

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2018-521945

(P2018-521945A)

(43) 公表日 平成30年8月9日 (2018. 8. 9)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>C O 3 C</b> 21/00 (2006. 01)	C O 3 C 21/00 1 O 1	4 G O 5 9
<b>G O 9 F</b> 9/30 (2006. 01)	G O 9 F 9/30 3 1 O	5 C O 9 4

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 82 頁)

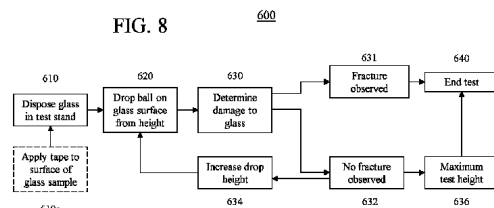
(21) 出願番号	特願2018-500514 (P2018-500514)	(71) 出願人	397068274 コーニング インコーポレイテッド アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 3 1 コーニング リヴァーフロント プ ラザ 1
(86) (22) 出願日	平成28年7月22日 (2016. 7. 22)	(74) 代理人	100073184 弁理士 柳田 征史
(85) 翻訳文提出日	平成30年3月2日 (2018. 3. 2)	(74) 代理人	100175042 弁理士 高橋 秀明
(86) 国際出願番号	PCT/US2016/043610	(72) 発明者	デマルティノ, スティーヴン エドワード アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 7 0 ペインテッド ポスト ベネット ロード 1 0 2 0 2
(87) 国際公開番号	W02017/030736		
(87) 国際公開日	平成29年2月23日 (2017. 2. 23)		
(31) 優先権主張番号	62/343, 320		
(32) 優先日	平成28年5月31日 (2016. 5. 31)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	62/194, 984		
(32) 優先日	平成27年7月21日 (2015. 7. 21)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 改良された破壊性能を示すガラス物品

## (57) 【要約】

本開示の実施形態は、約 1 . 1 mm未満の厚さ ( t ) を画成する、第一表面および当該第一表面の反対側の第二表面と、当該第一表面から約 0 . 1 ・ t 以上の圧縮深さ ( D O C ) まで広がる圧縮応力層と、を有する強化ガラス物品であって、それにより、当該ガラス物品が破砕する場合、約 5 以下のアスペクト比を有する複数の断片へと壊れる、強化ガラス物品に関する。いくつかの実施形態において、当該ガラス物品は、90グリット S i C 粒子によって 2 5 p s i ( 約 1 7 2 k P a ) の圧力において 5 秒間研磨した後に、約 2 0 k g f ( 約 1 9 6 N ) 以上の等二軸曲げ強度を示す。本明細書において開示されるガラス物品を組み込んだデバイスおよびそれを製造する方法も開示する。



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

約 1 . 1 mm 以下の厚さ ( t ) を画成する、第一表面および該第一表面の反対側の第二表面と、

該第一表面から、約 0 . 1 1 ・ t を超える圧縮深さ ( D O C ) まで広がる圧縮応力層と、

を含む強化ガラス物品であって、

破砕性試験により該ガラス物品が破砕した後に、該ガラス物品が、複数の破片を含み、該複数の破片の少なくとも 9 0 % が、約 5 以下のアスペクト比を有する、強化ガラス物品。

10

**【請求項 2】**

前記ガラス物品が、 $20 \text{ J} / \text{m}^2$  以上の貯蔵引張エネルギーを有する、請求項 1 に記載の強化ガラス物品。

**【請求項 3】**

前記ガラス物品が、表面圧縮応力と中央張力とを含み、表面圧縮応力に対する中央張力の比が、約 0 . 1 から約 1 の範囲である、請求項 1 または 2 に記載の強化ガラス物品。

**【請求項 4】**

前記中央張力が、 $100 \text{ MPa} / (t / 1 \text{ mm})$  以上 ( MPa の単位 ) であり、t が mm の単位においてである、請求項 3 に記載の強化ガラス物品。

20

**【請求項 5】**

前記中央張力が  $50 \text{ MPa}$  以上であり、前記表面圧縮応力が  $150 \text{ MPa}$  以上である、請求項 3 または 4 に記載の強化ガラス物品。

**【請求項 6】**

前記 D O C が約 0 . 2 t 以上を有する、請求項 1 ~ 5 に記載の強化ガラス物品。

**【請求項 7】**

前記ガラス物品が閉じ込め層上に配置される、請求項 1 ~ 6 に記載の強化ガラス物品。

**【請求項 8】**

請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の強化ガラス基材と、

閉じ込め層と、

支持体と

30

を含むデバイスであって、

該強化ガラス基材が、約 1 . 1 mm 以下の厚さ ( t ) を画成する、第一表面および該第一表面の反対側の第二表面と、該第一表面から、約 0 . 1 1 ・ t を超える圧縮深さ ( D O C ) まで広がる圧縮応力層と、 $50 \text{ MPa}$  以上のピーク中央張力 ( C T ) とを含み、

タブレット、透明ディスプレイ、携帯電話、ビデオプレーヤー、情報端末装置、e - リーダー、ラップトップコンピュータ、または非透明ディスプレイを含む、デバイス。

**【請求項 9】**

前記ガラス物品が、閉じ込め層に積層された後に、破砕性試験により破砕され、該ガラス物品が破砕を含み、該破砕の少なくとも 5 % が、該厚さを通して少なくとも部分的に広がる、請求項 8 に記載のデバイス。

40

**【請求項 10】**

消費者向け電子デバイスまたはパッケージ製品を含む、請求項 8 または 9 に記載のデバイス。

**【発明の詳細な説明】****【関連出願の相互参照】****【0001】**

本出願は、米国特許法第 119 条の下、2016 年 5 月 31 日に出願された米国特許仮出願第 62 / 343 , 320 号に対する優先権の恩典を主張するものであり、なお、本出願は当該仮出願の内容に依拠し、ならびに当該仮出願の全体が参照により本明細書に組み

50

入れられる。

【技術分野】

【0002】

本開示は、改良された破碎性能を示すガラス物品、より具体的には、改良された破碎パターンおよび粒状化 ( d i c i n g ) 挙動を示すガラス物品に関する。

【背景技術】

【0003】

スマートフォン、タブレット、電子ブックリーダー、およびラップトップなどのハンドヘルドデバイスを含む消費者向け電子機器は、しばしば、カバーガラスとしての使用のために、化学強化されたガラス物品が組み入れられる。カバーガラスは、タッチパネル、ディスプレイ、または他の構造体などの基材に直接接着されるので、強化されたガラス物品が破碎する場合、そのような物品は、ガラスの表面の下の表面圧縮応力と引張応力との組み合わせによって生み出された貯蔵エネルギーにより、自由表面から小さな破片または粒子を放出し得る。本明細書において使用される場合、破碎なる用語は、亀裂および/または亀裂の形成を包含する。特に、破碎が、使用者の顔 (すなわち、目および耳) の近くにおいて、遅れて生じる場合、および使用者が、破碎した表面を使用または接触し続け、その結果として、小さな切り傷または擦り傷を受けやすい場合、とりわけ、亀裂の距離が比較的長く、尖った角および端部を有する破片が存在する場合、これらの小さい破片は、デバイスの使用者に対する潜在的懸念である。

10

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

したがって、ガラス物品が破碎したときに高められた粒状化挙動、例えば、短い亀裂長を生じる粒状化効果およびより少ない放出粒子など、を示すように変更された断片化挙動を示すガラス物品が必要とされている。さらに、ガラス物品が破碎したときに放出される破片が少なく、ならびに破片の持つ運動エネルギーおよび運動量が小さい、ガラス物品も必要とされている。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本開示の第一態様は、約 1 . 1 mm 以下の厚さ ( t ) を画成する、第一表面および当該第一表面の反対側の第二表面と、第一表面から、約 0 . 1 1 · t を超える圧縮深さ ( D O C ) まで広がる圧縮応力層とを有する強化されたガラス物品に関する。いくつかの実施形態において、ガラス物品が破碎した後、当該ガラス物品は、複数の破片を含み、その場合、当該複数の破片の少なくとも 9 0 % は、約 5 以下のアスペクト比を有し、破碎性試験によって測定した場合に、1 秒以下において複数の破片へと碎ける、ガラス物品に関する。

30

【0006】

いくつかの実施形態において、当該強化されたガラス物品は、9 0 グリットの S i C 粒子によって 2 5 p s i ( 約 1 7 2 k P a ) の圧力で 5 秒間研磨した後に、約 2 0 k g f ( 約 1 9 6 N ) 以上の等二軸曲げ強度を示す。いくつかの実施形態において、当該強化されたガラス物品は、当該ガラス物品が破碎した後に、当該破碎の 5 0 % 以上が当該厚さの一部にしか広がらないような破碎を含む。

