

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7308947号  
(P7308947)

(45)発行日 令和5年7月14日(2023.7.14)

(24)登録日 令和5年7月6日(2023.7.6)

(51)国際特許分類 F I  
C 0 3 C 3/087(2006.01) C 0 3 C 3/087  
C 0 3 C 21/00 (2006.01) C 0 3 C 21/00 1 0 1

請求項の数 14 (全33頁)

(21)出願番号	特願2021-529232(P2021-529232)	(73)特許権者	397068274 コーニング インコーポレイテッド アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 3 1 コーニング リヴァーフロント プ ラザ 1
(86)(22)出願日	令和1年7月30日(2019.7.30)	(74)代理人	100073184 弁理士 柳田 征史
(65)公表番号	特表2021-535889(P2021-535889 A)	(74)代理人	100123652 弁理士 坂野 博行
(43)公表日	令和3年12月23日(2021.12.23)	(74)代理人	100175042 弁理士 高橋 秀明
(86)国際出願番号	PCT/US2019/044010	(72)発明者	グロス, ティモシー マイケル アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 3 0 コーニング サミット アヴェニュー 4 9
(87)国際公開番号	WO2020/028284		
(87)国際公開日	令和2年2月6日(2020.2.6)		
審査請求日	令和3年7月1日(2021.7.1)		
(31)優先権主張番号	62/714,404		
(32)優先日	平成30年8月3日(2018.8.3)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 高い圧縮応力を可能にするガラス組成物

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

アルカリアルミノケイ酸塩ガラスであって、

- 6 1 モル%以下の S i O<sub>2</sub>、
- 1 7 モル%以上の A l<sub>2</sub> O<sub>3</sub>、
- 9 モル%から 2 0 モル%の N a<sub>2</sub> O、
- 0 . 0 2 モル%から 4 モル%の M g O、
- 0 . 0 3 モル%から 3 モル%の C a O、および
- 0 モル%の Z n O

を含み、

A l<sub>2</sub> O<sub>3</sub> (モル%) + R O (モル%) 2 1 モル%、式中、R O (モル%) = M g O (モル%) + C a O (モル%) + Z n O (モル%) であり、

S r O、B a O、B<sub>2</sub> O<sub>3</sub>、P<sub>2</sub> O<sub>5</sub>、および K<sub>2</sub> O の各々を実質的に含まず、イオン交換可能である、アルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

【請求項 2】

前記アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが、約 4 m m までの厚さを有し、該アルカリアルミノケイ酸塩ガラスの表面から D O C まで延在し、約 1 0 0 0 M P a 以上のピーク圧縮応力を有する圧縮層を達成するようにイオン交換可能である、請求項 1 記載のアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

【請求項 3】

前記アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが、約 25 および約 50%の相対湿度で、かつ 5 mm、4 mm、または 3 mmの内の少なくとも 1つの曲げ半径で、60分間に亘り保持されたときに、破損がない、請求項 2 記載のアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

【請求項 4】

前記アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが、 $Li_2O$ をさらに含み、約 80 GPa から約 90 GPa の範囲のヤング率を有し、表面から厚さの約 10%以上のDOCまで延在する圧縮層を達成するようにイオン交換可能である、請求項 1 から 3 いずれか 1 項に記載のアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

【請求項 5】

$CaO$  (モル%) /  $RO$  (モル%) > 0.4 である、請求項 1 から 4 いずれか 1 項記載のアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。 10

【請求項 6】

前記アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが、約 5 kPa から約 200 kPa の範囲の液相粘度を有する、請求項 1 から 5 いずれか 1 項記載のアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

【請求項 7】

前記アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが、約 52 モル%から約 61 モル%の  $SiO_2$ 、約 17 モル%から約 23 モル%の  $Al_2O_3$ 、および 0 モル%から約 7 モル%の  $Li_2O$  を含む、請求項 1 から 6 いずれか 1 項記載のアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

【請求項 8】

イオン交換されたガラスにおいて、該イオン交換されたガラスが、アルカリアルミノケイ酸塩ガラスであって、 20

61 モル%以下の  $SiO_2$ 、

17 モル%以上の  $Al_2O_3$ 、

9 モル%から 20 モル%の  $Na_2O$ 、

0.02 モル%から 4 モル%の  $MgO$ 、

0.03 モル%から 3 モル%の  $CaO$ 、および

0 モル%の  $ZnO$

を含み、

$Al_2O_3$  (モル%) +  $RO$  (モル%) = 21 モル%、式中、 $RO$  (モル%) =  $MgO$  (モル%) +  $CaO$  (モル%) +  $ZnO$  (モル%) であるアルカリアルミノケイ酸塩ガラスであり、該アルカリアルミノケイ酸塩ガラスは、 $SrO$ 、 $BaO$ 、 $B_2O_3$ 、 $P_2O_5$ 、および  $K_2O$  の各々を実質的に含まず、前記イオン交換されたガラスは、約 4 mm までの厚さを有し、該イオン交換されたガラスの表面からDOCまで延在する圧縮層を有し、約 1000 MPa 以上のピーク圧縮応力を有する、イオン交換されたガラス。 30

【請求項 9】

前記イオン交換されたガラスが、約 100  $\mu m$  までの厚さを有し、

前記イオン交換されたガラスが、約 25 および約 50%の相対湿度で、かつ 5 mm、4 mm、または 3 mmの内の少なくとも 1つの曲げ半径で、60分間に亘り保持されたときに、破損がなく、

前記ピーク圧縮応力が約 1500 MPa 以下である、請求項 8 記載のイオン交換されたガラス。 40

【請求項 10】

前記イオン交換されたガラスが  $Li_2O$  をさらに含み、DOC が厚さの約 10%以上であり、前記イオン交換されたガラスが、約 4 マイクロメートルから約 40 マイクロメートルのカリウムイオンの層の深さを有する、請求項 8 または 9 記載のイオン交換されたガラス。

【請求項 11】

前記イオン交換されたガラスが、約 52 モル%から約 61 モル%の  $SiO_2$ 、約 17 モル%から約 23 モル%の  $Al_2O_3$ 、および 0 モル%から約 7 モル%の  $Li_2O$  を含む、請求項 8 から 10 いずれか 1 項記載のイオン交換されたガラス。 50

## 【請求項 1 2】

前記イオン交換されたガラスが、フレキシブルディスプレイの少なくとも一部を形成する、請求項 8 から 1 1 いずれか 1 項記載のイオン交換されたガラス。

## 【請求項 1 3】

ガラスを強化する方法において、

a . 少なくとも 1 種類のカリウム塩を含むイオン交換媒体中にガラス物品を浸漬する工程であって、該少なくとも 1 種類のカリウム塩が該イオン交換媒体の約 5 0 質量%を占め、該ガラス物品がアルカリアルミノケイ酸塩ガラスから作られ、該アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが、

6 1 モル%以下の  $S i O_2$ 、

1 7 モル%以上の  $A l_2 O_3$ 、

9 モル%から 2 0 モル%の  $N a_2 O$ 、

0 . 0 2 モル%から 4 モル%の  $M g O$ 、

0 . 0 3 モル%から 3 モル%の  $C a O$ 、および

0 モル%の  $Z n O$

を含み、

ここで、 $A l_2 O_3$  (モル%) +  $R O$  (モル%) = 2 1 モル%、式中、 $R O$  (モル%) =  $M g O$  (モル%) +  $C a O$  (モル%) +  $Z n O$  (モル%) であり、該アルカリアルミノケイ酸塩ガラスは、 $S r O$ 、 $B a O$ 、 $B_2 O_3$ 、 $P_2 O_5$ 、および  $K_2 O$  の各々を実質的に含まない工程、および

b . 約 3 5 0 から約 4 8 0 の範囲の所定の温度で約 1 時間から約 2 4 時間の範囲の所定の期間に亘り前記イオン交換媒体中に浸漬されている間に前記ガラス物品をイオン交換して、表面から  $D O C$  まで延在し、約 1 0 0 0 M P a 以上のピーク圧縮応力を有する圧縮層を達成する工程、

を有してなる方法。

## 【請求項 1 4】

前記ガラス物品を前記イオン交換媒体中に浸漬する前に、該ガラス物品をその  $1 0^{1 1}$  P 温度に加熱し、加熱されたガラス物品を室温まで急冷する工程をさらに含む、請求項 1 3 記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【関連出願の説明】

## 【0 0 0 1】

本出願は、その内容が依拠され、ここに全て引用される、2 0 1 8 年 8 月 3 日に提出された米国仮特許出願第 6 2 / 7 1 4 4 0 4 号の米国法典第 3 5 編第 1 1 9 条の下での優先権の恩恵を主張するものである。

## 【技術分野】

## 【0 0 0 2】

本開示は、超高ピーク圧縮応力を達成するようにイオン交換できるガラス組成物の一群に関する。より詳しくは、本開示は、浅い表面傷を阻むのに十分に高いピーク圧縮応力を有する化学強化されたガラスに関する。さらにより詳しくは、本開示は、使用中に、例えば、フレキシブルディスプレイ用のカバーガラスとして、著しい曲げ応力が経験される用途における高強度カバーガラスに関する。

## 【背景技術】

## 【0 0 0 3】

携帯電話、スマートフォン、タブレット、腕時計、ビデオプレーヤー、情報端末 ( I T ) 機器、ラップトップコンピュータなどの電子機器におけるディスプレイに使用されるガラスは、典型的に、表面圧縮層を生じるために化学的または熱的に強化されている。この圧縮層は、ガラスの破損をもたらし得る傷を阻む働きをする。

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 4 】

電子用途の折り畳み式ディスプレイは、薄い曲げられるガラスから恩恵を受けるであろう。しかしながら、曲げに曝されたときに、表面圧縮層の有益な傷停止効果は、表面傷が圧縮層より深く、それゆえ、曲げられたときにガラスが破損する程度まで低下してしまう。

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 0 5 】

本開示は、超高ピーク圧縮応力を達成するようにイオン交換することができるアルカリアルミノケイ酸塩ガラスの一群を供する。ここに記載されたガラスは、約1000MPa以上かつ約1500MPaまでのピーク圧縮応力を達成するようにイオン交換することができる。高いピーク圧縮応力は、浅い傷サイズ分布を有するガラスに高強度を与える。これらのガラスは高いヤング率を有し、このヤング率は高い破壊靱性および改善された破損強度に対応する。ここに記載されたガラスは、例えば、フレキシブルおよび折り畳み式ディスプレイにおけるカバーガラスとして、使用中に著しい曲げ応力を経験する高強度カバーガラス用途に適している。この高いピーク圧縮応力は、ガラスが正味の圧縮を維持し、それゆえ、ガラスがきつ半径の周りに曲げられたときに表面傷を抑えることができる。高い破壊靱性は、ガラスの加工中および/または機器におけるその使用中に導入され得る所定の傷集団に関する印加圧力（例えば、曲げによる）からの破壊を防ぐのにも役立つ。

## 【 0 0 0 6 】

したがって、本開示の1つの態様は、イオン交換可能なアルカリアルミノケイ酸塩ガラスを提供することにある。ここに用いられているように、「イオン交換可能」とは、ガラス組成物が、ガラス中に圧縮応力を生じるために複数の第2の金属イオンと置換されることのある1種類以上の第1の金属イオンを含有することを意味する。その第1の金属イオンは、リチウム、ナトリウム、カリウム、およびルビジウムのイオンであることがある。第2の金属イオンは、この第2のアルカリ金属イオンが第1のアルカリ金属イオンのイオン半径より大きいイオン半径を有するという条件で、ナトリウム、カリウム、ルビジウム、およびセシウムの内の1つのイオンであることがある。第2の金属イオンは、その酸化物（例えば、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Rb}_2\text{O}$ 、 $\text{Cs}_2\text{O}$ 、またはその組合せ）としてガラス系基板中に存在する。このガラスは、約17モル%以上の $\text{Al}_2\text{O}_3$ および非ゼロ量の $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{MgO}$ 、および $\text{CaO}$ を含み、ここで、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ （モル%）+ $\text{RO}$ （モル%） $\geq$ 21モル%、式中、 $\text{RO}$ （モル%）= $\text{MgO}$ （モル%）+ $\text{CaO}$ （モル%）+ $\text{ZnO}$ （モル%）。このアルカリアルミノケイ酸塩ガラスは、 $\text{SrO}$ 、 $\text{BaO}$ 、 $\text{B}_2\text{O}_3$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、および $\text{K}_2\text{O}$ の各々を実質的に含まない。

## 【 0 0 0 7 】

本開示の第2の態様は、イオン交換されたガラスを提供することにある。このイオン交換されたガラスは、約17モル%以上の $\text{Al}_2\text{O}_3$ および非ゼロ量の $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{MgO}$ 、および $\text{CaO}$ を含むアルカリアルミノケイ酸塩ガラスであり、ここで、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ （モル%）+ $\text{RO}$ （モル%） $\geq$ 21モル%、式中、 $\text{RO}$ （モル%）= $\text{MgO}$ （モル%）+ $\text{CaO}$ （モル%）+ $\text{ZnO}$ （モル%）である。このイオン交換されたガラスは、 $\text{SrO}$ 、 $\text{BaO}$ 、 $\text{B}_2\text{O}_3$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、および $\text{K}_2\text{O}$ の各々を実質的に含まない。このイオン交換されたガラスは、約4mmまでの厚さ $t$ およびイオン交換されたガラスの表面からイオン交換されたガラス中の圧縮深さ（DOC）まで延在する圧縮層を有し、ここで、この圧縮層は約1000MPa以上のピーク圧縮応力を有し、いくつかの実施の形態において、そのピーク圧縮応力はイオン交換されたガラスの表面にある。

## 【 0 0 0 8 】

本開示の第3の態様は、著しい曲げ応力に抵抗できるガラスを強化する方法を提供することにある。この方法は、少なくとも1種類のカリウム塩を含むイオン交換媒体中にガラス物品を浸漬する工程であって、その少なくとも1種類のカリウム塩がイオン交換媒体の約50質量%を占める工程；および約350 から約480 の範囲の所定の温度で約1時間から約24時間の範囲の所定の期間に亘りイオン交換媒体中に浸漬されている間にガラス物品をイオン交換して、表面から圧縮深さDOCまで延在し、約1000MPa以上

のピーク圧縮応力を有する圧縮層を達成する工程を有してなり、いくつかの実施の形態において、そのピーク圧縮応力はイオン交換されたガラスの表面にある。そのガラス物品はアルカリアルミノケイ酸塩ガラスから作られ、そのアルカリアルミノケイ酸塩ガラスは、約17モル%以上の $Al_2O_3$ および非ゼロ量の $Na_2O$ 、 $MgO$ 、および $CaO$ を含み、ここで、 $Al_2O_3$  (モル%) +  $RO$  (モル%) = 21モル%、式中、 $RO$  (モル%) =  $MgO$  (モル%) +  $CaO$  (モル%) +  $ZnO$  (モル%) であり、アルカリアルミノケイ酸塩ガラスは、 $SrO$ 、 $BaO$ 、 $B_2O_3$ 、 $P_2O_5$ 、および $K_2O$ の各々を実質的に含まない。

【0009】

本開示の様々な特徴は、任意と全ての組合せで、例えば、様々な以下の実施の形態にしたがって、組み合わされることがある。

10

【0010】

実施の形態1 .

