.	組成	153 154 155 156 157 158 159 160														
		T T T T T T T T T T T T T T T														
第1イオン 交換工程	厚さT	μm	700	700	700	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	800
	NaNO ₃ /KNO ₃ 質量%	60/40	60/40	60/40	75/25	60/40	60/40	60/40	60/40	60/40	60/40	60/40	60/40	60/40	60/40	75/25
第2イオン 交換工程	処理温度	°C	380	380	380	410	380	380	380	380	380	380	380	380	380	410
	処理時間	h	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
第2イオン 交換工程	LiNO ₃ /KNO ₃ 質量%	0.5/99.5	1/99	1/99	1.5/98.5	1/99	1/99	1/99	1/99	1/99	1/99	1/99	1/99	1/99	1/99	1/99
	処理温度	°C	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380
CSmax	処理時間	min.	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	CTmax	MPa	874	781	723	739	765	790	733	790	733	790	733	790	733	790
CTmax・厚さT	CTmax	MPa	65	65	61	48	63	53	52	63	53	53	52	63	53	67
	DOLzero	MPa・厚さT	46	46	43	26	35	29	29	35	29	29	29	35	29	54
CSb	DOLzero/厚さT	μm	144	150	151	126	117	120	120	117	120	115	120	117	120	173
	DOLb/厚さT	%	21	21	22	23	21	22	22	21	22	21	22	21	22	22
DOLp	DOLp/厚さT	MPa	49	55	45	15	35	24	15	35	24	22	15	35	24	55
	DOLb/厚さT	μm	14	14	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
DOLp	DOLp/厚さT	%	2	2	2	3	2	3	3	2	3	2	3	3	2	2
	DOLb/厚さT	MPa	64	58	55	27	41	38	38	41	38	35	38	41	35	63
DOLp	DOLp/厚さT	μm	45	37	44	57	35	52	52	35	52	45	52	35	47	47
	DOLb/厚さT	%	6	5	6	10	6	9	9	6	9	8	9	6	6	6
DOLp	DOLp/厚さT	MPa	15	3	10	12	6	13	13	6	13	13	13	6	8	8
	DOLb/厚さT	μm	32	23	32	43	21	37	37	21	37	31	37	21	33	33
DOLp	DOLp/厚さT	%	5	3	5	8	4	7	7	4	7	6	7	4	4	4
	DOLb/厚さT	MPa/μm	0.5	0.1	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
疑似筐体落下強度	P180	179	188	177	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P120	131	123	158	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
計算強度	P100	28	26	33	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
	P80	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定	未測定
計算強度	P180	106	101	99	75	80	83	78	83	80	83	78	83	80	78	78
	P120	75	74	72	54	52	56	51	56	52	56	51	56	52	51	51
計算強度	P100	58	59	58	41	39	40	37	40	39	40	37	40	39	37	37
	P80	-6	-2	0	-6	-14	-13	-11	-13	-14	-13	-11	-13	-14	-11	-11

10

20

30

【 0 1 4 3】

まず、各試料の応力プロファイルを測定した。試料No. 1~10、およびNo. 13~160の応力プロファイルは、折原製作所製の表面応力計FSM-6000LEとSLP-1000を用いて測定した。上記の装置が予め備えるデータ合成アプリケーションpmcを用いて測定結果を合成し、位相差プロファイルを得た。合成における各データの適用範囲は、FSM-6000LEを表面から10μmまで、SLP-1000を表面から30μm以降と設定した。得られた位相差プロファイルから、以下に記すような解析を経て応力プロファイルを求めた。まず下記表に示された初期値を設定し、得られた位相差プロファイルの各深さxにおける下記式R(x)を計算した。ここで $\delta = 0.01[\mu m]$ とした。そのR(x)と、得られた位相差プロファイルとの差分二乗和を計算し、その差分二乗和が最小となるように各種変数A1、A2、A3、B1、B2、B3、C1を定めた。より具体的には、エクセルのソルバー機能で解決方法に「GRG非線形」を用いて、各種変数に対しては下記表に従った範囲および束縛条件を与えて近似を行った。この近似計算は、R(x)と位相差プロファイルの相関係数が0.9995を超えるまで繰り返した。相関係数が0.9995に至らない場合はSLP 1000を複数回測定を行って、