40

【0007】

本開示の第三態様は、閉じ込め層である、本明細書において説明されるような強化ガラス基材と、支持体とを含むデバイスであって、タブレット、透明ディスプレイ、携帯電話、ビデオプレーヤー、情報端末デバイス、e - リーダー、ラップトップコンピュータ、または非透明ディスプレイを含む、デバイスに関する。

【0008】

本開示の第四態様は、前面と、少なくとも部分的にハウジング内に設置された電気部品とを有するハウジングであって、当該電気部品が、少なくとも制御装置、メモリ、およびディスプレイを含む、ハウジングと；当該ハウジングの前面において、当該ディスプレイ

50

を覆うように配置されるカバーガラスであって、本明細書において説明されるような強化されたガラス物品を含むカバーガラスと、を含む消費者用エレクトロニクス製品に関する。

#### 【0009】

さらなる特徴および利点は以下の詳細な説明において述べられ、ある程度は、当業者にはその説明から容易に明らかとなるであろうし、あるいは、以下の詳細な説明及び添付される特許請求の範囲を含み、添付図面も含む、本明細書において説明されるような実施形態を実施することによって認められるであろう。

#### 【0010】

上述の全般的説明および以下の詳細な説明は両方とも単なる例示であり、特許請求の範囲の本質および特徴を理解するための概要または枠組みの提供を意図していることを理解されたい。添付の図面は、さらなる理解を提供するために含まれており、本明細書に組み込まれて本明細書の一部を成すものである。当該図面は、1つ以上の実施形態を例示するものであり、説明と共に、様々な実施形態の原理および作用を説明するのに役に立つ。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0011】

【図1A】1つ以上の実施形態によるガラス物品の側面図。

【図1B】破碎後の図1Aのガラス物品の側面図。

【図2】既知の熱強化されたガラス系の物品の厚さ方向の断面図。

【図3】既知の化学強化されたガラス系の物品の厚さ方向の断面図。

【図4】1つ以上の実施形態による強化されたガラス系の物品の厚さ方向の断面図。

【図5】リング・オン・リング機器の概略断面図。

【図6】本開示において説明する研磨紙上反転球（IBoS）試験を実施するために使用する機器の実施形態の概略断面図。

【図7】携帯型またはハンドヘルド電子デバイスにおいて使用されるガラス系の物品において典型的に生じる、損傷の導入と曲げに起因する、破損の支配的メカニズムを表す概略断面図。

【図8】本明細書において説明する機器においてIBoS試験を実施する方法のフローチャート。

【図9A】閉じ込め層を含む、図1Aのガラス物品の側面図。

【図9B】第二閉じ込め層を含む、図9Aのガラス物品の側面図。

【図10】本明細書において説明するガラス物品の1つ以上の実施形態を組み込んだ電子デバイスの正面図。

【図11】実施例1による、AROR試験の結果を示すグラフ。

【図12】実施例2による、落下試験の結果を示すグラフ。

【図13】実施例4による、イオン交換深さの関数としての $K_2O$ の濃度を示すプロット。

【図14】実施例4Gの応力プロファイルを示すプロット。

【図15A】実施例5の破碎画像。

【図15B】実施例5の破碎画像。

【図15C】実施例5の破碎画像。

【図15D】実施例5の破碎画像。

【図16A】様々な視野角での、破碎後の実施例6の可読性を示す画像。

【図16B】様々な視野角での、破碎後の実施例6の可読性を示す画像。

【図16C】様々な視野角での、破碎後の実施例6の可読性を示す画像。

【図16D】様々な視野角での、破碎後の実施例6の可読性を示す画像。

【図17】実施例7による、イオン交換時間の関数としての貯蔵引張エネルギーの計算値のプロット。

【図18】実施例7による、イオン交換時間の関数としての中央張力の計算値のプロット。

10

20

30

40

50

【図 19】深さの関数として圧縮応力および引張応力をプロットした、実施例 6 の応力プロファイルを示すプロット。

【発明を実施するための形態】

【0012】

ここで、実施例が添付の図面に示されている様々な実施形態について、詳細に言及する。概して図面を参照すると、図は、特定の実施形態を説明する目的のためであって、本開示または添付の特許請求の範囲を限定すること意図するものではないことは理解されるであろう。図面は、必ずしも原寸に比例している必要はなく、当該図におけるある特定の特徴およびある特定の構図は、明瞭さおよび簡潔さのために、縮尺が誇張されている場合や概略的に表示されている場合がある。

10

【0013】

以下の説明において、同様の参照文字は、図面に示すいくつかの図全体を通じて、同様の、または対応する部分を示す。他に特に明記されない限り、「上部」、「底部」、「外側」、「内側」などの用語は、便宜のための言葉であって、限定的な用語として解釈されるべきではないことも理解されたい。さらに、ある群が、複数の要素およびそれらの組み合わせの群のうちの少なくとも 1 つを含むと記載される場合には常に、当該群は、個別にまたはお互いの組み合わせのいずれかにおいて、任意の数のこれらの列挙される要素を含み得るか、「から実質的になり得る」か、または「からなり得る」ことは理解されたい。同様に、ある群が、複数の要素およびその組み合わせの群の少なくとも 1 つからなると記載されている場合は常に、当該群は、個々にまたはお互いの組み合わせのいずれかにおいて、任意の数のこれらの列記された要素からなり得ることは理解されたい。特に明記されない限り、数値の範囲は、列挙される場合、当該範囲の上限および下限の両方、ならびにそれらの間の任意の範囲を含む。本明細書において使用される場合、特に明記されない限り、名詞は、「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おいて開示される様々な特徴は、あらゆる組み合わせにおいて使用することも理解されたい。

20

【0014】

用語「実質的に」および「約」は、任意の定量比較、値、測定値、または他の表現に起因し得る不確実性の本質的度合いを表すために、本明細書において用いられ得ることに留意されたい。これらの用語も、検討中の主題の基本機能における変化を結果として生じることなく、定量的表現が、述べられた参考値から変わり得る程度を表すために、本明細書において用いられる。

30

【0015】

本明細書で使用される場合、用語「ガラス物品」は、広義の意味において、全体または一部がガラスで作製された任意の物体を含むように使用される。ガラス物品は、ガラス材料と非ガラス材料との積層体、非晶性材料と結晶性材料との積層体、およびガラス - セラミック（非晶相および結晶相を含む）を包含する。特に指定されない限り、全ての組成は、モルパーセント（モル%）において表現される。

【0016】

本明細書において説明されるように、当該ガラス物品の実施形態は、既知のガラス物品、とりわけ既知のカバーガラス物品と比べて、向上した機械的性能および信頼性を示す、強化されたガラスまたはガラス - セラミック材料を含み得る。本明細書において説明されるガラス物品の実施形態は、既知のカバーガラス物品では示されない断片化挙動を示し得る。本開示において、ガラス系の基材は、概して強化されておらず、ならびにガラス系の物品は、概して（例えば、イオン交換などによって）強化されているガラス系の基材を意味する。

40

【0017】

本開示の第一態様は、シャワーパネルまたは自動車のウィンドウパネルに使用される完全に熱強化されたガラスに類似するような粒状化効果により緻密な破碎パターンへと破碎する能力を示す、強化されたガラス物品に関する。いくつかの実施形態において、破片は

50

、人を傷つける危険性の少ないことが意図される。そのような物品は、化学強化されておりかつ現在知られている熱強化プロセスによって達成可能な厚さよりもかなり薄い厚さを有するにもかかわらず、この挙動を示す。いくつかの実施形態において、当該破片は、既知の熱強化されたガラスにおいて観察される破片よりも、さらに小さくまたは微細である。例えば、当該ガラス物品の実施形態は、図 1 A に関連して下記においてより詳細に説明されるように、ガラス物品が破碎したときに、「粒状化された (diced)」破片が小さいアスペクト比を有し、破碎により生じた表面と形成されたままの表面とが、より大きな角度 (すなわち、あまりブレード状またはナイフ状ではない角度) を形成し、それにより、当該破片が、裂片よりも立方形に類似する、「粒状化」効果を示す。場合により、当該粒状化された破片は、ガラス物品の主要面の任意の方向において 2 ミリメートル (mm) 以下の最大寸法または最長寸法に制限される。場合により、当該ガラス物品が破碎したとき、または破碎した後に、当該ガラス物品は、約 10 以下、または約 5 以下 (例えば、約 4.5 以下、約 4 以下、約 3.5 以下、約 3 以下、約 2.5 以下、約 2 以下) の平均アスペクト比を有する複数の破片を含む。いくつかの実施形態において、当該複数の破片の平均アスペクト比は、約 1 から約 2 の範囲である。場合により、当該複数の破片の約 90 % 以上または約 80 % 以上が、本明細書において説明する平均アスペクト比を示す。本明細書において使用される場合、用語「アスペクト比」は、当該破片の最短寸法または最小寸法に対する当該破片の最長寸法または最大寸法の比を意味する。用語「寸法」は、長さ、幅、対角線、または厚さを意味する。破碎した後にそのような破片を示すガラス物品は、「粒状化」挙動として本明細書において特徴付けられ得る。