アルカリアルミノケイ酸塩ガラスであって、

- a . 約17モル%以上の $Al_2O_3$ 、
- b .  $Na_2O$ 、
- c .  $MgO$ 、および
- d .  $CaO$ 、

を含み、

$Al_2O_3$  (モル%) +  $RO$  (モル%) = 21モル%、式中、 $RO$  (モル%) =  $MgO$  (モル%) +  $CaO$  (モル%) +  $ZnO$  (モル%) であり、

20

$SrO$ 、 $BaO$ 、 $B_2O_3$ 、 $P_2O_5$ 、および $K_2O$ の各々を実質的に含まず、イオン交換可能である、アルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

【0011】

実施の形態2 .

前記アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが、約4mmまでの厚さを有し、該アルカリアルミノケイ酸塩ガラスの表面からDOCまで延在し、約1000MPa以上のピーク圧縮応力を有する圧縮層を達成するようにイオン交換可能である、実施の形態1のアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

【0012】

30

実施の形態3 .

前記アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが約100 $\mu$ mまでの厚さを有する、実施の形態2または実施の形態3のアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

【0013】

実施の形態4 .

前記アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが、約25 および約50%の相対湿度で、かつ5mm、4mm、または3mmの内の少なくとも1つの曲げ半径で、60分間に亘り保持されたときに、破損がない、実施の形態3のアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

【0014】

実施の形態5 .

40

前記ピーク圧縮応力が約1500MPa以下である、実施の形態2~4のいずれか1つのアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

【0015】

実施の形態6 .

前記アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが、約80GPaから約90GPaの範囲のヤング率を有する、実施の形態1~5のいずれか1つのアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

【0016】

実施の形態7 .

$Li_2O$ をさらに含む、実施の形態1~6のいずれか1つのアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

50

## 【 0 0 1 7 】

実施の形態 8 .

前記アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが、表面から厚さの約 1 0 % 以上の D O C まで延在する圧縮層を達成するようにイオン交換可能である、実施の形態 7 のアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

## 【 0 0 1 8 】

実施の形態 9 .

前記アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが、約 4 マイクロメートルから約 4 0 マイクロメートルのカリウムイオンの層の深さを達成するようにイオン交換可能である、実施の形態 1 ~ 8 のいずれか 1 つのアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

10

## 【 0 0 1 9 】

実施の形態 1 0 .

Z n O をさらに含む、実施の形態 1 ~ 9 のいずれか 1 つのアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

## 【 0 0 2 0 】

実施の形態 1 1 .

C a O (モル%) / R O (モル%) > 0 . 4 である、実施の形態 1 ~ 1 0 のいずれか 1 つのアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

## 【 0 0 2 1 】

実施の形態 1 2 .

前記アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが、約 5 k P から約 2 0 0 k P の範囲の液相粘度を有する、実施の形態 1 ~ 1 1 のいずれか 1 つのアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

20

## 【 0 0 2 2 】

実施の形態 1 3 .

前記アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが、約 5 2 モル% から約 6 1 モル% の S i O<sub>2</sub>、約 1 7 モル% から約 2 3 モル% の A l<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、0 モル% から約 7 モル% の L i<sub>2</sub>O、約 9 モル% から約 2 0 モル% の N a<sub>2</sub>O、0 モル% 超から約 5 モル% の M g O、0 モル% 超から約 5 モル% の C a O、および 0 モル% 超から約 2 モル% の Z n O を含む、実施の形態 1 ~ 1 2 のいずれか 1 つのアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

## 【 0 0 2 3 】

実施の形態 1 4 .

前記アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが、約 5 5 モル% から約 6 1 モル% の S i O<sub>2</sub>、約 1 7 モル% から約 2 0 モル% の A l<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、4 モル% から約 7 モル% の L i<sub>2</sub>O、約 9 モル% から約 1 5 モル% の N a<sub>2</sub>O、0 モル% 超から約 5 モル% の M g O、0 モル% 超から約 5 モル% の C a O、および 0 モル% 超から約 2 モル% の Z n O を含む、実施の形態 1 3 のアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

30

## 【 0 0 2 4 】

実施の形態 1 5 .

前記アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが、フレキシブルディスプレイの少なくとも一部を形成する、実施の形態 1 ~ 1 4 のいずれか 1 つのアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

40

## 【 0 0 2 5 】

実施の形態 1 6 .

イオン交換されたガラスにおいて、該イオン交換されたガラスが、アルカリアルミノケイ酸塩ガラスであって、

- a . 約 1 7 モル% 以上の A l<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、
- b . N a<sub>2</sub>O、
- c . M g O、および
- d . C a O、

を含み、

A l<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (モル%) + R O (モル%) = 2 1 モル%、式中、R O (モル%) = M g O

50

(モル%) + CaO (モル%) + ZnO (モル%) であるアルカリアルミノケイ酸塩ガラスであり、このアルカリアルミノケイ酸塩ガラスは、SrO、BaO、B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、およびK<sub>2</sub>Oの各々を実質的に含まず、このイオン交換されたガラスは、約4mmまでの厚さを有し、イオン交換されたガラスの表面からDOCまで延在する圧縮層を有し、約1000MPa以上のピーク圧縮応力を有する、イオン交換されたガラス。

【0026】

実施の形態17.

前記イオン交換されたガラスが、約100μmまでの厚さを有する、実施の形態16のイオン交換されたガラス。

【0027】

実施の形態18.

前記イオン交換されたガラスが、約25 および約50%の相対湿度で、かつ5mm、4mm、または3mmの内の少なくとも1つの曲げ半径で、60分間に亘り保持されたときに、破損がない、実施の形態16または実施の形態17のイオン交換されたガラス。

【0028】

実施の形態19.

前記ピーク圧縮応力が約1500MPa以下である、実施の形態16~18のいずれか1つのイオン交換されたガラス。

【0029】

実施の形態20.

前記イオン交換されたガラスがLi<sub>2</sub>Oをさらに含み、DOCが厚さの約10%以上である、実施の形態16~19のいずれか1つのイオン交換されたガラス。

【0030】

実施の形態21.

前記イオン交換されたガラスが、約4マイクロメートルから約40マイクロメートルのカリウムイオンの層の深さを有する、実施の形態16~20のいずれか1つのイオン交換されたガラス。

【0031】

実施の形態22.

前記イオン交換されたガラスが、約52モル%から約61モル%のSiO<sub>2</sub>、約17モル%から約23モル%のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、0モル%から約7モル%のLi<sub>2</sub>O、約9モル%から約20モル%のNa<sub>2</sub>O、0モル%超から約5モル%のMgO、0モル%超から約5モル%のCaO、および0モル%超から約2モル%のZnOを含む、実施の形態16~21のいずれか1つのイオン交換されたガラス。

【0032】

実施の形態23.

前記アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが、約55モル%から約61モル%のSiO<sub>2</sub>、約17モル%から約20モル%のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、4モル%から約7モル%のLi<sub>2</sub>O、約9モル%から約15モル%のNa<sub>2</sub>O、0モル%超から約5モル%のMgO、0モル%超から約5モル%のCaO、および0モル%超から約2モル%のZnOを含む、実施の形態22

【0033】

実施の形態24.

前記イオン交換されたガラスが、フレキシブルディスプレイの少なくとも一部を形成する、実施の形態16~23のいずれか1つのイオン交換されたガラス。

【0034】

実施の形態25.

前記イオン交換されたガラスが、電子機器のディスプレイのまたはその上のカバーガラス、もしくは該電子機器の筐体の一部の少なくとも一方を形成する、実施の形態16~24のいずれか1つのイオン交換されたガラス。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 5 】

実施の形態 2 6 .

実施の形態 1 6 ~ 2 5 のいずれか 1 つのイオン交換されたガラスを備えた電子機器であって、この電子機器が、前面、背面、および側面を有する筐体と、その筐体の少なくとも部分的に内部にある電子部品と、その筐体の前面にあるまたはそれに隣接したディスプレイと、そのディスプレイの上のカバーガラスとを備え、そのカバーガラスおよび筐体の少なくとも一方が前記イオン交換されたガラスから作られ、そのカバーガラスがディスプレイ上に位置付けられ、衝撃により生じる損傷からディスプレイを保護するように、そのカバーガラスが筐体の前面またはその上にある、電子機器。

## 【 0 0 3 6 】

実施の形態 2 7 .

ガラスを強化する方法において、

a . 少なくとも 1 種類のカリウム塩を含むイオン交換媒体中にガラス物品を浸漬する工程であって、その少なくとも 1 種類のカリウム塩がイオン交換媒体の約 5 0 質量 % を占め、そのガラス物品がアルカリアルミノケイ酸塩ガラスから作られ、そのアルカリアルミノケイ酸塩ガラスが、約 1 7 モル % 以上の  $Al_2O_3$  および非ゼロ量の  $Na_2O$ 、 $MgO$ 、および  $CaO$  を含み、ここで、 $Al_2O_3$  (モル%) +  $RO$  (モル%) = 2 1 モル%、式中、 $RO$  (モル%) =  $MgO$  (モル%) +  $CaO$  (モル%) +  $ZnO$  (モル%) であり、そのアルカリアルミノケイ酸塩ガラスは、 $SrO$ 、 $BaO$ 、 $B_2O_3$ 、 $P_2O_5$ 、および  $K_2O$  の各々を実質的に含まない工程、および

b . 約 3 5 0 から約 4 8 0 の範囲の所定の温度で約 1 時間から約 2 4 時間の範囲の所定の期間に亘りイオン交換媒体中に浸漬されている間にガラス物品をイオン交換して、表面から  $DOC$  まで延在し、約 1 0 0 0  $MPa$  以上のピーク圧縮応力を有する圧縮層を達成する工程、

を有してなる方法。

## 【 0 0 3 7 】

実施の形態 2 8 .

前記ガラス物品をイオン交換媒体中に浸漬する前に、フュージョンドロー法、圧延法、オーバーフローダウンドロー法、スロット成形法、アップドロー法、またはフロート法の内少なくとも 1 つによってそのガラス物品を成形する工程をさらに含む、実施の形態 2 7 の方法。

## 【 0 0 3 8 】

実施の形態 2 9 .

ガラス物品をイオン交換媒体中に浸漬する前に、ガラス物品をその  $10^{11} P$  温度に加熱し、加熱されたガラス物品を室温まで急冷する工程をさらに含む、実施の形態 2 7 または実施の形態 2 8 の方法。

## 【 0 0 3 9 】

実施の形態 3 0 .

前記ピーク圧縮応力が約 1 5 0 0  $MPa$  以下である、実施の形態 2 7 ~ 2 9 のいずれか 1 つの方法。

## 【 0 0 4 0 】

実施の形態 3 1 .

前記アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが  $Li_2O$  をさらに含み、 $DOC$  が厚さの約 1 0 % 以上である、実施の形態 2 7 ~ 3 0 のいずれか 1 つの方法。

## 【 0 0 4 1 】

実施の形態 3 2 .