40

50

その平均化された測定データを用いて解析を行った。上記のようにして得られた各種変数を用いて表される下記式 (x) を応力プロファイルとした。試料 No. 11 および試料 No. 12 の応力プロファイルは、折原製作所社製の表面応力計 FSM-6000LE を用いて測定した。光弾性定数 C [nm/cm/MPa] は、試料ごとに光ヘテロダイン干渉法を用いて、より具体的には、ユニオプト社製の PEL-3A-XR を用いて測定した。装置定数 k は、各試料の屈折率を SLP-1000 に入力することにより当該装置において算出される定数で、より具体的には、測定結果ファイルに記載される kDP の値を応力校正係数で除した値である。なお、屈折率は、試料ごとに Vブロック法を用いて、より具体的には、株式会社島津製作所製 KPR-2000 を用いて測定した。

【数 1】

10

$$\sigma(x) = A1 \cdot \text{erfc}(B1 \cdot x) + A2 \cdot \text{erfc}(B2 \cdot x) + A3 \cdot \text{erfc}(B3 \cdot x) + C1$$

【数 2】

$$R(x) = R_0 + k \cdot C \cdot \frac{360}{\lambda} \int_0^x \sigma(t) dt$$

$$= \begin{cases} R_0 & (x = 0) \\ R_0 + k \cdot C \cdot \frac{360}{\lambda} \cdot \sum_{k=1}^{\frac{x}{\Delta}} \left[\frac{\sigma(\Delta \cdot k) + \sigma(\Delta \cdot (k+1))}{2} \cdot \Delta \right] & (x > 0) \end{cases}$$

20

k:装置定数、C : 光弾性定数、λ : 測定波長(640nm)

【表 19】

変数	範囲・条件	初期値
A1	0 ~ 2000	500
A2	-2000 ~ 0	-200
A3	0 ~ 2000	200
B1	0.001 ~ 1	0.2
B2	0.001 ~ 1	0.01
B3	0.001 ~ 1	0.01
C1	-200 ~ 0	-50
R0	位相差プロファイルの深さ0μmでの値	
A1+A2+A3+C	FSM-6000LEで測定されるCS値	

30

40

【0144】

測定した応力プロファイルの一例を図5~12に示す。図5は試料No.1の強化ガラスの深さ方向の応力プロファイルを示すグラフ、図6は試料No.2の強化ガラスの深さ方向の応力プロファイルを示すグラフ、図7は試料No.3の強化ガラスの深さ方向の応力プロファイルを示すグラフ、図8は試料No.4の強化ガラスの深さ方向の応力プロファイルを示すグラフ、図9は試料No.10の強化ガラスの深さ方向の応力プロファイルを示すグラフ、図10は試料No.38の強化ガラスの深さ方向の応力プロファイルを示すグラフ、図11は試料No.49の強化ガラスの深さ方向の応力プロファイルを示すグ

50

ラフ、図12は試料No. 140の強化ガラスの深さ方向の応力プロファイルを示すグラフである。図5～12において横軸は一方主表面からの深さ(μm)を示し、縦軸は応力の大きさ(MPa)を示す。なお、図5～図12において、圧縮応力は正の値、引張応力は負の値によって示される。

【0145】

上記のようにして測定した応力プロファイルに基づいて、表3～18に示す特性を算出した。

【0146】

表3～18において、CSmaxは、第1ピークP1における応力、すなわち、圧縮応力層2における最大圧縮応力を示す。CTmaxは、第2ボトムB2における応力、すなわち、引張応力層3における最小引張応力を示す。CSbは、第1ボトムB1における応力(極小値)、DOLbは、第1ボトムB1の深さをそれぞれ示す。CSpは、第2ピークP2の応力(極大値)、DOLpは、第2ピークP2の深さをそれぞれ示す。DOLzeroは、第2ピークP2と第2ボトムB2との間で、応力がゼロとなる点までの深さを示す。

【0147】

疑似筐体落下強度は、図13に示すように、疑似筐体10、強化ガラス1からなるガラス試料20、サンドペーパー30の順に積層した状態で、鉄製の定盤40の上に落下させた際にガラス試料20が破損する高さを示す。具体的には、先ず、幅65mm、長さ130mmの大きさ且つ表1に記載の厚さTに加工したガラス試料20の一方の主表面に疑似筐体10を貼り付ける。疑似筐体10は携帯端末を模した、幅70mm、長さ140mm、厚さ8mmの質量110gのポリカーボネート製厚板部材である。疑似筐体10とガラス試料20とは厚さ150μmの光学粘着フィルム50を間に挟むことにより接着される。