#### 【0018】

図 1 A および 1 B を参照すると、1 つ以上の実施形態において、本明細書において説明するガラス物品 10 は、対向する主要面 12、14 および対向する鏡面 16、18 を有するシート構成を有し得る。少なくとも 1 つの主要面 12 は、ガラス物品における「形成されたまま」の表面を形成する。破碎された場合、当該ガラス物品の破碎によって生じる新しい表面が形成され (すなわち、「破碎により生じた」表面)、それは、図 1 B における符号 19 によって示される。(ガラス物品が破碎された後の) 破碎により生じた表面と形成されたままの表面との間の角度は、約 85 度から約 95 度または約 88 度から約 92 度の範囲である。1 つ以上の実施形態において、当該ガラス物品が破碎された後、ガラス物品における当該複数の破片の約 90 % 以上が、形成されたままの表面と破碎により生じた表面との間において当該角度を示す。

#### 【0019】

1 つ以上の実施形態において、当該複数の破片の少なくとも 50 % (例えば、約 60 % 以上、約 70 % 以上、約 80 % 以上、または約 90 % 以上) が、 $5 \cdot t$  以下、 $3 \cdot t$  以下、または  $3 \cdot t$  以下の最大寸法を有する。場合により、複数の破片の少なくとも 50 % (例えば、約 60 % 以上、約 70 % 以上、約 80 % 以上、または約 90 % 以上) が、最小寸法の少なくとも 2 倍未満の最大寸法を有する。いくつかの実施形態において、当該最大寸法は、最小寸法の約 1.8 倍以下であり、最小寸法の約 1.6 倍以下であり、最小寸法の約 1.5 倍以下であり、最小寸法の約 1.4 倍以下であり、最小寸法の約 1.2 倍以下であり、またはおよそ最小寸法に等しい。

#### 【0020】

1 つ以上の実施形態において、当該複数の破片の少なくとも 50 % (例えば、約 60 % 以上、約 70 % 以上、約 80 % 以上、または約 90 % 以上) が、約  $10 \text{ mm}^3$  以下の体積を有する。いくつかの実施形態において、当該体積は、約  $8 \text{ mm}^3$  以下、約  $5 \text{ mm}^3$  以下、または約  $4 \text{ mm}^3$  以下であり得る。いくつかの実施形態において、当該体積は、約  $0.1 \text{ mm}^3$  から約  $1.5 \text{ mm}^3$  の範囲であり得る。

#### 【0021】

本明細書において使用される場合、語句「強化された物品」は、化学強化されているかまたは化学強化および熱強化されている物品を包含するが、熱強化のみの物品は除く。図 4 に示されているように、当該強化されたガラス物品は、表面圧縮応力 (CS)、中央張

10

20

30

40

50

力 (CT)、および圧縮深さ (DOC) に関して特徴付けることができる応力プロファイルを示す。

【0022】

1つ以上の実施形態の強化されたガラス物品によって示される応力プロファイルは、既知の熱強化されたガラス物品および既知の化学強化されたガラス物品によって示される応力プロファイルと区別することができる。従来、そのようなキズがガラスに導入され得る場合、破損を防ぐために熱強化されたガラスが使用されてきたが、それは、熱強化されたガラスが、多くの場合、大きなCS層を示し(例えば、ガラスの総厚さのおよそ21%)、これが、キズが伝搬して結果として破損となるのを防ぐことができるためである。熱強化によって生じる応力プロファイルの一例を図2に示す。図2において、熱処理されたガラス物品100は、第一層101と、厚さ $t_1$ と、表面CS110とを有する。ガラス物品100は、本明細書において定義されるように、第一表面101からDOC130まで減少するCSを示し、その深さにおいて、当該応力は、圧縮応力から引張応力へと変化し、CT120に達する。

10

【0023】

熱強化は、現在、厚いガラス物品に限られるが(すなわち、約3ミリメートル以上の厚さ $t_1$ を有するガラス物品)、これは、熱強化と所望の残留応力とを達成するためには、そのような物品の中心から表面までの間に十分な熱勾配が形成されなければならないためである。そのような厚い物品は、ディスプレイ(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などの消費者向けエレクトロニクス)、建築物(例えば、窓、シャワーパネル、調理台など)、輸送(例えば、自動車、列車、航空機、船舶など)、電化製品、包装、または、優れた破壊抵抗性を必要とするが薄く軽量の物品を必要とする任意の用途など、多くの用途において、望ましくないかまたは実用的ではない。

20

【0024】

既知の化学強化されたガラス物品は、熱強化されたガラス物品の応力プロファイルを示さないが、化学強化は、熱強化と同じようにはガラス物品の厚さによって制限されない。化学強化(例えば、イオン交換プロセスなど)によって生じる応力プロファイルの一例を図3に示す。図3において、当該化学強化されたガラス物品200は、第一表面201と、厚さ $t_2$ と、表面CS210とを有する。ガラス物品200は、本明細書において定義されるように、第一表面201からDOC230まで減少するCSを示し、その深さにおいて、応力は圧縮応力がら引張応力へと変化し、CT220に達する。図3に示されるように、そのようなプロファイルは、平坦なCT領域か、または一定もしくはほぼ一定の引張応力を有するCT領域を示し、多くの場合、図2に示されるCT値と比較してより低いCT値を示す。

30

【0025】

本開示の1つ以上の実施形態のガラス物品は、約3mm未満(例えば、約2mm以下、約1.5mm以下、または約1.1mm以下)の厚さ $t$ と、第一表面から、約0.1 $\cdot t$ 以上のDOCまで広がる圧縮応力層とを示す。本明細書において使用される場合、DOCは、ガラス物品内の応力が圧縮応力から引張応力へと変化する深さを意味する。当該DOCにおいて、応力は、正の(圧縮)応力から負の(引張)応力へと交差し(例えば、図2の130)、結果として、ゼロの応力値を示す。

40

【0026】

当技術分野において通常に使用される慣習によれば、圧縮は、負の( $< 0$ )応力として表現され、引張は、正の( $> 0$ )応力として表現される。しかしながら、この説明全体を通して、CSは、正の値または絶対値として表現され、すなわち、本明細書において列挙される場合、 $CS = |CS|$ である。

【0027】

特に、本明細書において説明されるガラス物品は、薄く、ならびに、典型的には厚いガラス物品(例えば、約2mmまたは3mmまたはそれ以上の厚さを有する)の熱強化によってのみ達成可能な応力プロファイルを示す。場合により、当該ガラス物品は、熱強化さ

50

れたガラス物品より高い表面CSを示す。1つ以上の実施形態において、当該ガラス物品は、より大きい圧縮応力層深さを示し（そのような圧縮応力層深さにおいて、当該CSは、既知の化学強化されたガラス物品よりもさらに徐々に、減少および増加する）、それにより、当該ガラス物品は、当該ガラス物品またはそれを含むデバイスが、荒い表面に激しく落とされた場合でも実質的に向上した破碎抵抗性を示す。1つ以上の実施形態のガラス物品は、いくつかの既知の化学強化されたガラス物品よりも大きなCT値を示す。

#### 【0028】

CSは、市販されている計器、例えば、有限会社 折原製作所（日本）製のFSM-6000など、を使用して、表面応力計（FSM）によって測定する。表面応力測定は、ガラスの複屈折に関連する応力光係数（SOC）の正確な測定に依拠する。それに対し、SOCは、「Standard Test Method for Measurement of Glass Stress-Optical Coefficient」と題されるASTM規格C770-98（2013）に記載の手順Cの修正版に従って測定し、なお、当該文献の内容は、参照によりその全体が本明細書に組み入れられる。当該修正は、試験体としての、5から10mmの厚さおよび12.7mmの直径を有するガラスディスクの使用を含み、この場合、当該ディスクは、等方性で均一であり、中心は穿孔され、その両面は、研磨され平行である。当該修正はさらに、適用される最大力Fmaxの計算も含む。当該力は、少なくとも20MPaの圧縮応力を生じるのに十分でなければならない。Fmaxは、以下のように計算する：

$$F_{max} = 7.854 * D * h$$

式中：

Fmax = ニュートンでの力

D = ディスクの直径

h = 光路の厚さ

である。適用される各力に対して、応力は以下のように計算される：

$$M_{Pa} = 8F / (D * h)$$

式中：

F = ニュートンでの力

D = ディスクの直径

h = 光路の厚さ

である。

#### 【0029】

CT値は、散乱光偏光器（エストニアのタリン所在のGlassstress Ltd.製の「SCALP」、モデル番号SCALP-04）および当技術分野において既知の技術を使用して測定する。SCALPはさらに、下記においてより詳細に説明されるように、DOCを測定するためにも使用することができる。