前記アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが、約 4 マイクロメートルから約 4 0 マイクロメートルまでのカリウムイオンの層の深さを達成するようにイオン交換可能である、実施の形態 2 7 ~ 3 1 のいずれか 1 つの方法。

## 【 0 0 4 2 】

10

20

30

40

50



### 実施の形態 33 .

少なくとも 1 種類のナトリウム塩から実質的になる第 1 のイオン交換媒体中にガラス物品を浸漬し、約 350 から約 480 の範囲の所定の温度で約 1 時間から約 24 時間の範囲の所定の期間に亘り第 1 のイオン交換媒体中に浸漬されている間に、ガラス物品をイオン交換する工程をさらに含む、実施の形態 27 ~ 32 のいずれか 1 つの方法。

#### 【0043】

これらと他の態様、利点、および顕著な特徴は、以下の詳細な説明、添付図面、および付随の特許請求の範囲から明白になるであろう。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0044】

【図 1】イオン交換されたガラスシートの概略断面図

【図 2】曲げ誘起応力下にあるイオン交換されたガラスシートの概略断面図

【図 3】1 時間から 16 時間に及ぶ時間に亘る 100% の  $\text{KNO}_3$  の溶融塩浴中の 410 でのイオン交換後のイオン交換されたガラス試料について測定されたカリウムイオンの層の深さ (DOL) に対する圧縮応力のプロット

【図 4A】ここに開示された強化ガラスのいずれかを組み込んだ例示の電子機器の平面図

【図 4B】図 4A の例示の電子機器の斜視図

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0045】

以下の記載において、図面に示されたいくつかの図に亘り、同様の参照文字が、同様または対応する部分を指す。ここに用いられているような方向を示す用語 - 例えば、上、下、右、左、前、後ろ、上部、底部、内側、外側 - は、描かれた図面に関してのみ用いられ、絶対的な向きを暗示する意図はない。それに加え、群が、複数の要素および組合せの群の少なくとも 1 つを含むと記載されているときはいつでも、その群は、個別または互いの組合せのいずれかで、列挙されたそれらの要素のいくつを含んでも、それからなっても、またはからなってもよいと理解される。同様に、群が、複数の要素または組合せの群の少なくとも 1 つからなると記載されているときはいつでも、その群は、個別または互いの組合せのいずれかで、列挙されたそれらの要素のいくつからなってもよいと理解される。特に明記のない限り、値の範囲は、列挙された場合、その範囲の上限と下限の両方、並びにそれらの間の任意の範囲を含む。ここに用いられているように、名詞は、特に明記のない限り、「少なくとも 1 つ」または「1 つ以上」の対象を指す。本明細書および図面に開示された様々な特徴は、いずれと全ての組合せで使用されても差し支えないことも理解される。

#### 【0046】

ここに用いられているように、「ガラス物品」という用語は、ガラスセラミックを含む、ガラスから全体がまたは部分的に製造された任意の物体を含むように最も広い意味で使用される。特に明記のない限り、ここに記載されたガラスの全ての組成は、モルパーセント (モル%) で表される。イオン交換に使用される全ての溶融塩浴 - 並びに任意の他のイオン交換媒体 - の組成は、質量パーセント (質量%) で表される。熱膨張係数 (CTE) は、百万分率 (ppm) / で表され、特に明記のない限り、約 20 から約 300 の温度範囲に亘り測定された値を表す。高温 (または液体) 熱膨張係数 (高温 CTE) も、セ氏温度当たりの百万分率 (ppm) (ppm / ) で表され、瞬間熱膨張係数 (CTE) 対温度の曲線の高温平坦域または転移領域において測定された値を表す。高温 CTE は、その平坦域または転移領域を通じてのガラスの加熱または冷却に関連する体積変化を測定する。

#### 【0047】

特に明記のない限り、全ての温度はセ氏温度 ( ) で表される。ここに用いられているように、「軟化点」という用語は、ガラスの粘度が約  $10^{7.6}$  ポアズ (P) である温度を称し、「徐冷点」という用語は、ガラスの粘度が約  $10^{13.2}$  ポアズである温度を称し、「200 ポアズ温度 ( $T^{200P}$ )」という用語は、ガラスの粘度が約 200 ポアズである

10

20

30

40

50

温度を称し、「 $10^{11}$ ポアズ温度」という用語は、ガラスの粘度が約 $10^{11}$ ポアズである温度を称し、「 $35\text{ kP}$ 温度 ( $T^{35\text{ kP}}$ )」という用語は、ガラスの粘度が約 $35,000$ ポアズ ( $P$ ) または $35$ キロポアズ ( $\text{kP}$ ) である温度を称し、「 $200\text{ kP}$ 温度 ( $T^{200\text{ kP}}$ )」という用語は、ガラスの粘度が約 $200\text{ kP}$ である温度を称する。

**【0048】**

ここに用いられているように、「液相粘度」という用語は、液相温度での熔融ガラスの粘度を称し、ここで、液相温度は、熔融ガラスが熔融温度から冷めるときに結晶が最初に現れる温度、または温度が室温から昇温されるときに一番最後の結晶が溶けてなくなる温度を称する。

**【0049】**

「実質的に」および「約」という用語は、任意の定量比較、値、測定、または他の表記に起因することのある固有の不確実性の度合いを表すためにここに用いられることがあることに留意のこと。これらの用語は、定量的表現が、問題の主題の基本機能に変化をもたらさずに、述べられた基準から変動することのある程度を表すためにもここに使用される。それゆえ、「 $B_2O_3$ を実質的に含まない」ガラスは、 $B_2O_3$ がガラスに能動的に添加されていないまたはバッチ配合されていないが、汚染物質として非常に少量存在することのあるものである。

**【0050】**

ここに用いられているように、「約」という用語は、量、サイズ、配合、パラメータ、および他の数量と特徴が、正確ではなく、正確である必要ないが、許容範囲、変換係数、丸め、測定誤差など、および当業者に公知の他の要因を反映して、要望通りに、近似および/またはより大きいかより小さいことがあることを意味する。値または範囲の端点を記載する上で、「約」という用語が使用されている場合、その開示は、言及されているその特定の値または端点を含むと理解すべきである。明細書における数値または範囲の端点に「約」が付いていようとなかろうと、その数値または範囲の端点は、以下の2つの実施の形態：「約」で修飾されているもの、および「約」で修飾されていないものを含むことが意図されている。それらの範囲の各々の端点は、他方の端点に関して、他方の端点に関係なくの両方で有意であることがさらに理解されよう。

**【0051】**

ここに用いられているような、「実質的」、「実質的に」などの用語、およびその変種は、記載された特徴が、ある値または記載と等しいまたはほぼ等しいことを指摘する意図がある。例えば、「実質的に平らな」表面は、平らまたはほぼ平らである表面を意味する意図がある。さらに、「実質的に」は、2つの値が等しいまたはほぼ等しいことを意味する意図がある。いくつかの実施の形態において、「実質的に」は、互いの約5%以内、または互いの約2%以内など、互いの約10%以内の値を意味することがある。

**【0052】**

ここに用いられているように、「ピーク圧縮応力」は、圧縮層内で測定された最高の圧縮応力値を称する。いくつかの実施の形態において、そのピーク圧縮応力はガラスの表面に位置している。他の実施の形態において、ピーク圧縮応力は、表面の下のある深さで生じ、圧縮応力プロファイルに「埋もれたピーク」の外観を与えることがある。圧縮応力(表面CSを含む)は、有限会社折原製作所(日本国)により製造されているFSM-6000などの市販の計器を使用する表面応力測定(FSM)によって測定される。表面応力測定は、ガラスの複屈折に関連する、応力光学係数(SOC)の精密測定に依存する。次に、SOCは、その内容がここに全て引用される、「Standard Test Method for Measurement of Glass Stress-Optical Coefficient」と題する、ASTM基準C770-16に記載された手順C(ガラスディスク法)にしたがって測定される。

**【0053】**

広く図面を、特に図1を参照すると、説明図は、特定の実施の形態を記載する目的のためであり、本開示またはそれに付随した特許請求の範囲をそれに限定する意図はないことが理解されよう。図面は、必ずしも一定の縮尺で描かれておらず、図面の特定の特徴およ

10

20

30

40

50

び特定の視野は、明瞭さと簡潔さのために規模または概略図で誇張されて示されることがある。

【 0 0 5 4 】

同様のガラスにおいて達成されてきた圧縮応力を超えるピーク圧縮応力を達成するためにイオン交換することができるアルカリアルミノケイ酸塩ガラスがここに記載されている。例えば、ここに記載されたガラスの1 mm厚の試験片が、45分間に亘り410 MPaで溶解硝酸カリウムのイオン交換浴中でイオン交換されると、約1000 MPaを超える、またはいくつかの実施の形態において、約1050 MPaを超えるピーク圧縮応力が得られる。これらのガラスの仮想温度は、ガラスの $10^{11}$  P温度と等しい。

【 0 0 5 5 】

ここに記載されたガラス組成物は、以下に限られないが、フュージョンドロー法、オーバーフロー法、圧延法、スロット法、フロート法などを含む過程によって成形することができる。これらのガラスは、約5 kP以上から約200 kPまでの範囲、およびいくつかの実施の形態において、約30 kP以上から約150 kPの範囲の液相粘度を有する。

【 0 0 5 6 】

ここに記載されたガラスは、イオン交換可能であり、約17モル%以上の $Al_2O_3$ および各々が非ゼロ量の $Na_2O$ 、 $MgO$ 、および $CaO$ を含み、ここで、 $Al_2O_3$  (モル%) +  $RO$  (モル%) = 21モル%、または23モル%、または24モル%、式中、 $RO$ は、 $MgO$ 、 $CaO$ 、および $MgO$ からなる群より選択される(すなわち、 $RO$  (モル%) =  $MgO$  (モル%) +  $CaO$  (モル%) +  $ZnO$  (モル%))。いくつかの実施の形態において、 $CaO$  (モル%) /  $RO$  (モル%) > 0.4、または> 0.5、または> 0.6である。それに加え、これらのガラスは、 $B_2O_3$ 、 $P_2O_5$ 、 $K_2O$ 、 $SrO$ 、および $BaO$ の各々を実質的に含まない。ここに記載されたアルカリアルミノケイ酸塩ガラスは、 $ZnO$ および $Li_2O$ をさらに含むことがある。

【 0 0 5 7 】

いくつかの実施の形態において、ここに記載されたアルカリアルミノケイ酸塩ガラスは、約52モル%から約61モル%の $SiO_2$ 、約17モル%から約23モル%の $Al_2O_3$ 、0モル%から約7モル%の $Li_2O$ 、約9モル%から約20モル%の $Na_2O$ 、0モル%超から約5モル%の $MgO$ 、0モル%超から約5モル%の $CaO$ 、および0モル%超から約2モル%の $ZnO$ を含む、またはから実質的になる。特定の実施の形態において、そのガラスは、約55モル%から約61モル%の $SiO_2$ 、約17モル%から約20モル%の $Al_2O_3$ 、4モル%から約7モル%の $Li_2O$ 、約9モル%から約15モル%の $Na_2O$ 、0モル%超から約5モル%の $MgO$ 、0モル%超から約5モル%の $CaO$ 、および0モル%超から約2モル%の $ZnO$ を含む。

【 0 0 5 8 】

表1には、ここに記載されたアルカリアルミノケイ酸塩ガラスの非限定的な例示の組成が列挙されている。表2には、表1に列挙された例に関して決定された選択された物理的性質が列挙されている。表2に列挙された物理的性質には、以下がある：密度、ここに挙げられた密度値は、ASTM C 693 - 93 (2013)の浮力法を使用して決定した；低温CTE；歪み点、徐冷点、および軟化点、歪み点は、ASTM C 598 - 93 (2013)のビーム曲げ粘度法を使用して決定し、徐冷点は、ASTM C 336 - 71 (2015)のファイバ伸長法を使用して決定し、軟化点は、ASTM C 338 - 93 (2013)のファイバ伸長法を使用して決定した； $10^{11}$ ポアズ、35 kP、200 kP、および液相温度；液相粘度、液相粘度は、以下の方法により決定した。最初に、ガラスの液相温度は、「Standard Practice for Measurement of Liquidus Temperature of Glass by the Gradient Furnace Method」と題するASTM C 829 - 81 (2015)にしたがって測定される。次に、その液相温度でのガラスの粘度が、「Standard Practice for Measuring Viscosity of Glass Above the Softening Point」と題するASTM C 965 - 96 (2012)にしたがって測定される；ヤング率、本開示に挙げられたヤング率値は、「Standard Guide for Resonant Ultrasound Spectrosc

10

20

30

40

50

opy for Defect Detection in Both Metallic and Non-metallic Parts」と題する、ASTM E 2001 - 13 に述べられた一般型の共鳴超音波分光法技術によって測定された値を称する；屈折率；および表 1 に列挙された試料の応力光学係数。いくつかの実施の形態において、ここに記載されたガラスは、約 80 GPa 以上、他の実施の形態において、約 80 GPa から約 90 GPa、さらに他の実施の形態において、約 80 GPa から約 85 GPa のヤング率を有する。

【 0 0 5 9 】

【表 1 - 1】

表 1. アルカリアルミノケイ酸塩ガラス組成物の例

分析組成 (モル%)	例 1	例 2	例 3	例 4	例 5	例 6
SiO <sub>2</sub>	60.17	60.23	58.21	56.21	54.20	52.32
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.95	17.87	19.02	19.99	21.00	21.94
Li <sub>2</sub> O	5.78	5.68	6.11	6.43	6.71	6.98
Na <sub>2</sub> O	11.28	11.37	11.76	12.30	12.78	13.27
MgO	4.65	0.11	2.40	2.51	2.63	2.71
ZnO	0.00	0.00	2.35	2.42	2.53	2.63
CaO	0.07	4.64	0.04	0.04	0.04	0.05
SnO <sub>2</sub>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
ZrO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

分析組成 (モル%)	例 7	例 8	例 9	例 10	例 11	例 12
SiO <sub>2</sub>	60.23	58.29	56.29	54.47	60.10	60.25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.46	19.46	20.47	21.45	17.97	17.96
Li <sub>2</sub> O	4.87	5.12	5.44	5.63	5.90	5.87
Na <sub>2</sub> O	11.79	12.28	12.76	13.25	10.29	9.29
MgO	2.33	2.42	2.52	2.59	2.88	3.30
ZnO	2.19	2.29	2.38	2.46	2.72	3.19
CaO	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05
SnO <sub>2</sub>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
ZrO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