【0148】

次いで、ガラス試料20の他方の主表面(疑似筐体と接着された主表面とは逆側の主表面)に、サンドペーパー30の表面(研磨材が設けられた面)が当接するようにサンドペーパー30を貼り付ける。サンドペーパー30は幅60mm、長さ120mmの寸法であり、ガラス試料20の他方の主表面の中央部に配置される。この時、ガラス試料20の周縁部がサンドペーパー30よりはみ出すように配置される。このようにしてはみ出したガラス試料20の裏面(研磨材が設けられていない面)周縁部と、サンドペーパー30の端部の双方を複数箇所において複数のビニールテープ片60で貼り付けることにより、サンドペーパー30をガラス試料20に貼り付ける。ビニールテープ片60は幅19mm、長さ10mm、厚み0.1mmであり、貼り付け箇所は、サンドペーパー30の各短辺の中央部である。なお、サンドペーパー30としては、砥粒の粗さ(番手)の異なる理研コランダム製SiCサンドペーパーP180、P120、P100、およびP80を用い、それぞれの場合について疑似筐体落下強度を測定した。

【0149】

このようにして得られた試験体をサンドペーパー30が下方となるよう水平姿勢で保持し、定盤40へ向けて、ガラス試料20が破損するまで、落下高さを上げながら繰返し落下させた。より詳細には、本願では試験体をエアシリンダーからなる挟持手段で挟持し、挟持手段ごと落下を開始し、定盤40の盤面20cm手前の位置でエアシリンダーによる挟持を解除することにより、試験体が水平姿勢を維持したまま定盤40へ落下するよう試験を行った。サンドペーパー30は、一度の落下試験を行う毎に新品に取り替えた。落下高さは、落下面から20cmの高さを基準とし、ガラス試料20が破損しなかった場合は10cm高さを上昇させるよう設定した。

【0150】

疑似筐体落下強度を測定した全ての実施例(例えば試料No. 1～No. 4)において、比較例(試料No. 11、12)よりも疑似筐体落下強度が高く、高い耐衝撃性を有していることが確認できた。

【0151】

10

20

30

40

50

また、これらの疑似筐体落下強度は下記に示す計算強度とある程度の相関を有することが確認できた。

【数 3】

$$\int_0^T P(x) \cdot \sigma_f(x) dx$$

ここで、 $P(x)$ は落下試験において発生する深さ x の傷の確率密度関数で、 $f(x)$ は下記に示される応力拡大係数と圧縮応力値の和である。

【数 4】

$$\sigma_f(x) = \frac{K_c}{\sqrt{\pi x}} + \sigma(x)$$

ここで、 K_c は母ガラスの破壊靱性値、 $\sigma(x)$ は強化によって発生する深さ x における圧縮応力値である。落下試験において発生する傷の深さを逐次観察して $P(x)$ および計算強度を求め、疑似筐体落下試験における破損高さの相関を示すと図 14 に示すグラフのようになり、落下強度が上記計算強度に相関することが確認できた。

【0152】

なお、本発明の強化ガラスにおいて、 $P180$ の計算強度は 35 MPa 以上であることが好ましく、より好ましくは $40 \sim 200 \text{ MPa}$ である。また、 $P120$ の計算強度は 10 MPa 以上であることが好ましく、より好ましくは $20 \sim 150 \text{ MPa}$ である。 $P100$ の計算強度は 5 MPa 以上であることが好ましく、より好ましくは $10 \sim 100 \text{ MPa}$ である。 $P80$ の計算強度は -13 MPa 以上であることが好ましく、より好ましくは $-10 \sim 50 \text{ MPa}$ である。

【産業上の利用可能性】

【0153】

本発明の強化ガラスは、例えば、携帯電話（特にスマートフォン）、タブレットコンピュータ、デジタルカメラ、タッチパネルディスプレイ、大型テレビ等の部品として利用可能である。

【符号の説明】

【0154】

- 1 強化ガラス
- 2 圧縮応力層
- 3 引張応力層
- 10 疑似筐体
- 20 ガラス試料（強化ガラス）
- 30 サンドペーパー
- 40 定盤
- 50 光学粘着フィルム
- 60 ビニールテープ片