#### 【0030】

いくつかの実施形態において、ガラス物品はさらに、DOCとは異なる、カリウムイオンの貫通の深さ（「カリウムDOL」）も示し得る。DOCとカリウムDOLとの間の差の程度は、ガラス基材の組成と、結果として得られるガラス物品において応力を発生させるイオン交換処理とに依存する。ガラス物品中の応力が、ガラス物品中へとカリウムイオンを交換することによって生じる場合、FSM（CSに関して上記において説明される）を使用して、カリウムDOLが測定される。当該応力が、ガラス物品中へとナトリウムイオンを交換することによって生じる場合、SCALP（CTに関して上記において説明される）を使用してDOCが測定され、結果として得られるガラス物品は、カリウムイオンの貫通が無い場合、カリウムDOLを有さないであろう。ガラス物品中の応力が、ガラス中へカリウムイオンおよびナトリウムイオンの両方を交換することによって生じる場合、ナトリウムの交換深さはDOCを示し、カリウムイオンの交換深さは、圧縮応力の大きさにおける変化を示し（しかし、圧縮から引張への応力の変化は示さない）、そのような実施形態では、当該DOCは、SCALPによって測定され、カリウムDOLはFSMによ

10

20

30

40

50



って測定される。カリウムDOLおよびDOCの両方がガラス物品中に存在する場合、カリウムDOLは、典型的には、DOCより小さい。

#### 【0031】

屈折ニアフィールド(RNF)法またはSCALPを使用することにより、本明細書において説明されるガラス物品の応力プロファイルを測定することができる(応力が、ナトリウムイオン交換および/またはカリウムイオン交換のどちらによって生じるかにかかわらず)。RNF法を用いる場合、SCALPによって提供されるCT値が利用される。特に、RNFによって測定される応力プロファイルは、SCALP測定によって提供されるCT値に対して力平衡が取られ較正される。RNF法は、「Systems and methods for measuring a profile characteristic of a glass sample」の名称の米国特許第8,854,623号明細書に記載されており、なお、当該特許は、参照によりその全体が本明細書に組み入れられる。特に、RNF法は、ガラス系の物品をレファレンスブロックに隣接して位置するステップと、1Hzから50Hzの間の速度において直交偏光の間で切り替えられる偏光スイッチング光ビームを発生させるステップと、当該偏光スイッチング光ビームのパワーの量を測定するステップと、偏光スイッチングレファレンス信号を発生させるステップであって、直交偏光のそれぞれにおけるパワーの測定量がお互いに50%以内である、ステップとを含む。当該方法はさらに、ガラス試料中への異なる深さに対して当該偏光スイッチング光ビームをガラス試料およびレファレンスブロック中を伝搬させるステップと、次いで、リレー光学システムを使用して当該伝搬された偏光スイッチング光ビームを信号光検出器へとリレーするステップであって、当該信号光検出器が偏光スイッチング検出器信号を発生させる、ステップとを含む。当該方法はさらに、レファレンス信号によって検出器信号を分割して、正規化された検出器信号を形成するステップと、当該正規化された検出器信号から当該ガラス試料のプロファイル特性を特定するステップも含む。

#### 【0032】

ガラス物品における応力が、カリウムイオン交換のみによって生じ、カリウムDOLがDOCに等しい、1つ以上の実施形態において、当該応力プロファイルは、Rostislav V. Roussev et al.によって2012年5月3日に出願された、「Systems And Methods for Measuring the Stress Profile of Ion-Exchanged Glass(本明細書の以下では、「Roussev I」と呼ぶ)」の名称の米国特許出願第13/463,322号明細書において開示される方法によっても得ることができ、なお、当該特許出願は、同じ名称において2011年5月25日に開示された米国仮特許出願第61/489,800号に対する優先権を主張するものである。Roussev Iは、FSMを使用して、化学強化されたガラスの詳細で正確な応力プロファイル(深さの関数としての応力)を抽出する方法を開示している。詳細には、TMおよびTE偏光に対する束縛光学モード(bound optical mode)のスペクトルを、プリズム結合技術により収集し、詳細で正確なTMおよびTE屈折率プロファイル $n_{TM}(z)$ および $n_{TE}(z)$ を得るためにそれら全体を使用する。なお、上記の出願の内容は、参照によりその全体が本明細書に組み入れられる。当該詳細なインデックスプロファイルは、逆Wentzel-Kramers-Brillouin(IWKB)法を使用し、測定されたモードスペクトルを、インデックスプロファイルの形状を説明する事前に定義された関数形において数値計算したスペクトルに近似し、最良の近似から当該関数形のパラメータを得ることによって、当該モードスペクトルより得られる。当該詳細な応力プロファイル $S(z)$ は、応力-光学係数(SOC)の既知の値を使用することによって、回復させたTMおよびTEインデックスプロファイルの差から計算する。

#### 【0033】

$$S(z) = [n_{TM}(z) - n_{TE}(z)] / SOC \quad (2)$$

SOCの値が小さいことから、任意の深さ $z$ での複屈折 $n_{TM}(z) - n_{TE}(z)$ は、インデックス $n_{TM}(z)$ および $n_{TE}(z)$ のどちらかのほんの一部である(典型的

には、1%のオーダー)。測定したモードスペクトルにおけるノイズによって有意には歪んでいない応力プロファイルを得るためには、0.00001 RIUのオーダーの精度でのモード有効インデックスの特定が必要である。Roussévi Iにおいて開示される方法はさらに、収集したTEおよびTMモードスペクトルまたは当該モードスペクトルのイメージにおけるノイズおよび/または不十分なコントラストにもかかわらず、測定されたモードインデックスに対してそのような高精度を確保するための、生データに適用される技術を含む。そのような技術は、サブピクセル解像度のモードに対応する極値の位置を見出すための、ノイズ平均化、フィルタリング、および曲線近似を含む。

#### 【0034】

上記において言及したように、本明細書において説明するガラス物品は、イオン交換によって化学強化することができ、既知の強化ガラスによって示されるのとは異なる応力プロファイルを示し得る。このプロセスにおいて、当該ガラス物品の表面または表面付近のイオンは、同じ結合価または酸化状態を有するより大きなイオンで置き換えられるか、または交換される。当該ガラス物品がアルカリアルミノケイ酸ガラスを含むようなそれらの実施形態において、ガラスの表面層のイオンおよび当該より大きなイオンは、一価のアルカリ金属カチオン、例えば、 $Li^+$ （ガラス物品中に存在する場合）、 $Na^+$ 、 $K^+$ 、 $Rb^+$ 、および $Cs^+$ など、である。あるいは、表面層の一価のカチオンを、アルカリ金属カチオン以外の一価のカチオン、例えば、 $Ag^+$ など、で置き換えてもよい。

#### 【0035】

イオン交換プロセスは、典型的には、ガラス物品を、当該ガラス物品中のより小さいイオンと交換されるより大きなイオンを含有する溶融塩浴（または2つ以上の溶融塩の浴）に浸漬することによって実施される。水性塩浴も利用することができることには留意されたい。さらに、当該浴の組成は、2種以上のより大きなイオン（例えば、 $Na^+$ および $K^+$ ）か、または単一のより大きなイオンを含み得る。これらに限定されるわけではないが、浴の組成および温度、浸漬時間、塩浴（複数の浴）へのガラス物品の浸漬回数、複数の塩浴の使用、アニール処理など追加の工程、および洗浄工程などを含む、イオン交換プロセスのためのパラメータは、概して、ガラス物品の組成（当該物品の構造および任意の結晶相の存在を含む）と、強化作業により結果として得られるガラス物品の所望のDOCおよびCSとによって決定されることは、当業者によって理解されるであろう。一例として、ガラス物品のイオン交換は、塩、例えば、これらに限定されるわけではないが、より大きなアルカリ金属イオンの硝酸塩、硫酸塩、および塩化物など、を含有する少なくとも1つの溶融浴への当該ガラス物品の浸漬によって達成することができる。典型的な硝酸塩としては、 $KNO_3$ 、 $NaNO_3$ 、 $LiNO_3$ 、 $Na_2SO_4$ 、およびそれらの組み合わせが挙げられる。溶融塩浴の温度は、典型的には、約380 から最高で約450 までの範囲であり、その一方で、浸漬時間は、ガラスの厚さ、浴温度、およびガラスの拡散性に依りて、約15分間から最高で約100時間までの範囲である。ただし、上記において説明したものとは異なる温度および浸漬回数も使用することができる。

#### 【0036】

1つ以上の実施形態において、当該ガラス物品は、約370 から約480 の温度を有する、100%の $NaNO_3$ の溶融塩浴に浸漬され得る。いくつかの実施形態において、当該ガラス基材は、約5%から約90%の $KNO_3$ および約10%から約95%の $NaNO_3$ を含む溶融混合塩浴に浸漬され得る。いくつかの実施形態において、当該ガラス基材は、 $Na_2SO_4$ および $NaNO_3$ を含む溶融混合塩浴に浸漬され得、より幅広い温度範囲（例えば、最高で約500 まで）を有し得る。1つ以上の実施形態において、当該ガラス物品は、第一浴への浸漬の後に、第二浴に浸漬され得る。第二浴への浸漬は、15分から8時間での、100%の $KNO_3$ を含む溶融塩浴への浸漬を含み得る。