分析組成 (モル%)	例 13	例 14	例 15	例 16	例 17	例 18
SiO <sub>2</sub>	60.26	60.17	56.16	54.30	52.36	53.93
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.45	17.46	20.58	21.56	22.63	21.55
Li <sub>2</sub> O	5.86	5.96	0.00	0.00	0.00	2.89
Na <sub>2</sub> O	10.31	9.27	18.59	19.22	19.82	19.62
MgO	3.06	3.55	2.30	2.44	2.56	0.93
ZnO	2.92	3.44	2.22	2.33	2.48	0.94
CaO	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03
SnO <sub>2</sub>	0.10	0.10	0.11	0.11	0.10	0.11
ZrO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

【 0 0 6 0 】

10

20

30

40

50

【表 1 - 2】

分析組成 (モル%)	例 19	例 20	例 21	例 22	例 23	例 24
SiO <sub>2</sub>	52.43	60.15	60.07	60.16	60.26	60.40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22.54	17.82	17.78	17.83	18.03	18.05
Li <sub>2</sub> O	2.92	5.85	5.85	5.85	6.01	5.99
Na <sub>2</sub> O	19.99	12.65	13.42	13.99	13.35	12.40
MgO	0.99	1.74	1.43	1.06	0.68	0.67
ZnO	0.99	1.64	1.31	0.97	0.62	0.62
CaO	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04
SnO <sub>2</sub>	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10
ZrO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.92	1.73

10

分析組成 (モル%)	例 25	例 26	例 27	例 28	例 29	例 30
SiO <sub>2</sub>	60.28	60.38	60.39	60.35	60.15	59.73
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.97	18.01	18.02	18.04	18.00	18.51
Li <sub>2</sub> O	6.00	6.00	6.00	6.00	5.71	5.87
Na <sub>2</sub> O	14.10	13.00	14.62	13.67	11.42	11.23
MgO	0.34	0.34	0.02	0.02	2.30	2.30
ZnO	0.31	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.03	0.04	0.03	0.03	2.32	2.25
SnO <sub>2</sub>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11
ZrO <sub>2</sub>	0.87	1.83	0.83	1.78	0.00	0.00

20

分析組成 (モル%)	例 31	例 32	例 33	例 34	例 35	例 36
SiO <sub>2</sub>	60.29	60.29	60.33	60.28	60.29	60.42
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.51	18.48	18.47	18.53	18.51	18.04
Li <sub>2</sub> O	5.86	5.81	5.86	5.36	5.87	2.71
Na <sub>2</sub> O	11.21	11.26	11.20	11.21	10.66	14.11
MgO	2.04	2.32	1.77	2.28	2.32	2.34
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	2.00	1.75	2.25	2.24	2.25	2.27
SnO <sub>2</sub>	0.11	0.11	0.11	0.10	0.11	0.11
ZrO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

30

分析組成 (モル%)	例 37	例 38	例 39	例 40	例 41	例 42
SiO <sub>2</sub>	60.37	60.35	60.48	60.26	60.58	57.09
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.97	18.53	18.65	18.99	19.08	18.55
Li <sub>2</sub> O	0.00	2.78	0.00	2.75	0.00	8.15
Na <sub>2</sub> O	17.01	14.13	16.70	14.28	16.70	11.62
MgO	2.32	2.09	2.09	1.84	1.81	2.29
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
CaO	2.23	2.00	1.97	1.77	1.72	2.19
SnO <sub>2</sub>	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
ZrO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0

40

【 0 0 6 1 】

50

## 【表 2 - 1】

表 2. 表 1 に列挙されたガラスの選択された物理的性質

	例 1	例 2	例 3	例 4	例 5	例 6
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.47	2.491	2.51	2.521	2.531	2.539
FE 歪み点 (°C)	596	576	588	585	583	583
FE 徐冷点 (°C)	643	619	635	632	629	628
FE 軟化点 (°C)	868.1	838.1	856.9	850.9	841.5	835.8
10 <sup>11</sup> ポアズ温度 (°C)	721	692	712	709	704	701
CTE *10 <sup>-7</sup> (1/°C)	76.5	80.6	78	79.1	81.3	82.2
200 P 温度 (°C)	1547	1551	1526	1493	1468	1448
35000 P 温度 (°C)	1142	1119	1126	1110	1092	1079
200000 P 温度 (°C)	1054	1027	1039	1025	1010	1000
液相温度 (°C)	1270	1120	>1255	>1320	>1375	>1305
液相粘度 (ポアズ)	4595	34595				
応力光学係数 (nm/mm/MPa)	2.838	2.763	2.85	2.824	2.794	2.764
589.3 nm での屈折率	1.5175	1.5227	1.52	1.5246	1.5254	1.5291
ヤング率 (GPa)	83.0	82.9		83.7	84.9	85.8

10

	例 7	例 8	例 9	例 10	例 11	例 12
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.502	2.513	2.523	2.532	2.512	2.521
FE 歪み点 (°C)	601	600	599	599	590	594
FE 徐冷点 (°C)	651	649	647	645	638	642
FE 軟化点 (°C)	884.3	875.1	866.4	858.4	864.7	863.8
10 <sup>11</sup> ポアズ温度 (°C)	733	729	725	720	717	720
CTE *10 <sup>-7</sup> (1/°C)	74.5	76.6	78.3	79.1	71	67.6
200 P 温度 (°C)	1559	1533	1509	1480	1537	1524
35000 P 温度 (°C)	1156	1140	1125	1107	1132	1130
200000 P 温度 (°C)	1068	1053	1041	1026	1045	1045
液相温度 (°C)	>1310	>1320	>1345	>1300		
液相粘度 (ポアズ)						
応力光学係数 (nm/mm/MPa)	2.908	2.882	2.827	2.806	2.903	2.911
589.3 nm での屈折率	1.5215	1.5192	1.5239	1.5262	1.5221	1.5246
ヤング率 (GPa)	82.3	83.0	83.7	84.6	83.9	84.7

20

	例 13	例 14	例 15	例 16	例 17	例 18
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.516	2.527	2.523	2.535	2.543	2.508
FE 歪み点 (°C)	583	588	658	659	660	616
FE 徐冷点 (°C)	630	635	715	713	713	664
FE 軟化点 (°C)	855	854.7	955.6	945.3	945	901
10 <sup>11</sup> ポアズ温度 (°C)	708	712	804	798	797	745
CTE *10 <sup>-7</sup> (1/°C)	73.2	67.9	86.4	86.5	85.1	
200 P 温度 (°C)	1529	1519	1599	1570	1564	1573
35000 P 温度 (°C)	1124	1118	1215	1199	1211	1175
200000 P 温度 (°C)	1036	1032	1133	1118	1154	1097
液相温度 (°C)	>1355	>1380	>1300	>1290	>1325	
液相粘度 (ポアズ)						
応力光学係数 (nm/mm/MPa)	2.876	2.895	2.982	2.938	2.891	2.846
589.3 nm での屈折率	1.5226	1.5248	1.5164	1.5184	1.521	1.5173
ヤング率 (GPa)	83.7	84.9	75.9	75.9	76.9	78.7

30

40

## 【 0 0 6 2 】

50

【表 2 - 2】

	例 19	例 20	例 21	例 22	例 23	例 24
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.515	2.492	2.486	2.479	2.491	2.509
FE 歪み点 (°C)	623	577	573	567	604	618
FE 徐冷点 (°C)	672	626	620	616	654	670
FE 軟化点 (°C)	909	861.5	855.4	854.6	890	906.2
10 <sup>11</sup> ポアズ温度 (°C)	754	707	700	698	736	754
CTE *10 <sup>-7</sup> (1/°C)		82.4	85.6	88.3	84.9	82
200 P 温度 (°C)	1565	1567	1569	1579		
35000 P 温度 (°C)	1210	1141	1142	1142		
200000 P 温度 (°C)	1166	1050	1048	1046		
液相温度 (°C)		1255	1205	1185	>1315	>1355
液相粘度 (ポアズ)		5906	12734	17576		
応力光学係数 (nm/mm/MPa)	2.822	2.882	2.865	2.859	2.919	2.962
589.3 nm での屈折率	1.519	1.51806	1.516937	1.51592	1.5197	1.5237
ヤング率 (GPa)	79.4	81.4	80.6	80.3	81.0	82.0

10

	例 25	例 26	例 27	例 28	例 29	例 30
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.485	2.505	2.476	2.497	2.481	2.48
FE 歪み点 (°C)	598	623	595	634	585	593
FE 徐冷点 (°C)	648	675	645	685	633	641
FE 軟化点 (°C)	885.2	909.6	884.1	913.9	859.7	871
10 <sup>11</sup> ポアズ温度 (°C)	730	759	728	767	712	721
CTE *10 <sup>-7</sup> (1/°C)	88.9	84.1	90.8	86.8	78.8	77.9
200 P 温度 (°C)			1595		1560	1552
35000 P 温度 (°C)			1171		1140	1145
200000 P 温度 (°C)			1077		1050	1056
液相温度 (°C)	>1325	>1330	1300	>1340	1090	1115
液相粘度 (ポアズ)			4969		88874	60509
応力光学係数 (nm/mm/MPa)	2.922	2.957	2.884	2.946	2.795	2.781
589.3 nm での屈折率	1.5218	1.5292	1.5181	1.5219	1.5197	1.520247
ヤング率 (GPa)	80.7	81.6	79.7	80.6	82.9	

20

	例 31	例 32	例 33	例 34	例 35	例 36
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.474	2.473	2.475	2.478	2.476	2.482
FE 歪み点 (°C)	597	598	597	602	601	608
FE 徐冷点 (°C)	646	647	646	652	650	660
FE 軟化点 (°C)	878.5	880.9	880	883.6	883	902.3
10 <sup>11</sup> ポアズ温度 (°C)	727	728	727	734	731	745
CTE *10 <sup>-7</sup> (1/°C)	78.3	77.5	78.5	76.3	75.6	81.5
200 P 温度 (°C)	1561	1588	1577	1556	1556	1599
35000 P 温度 (°C)	1157	1153	1152	1155	1154	1181
200000 P 温度 (°C)	1067	1065	1064	1066	1065	1090
液相温度 (°C)	1090	1090	1095	1095	1095	1140
液相粘度 (ポアズ)	124655	117762	103829	110058	106882	74117
応力光学係数 (nm/mm/MPa)	2.806	2.793	2.786	2.787	2.807	2.839
589.3 nm での屈折率	1.519127	1.518623	1.519293	1.519347	1.519923	1.515857
ヤング率 (GPa)						

30

【 0 0 6 3 】

40

50

【表 2 - 3】

	例 37	例 38	例 39	例 40	例 41
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.482	2.479	2.478	2.477	2.476
FE 歪み点 (°C)	657	619	672	630	683
FE 徐冷点 (°C)	712	671	727	682	740
FE 軟化点 (°C)	963.3	919.3	983.1	929	999.5
10 <sup>11</sup> ポアズ温度 (°C)	801	757	817	768	832
CTE *10 <sup>-7</sup> (1/°C)	84.4	81.4	82.2	81.4	81.4
200 P 温度 (°C)	1645	1604	1647	1608	1653
35000 P 温度 (°C)	1240	1195	1248	1205	1262
200000 P 温度 (°C)	1149	1105	1159	1115	1174
液相温度 (°C)	1220	1165	1210	1170	1210
液相粘度 (ポアズ)	49909	60786	70870	66371	94130
応力光学係数 (nm/mm/MPa)	2.902	2.858	2.925	2.864	2.928
589.3 nm での屈折率	1.511721	1.515112	1.511117	1.514749	1.51031
ヤング率 (GPa)					

10

	例 42
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.486
FE 歪み点 (°C)	542
FE 徐冷点 (°C)	587
FE 軟化点 (°C)	
10 <sup>11</sup> ポアズ温度 (°C)	
CTE *10 <sup>-7</sup> (1/°C)	84.4
200 P 温度 (°C)	1480
35000 P 温度 (°C)	1065
200000 P 温度 (°C)	978
液相温度 (°C)	1075
液相粘度 (ポアズ)	29284
応力光学係数 (nm/mm/MPa)	27.78
589.3 nm での屈折率	1.52
ヤング率 (GPa)	

20

30

## 【 0 0 6 4 】

ここに記載された基礎ガラスおよびイオン交換されたガラスの酸化物成分の各々は、そのガラスの製造可能性および物理的性質に対してある機能を果たす、および/またはそれに対して影響を有する。例えば、シリカ (S i O<sub>2</sub>) は、主要なガラス形成酸化物であり、熔融ガラスの網状構造主鎖を形成する。純粋な S i O<sub>2</sub> は、低い C T E を有し、アルカリ金属を含まない。例えば、ソーダ石灰ケイ酸塩ガラスのようなガラスに対して比較的少量 (すなわち、6 1 モル%以下) の S i O<sub>2</sub> は、ガラスがイオン交換された時に、ピーク圧縮応力を改善するまたは増加させるのに都合よい。いくつかの実施の形態において、ここに記載されたガラスは、約 5 2 モル%から約 6 1 モル%の S i O<sub>2</sub> を、他の実施の形態において、約 5 5 モル%から約 6 1 モル%の S i O<sub>2</sub> を、さらに他の実施の形態において、約 5 8 モル%から約 6 1 モル%の S i O<sub>2</sub> を含む。