10

20

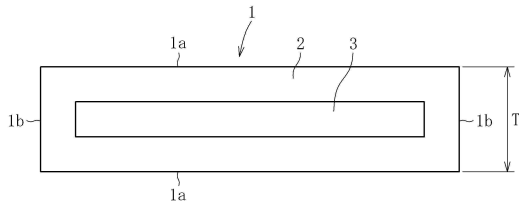
30

40

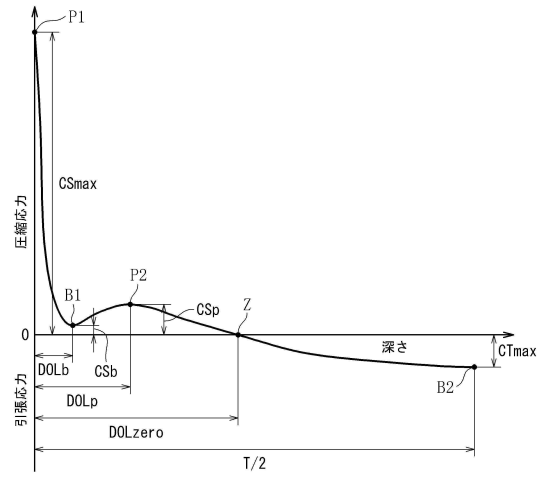
50

【図面】

【図 1】

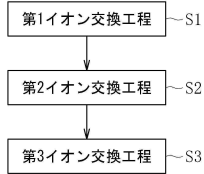


【図 2】

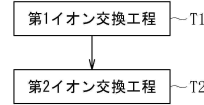


10

【図 3】

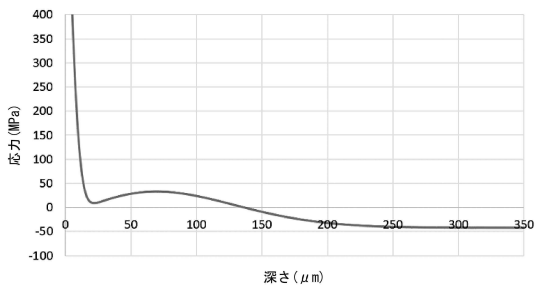


【図 4】

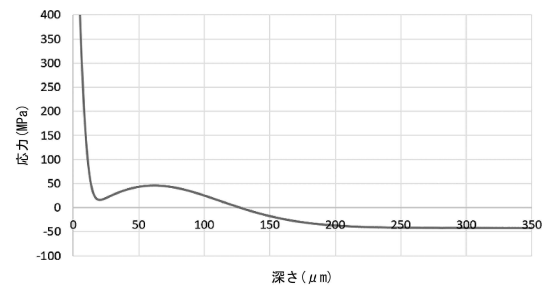


20

【図 5】



【図 6】

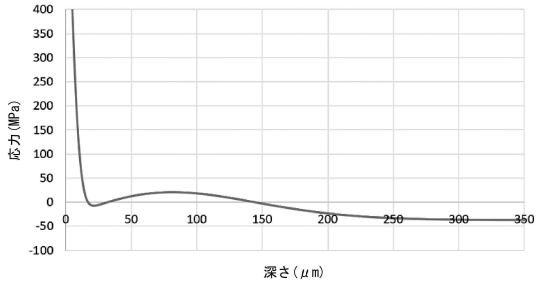


30

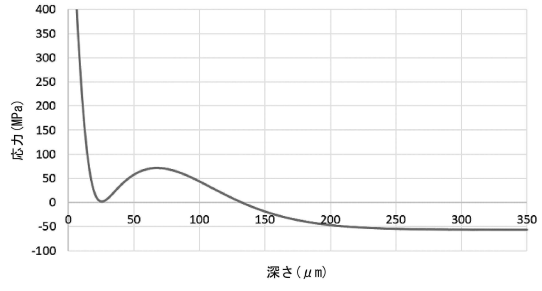
40

50

【 図 7 】

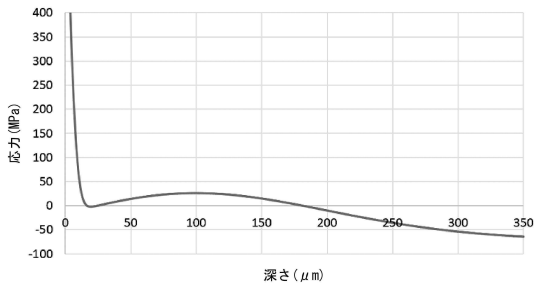


【 図 8 】

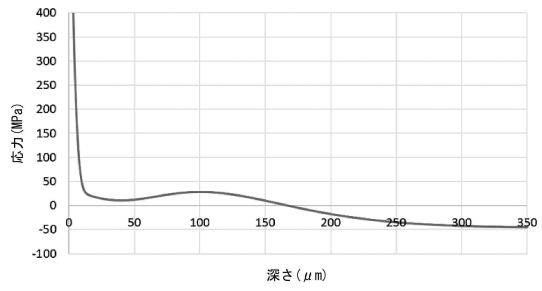


10

【 図 9 】

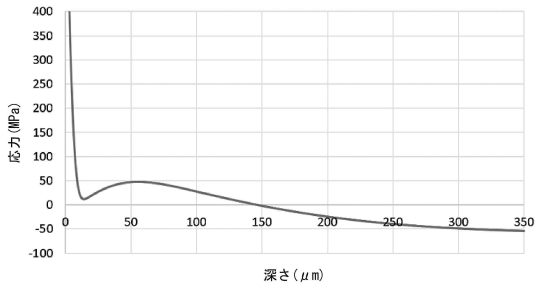


【 図 10 】

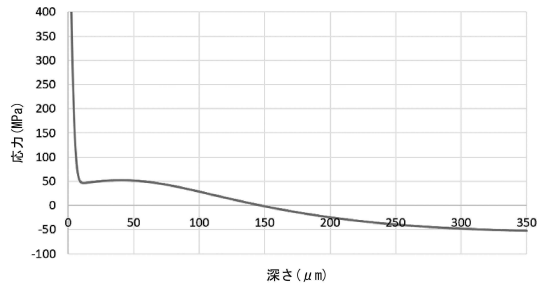


20

【 図 11 】



【 図 12 】

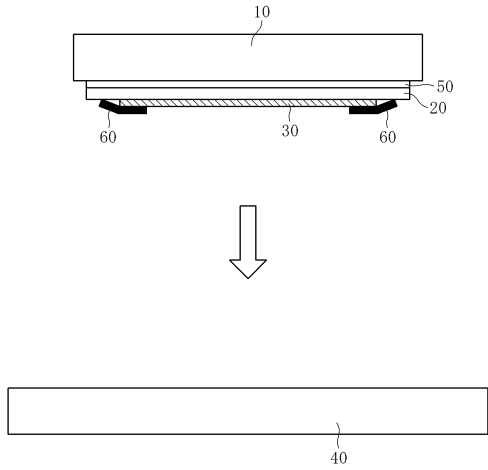


30

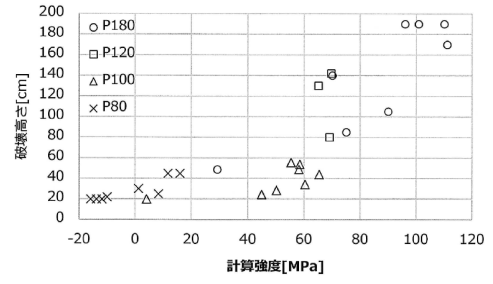
40

50

【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (32)優先日 平成30年12月25日(2018.12.25)
- (33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)
- (31)優先権主張番号 特願2019-96352(P2019-96352)
- (32)優先日 令和1年5月22日(2019.5.22)
- (33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)
- (31)優先権主張番号 特願2019-96572(P2019-96572)
- (32)優先日 令和1年5月23日(2019.5.23)
- (33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)
- (31)優先権主張番号 特願2019-144811(P2019-144811)
- (32)優先日 令和1年8月6日(2019.8.6)
- (33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)
- (31)優先権主張番号 特願2019-164611(P2019-164611)
- (32)優先日 令和1年9月10日(2019.9.10)
- (33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)
- (72)発明者 結城 健
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
- (72)発明者 鈴木 良太
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
- (72)発明者 永野 雄太
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
- 審査官 有田 恭子
- (56)参考文献 特表2015-511573(JP,A)
米国特許出願公開第2017/0355640(US,A1)
特表2011-527661(JP,A)
特表2017-535498(JP,A)
国際公開第2017/126607(WO,A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
C03C 15/00-23/00
C03C 1/00-14/00
INTERGLAD