#### 【0037】

イオン交換条件は、ガラス組成およびガラス基材の厚さに基づいて変更することができる。例えば、下記の実施例1に示されるような名目上の組成を有する0.4 mmの厚さのガラス基材は、約10時間から約20時間の所要時間において、約460 の温度を有す

10

20

30

40

50

る 80 ~ 100 % の  $\text{KNO}_3$  ( 残りとして  $\text{NaNO}_3$  ) の溶融塩浴に浸漬され得る。約 0 . 55 mm の厚さの同じ基材は、約 20 時間から約 40 時間の所要時間において、約 460 の温度を有する 70 ~ 100 % の  $\text{KNO}_3$  ( 残りとして  $\text{NaNO}_3$  ) の溶融塩浴に浸漬され得る。約 0 . 8 mm の厚さの同じ基材は、約 40 時間から約 80 時間の所要時間において、約 460 の温度を有する 60 ~ 100 % の  $\text{KNO}_3$  ( 残りとして  $\text{NaNO}_3$  ) の溶融塩浴に浸漬され得る。

#### 【0038】

1 つ以上の実施形態において、当該ガラス系の基材は、約 5 時間未満、さらには約 4 時間以下において、約 420 未満の温度 ( 例えば、約 400 または約 380 ) を有する  $\text{NaNO}_3$  および  $\text{KNO}_3$  ( 例えば、49 % / 51 %、50 % / 50 %、51 % / 49 % ) を含む溶融混合塩浴に浸漬され得る。

10

#### 【0039】

イオン交換条件は、「スパイク」を提供するように、または結果として得られるガラス系の物品の表面または表面付近において、応力プロファイルの傾斜を増加させるように適合させることができる。このスパイクは、単一の浴または複数の浴によって達成することができ、この場合、当該浴は、本明細書において説明されるガラス系の物品に使用されるガラス組成の特異的な特性に応じて、単一組成または混合組成を有する。

#### 【0040】

図 4 に示されるように、1 つ以上の実施形態のガラス物品 300 は、厚さ  $t$  を画成する、第一表面 302 および当該第一表面の反対側の第二表面 304 を含む。1 つ以上の実施形態において、当該厚さ  $t$  は、約 3 mm 未満、約 2 mm 以下、約 1 . 5 mm 以下、約 1 . 1 mm 以下、約 1 mm 以下 ( 例えば、約 0 . 01 mm から約 1 . 5 mm、約 0 . 1 mm から約 1 . 5 mm、約 0 . 2 mm から約 1 . 5 mm、約 0 . 3 mm から約 1 . 5 mm、約 0 . 4 mm から約 1 . 5 mm の範囲、約 0 . 01 mm から約 1 . 1 mm、約 0 . 1 mm から約 1 . 1 mm、約 0 . 2 mm から約 1 . 1 mm、約 0 . 3 mm から約 1 . 1 mm、約 0 . 4 mm から約 1 . 1 mm、約 0 . 01 mm から約 1 . 4 mm、約 0 . 01 mm から約 1 . 2 mm、約 0 . 01 mm から約 1 . 1 mm、約 0 . 01 mm から約 1 mm、約 0 . 01 mm から約 0 . 9 mm、約 0 . 01 mm から約 0 . 8 mm、約 0 . 01 mm から約 0 . 7 mm、約 0 . 01 mm から約 0 . 6 mm、約 0 . 01 mm から約 0 . 5 mm、約 0 . 1 mm から約 0 . 5 mm、または約 0 . 3 mm から約 0 . 5 mm の範囲 ) であり得る。

20

30

#### 【0041】

図 4 は、その厚さ 330 (  $x$  軸に沿って表される ) に沿った、化学強化されたガラス物品 300 の応力プロファイルの断面図である。当該応力の大きさは  $y$  軸上に示されており、その場合、線 301 はゼロ応力を表す。

#### 【0042】

応力プロファイル 312 は、第一主要面 302 および第二主要面 304 の一方または両方から DOC 330 まで広がる CS 層 315 ( 表面 CS 値 310 を有する ) と、DOC 330 から当該物品の中央部分まで広がる CT 層 325 ( CT 320 を有する ) とを含む。

40

#### 【0043】

本明細書において使用される場合、DOC は、ガラス物品内の応力が圧縮から引張に変化する深さを意味する。当該 DOC において、応力は正の ( 圧縮 ) 応力から負の ( 引張 ) 応力へと交差し ( 例えば、図 4 の 330 )、結果として、ゼロの応力値を示す。

#### 【0044】

当該 CS 層は、主要面 302、304 から DOC 330 まで広がる、関連する深さまたは長さ 317 を有する。当該 CT 層 325 も、関連する深さまたは長さ 327 ( CT 領域または層 ) を有する。

#### 【0045】

表面 CS 310 は、約 150 MPa 以上または約 200 MPa 以上 ( 例えば、約 250 MPa 以上、約 300 MPa 以上、約 400 MPa 以上、約 450 MPa 以上、約 500

50

MPa以上、または約550MPa以上)であり得る。当該表面CS310は、最大で約900MPaまで、最大で約1000MPaまで、最大で約1100MPaまで、または最大で約1200MPaまでであり得る。1つ以上の実施形態において、当該表面CS310は、約150MPaから約1200MPa、約200MPaから約1200MPa、約250MPaから約1200MPa、約300MPaから約1200MPa、約350MPaから約1200MPa、約400MPaから約1200MPa、約450MPaから約1200MPa、約500MPaから約1200MPa、約200MPaから約1100MPa、約200MPaから約1000MPa、約200MPaから約900MPa、約200MPaから約800MPa、約200MPaから約700MPa、約200MPaから約600MPa、約200MPaから約500MPa、約300MPaから約900MPa、または約400MPaから600MPaの範囲であり得る。

10

#### 【0046】

当該CT320は、約25MPa以上、約50MPa以上、約75MPa以上、または約85MPa以上、または約100MPa以上(例えば、約150MPa以上、約200MPa以上、250MPa以上、または約300MPa以上)であり得る。いくつかの実施形態において、当該CT320は、約50MPaから約400MPa、(例えば、約75MPaから約400MPa、約100MPaから約400MPa、約150MPaから約400MPa、約50MPaから約350MPa、約50MPaから約300MPa、約50MPaから約250MPa、約50MPaから約200MPa、約100MPaから約400MPa、約100MPaから約300MPa、約150MPaから約250MPa)の範囲であり得る。本明細書において使用される場合、CTは、当該ガラス物品における最も大きな中央張力である。

20

#### 【0047】

表面CS310およびCT320の任意の1つ以上は、ガラス物品の厚さに依存し得ることに留意すべきである。例えば、約0.8mmの厚さを有するガラス物品は、約100MPa以上のCTを有し得る。1つ以上の実施形態において、約0.4mmの厚さを有するガラス物品は、約130MPa以上のCTを有し得る。いくつかの実施形態において、当該CTは、当該ガラス物品の厚さtにおいて表現され得る。例えば、1つ以上の実施形態において、CTは、約(100MPa)/(t/1mm)以上であり得、この場合、tの厚さはmmである。いくつかの実施形態において、CTは、約(105MPa)/(t/1mm)以上、(110MPa)/(t/1mm)以上、(115MPa)/(t/1mm)以上、(120MPa)/(t/1mm)以上、または(125MPa)/(t/1mm)以上であり得る。

30

#### 【0048】

当該CTは、約0.3・tから約0.7・t、約0.4・tから約0.6・t、または約0.45・tから約0.55・tの範囲に位置決めされ得る。表面CS310およびCT320の任意の1つ以上は、当該ガラス系の物品の厚さに依存し得ることに留意すべきである。例えば、約0.8mmの厚さを有するガラス系の物品は、約75MPa以下のCTを有し得る。ガラス系の物品の厚さが減少すると、当該CTは増加し得る。換言すると、当該CTは、厚さが減少するのに伴って(または当該ガラス系の物品がより薄くなるに従って)増加する。

40

#### 【0049】

当該ガラス物品のヤング率は、本明細書において説明される強化されたガラス物品のCTに影響を及ぼし得る。詳細には、ガラス物品のヤング率が減少すると、当該ガラス物品は、所定の厚さに対して、より低いCTを有するように強化され得、ならびに、本明細書において説明される破砕挙動を依然として示し得る。例えば、比較的低いヤング率を有する1mmのガラス物品と、より高いヤング率を有する1mm厚のガラス物品とを比較した場合、より低いヤング率のガラス物品は、より少ない程度に(すなわち、比較的低いCT値に)強化され得、ならびに依然として、(当該CTのガラス物品と比較してより高いCTを有するであろう)より高いヤング率のガラスと同じ破砕挙動を示し得る。