40

## 【 0 0 6 5 】

ここに記載されたガラスは、シリカに加え、約 1 7 モル%以上の網状構造形成材の A l<sub>2</sub> O<sub>3</sub> を含む。アルミナは、安定なガラス形成、所望のピーク圧縮応力、イオン交換中の拡散性、およびヤング率を達成するために、かつ熔融と成形を促進するために、この量で存在する。A l<sub>2</sub> O<sub>3</sub> は、S i O<sub>2</sub> のように、ガラス網状構造に対する剛性に寄与する。アルミナは、四配位または五配位のいずれかでガラス中に存在し得、これにより、ガラス網状構造の充填密度が増し、それゆえ、化学強化により生じる圧縮応力が増加する。いくつ

50



かの実施の形態において、ここに記載されたガラスは、約 17 モル% または 18 モル% から約 23 モル% の  $Al_2O_3$  を、特別な実施の形態において、約 17 モル% または 18 モル% から約 20 モル% または約 21 モル% の  $Al_2O_3$  を含む。これらのガラス中のアルミナの量は、高い液相粘度を達成するために、より低い値に限定されることがある。

【0066】

ここに記載されるように、ここに記載されたガラスは、 $P_2O_5$ 、 $B_2O_3$ 、 $K_2O$ 、 $SrO$ 、および  $BaO$  の各々を実質的に含まない、または 0 モル% で含む。これらの酸化物は、イオン交換によって達成される圧縮応力およびヤング率を減少させる傾向にあるので、ガラスから意図的に排除される。

【0067】

アルカリ酸化物の  $Na_2O$  は、イオン交換によるガラスの化学強化を行うために使用される。ここに記載されたガラスは  $Na_2O$  を含み、これは、例えば、 $KNO_3$  などの少なくとも 1 種類のカリウム塩を含有する塩浴中に存在するカリウム陽イオンと交換されるべき  $Na^+$  陽イオンを提供する。いくつかの実施の形態において、ここに記載されたガラスは、約 9 モル%、または約 10 モル%、または約 11 モル%、または約 12 モル% から約 15 モル%、または約 16 モル%、または約 17 モル%、または約 18 モル%、または約 19 モル%、または約 20 モル% の  $Na_2O$  を含む。他の実施の形態において、これらのガラスは、約 9 モル% から約 15 モル% の  $Na_2O$  を含む。

【0068】

ここに記載されたガラスは、いくつかの実施の形態において、約 9 モル% まで、または約 8.5 モル% まで、または約 8 モル% まで、または約 7.5 モル% まで、または約 7 モル% までの量で  $Li_2O$  をさらに含むことがある。いくつかの実施の形態において、そのガラスは、約 2 モル%、または約 3 モル%、または約 4 モル% から約 6 モル%、または約 7 モル%、または約 7.5 モル%、または約 8 モル%、または約 8.5 モル%、または約 9 モル% の  $Li_2O$  を含む。特定の実施の形態において、そのガラスは、 $Li_2O$  を含まない（すなわち、0 モル% の  $Li_2O$  を含有する）、または  $Li_2O$  を実質的に含まない。 $Li_2O$  の存在は、ピーク圧縮応力を高め、所望であれば、 $DOL$  まで、および/または深い  $DOC$  まで急速イオン交換を可能にする。それに加え、 $Li_2O$  は、他のアルカリ酸化物と比べて、ガラスのヤング率および破壊靱性の両方を改善する。リチウム含有ガラスがイオン交換される場合、 $100\ \mu m$  以上の圧縮層の深さ  $DOC$  が、比較的短期間で達成されることがある。ここに用いられているように、 $DOC$  は、ここに記載された化学強化されたアルカリアルミノケイ酸塩ガラス物品における応力が圧縮から引張に変化する深さを意味する。 $DOC$  は、イオン交換処理に応じて  $FSM$  または散乱光偏光器 ( $SCALP$ ) により測定することができる。ガラス物品中の応力が、ガラス物品中にカリウムイオンを交換することによって生じている場合、 $DOC$  を測定するために、 $FSM$  が使用される。応力がガラス物品中にナトリウムイオンを交換することによって生じている場合、 $DOC$  を測定するために、 $SCALP$  が使用される。ガラス物品中の応力が、ガラス物品中にカリウムイオンとナトリウムイオンの両方を交換することによって生じている場合、 $DOC$  は  $SCALP$  により測定される。何故ならば、ナトリウムイオンの交換深さは  $DOC$  を表し、カリウムイオンの交換深さは、圧縮応力の大きさの変化（しかし、圧縮から引張への応力の変化ではない）を表すと考えられるからである；そのようなガラス物品中のカリウムイオンの交換深さは  $FSM$  により測定され、カリウムイオンの層の深さ ( $DOL$ ) によって表される。最大  $CT$  値を含む、引張応力、または中央張力 ( $CT$ ) 値は、当該技術分野で公知の散乱光偏光器 ( $SCALP$ ) 技術を使用して測定される。特に明記のない限り、ここに報告された  $CT$  値は、最大  $CT$  である。

【0069】

先に記載したように、元々形成されたような、ここに記載されたガラスは、0 モル% の  $K_2O$  を含有する、または  $K_2O$  を実質的に含まない。このガラス中の酸化カリウムの存在には、イオン交換によるガラス中に高レベルのピーク圧縮応力を達成する能力に悪影響がある。しかしながら、イオン交換後、イオン交換により生じた圧縮層はカリウムを含有

10

20

30

40

50

することになる。ガラスの表面近くのイオン交換された層は、ガラス表面で10モル%以上の $K_2O$ を含有することがあり、一方で、DOLより深い深さでのガラスの中身は、カリウムを実質的に含まないままであることがある、または出発組成物の中身のものと一貫したレベルのままであることがある。

#### 【0070】

いくつかの実施の形態において、ここに記載されたガラスは、0モル%から約6モル%まで、または0モル%超から約4モル%、または約6モル%の $ZnO$ を含むことがある。二価酸化物の $ZnO$ は、200ポアズ粘度での温度(200P温度)を減少させることによって、ガラスの熔融挙動を改善する。 $ZnO$ は、 $Na_2O$ の同様の添加と比べて、歪み点を改善するのに役立つ。いくつかの実施の形態において、これらのガラスは、0モル%超から約2モル%の $ZnO$ を含む。

10

#### 【0071】

50kP超の液相粘度を有するガラスの200P温度を低下させ、歪み点を改善するために、これらのガラス中に $MgO$ および $CaO$ などのアルカリ土類酸化物が存在することがある。いくつかの実施の形態において、ここに記載されたガラスは、0モル%超から6モル%までの $MgO$ を含む、または他の実施の形態において、これらのガラスは、0.02モル%から約3モル%、または約4モル%、または約5モル%、または約6モル%の $MgO$ を含む。いくつかの実施の形態において、ここに記載されたガラスは、0モル%超から約5モル%の $CaO$ を、他の実施の形態において、0.03モル%から約5モル%の $CaO$ を、さらに他の実施の形態において、約0.03モル%から約1モル%、または約1.5モル%、または約2モル%、または約2.5モル%、または約3モル%の $CaO$ を含む。表1および2に列挙された例から分かるように、 $CaO$ は、50kP超の液相粘度を有するガラス中に存在し、その液相粘度により、そのガラスは容易にフュージョン成形可能になる。いくつかの実施の形態において、ガラスがフュージョン成形されるときに、50kP超の液相粘度を有することが望ましい。ガラスが、フュージョン成形以外の技術により成形される、他の実施の形態において、液相粘度は50kP以下であってよい。アルカリ土類酸化物の $SrO$ および $BaO$ は、 $ZnO$ 、 $MgO$ 、または $CaO$ ほどは、200ポアズの粘度での熔融温度を低下させるのに効果的ではなく、歪み点を上昇させる上でも、 $ZnO$ 、 $MgO$ 、または $CaO$ ほど効果的ではない。それゆえ、ここに記載されたガラスは、 $ZnO$ 、 $MgO$ 、および $CaO$ からなる群より選択される二価酸化物を含有し、 $SrO$ および $BaO$ の各々を実質的に含まない、またはそれらの各々を0モル%で含有する。

20

30

#### 【0072】

いくつかの実施の形態において、 $Al_2O_3$ (モル%) +  $RO$ (モル%) 21モル%、他の実施の形態において、 $Al_2O_3$ (モル%) +  $RO$ (モル%) 22モル%、他の実施の形態において、 $Al_2O_3$ (モル%) +  $RO$ (モル%) 23モル%、他の実施の形態において、 $Al_2O_3$ (モル%) +  $RO$ (モル%) 24モル%、さらに他の実施の形態において、 $Al_2O_3$ (モル%) +  $RO$ (モル%) 25モル%であり、式中、 $RO$ (モル%) =  $MgO$ (モル%) +  $CaO$ (モル%) +  $ZnO$ (モル%)である。いくつかの実施の形態において、 $CaO$ (モル%) /  $RO$ (モル%) > 0.4、またはいくつかの実施の形態において、 $CaO$ (モル%) /  $RO$ (モル%) > 0.5、またはさらに他の実施の形態において、 $CaO$ (モル%) /  $RO$ (モル%) > 0.6である。

40

#### 【0073】

いくつかの実施の形態において、ここに記載されたガラスは、イオン交換により化学強化されている。その過程の少なくとも一例において、そのような陽イオンの供給源(例えば、熔融塩または「イオン交換」浴)内のアルカリ陽イオンは、ガラス内のより小さいアルカリ陽イオンと交換されて、ガラスの表面近くで圧縮応力(CS)下にある層を生成する。この圧縮層は、その表面からガラス内の圧縮深さ(DOC)まで延在する。ここに記載されたガラスにおいて、例えば、陽イオン源からのカリウムイオンが、以下に限られないが、硝酸カリウム( $KNO_3$ )などのカリウム塩を含む熔融塩浴中にガラスを浸漬することによるイオン交換中に、ガラス内のナトリウムイオンおよび/またはいくつかの実施

50

の形態において、リチウムイオンと交換される。いくつかの実施の形態において、イオン交換浴は、（１つまたは複数の）カリウム塩から実質的になることがある。このイオン交換過程に使用されることのある他のカリウム塩の例としては、以下に限られないが、塩化カリウム（ $\text{KCl}$ ）、硫酸カリウム（ $\text{K}_2\text{SO}_4$ ）、およびその組合せが挙げられる。ここに記載されたイオン交換浴は、カリウム以外のアルカリ金属イオンおよび対応するカリウム塩を含有することがある。例えば、イオン交換浴は、硝酸ナトリウム、硫酸ナトリウム、および/または塩化ナトリウムなどのナトリウム塩も含むことがある。いくつかの実施の形態において、イオン交換浴は、 $\text{KNO}_3$ と硝酸ナトリウム（ $\text{NaNO}_3$ ）の混合物を含むことがある。いくつかの実施の形態において、イオン交換浴は、約５０質量％まで、または約２５質量％までの $\text{NaNO}_3$ を含むことがあり、その浴の残りは $\text{KNO}_3$ である。他の実施の形態において、そのガラスは、最初に、約１００質量％のナトリウム塩（例えば、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{NaCl}$ など）を含む浴中でイオン交換され、次に、そのナトリウム塩と対応するカリウム塩（例えば、 $\text{NaNO}_3$ と $\text{KNO}_3$ を含む浴）、もしくはより深い $\text{DOL}$ および/またはより深い $\text{DOC}$ を達成するために、１００質量％の対応するカリウム塩（例えば、 $\text{NaNO}_3$ を含む第１のイオン交換浴および $\text{KNO}_3$ を含む第２のイオン交換浴）を含む第２の浴中でイオン交換されることがある。

#### 【００７４】

平らなイオン交換済みガラス物品の断面概略図が図１に示されている。ガラス物品１００は、厚さ $t$ 、第一面１１０、および第二面１１２を有し、厚さ $t$ は、例えば、約２５ $\mu\text{m}$ から約４ $\text{mm}$ の範囲にある。いくつかの実施の形態において、厚さ $t$ は、約２５ $\mu\text{m}$ から約５０ $\mu\text{m}$ まで、または約５５ $\mu\text{m}$ まで、または約６０ $\mu\text{m}$ まで、または約６５ $\mu\text{m}$ まで、または約７０ $\mu\text{m}$ まで、または約７５ $\mu\text{m}$ まで、または約８０ $\mu\text{m}$ まで、または約８５ $\mu\text{m}$ まで、または約９０ $\mu\text{m}$ まで、または約９５ $\mu\text{m}$ まで、または約１００ $\mu\text{m}$ まで、または約１０５ $\mu\text{m}$ まで、または約１１０ $\mu\text{m}$ まで、または約１１５ $\mu\text{m}$ まで、または約１２０ $\mu\text{m}$ まで、または約１２５ $\mu\text{m}$ までの範囲にある。特定の他の実施の形態において、厚さ $t$ は、約１０ $\mu\text{m}$ から約２０ $\mu\text{m}$ の範囲にある。図１は、ガラス物品１００を平らな平面シートまたはプレートとして示しているが、ガラス物品１００は、三次元形状または非平面形態などの他の形態を有してもよい。ガラス物品１００は、第一面１１０からガラス物品１００の中身への深さ $d_1$ での第１の $\text{DOC}$ まで延在する第１の圧縮層１２０を有する。図１において、ガラス物品１００は、第二面１１２から深さ $d_2$ での第２の $\text{DOC}$ まで延在する第２の圧縮層１２２も有する。ガラス物品１００は、 $d_1$ と $d_2$ との間に延在する中央領域１３０も有する。中央領域１３０は、典型的に、引張応力または中央張力（ $\text{CT}$ ）下にあり、これが、層１２０および１２２の圧縮応力と釣り合う、または対抗する。それぞれ、第１と第２の圧縮層１２０、１２２の深さ $d_1$ 、 $d_2$ は、ガラス物品１００の第一面と第二面１１０、１２０への鋭い衝撃により導入される傷の伝搬からガラス物品１００を保護し、一方で、その圧縮応力は、第１と第２の圧縮層１２０、１２２の深さ $d_1$ 、 $d_2$ を貫通する傷の可能性を最小にする。