50

## 【 0 0 5 0 】

いくつかの実施形態において、表面CSに対するCT320の比は、約0.05から約1の範囲（例えば、約0.05から約0.5、約0.05から約0.3、約0.05から約0.2、約0.05から約0.1、約0.5から約0.8、約0.05から約1、約0.2から約0.5、約0.3から約0.5の範囲）である。既知の化学強化されたガラス物品において、表面CSに対するCT320の比は、0.1以下である。いくつかの実施形態において、表面CSは、当該CTの1.5倍以上（または2倍または2.5倍）であり得る。いくつかの実施形態において、当該表面CSは、当該CTの最大で約20倍までであり得る。

## 【 0 0 5 1 】

1つ以上の実施形態において、当該応力プロファイル312は、最大CSを含むが、これは、典型的には、表面CS310であり、第一表面302および第二表面304の一方または両方において見出すことができる。1つ以上の実施形態において、当該CS層もしくは領域315は、DOC317およびCT320までの厚さの一部に沿って広がっている。1つ以上の実施形態において、当該DOC317は、約0.1・t以上であり得る。例えば、当該DOC317は、約0.12・t以上、約0.14・t以上、約0.15・t以上、約0.16・t以上、0.17・t以上、0.18・t以上、0.19・t以上、0.20・t以上、約0.21・t以上、または最大で約0.25・tまでであり得る。いくつかの実施形態において、当該DOC317は、最大化学深さ342未満である。最大化学深さ342は、約0.4・t以上、0.5・t以上、約0.55・t以上、または約0.6・t以上であり得る。

## 【 0 0 5 2 】

1つ以上の実施形態において、当該ガラス系の物品は、約6マイクロメートルから約20マイクロメートルの範囲のカリウムDOLを含む。いくつかの実施形態において、当該カリウムDOLは、当該ガラス系の物品の厚さtの関数として表現することができる。1つ以上の実施形態において、カリウムDOLは、約0.005tから約0.05tの範囲であり得る。いくつかの実施形態において、当該カリウムDOLは、約0.005tから約0.05t、約0.005tから約0.045t、約0.005tから約0.04t、約0.005tから約0.035t、約0.005tから約0.03t、約0.005tから約0.025t、約0.005tから約0.02t、約0.005tから約0.015t、約0.005tから約0.01t、約0.006tから約0.05t、約0.008tから約0.05t、約0.01tから約0.05t、約0.015tから約0.05t、約0.02tから約0.05t、約0.025tから約0.05t、約0.03tから約0.05t、または約0.01tから約0.02tの範囲であり得る。

## 【 0 0 5 3 】

1つ以上の実施形態において、当該カリウムDOL深さでの圧縮応力値は、約50MPaから約300MPaの範囲であり得る。いくつかの実施形態において、当該カリウムDOL深さでの圧縮応力値は、約50MPaから約280MPa、約50MPaから約260MPa、約50MPaから約250MPa、約50MPaから約240MPa、約50MPaから約220MPa、約50MPaから約200MPa、約60MPaから約300MPa、約70MPaから約300MPa、約75MPaから約300MPa、約80MPaから約300MPa、約90MPaから約300MPa、約100MPaから約300MPa、約1100MPaから約300MPa、約120MPaから約300MPa、約130MPaから約300MPa、または約150MPaから約300MPaの範囲であり得る。

## 【 0 0 5 4 】

1つ以上の実施形態において、当該ガラス物品は、約450MPaから約600MPaの範囲の表面CSと、約200MPaから300MPaの範囲のCTと、約0.4mmから0.5mmの範囲の厚さとによる組み合わせを示す。いくつかの実施形態において、当該ガラス物品のDOCは、約0.18tから約0.21tの範囲である。

## 【 0 0 5 5 】

1つ以上の実施形態において、当該ガラス物品は、約350MPaから約450MPaの範囲の表面CSと、約150MPaから250MPaの範囲のCTと、約0.4mmから0.5mmの範囲の厚さとによる組み合わせを示す。いくつかの実施形態において、当該ガラス物品のDOCは、約0.18tから約0.21tの範囲である。

## 【 0 0 5 6 】

1つ以上の実施形態において、当該ガラス物品は、約0.4・t以上、0.5・t以上、約55・t以上、または約0.6・t以上の最大化学深さを示す。本明細書において使用される場合、用語「化学深さ」は、金属酸化物またはアルカリ金属酸化物のイオン（例えば、金属イオンまたはアルカリ金属イオン）が当該ガラス物品中へと拡散する深さ、およびそのイオンの濃度が、電子プローブマイクロ分析法（EPMA）によって測定した場合の最小値に達する深さを意味する。当該イオンは、イオン交換の結果として化学強化されたガラス物品中に拡散したイオンである。最大化学深さは、イオン交換プロセスによって化学強化されたガラス物品中へと交換された任意のイオンの最大拡散深さを意味する。例えば、溶融塩浴が2種以上の拡散性のイオン種を有する場合（すなわち、 $\text{NaNO}_3$  および  $\text{KNO}_3$  の両方による溶融塩浴）、異なるイオン種は、当該化学強化されたガラス物品中へと異なる深さまで拡散し得る。当該最大化学深さは、当該化学強化されたガラス物品中へとイオン交換された全てのイオン種においての最大拡散深さである。

## 【 0 0 5 7 】

1つ以上の実施形態において、応力プロファイル312は、形状において放物線状として説明され得る。いくつかの実施形態において、引張応力を示すガラス系の物品の領域または深さに沿った応力プロファイルは、放物線状の形状を示す。1つ以上の特定の実施形態において、当該応力プロファイル312は、平坦な応力（すなわち、圧縮または引張）部分、または実質的に一定の応力（すなわち、圧縮応力または引張応力）を示す部分を有さない。いくつかの実施形態において、当該CT領域は、平坦な応力または実質的に一定な応力を、実質的に有さない応力プロファイルを示す。1つ以上の実施形態において、約0・tから最大約0.2・tまでおよび0.8・tを超える（または約0・tから最大で約0.3・tまでおよび0.7・tを超える）厚さ範囲の間の当該応力プロファイル312のすべての位置が、約-0.1MPa/マイクロメートル未満の、または約0.1MPa/マイクロメートルを超える正接を有する。いくつかの実施形態において、当該正接は、約-0.2MPa/マイクロメートル未満であり得るかまたは約0.2MPa/マイクロメートルを超え得る。いくつかのさらなる特定の実施形態において、当該正接は、約-0.3MPa/マイクロメートル未満であり得るかまたは約0.3MPa/マイクロメートルを超え得る。さらなる特定の実施形態において、当該正接は、約-0.5MPa/マイクロメートル未満であり得るかまたは約0.5MPa/マイクロメートルを超え得る。換言すれば、これらの厚さ範囲（すなわち、0・tから最大で約2・tまでおよび0.8・tを超える厚さ範囲、または0・tから最大で約0.3・tまでおよび0.7・tを超える厚さ範囲）に沿った1つ以上の実施形態の応力プロファイルは、本明細書において説明されるように、ある正接を有する位置を除く。理論に束縛されるわけではないが、既知の誤差関数または準線形応力プロファイルは、これらの厚さ範囲（すなわち、0・tから最大で約2・tまでおよび0.8・tを超える厚さ範囲、または0・tから最大で約0.3・tまでおよび0.7・tを超える厚さ範囲）に沿って、約-0.1MPa/マイクロメートルから約0.1MPa/マイクロメートル、約-0.2MPa/マイクロメートルから約0.2MPa/マイクロメートル、約-0.3MPa/マイクロメートルから約0.3MPa/マイクロメートル、または約-0.5MPa/マイクロメートルから約0.5MPa/マイクロメートルの範囲の正接を有する（図3の220に示されるように、そのような厚さ範囲に沿って、平坦なまたはゼロ傾きの応力プロファイルを示す）位置を有する。これらの開示の1つ以上の実施形態のガラス系の物品は、図4に示されるように、これらの厚さ範囲に沿って平坦なまたは傾きゼロの応力プロファイルを示すそのような応力プロファイルを示さない。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 8 】

1 つ以上の実施形態において、当該ガラス系の物品は、約  $0.1 \cdot t$  から  $0.3 \cdot t$  および約  $0.7 \cdot t$  から  $0.9 \cdot t$  の厚さ範囲において最大正接および最小正接を有する応力プロファイルを示す。場合により、最大正接と最小正接の間の差は、約  $3.5 \text{ MPa} / \text{マイクロメートル}$  以下、約  $3 \text{ MPa} / \text{マイクロメートル}$  以下、約  $2.5 \text{ MPa} / \text{マイクロメートル}$  以下、または約  $2 \text{ MPa} / \text{マイクロメートル}$  以下である。