#### 【００７５】

したがって、著しい曲げ応力に抵抗でき、イオン交換により高いピーク圧縮応力を達成することができるように、上述したガラスを強化する方法が提供される。上述したアルカリアルミノケイ酸塩ガラスから作られたガラス物品が、イオン交換媒体、例えば、熔融塩浴、ペーストなどの中に浸漬される。このイオン交換媒体は少なくとも１種類のカリウム塩を含み、その少なくとも１種類のカリウム塩は、このイオン交換媒体の約５０質量％以上を占める。浸漬前に、この方法は、当該技術分野で公知の手段、例えば、以下に限られないが、フュージョンドロー法、圧延法、オーバーフロードロー法、スロット成形法、アップドロー法、またはフロート法によって、ガラス物品を成形する工程を含むことがある。それに加え、ガラス物品は、一旦成形されたら、イオン交換媒体中に浸漬される前に、ガラス物品の $10^{11}$ ポアズ温度で熱処理に施されることがある。イオン交換媒体中の浸漬中、そのガラス物品は、表面から $\text{DOL}$ まで延在するイオン濃度、および表面から $\text{DOC}$ まで延在する圧縮層を得るために、約３５０ から約４８０ （例えば、約３５０ か

ら約475、または約350 から約470、または約350 から約460、または約350 から約450、または約350 から約440、または約350 から約430)に及ぶ所定の温度で約1時間から約24時間に及ぶ所定の期間に亘りそのイオン交換媒体中でイオン交換される。その圧縮層は、約1000MPa以上、またはいくつかの実施の形態において、約1050MPa以上、または他の実施の形態において、約1100MPa以上、またはさらに他の実施の形態において、約1200MPa以上、かつ約1500MPaまでのピーク圧縮応力(いくつかの実施の形態において、そのピーク圧縮応力は、イオン交換されたガラス物品の表面である)を有する。

#### 【0076】

イオン交換により達成されることのある高いピーク圧縮応力は、そのガラスを、所定のガラス厚についてよりきつい(すなわち、より小さい)曲げ半径に曲げる能力を提供する。この高いピーク圧縮応力により、ガラスが正味の圧縮を保有し、それゆえ、ガラスにきつい半径の周りの曲げが行われたときに、表面傷を抑えることができる。表面近くの傷は、この正味の圧縮下で、または有効表面圧縮層内に抑えられれば、破壊するまで延在できない。

#### 【0077】

図2は、曲げ誘起応力下にあるイオン交換されたガラスシートの概略断面図である。図2において、厚さ $t$ と内径 $r$ の合計である、曲げ半径 $R$ に曲げられた場合、イオン交換されたガラスシート100の外面110aは、曲げによる引張応力に曝され、これにより、外面110a上のDOCが有効DOCまで減少し、一方で、内面112aは、曲げによりさらなる圧縮応力に曝される。外面110a上の有効DOCは、曲げ半径の増加と共に増加し、曲げ半径の減少と共に減少する(曲率の中心は、図2に示されるように、外面110aと反対側にある)。ここに記載されたガラスは、イオン交換されたときに、約25および約50%の相対湿度で、60分間に亘り3mmの曲げ半径(すなわち、 $R = 3\text{ mm}$ )に耐える(割れずに)ことができる。いくつかの実施の形態において、ここに記載されたガラスは、同じ期間に亘る同じ周囲条件下で、4mmの曲げ半径(すなわち、 $R = 4\text{ mm}$ )に耐える(割れずに)ことができる。さらに他の実施の形態において、ここに記載されたガラスは、同じ期間に亘る同じ周囲条件下で、5mmの曲げ半径(すなわち、 $R = 5\text{ mm}$ )に耐える(割れずに)ことができる。

#### 【0078】

表3には、イオン交換後の表1に列挙された試料に測定されたピークCSおよびDOLが列挙されている。それぞれ、表1および2に記載された例の組成および物理的性質を有する1mm厚のガラス片を、 $\text{KNO}_3$ 浴中において410で2時間または6時間のいずれかに亘りイオン交換した。このガラス片は、 $10^{11}$ ポアズ(P)温度で熱処理され、イオン交換前に、その仮想温度を約 $10^{11}$ P粘度温度に設定するために、2分以内で室温まで急冷した。このことは、フュージョンドローされたシートの熱履歴を表すように仮想温度を設定するために行われる。ここに記載されたガラスは、イオン交換が施された場合、約1000MPa以上、またはいくつかの実施の形態において、約1050MPa以上、または他の実施の形態において、約1100MPa以上、またはさらに他の実施の形態において、約1200MPa以上、約1300MPaまで、または約1350MPaまで、または約1400MPaまで、または約1450MPaまで、または約1500MPaまでのピーク圧縮応力CSを有する圧縮層を有する。ここに記載されたガラスは、上述したピークCS値と共に、約4 $\mu\text{m}$ から約40 $\mu\text{m}$ 、例えば、約4 $\mu\text{m}$ 、または約5 $\mu\text{m}$ 、または約6 $\mu\text{m}$ 、または約7 $\mu\text{m}$ 、または約8 $\mu\text{m}$ 、または約9 $\mu\text{m}$ 、または約10 $\mu\text{m}$ 、または約11 $\mu\text{m}$ 、または約12 $\mu\text{m}$ 、または約13 $\mu\text{m}$ 、または約14 $\mu\text{m}$ 、または約15 $\mu\text{m}$ から、約40 $\mu\text{m}$ 、または約35 $\mu\text{m}$ 、または約30 $\mu\text{m}$ 、または約25 $\mu\text{m}$ 、または約24 $\mu\text{m}$ 、または約23 $\mu\text{m}$ 、または約22 $\mu\text{m}$ 、または約21 $\mu\text{m}$ 、または約20 $\mu\text{m}$ までのカリウムイオンのDOLを達成することがある。ガラスがリチウム( $\text{Li}_2\text{O}$ )を含むそれらの実施の形態において、そのガラスは、イオン交換がカリウムイオンのみをガラス中に交換する工程を含む場合、カリウムイオンのみがガラス中に交換さ

れるときに、DOLとDOCは実質的に同じであるので、直前に記載されたCSおよびDOLと実質的に同じピークCSおよびDOCまでイオン交換されるであろう。さらに、ガラスがリチウム(Li<sub>2</sub>O)を含み、イオン交換がカリウムイオンとナトリウムイオンをガラス中に交換する工程を含むそれらの実施の形態において、同様のピークCS値が同様のカリウムDOL値で得られるであろう、および/または100μm超、例えば、110μm超、120μm超、130μm超、140μm超、150μm超、または厚さの10%超、または厚さの11%超、または厚さの12%超、または厚さの13%超、または厚さの14%超、または厚さの15%超、または厚さの16%超、または厚さの17%超、または厚さの18%超、厚さの24%までのDOCをさら達成するであろう。

【0079】

【表3-1】

表3. 圧縮応力(CS)およびDOLは、100質量%のKNO<sub>3</sub>溶融塩浴中において、

それぞれ、2および6時間に亘り410°Cでイオン交換された後の、表1に列挙された

組成を有する1mm厚の試料について測定される

410°Cで2時間に亘りイオン交換した							
	例1	例2	例3	例4	例5	例6	例7
CS (MPa)	1259	1274	1351	1393	1422	1395	1306
DOL(μm)	8	8	9	8	7	7	9

410°Cで6時間に亘りイオン交換した							
	例1	例2	例3	例4	例5	例6	例7
CS (MPa)	1192	1206	1284	1323	1351	1325	1241
DOL(μm)	15	15	16	15	14	14	16

410°Cで2時間に亘りイオン交換した							
	例8	例9	例10	例11	例12	例13	例14
CS (MPa)	1365	1411	1414	1276	1257	1273	1253
DOL(μm)	9	8	8	7	6	7	7

410°Cで6時間に亘りイオン交換した							
	例8	例9	例10	例11	例12	例13	例14
CS (MPa)	1297	1340	1343	1212	1194	1209	1191
DOL(μm)	16	15	15	14	13	14	14

410°Cで2時間に亘りイオン交換した							
	例15	例16	例17	例18	例19	例20	例21
CS (MPa)	1255	1275	1263	1351	1378	1314	1249
DOL(μm)	21	21	19	21	21	11	13

410°Cで6時間に亘りイオン交換した							
	例15	例16	例17	例18	例19	例20	例21
CS (MPa)	1221	1239	1256	1302	1339	1255	1159
DOL(μm)	35	35	32	35	34	18	22

【0080】

【表 3 - 2】

4 1 0°Cで2時間に亘りイオン交換した							
	例 22	例 23	例 24	例 25	例 26	例 27	例 28
CS (MPa)	1128	1217	1264	1132	1231	1126	1250
DOL (μm)	23	25	22	27	25	29	29
4 1 0°Cで6時間に亘りイオン交換した							
	例 22	例 23	例 24	例 25	例 26	例 27	例 28
CS (MPa)	1221	1239	1256	1302	1339	1255	1159
DOL (μm)	35	35	32	35	34	18	22

10

4 1 0°Cで2時間に亘りイオン交換した							
	例 29	例 30	例 31	例 32	例 33	例 34	例 35
CS (MPa)	1358	1315	1321	1333	1334	1344	1308
DOL (μm)	8	8	9	9	9	8	8
4 1 0°Cで6時間に亘りイオン交換した							
	例 29	例 30	例 31	例 32	例 33	例 34	例 35
CS (MPa)	1291	1271	1273	1280	1299	1305	1273
DOL (μm)	15	14	15	15	15	14	14

20

4 1 0°Cで2時間に亘りイオン交換した						
	例 36	例 37	例 38	例 39	例 40	例 41
CS (MPa)	1280	1251	1288	1239	1300	1243
DOL (μm)	13	21	13	22	14	23
4 1 0°Cで6時間に亘りイオン交換した						
	例 36	例 37	例 38	例 39	例 40	例 41
CS (MPa)	1251	1227	1268	1220	1280	1224
DOL (μm)	21	35	23	37	24	39

30

## 【実施例】

## 【0081】

以下の実施例は、本開示の特徴と利点を明らかにし、本開示をそれらに限定することは決して意図されていない。

## 【0082】

## 実施例 1

本開示に記載された組成（表 1～3 の例 29）および物理的性質を有するガラス試料を、3つの別々の溶融塩浴中でイオン交換した：第1のイオン交換浴は、100質量%の $\text{KNO}_3$ を含有する（表 4 a）；第2のイオン交換浴は、50質量%の $\text{KNO}_3$ および50質量%の $\text{NaNO}_3$ を含有する（表 4 b）；および第3のイオン交換浴は、75質量%の $\text{KNO}_3$ および25質量%の $\text{NaNO}_3$ を含有する（表 4 c）。1mm厚のガラス試料についてのこれらのイオン交換実験の結果が、表 4 a～4 c に列挙されている。試料が混合 $\text{KNO}_3/\text{NaNO}_3$ 浴中でイオン交換された場合に得られた結果は、ここに記載されたりチウム含有ガラスをイオン交換して、他の例と一致したDOLと、ずっと深いDOCを得る能力を示す。例えば、表 4 a の例は、約4μmから約15μm程度のDOLおよびDOCを有した（溶融塩浴中に $\text{KNO}_3$ のみが使用されたので、これらの場合、DOCはDOLと実質的に同じである）。他方で、試料が混合 $\text{KNO}_3/\text{NaNO}_3$ 浴中でイオン交換された場合、表 4 b および 4 c は、約6μmから約8μm低度のDOLおよび約160

40

50

$\mu\text{m}$ から約 $170\mu\text{m}$  ( $1\text{mm}$ の厚さの $16\%$ または $17\%$ )程度のDOCを示す。さらに、より高い比率の $\text{KNO}_3$ を有する浴を使用すると、ガラス試料は、より低い比率の $\text{KNO}_3$ 浴と類似のDOLおよびDOCを達成したが、より高いCSを達成することができた。いくつかの実施の形態において、 $700\text{MPa}$ 程度のCSが有用であろう。

【0083】

【表4a】

表4a. 例29 (表1) の組成および約 $712^\circ\text{C}$ の仮想温度を有する $1\text{mm}$ 厚のガラス

について得られたイオン交換データ。ガラス試料は、 $100$ 質量%の $\text{KNO}_3$ の熔融塩

10

浴中において $410^\circ\text{C}$ または $370^\circ\text{C}$ でイオン交換した。

410°C			370°C		
時間 (時)	CS (MPa)	DOL ( $\mu\text{m}$ )	時間 (時)	CS (MPa)	DOL ( $\mu\text{m}$ )
1	1408	6	2	1432	4
2	1358	8.4	3	1373	5
3	1347	10.7	4	1355	6
4	1337	12	5	1376	7
5	1301	13.3	6	1368	8
6	1291	15.3	7	1344	9
8	1250	17	8	1345	10
16	1211	23			

20

【0084】

【表4b】

表4b. 例29 (表1) の組成および約 $712^\circ\text{C}$ の仮想温度を有する $1\text{mm}$ 厚のガラス

について得られたイオン交換データ。ガラスは、 $50$ 質量%の $\text{KNO}_3$ および $50$ 質量%

30

の $\text{NaNO}_3$ の熔融塩浴中において $380^\circ\text{C}$ でイオン交換した。

時間 (時)	CS (MPa)	DOL ( $\mu\text{m}$ )	CT (MPa)	DOC (% t)
8	542	7.6	75	17
9	563	8	78	17

【0085】

40

50

## 【表 4 c】

表 4 c. 例 2 9 (表 1) の組成および約 7 1 2 °C の仮想温度を有する 1 mm 厚のガラス

について得られたイオン交換データ。ガラスは、7 5 質量%の  $\text{KNO}_3$  および 2 5 質量%

の  $\text{NaNO}_3$  の熔融塩浴中において 3 8 0 °C でイオン交換した。

時間 (時)	CS (MPa)	DOL ( $\mu\text{m}$ )	CT (MPa)	DOC (% t)
4	690	6.1	52	16
5	719	6.2	55	16
6	706	6.9	65	16
7	709	7.3	68	17
8	710	7.6	66	16
9	697	8.3	71	17

10

## 【0 0 8 6】

## 実施例 2

1 0 0  $\mu\text{m}$  厚および表 1 に列挙された例 2 9 の組成を有する試料を、1 0 0 質量%の  $\text{KNO}_3$  を含む熔融塩浴中において 6 時間に亘り 4 1 0 でイオン交換した。軽いエッチングの前後の圧縮応力が表 5 に示されている。1 0 0  $\mu\text{m}$ 、7 5  $\mu\text{m}$ 、および 5 0  $\mu\text{m}$  の厚さを有する G O R I L L A G L A S S 2 (登録商標) の試料 (組成: 7 0 モル%の  $\text{SiO}_2$ 、1 0 モル%の  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、1 5 モル%の  $\text{Na}_2\text{O}$ 、および 5 モル%  $\text{MgO}$ ) を、1 0 0 質量%の  $\text{KNO}_3$  を含む熔融塩浴中において 1 時間に亘り 4 1 0 でイオン交換した。軽いエッチングの前後の圧縮応力が表 5 に示されている。

20

## 【0 0 8 7】

ある場合、プロセス誘起損傷を除去するために、イオン交換後に、試料に軽いエッチングが施される。この軽いエッチングは、 $\text{HF}$ 、 $\text{HF}$  と  $\text{HCl}$ 、 $\text{H}_2\text{NO}_3$  および  $\text{H}_2\text{SO}_4$  の内の 1 つ以上との組合せ、重フッ化アンモニウム、重フッ化ナトリウムなどからなる群より選択される少なくとも 1 種類の活性ガラスエッチング化合物を含有するフッ化物含有水性処理媒体を含む酸を含む。1 つの特定例において、この酸性水溶液は、5 体積%の  $\text{HF}$  (4 8 %) および 5 体積%の  $\text{H}_2\text{SO}_4$  からなる。このエッチング過程は、その内容がここに全て引用される、2 0 1 4 年 1 1 月 1 8 日に発行され、「Impact-Damage-Resistant Glass Sheet」と題する、John Frederick Bayne 等の米国特許 8 8 8 9 2 5 4 号明細書に記載されている。したがって、表 5 の結果から、そのような軽いエッチング過程は、ここに開示されたガラスに行うことができ、それでも、それらのガラスは、十分な量の圧縮応力を保持する (いくつかの実施の形態において、1 0 0 0 M P a 以上の CS、および他の実施の形態において、従来のガラス組成物 (例えば、「G O R I L L A G L A S S 2」) により達成されるものよりも大きい CS) ことが示される。

30

## 【0 0 8 8】

より詳しくは、表 5 の結果から分かるように、例 2 9 の組成を有するガラスは、「G O R I L L A G L A S S 2」で達成されたものよりも著しく大きい圧縮応力を達成するようにイオン交換することができる。この結果は、これらの条件下でイオン交換された類似のガラスの挙動を考慮して、予期せぬことである。さらに、表 5 は、本開示のガラスが、薄いガラス、例えば、約 2 5  $\mu\text{m}$  から約 1 2 5  $\mu\text{m}$ 、約 3 0  $\mu\text{m}$  から約 1 2 0  $\mu\text{m}$ 、約 3 5  $\mu\text{m}$  から約 1 1 5  $\mu\text{m}$ 、約 4 0  $\mu\text{m}$  から約 1 1 0  $\mu\text{m}$ 、約 4 5  $\mu\text{m}$  から約 1 0 5  $\mu\text{m}$ 、約 5 0  $\mu\text{m}$  から約 1 0 0  $\mu\text{m}$ 、約 5 0  $\mu\text{m}$  から約 7 5  $\mu\text{m}$ 、または約 7 5  $\mu\text{m}$  から約 1 0 0  $\mu\text{m}$  の厚さを有するガラスにおいて高い CS 値を達成するのに適していることを示す。

40

## 【0 0 8 9】

50



## 【表 5】

表 5. 100質量%の $\text{KNO}_3$ の溶融塩浴中において6時間に亘り410°Cでイオン交換

した後の例 29 (表 1) の組成を有するガラスおよび Corning GORILLA GLASS 2®の

試料に関する圧縮応力

厚さ(μm)	ガラス	CS (MPa)	軽いエッチング後の CS (MPa)
100	GORILLA GLASS 2	905	805
75	GORILLA GLASS 2	865	765
50	GORILLA GLASS 2	785	685
100	例 29	1205	1105
75	例 29	1165	1065
50	例 29	985	885

10

## 【0090】

## 実施例 3

ここに記載されたガラス内の緻密に充填された網状構造により、高い圧縮応力を達成することができる。約100質量%の $\text{KNO}_3$ を含む、410°Cの溶融塩浴中の1、2、3、4、5、6、8、および16時間に亘るイオン交換後の、「GORILLA GLASS 2」(正方形のデータ点)およびここに記載されたガラスの内の1つ(表1~3における例29、菱形のデータ点)の1mm厚の試料について、表面からガラスの厚さ中の様々な深さでの圧縮応力が、図3に示されている。例えば、点302は、6時間に亘り交換され、1291のピークCSおよび15.3マイクロメートルのDOLを達成した例29のガラスの試料に關し、一方で、点304は、1時間に亘り交換され、988のピークCSおよび15.8μmのDOLを達成した「GORILLA GLASS 2」の試料に關するものであった。このように、約15μmの同じDOLに関して、例29の組成を有するガラスは、「GORILLA GLASS 2」の試料に観察されたものより300MPa以上大きいピーク圧縮応力を示す。約15μmから20μmのDOLの同じ範囲に亘り、例29の組成を有するガラスは、「GORILLA GLASS 2」の試料に観察されたものより200MPa以上大きいピーク圧縮応力を示す。例29の試料に關するCSは、同じDOLを有する「GORILLA GLASS 2」のものより高いが、同じDOLを得るのにかかる時間は、例29の試料に關するほうが、より長い。この増加した処理時間は、ガラス内の緻密に充填された網状構造によるものであろう。この網状構造は、減少したイオン拡散性をもたらすであろう。しかしながら、いくつかの実施の形態において、増加したCSの利点は、減少したイオン拡散性からのより長い処理時間よりも重要である。

20

30

## 【0091】

## 実施例 4

1mmの厚さおよび表1の例42の組成(最高のリチウム含有量を有する)を有するガラスの試料に、二段階イオン交換過程を含む、表6において下記に述べられたような様々なイオン交換条件を施した。結果として生じた性質も、表6に述べられている。例42の試料はリチウムを多く有するので、高いヤング率および破壊靱性を有することが予測される(本開示の原理によれば)。さらに、これらの試料のDOCは、厚さの15%から20%の範囲にあると予測される。

40

## 【0092】

50

## 【表 6】

表 6. 例 4 2 (表 1) の組成を有するガラスに関するイオン交換条件および結果として

生じた性質

イオン交換条件	CS (MPa)	DOL ( $\mu\text{m}$ )	CT (MPa)	DOC (% t)
16 時間に亘り 280 °C で 100% NaNO			119	
16 時間に亘り 280 °C で 100% NaNO <sub>3</sub> 次いで 1 時間に亘り 410 °C で 100%KNO <sub>3</sub>	1157	5.5	115	
16 時間に亘り 280 °C で 100% NaNO <sub>3</sub> 次いで 4 時間に亘り 410 °C で 100%KNO <sub>3</sub>	914	9.2	92	

10

## 【 0 0 9 3 】

ここに開示された強化ガラスは、ディスプレイを備えた物品（またはディスプレイ物品）（例えば、携帯電話、タブレット、コンピュータ、ナビゲーションシステム、ウェアラブル機器（例えば、腕時計）などを含む家庭用電子機器）、建築物品、輸送物品（例えば、自動車、列車、航空機、船舶など）、電化製品、またはある程度の透明性、耐引掻性、耐磨耗性またはその組合せの恩恵を受けるであろう任意の物品などの別の物品に組み込まれることがある。ここに開示された強化ガラスのいずれかを組み込んだ例示の物品が、図 4 A および 4 B に示されている。詳しくは、図 4 A および 4 B は、前面 4 0 4、背面 4 0 6、および側面 4 0 8 を有する筐体 4 0 2；その筐体の少なくとも部分的に内側にまたは完全に中にあり、制御装置、メモリ、およびその筐体の前面にあるまたはそれに隣接したディスプレイ 4 1 0 を含む電気部品（図示せず）；およびそのディスプレイを覆うように筐体の前面にまたはその上にあるカバー基板 4 1 2 を備えた家庭用電子機器 4 0 0 を示している。いくつかの実施の形態において、カバー基板 4 1 2 または筐体 4 0 2 の一部の少なくとも一方は、ここに開示された強化ガラスのいずれかを含むことがある。そのカバーガラスおよび/または筐体は、約 0 . 4 mm から約 4 mm の厚さを有し、化学強化されたときに、約 1 0 0 0 MP a 以上、または約 1 0 5 0 MP a 以上、または約 1 1 0 0 MP a 以上、または約 1 2 0 0 MP a 以上、または約 1 2 5 0 MP a 以上、約 1 3 0 0 MP a まで、または約 1 3 5 0 MP a まで、または約 1 4 0 0 MP a まで、または約 1 4 5 0 MP a まで、または約 1 5 0 0 MP a までのピーク圧縮応力を有する。

20

30

## 【 0 0 9 4 】

説明目的のために典型的な実施の形態を述べてきたが、先の説明は、本開示の範囲または付随の特許請求の範囲への限定と考えるべきではない。したがって、本開示の精神および範囲または付随の特許請求の範囲から逸脱せずに、様々な改変、適用、および代替手段が当業者に想起されるであろう。

40

## 【 0 0 9 5 】

以下、本発明の好ましい実施形態を項分け記載する。

## 【 0 0 9 6 】

実施形態 1

アルカリアルミノケイ酸塩ガラスであって、

- a . 約 1 7 モル%以上の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、
- b . Na<sub>2</sub>O、
- c . MgO、および
- d . CaO、

50

を含み、

$Al_2O_3$  (モル%) +  $RO$  (モル%) 21モル%、式中、 $RO$  (モル%) =  $MgO$  (モル%) +  $CaO$  (モル%) +  $ZnO$  (モル%) であり、

$SrO$ 、 $BaO$ 、 $B_2O_3$ 、 $P_2O_5$ 、および $K_2O$ の各々を実質的に含まず、イオン交換可能である、アルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

【0097】

実施形態2

前記アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが、約4mmまでの厚さを有し、該アルカリアルミノケイ酸塩ガラスの表面からDOCまで延在し、約1000MPa以上のピーク圧縮応力を有する圧縮層を達成するようにイオン交換可能である、実施形態1に記載のアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

10

【0098】

実施形態3

前記アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが約100μmまでの厚さを有する、実施形態2に記載のアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

【0099】

実施形態4

前記アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが、約25 および約50%の相対湿度で、かつ5mm、4mm、または3mmの内の少なくとも1つの曲げ半径で、60分間に亘り保持されたときに、破損がない、実施形態3に記載のアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

20

【0100】

実施形態5

前記ピーク圧縮応力が約1500MPa以下である、実施形態2から4のいずれか1つに記載のアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

【0101】

実施形態6

前記アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが、約80GPaから約90GPaの範囲のヤング率を有する、実施形態1から5のいずれか1つに記載のアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

【0102】

実施形態7

$Li_2O$ をさらに含む、実施形態1から6のいずれか1つに記載のアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

30

【0103】

実施形態8

前記アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが、表面から厚さの約10%以上のDOCまで延在する圧縮層を達成するようにイオン交換可能である、実施形態7に記載のアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

【0104】

実施形態9

前記アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが、約4マイクロメートルから約40マイクロメートルのカリウムイオンの層の深さを達成するようにイオン交換可能である、実施形態1から8のいずれか1つに記載のアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

40

【0105】

実施形態10

$ZnO$ をさらに含む、実施形態1から9のいずれか1つに記載のアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

【0106】

実施形態11

$CaO$  (モル%) /  $RO$  (モル%) > 0.4である、実施形態1から10のいずれか1

50

つに記載のアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

【0107】

実施形態12

前記アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが、約5kPから約200kPの範囲の液相粘度を有する、実施形態1から11のいずれか1つに記載のアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