## 【 0 0 5 9 】

1 つ以上の実施形態において、当該ガラス系の物品は、当該ガラス系の物品の深さ方向に、またはその厚さ  $t$  の少なくとも一部に沿って延在するいかなる直線状のセグメントも実質的に含まない応力プロファイル 312 を有する。換言すれば、応力プロファイル 312 は、実質的に、厚さ  $t$  に沿って継続的に増加または減少する。いくつかの実施形態において、当該応力プロファイルは、深さ方向において、約  $10 \text{ マイクロメートル}$  以上、約  $50 \text{ マイクロメートル}$  以上、または約  $100 \text{ マイクロメートル}$  以上、または約  $200 \text{ マイクロメートル}$  以上の長さを有するいかなる直線状のセグメントも実質的に有さない。本明細書において使用される場合、用語「直線状」は、当該直線状のセグメントに沿って約  $5 \text{ MPa} / \text{マイクロメートル}$  未満または約  $2 \text{ MPa} / \text{マイクロメートル}$  未満の大きさを有する傾きを意味する。いくつかの実施形態において、深さ方向においていかなる直線状のセグメントも実質的に有さない当該応力プロファイルの 1 つ以上の部分が、第一表面または第二表面のいずれか一方または両方から約  $5 \text{ マイクロメートル}$  以上（例えば、 $10 \text{ マイクロメートル}$  以上または  $15 \text{ マイクロメートル}$  以上）の、当該ガラス系の物品内の深さに存在する。例えば、第一表面から約  $0 \text{ マイクロメートル}$  から約  $5 \text{ マイクロメートル}$  未満までの深さに沿って、当該応力プロファイルは、直線状のセグメントを含み得るが、第一表面から約  $5 \text{ マイクロメートル}$  以上の深さからは、直線状のセグメントを実質的に有さない。

## 【 0 0 6 0 】

いくつかの実施形態において、当該応力プロファイルは、約  $0 \cdot t$  から最大で約  $0.1 \cdot t$  までの深さにおいて直線状のセグメントを含み得、ならびに約  $0.1 \cdot t$  から約  $0.4 \cdot t$  の深さにおいて直線状のセグメントを実質的に含み得ない。いくつかの実施形態において、約  $0 \cdot t$  から約  $0.1 \cdot t$  の範囲の厚さの応力プロファイルは、約  $20 \text{ MPa} / \text{マイクロメートル}$  から約  $200 \text{ MPa} / \text{マイクロメートル}$  の範囲の傾きを有し得る。本明細書において説明されるように、そのような実施形態は、当該浴が 2 種以上のアルカリ塩を含むかまたは混合アルカリ塩浴であるような単一のイオン交換プロセス、あるいは複数の（例えば、2 回以上の）イオン交換プロセスを使用して形成することができる。

## 【 0 0 6 1 】

1 つ以上の実施形態において、当該ガラス系の物品は、CT 領域（図 4 の 327）に沿った応力プロファイルの形状において説明することができる。例えば、いくつかの実施形態において、当該 CT 領域に沿った応力プロファイル（この場合、応力は引張である）は、式によって近似することができる。いくつかの実施形態において、当該 CT 領域に沿った応力プロファイルは、以下の方程式（1）によって近似することができる：

$$\text{応力}(x) = M a x T - \left( \left( C T_n \cdot (n + 1) \right) / 0.5^n \right) \cdot \left| \left( x / t \right) - 0.5 \right|^n \quad (1)$$

方程式（1）において、応力（ $x$ ）は、位置  $x$  における応力値である。ここでの応力は正（引張）である。方程式（1）において、 $M a x T$  は、最大張力値であり、 $C T_n$  は、 $n$  での張力値であり、 $M a x T$  以下である。 $M a x T$  および  $C T_n$  の両方は、 $\text{MPa}$  での正の値である。値  $x$  は、マイクロメートル単位での厚さ（ $t$ ）に沿った位置であり、その範囲は  $0$  から  $t$  であり、この場合、 $x = 0$  は、一方の表面であり（図 4 の 302）、 $x = 0.5 \cdot t$  は、当該ガラス系の物品の中央であって、応力（ $x$ ）=  $M a x C T$  であり、ならびに、 $x = t$  は、反対側の表面である（図 4 の 304）。方程式（1）において使用される  $M a x T$  は、当該 CT に等しく、それは、約  $71.5 / (t)$  未満であり得る。いくつかの実施形態において、方程式（1）において使用される  $M a x T$  は、約  $50 \text{ MPa}$  から約  $80 \text{ MPa}$ （例えば、約  $60 \text{ MPa}$  から約  $80 \text{ MPa}$ 、約  $70 \text{ MPa}$  から約  $80 \text{ MPa}$

10

20

30

40

50

、約 50 MPa から約 75 MPa、約 50 MPa から約 70 MPa、または約 50 MPa から約 65 MPa) の範囲であり得、ならびに  $n$  は、1.5 から 5 (例えば、2 から 4、2 から 3、または 1.8 から 2.2) または約 1.5 から約 2 の近似パラメータである。1 つ以上の実施形態において、 $n = 2$  は、放物線状の応力プロファイルを提供し得、 $n = 2$  から逸れた指数は、近放物線状の応力プロファイルの応力プロファイルを提供する。図 5 は、近似パラメータ  $n$  における変化に基づいた、本開示の 1 つ以上の実施形態による様々な応力プロファイルを表すグラフである。

#### 【0062】

1 つ以上の実施形態において、 $CT_n$  は  $Max T$  未満であり得、その場合、当該ガラス系の物品の一方または両方の主要面上に圧縮応力スパイクが存在する。1 つ以上の実施形態において、 $CT_n$  は  $Max T$  と等しく、その場合、当該ガラス系の物品の一方または両方の主要面上に圧縮応力スパイクは存在しない。

10

#### 【0063】

いくつかの実施形態において、当該応力プロファイルは、熱処理によって変更することができる。そのような実施形態において、当該熱処理は、いずれかのイオン交換処理の前、イオン交換処理の間、またはすべてのイオン交換処理の後に行われ得る。いくつかの実施形態において、当該熱処理は、結果として、表面または表面付近において応力プロファイルの傾きの減少を生じ得る。いくつかの実施形態において、表面においてより急なまたはより大きな傾きが所望される場合、熱処理の後のイオン交換プロセスを用いることにより、表面または表面付近での応力プロファイルの「スパイク」を提供するかまたは応力プロファイルの傾きを増加させることができる。

20

#### 【0064】

1 つ以上の実施形態において、当該応力プロファイル 312 (および / または推定される応力プロファイル 340) は、厚さの一部に沿って変化する金属酸化物の非ゼロ濃度に起因して生じる。濃度における変動は、本明細書において勾配と呼ばれ得る。いくつかの実施形態において、金属酸化物の濃度は、非ゼロであり、ならびに約  $0 \cdot t$  から約  $0 \cdot 3 \cdot t$  の厚さ範囲に沿って両方とも変化する。いくつかの実施形態において、当該金属酸化物の濃度は、非ゼロであり、約  $0 \cdot t$  から約  $0 \cdot 35 \cdot t$ 、約  $0 \cdot t$  から約  $0 \cdot 4 \cdot t$ 、約  $0 \cdot t$  から約  $0 \cdot 45 \cdot t$ 、または約  $0 \cdot t$  から約  $0 \cdot 48 \cdot t$  の厚さ範囲に沿って変化する。当該金属酸化物は、当該ガラス系の物品において応力を発生されるとして説明することができる。濃度における当該変動は、上記において言及した厚さ範囲に沿って継続的であり得る。濃度における変動は、約 100 マイクロメートルの厚さセグメントに沿って約 0.2 モル% の金属酸化物の濃度における変化を含み得る。この変化は、実施例 1 に示されるように、マイクロプローブを含む当技術分野における既知の方法によって測定することができる。その濃度が非ゼロであり厚さの一部に沿って変わる金属酸化物は、当該ガラス系の物品に応力を生じさせるとして説明することができる。

30

#### 【0065】

濃度における当該変動は、上記において言及した厚さ範囲に沿って継続的であり得る。いくつかの実施形態において、濃度における当該変動は、約 10 マイクロメートルから約 30 マイクロメートルの範囲の厚さセグメントに沿って継続的であり得る。いくつかの実施形態において、当該金属酸化物の濃度は、第一表面から、当該第一表面と第二表面との間のある位置までにおいて減少し、当該位置から第二表面まで増加する。

40

#### 【0066】

金属酸化物の当該濃度は、2 種以上の金属酸化物を含んでもよい (例えば、 $Na_2O$  および  $K_2O$  の組み合わせ)。いくつかの実施形態において、2 種の金属酸化物が用いられ、それらのイオン半径がお互いに異なる場合、浅い深さでは、より大きな半径を有するイオンの濃度は、より小さい半径を有するイオンの濃度より高いが、その一方で、より深い深さでは、より小さい半径を有するイオンの濃度は、より大きい半径を有するイオンの濃度より高い。例えば、当該イオン交換プロセスにおいて単一の  $Na$  含有浴および  $K$  含有浴が使用される場合、当該ガラス系の物品中の  $K^+$  イオンの濃度は、より浅い深さでは、 $N$