【0108】

実施形態13

前記アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが、約52モル%から約61モル%のSiO<sub>2</sub>、約17モル%から約23モル%のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、0モル%から約7モル%のLi<sub>2</sub>O、約9モル%から約20モル%のNa<sub>2</sub>O、0モル%超から約5モル%のMgO、0モル%超から約5モル%のCaO、および0モル%超から約2モル%のZnOを含む、実施形態1から12のいずれか1つに記載のアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

10

【0109】

実施形態14

前記アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが、約55モル%から約61モル%のSiO<sub>2</sub>、約17モル%から約20モル%のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、4モル%から約7モル%のLi<sub>2</sub>O、約9モル%から約15モル%のNa<sub>2</sub>O、0モル%超から約5モル%のMgO、0モル%超から約5モル%のCaO、および0モル%超から約2モル%のZnOを含む、実施形態13に記載のアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

20

【0110】

実施形態15

前記アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが、フレキシブルディスプレイの少なくとも一部を形成する、実施形態1から14のいずれか1つに記載のアルカリアルミノケイ酸塩ガラス。

【0111】

実施形態16

イオン交換されたガラスにおいて、該イオン交換されたガラスが、アルカリアルミノケイ酸塩ガラスであって、

- a. 約17モル%以上のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、
- b. Na<sub>2</sub>O、
- c. MgO、および
- d. CaO、

30

を含み、

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (モル%) + RO (モル%) = 21モル%、式中、RO (モル%) = MgO (モル%) + CaO (モル%) + ZnO (モル%) であるアルカリアルミノケイ酸塩ガラスであり、該アルカリアルミノケイ酸塩ガラスは、SrO、BaO、B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、およびK<sub>2</sub>Oの各々を実質的に含まず、前記イオン交換されたガラスは、約4mmまでの厚さを有し、該イオン交換されたガラスの表面からDOCまで延在する圧縮層を有し、約1000MPa以上のピーク圧縮応力を有する、イオン交換されたガラス。

【0112】

実施形態17

前記イオン交換されたガラスが、約100μmまでの厚さを有する、実施形態16に記載のイオン交換されたガラス。

40

【0113】

実施形態18

前記イオン交換されたガラスが、約25 および約50%の相対湿度で、かつ5mm、4mm、または3mmの内の少なくとも1つの曲げ半径で、60分間に亘り保持されたときに、破損がない、実施形態16または17に記載のイオン交換されたガラス。

【0114】

実施形態19

50

前記ピーク圧縮応力が約 1500 MPa 以下である、実施形態 16 から 18 のいずれか 1 つに記載のイオン交換されたガラス。

【0115】

実施形態 20

前記イオン交換されたガラスが  $Li_2O$  をさらに含み、DOC が厚さの約 10% 以上である、実施形態 16 から 19 のいずれか 1 つに記載のイオン交換されたガラス。

【0116】

実施形態 21

前記イオン交換されたガラスが、約 4 マイクロメートルから約 40 マイクロメートルのカリウムイオンの層の深さを有する、実施形態 16 から 20 のいずれか 1 つに記載のイオン交換されたガラス。

10

【0117】

実施形態 22

前記イオン交換されたガラスが、約 52 モル% から約 61 モル% の  $SiO_2$ 、約 17 モル% から約 23 モル% の  $Al_2O_3$ 、0 モル% から約 7 モル% の  $Li_2O$ 、約 9 モル% から約 20 モル% の  $Na_2O$ 、0 モル% 超から約 5 モル% の  $MgO$ 、0 モル% 超から約 5 モル% の  $CaO$ 、および 0 モル% 超から約 2 モル% の  $ZnO$  を含む、実施形態 16 から 21 のいずれか 1 つに記載のイオン交換されたガラス。

【0118】

実施形態 23

前記アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが、約 55 モル% から約 61 モル% の  $SiO_2$ 、約 17 モル% から約 20 モル% の  $Al_2O_3$ 、4 モル% から約 7 モル% の  $Li_2O$ 、約 9 モル% から約 15 モル% の  $Na_2O$ 、0 モル% 超から約 5 モル% の  $MgO$ 、0 モル% 超から約 5 モル% の  $CaO$ 、および 0 モル% 超から約 2 モル% の  $ZnO$  を含む、実施形態 22 に記載のイオン交換されたガラス。

20

【0119】

実施形態 24

前記イオン交換されたガラスが、フレキシブルディスプレイの少なくとも一部を形成する、実施形態 16 から 23 のいずれか 1 つに記載のイオン交換されたガラス。

【0120】

実施形態 25

前記イオン交換されたガラスが、電子機器のディスプレイのまたはその上のカバーガラス、もしくは該電子機器の筐体の一部の少なくとも一方を形成する、実施形態 16 から 24 のいずれか 1 つに記載のイオン交換されたガラス。

30

【0121】

実施形態 26

実施形態 16 から 25 のいずれか 1 つに記載のイオン交換されたガラスを備えた電子機器であって、該電子機器が、前面、背面、および側面を有する筐体と、該筐体の少なくとも部分的に内部にある電子部品と、前記筐体の前面にあるまたはそれに隣接したディスプレイと、該ディスプレイの上のカバーガラスとを備え、該カバーガラスおよび前記筐体の少なくとも一方が前記イオン交換されたガラスから作られ、前記カバーガラスが前記ディスプレイ上に位置付けられ、衝撃により生じる損傷から該ディスプレイを保護するように、該カバーガラスが前記筐体の前面またはその上にある、電子機器。

40

【0122】

実施形態 27

ガラスを強化する方法において、

a. 少なくとも 1 種類のカリウム塩を含むイオン交換媒体中にガラス物品を浸漬する工程であって、該少なくとも 1 種類のカリウム塩が該イオン交換媒体の約 50 質量% を占め、該ガラス物品がアルカリアルミノケイ酸塩ガラスから作られ、該アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが、約 17 モル% 以上の  $Al_2O_3$  および非ゼロ量の  $Na_2O$ 、 $MgO$ 、および

50

C a Oを含み、ここで、 $A l_2 O_3$  (モル%) + R O (モル%) = 21モル%、式中、 $R O$  (モル%) =  $M g O$  (モル%) +  $C a O$  (モル%) +  $Z n O$  (モル%)であり、該アルカリアルミノケイ酸塩ガラスは、 $S r O$ 、 $B a O$ 、 $B_2 O_3$ 、 $P_2 O_5$ 、および $K_2 O$ の各々を実質的に含まない工程、および

b. 約350 から約480 の範囲の所定の温度で約1時間から約24時間の範囲の所定の期間に亘り前記イオン交換媒体中に浸漬されている間に前記ガラス物品をイオン交換して、表面からDOCまで延在し、約1000MPa以上のピーク圧縮応力を有する圧縮層を達成する工程、  
を有してなる方法。

【0123】

実施形態28

前記ガラス物品を前記イオン交換媒体中に浸漬する前に、フュージョンドロー法、圧延法、オーバーフローダウンドロー法、スロット成形法、アップドロー法、またはフロート法の内の少なくとも1つによって該ガラス物品を成形する工程をさらに含む、実施形態27に記載の方法。

【0124】

実施形態29

前記ガラス物品を前記イオン交換媒体中に浸漬する前に、該ガラス物品をその $10^{11}$  P温度に加熱し、加熱されたガラス物品を室温まで急冷する工程をさらに含む、実施形態27または28に記載の方法。

【0125】

実施形態30

前記ピーク圧縮応力が約1500MPa以下である、実施形態27から29のいずれか1つに記載の方法。

【0126】

実施形態31

前記アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが $L i_2 O$ をさらに含み、DOCが厚さの約10%以上である、実施形態27から30のいずれか1つに記載の方法。

【0127】

実施形態32

前記アルカリアルミノケイ酸塩ガラスが、約4マイクロメートルから約40マイクロメートルまでのカリウムイオンの層の深さを達成するようにイオン交換可能である、実施形態27から31のいずれか1つに記載の方法。

【0128】

実施形態33

少なくとも1種類のナトリウム塩から実質的になる第1のイオン交換媒体中に前記ガラス物品を浸漬し、約350 から約480 の範囲の所定の温度で約1時間から約24時間の範囲の所定の期間に亘り該第1のイオン交換媒体中に浸漬されている間に、該ガラス物品をイオン交換する工程をさらに含む、実施形態27から32のいずれか1つに記載の方法。

【符号の説明】

【0129】

- 100 ガラス物品
- 110 第一面
- 110 a 外面
- 112 第二面
- 112 a 内面
- 120 第1の圧縮層
- 122 第2の圧縮層
- 130 中央領域

10

20

30

40

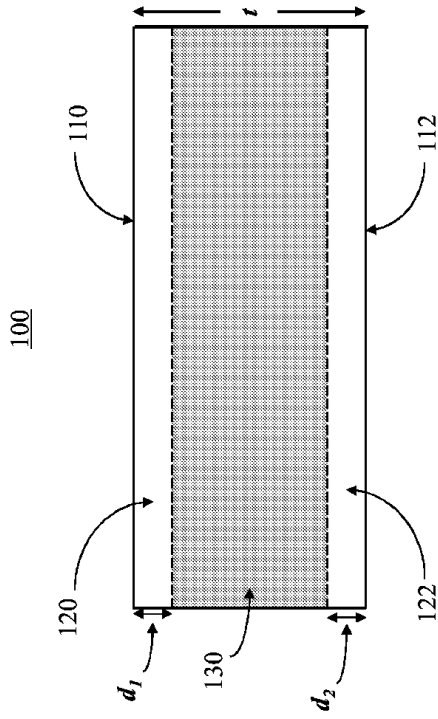
50

- 4 0 0 家庭用電子機器
- 4 0 2 筐体
- 4 0 4 前面
- 4 0 6 背面
- 4 0 8 側面
- 4 1 0 ディスプレイ
- 4 1 2 カバー基板

【図面】

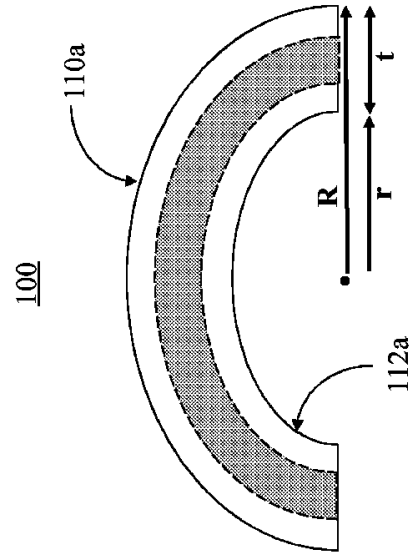
【図 1】

FIG. 1



【図 2】

FIG. 2



10

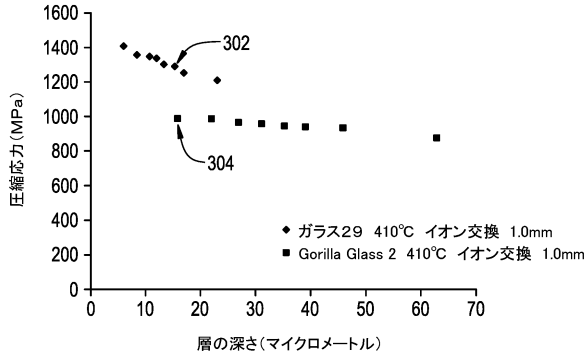
20

30

40

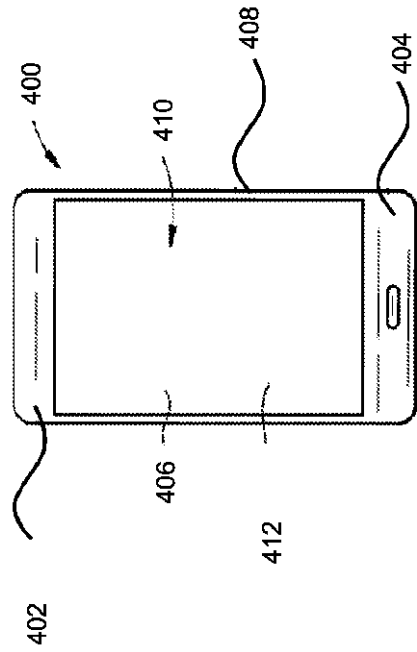
50

【 図 3 】



【 図 4 A 】

FIG. 4A

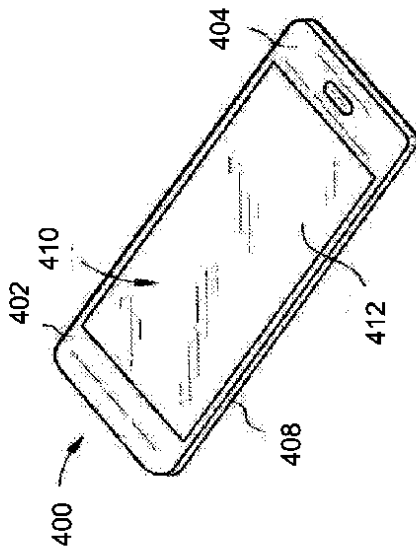


10

20

【 図 4 B 】

FIG. 4B



30

40

50



## フロントページの続き

審査官 有田 恭子

- (56)参考文献 特表2015-509903(JP,A)  
特表2018-520082(JP,A)  
特開昭61-286245(JP,A)  
特開2015-205816(JP,A)  
特表2015-535521(JP,A)  
特表2019-512444(JP,A)  
特表2014-522798(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
C03C 1/00 - 14/00, 21/00  
INTERGLAD