50



a + イオンの濃度より高く、その一方で、より深い深さでは、Na + イオンの濃度は、K + イオンの濃度より高い。これは、一部は、当該イオンのサイズに起因するものである。そのようなガラス系の物品において、当該表面および表面付近の領域は、当該表面または表面付近においてより大きいイオン（すなわち、K + イオン）の量がより多いことに起因して、より大きいCSを有する。このより大きいCSは、当該表面または表面付近においてより急な傾き（すなわち、表面での応力プロファイルにおけるスパイク）を有する応力プロファイルによって示され得る。

#### 【0067】

1種または複数種の金属酸化物の濃度の勾配または変動は、本明細書において前に説明したように、ガラス系の物品を化学強化することによって生じ、その場合、当該ガラス系の物品中の複数の第一金属イオンは、複数の第二金属イオンで交換される。当該第一イオンは、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り得る。当該第二金属イオンは、ナトリウム、カリウム、ルビジウム、およびセシウムのうちの1つのイオンであり得、ただし、当該第二アルカリ金属イオンは、第一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。当該第二金属イオンは、それらの酸化物として当該ガラス系の物品中に存在する（例えば、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Rb}_2\text{O}$ 、 $\text{Cs}_2\text{O}$ 、またはそれらの組み合わせ）。

#### 【0068】

1つ以上の実施形態において、当該金属酸化物の濃度勾配は、CT層327を含む、当該ガラス系の物品の厚さtのかなりの部分または厚さt全体に広がる。1つ以上の実施形態において、当該金属酸化物の濃度は、CT層327において約0.5モル%以上である。いくつかの実施形態において、当該金属酸化物の濃度は、当該ガラス系の物品の厚さ全体に沿って約0.5モル%以上（例えば、約1モル%以上）であり得、ならびに第一表面302および/または第二表面304において最大であり、第一表面302と第二表面304との間のある位置において実質的に一定に減少する。この位置において、当該金属酸化物の濃度は、厚さt全体に沿って最小であるが、ただし、当該濃度は、その位置において非ゼロでもある。換言すると、その特定の金属酸化物の非ゼロ濃度は、（本明細書において説明されるように）厚さtのかなりの部分または厚さt全体に沿って広がっている。いくつかの実施形態において、特定の金属酸化物の最低濃度は、CT層327においてである。当該ガラス系の物品における当該特定の金属酸化物の総濃度は、約1モル%から約20モル%の範囲であり得る。

#### 【0069】

1つ以上の実施形態において、当該ガラス系の物品は、第一金属酸化物濃度および第二金属酸化物濃度を有し、その場合、当該第一金属酸化物濃度は、約0tから約0.5tの第一厚さ範囲に沿って約0モル%から約15モル%の範囲であり、当該第二金属酸化物濃度は、約0マイクロメートルから約25マイクロメートル（または約0マイクロメートルから約12マイクロメートル）の第二厚さ範囲において約0モル%から約10モル%の範囲であるが、ただし、第一金属酸化物および第二金属酸化物の一方または両方の濃度は、当該ガラス系の物品の厚さのかなり部分または全体に沿って非ゼロである。当該ガラス系の物品は、任意選択の第三金属酸化物濃度を含んでいてもよい。当該第一金属酸化物は、 $\text{Na}_2\text{O}$ を含み得、その一方で、当該第二金属酸化物は、 $\text{K}_2\text{O}$ を含み得る。

#### 【0070】

当該金属酸化物の濃度は、そのような金属酸化物の濃度勾配を含むように改質される前の当該ガラス系の物品における当該金属酸化物のベースラインの量から特定することができる。

#### 【0071】

いくつかの実施形態において、当該応力プロファイルは、熱処理によって変更することができる。そのような実施形態において、当該熱処理は、いずれかのイオン交換処理の前、イオン交換処理の間、またはすべてのイオン交換処理の後に行われ得る。いくつかの実施形態において、当該熱処理は、結果として、表面または表面付近において応力プロファ

イルの傾きの減少を生じ得る。いくつかの実施形態において、表面においてより急なまたはより大きな傾きが所望される場合、熱処理の後のイオン交換プロセスを用いることにより、表面または表面付近での応力プロファイルの「スパイク」を提供するかまたは応力プロファイルの傾きを増加させることができる。

#### 【0072】

1つ以上の実施形態において、当該応力プロファイル312は、厚さの一部に沿って変化する金属酸化物の非ゼロ濃度に起因して生じる。濃度における変動は、本明細書において勾配と呼ばれ得る。いくつかの実施形態において、金属酸化物の濃度は、非ゼロであり、ならびに約0・tから約0・3・tの厚さ範囲に沿って両方とも変化する。いくつかの実施形態において、当該金属酸化物の濃度は、非ゼロであり、約0・tから約0・35・t約0・tから約0・4・t、約0・tから約0・45・t、または約0・tから約0・48・tの厚さ範囲に沿って変化する。当該金属酸化物は、当該ガラス系の物品において応力を発生されるとして説明することができる。濃度における当該変動は、上記において言及した厚さ範囲に沿って継続的であり得る。濃度における変動は、約100マイクロメートルの厚さセグメントに沿って約0・2モル%の金属酸化物の濃度における変化を含み得る。この変化は、実施例1に示されるように、マイクロプローブを含む当技術分野における既知の方法によって測定することができる。その濃度が非ゼロであり厚さの一部に沿って変わる金属酸化物は、当該ガラス系の物品に応力を生じさせるとして説明することができる。

10

#### 【0073】

濃度における当該変動は、上記において言及した厚さ範囲に沿って継続的であり得る。いくつかの実施形態において、濃度における当該変動は、約10マイクロメートルから約30マイクロメートルの範囲の厚さセグメントに沿って継続的であり得る。いくつかの実施形態において、当該金属酸化物の濃度は、第一表面から、当該第一表面と第二表面との間のある位置までにおいて減少し、当該位置から第二表面まで増加する。

20

#### 【0074】

金属酸化物の当該濃度は、2種以上の金属酸化物を含んでもよい（例えば、 $\text{Na}_2\text{O}$ および $\text{K}_2\text{O}$ の組み合わせ）。いくつかの実施形態において、2種の金属酸化物が用いられ、それらのイオン半径が互いに異なる場合、浅い深さでは、より大きな半径を有するイオンの濃度は、より小さい半径を有するイオンの濃度より高いが、その一方で、より深い深さでは、より小さい半径を有するイオンの濃度は、より大きい半径を有するイオンの濃度より高い。例えば、当該イオン交換において単一のNa含有浴およびK含有浴が使用される場合、当該ガラス系の物品中のK<sup>+</sup>イオンの濃度は、より浅い深さでは、Na<sup>+</sup>イオンの濃度より高く、その一方で、より深い深さでは、Na<sup>+</sup>イオンの濃度は、K<sup>+</sup>イオンの濃度より高い。これは、一部は、当該イオンのサイズに起因するものである。そのようなガラス系の物品において、当該表面および表面付近の領域は、当該表面または表面付近においてより大きいイオン（すなわち、K<sup>+</sup>イオン）の量が多いことに起因して、より大きいCSを有する。このより大きいCSは、当該表面または表面付近においてより急な傾き（すなわち、表面での応力プロファイルにおけるスパイク）を有する応力プロファイルによって示され得る。

30

40

#### 【0075】

1種または複数種の金属酸化物の濃度の勾配または変動は、本明細書において前に説明したように、ガラス系の基材を化学強化することによって生じ、その場合、当該ガラス系の基材中の複数の第一金属イオンは、複数の第二金属イオンで交換される。当該第一イオンは、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り得る。当該第二金属イオンは、ナトリウム、カリウム、ルビジウム、およびセシウムのうちの1つのイオンであり得、ただし、当該第二アルカリ金属イオンは、第一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。当該第二金属イオンは、それらの酸化物として当該ガラス系の基材中に存在する（例えば、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Rb}_2\text{O}$ 、 $\text{Cs}_2\text{O}$ 、またはそれらの組み合わせ）。

50

## 【 0 0 7 6 】

1 つ以上の実施形態において、当該金属酸化物の濃度勾配は、C T 層 3 2 7 を含む、当該ガラス系の物品の厚さ  $t$  のかなりの部分または厚さ  $t$  全体に広がる。1 つ以上の実施形態において、当該金属酸化物の濃度は、C T 層 3 2 7 において約 0 . 5 モル % 以上である。いくつかの実施形態において、当該金属酸化物の濃度は、当該ガラス系の物品の厚さ全体に沿って約 0 . 5 モル % 以上（例えば、約 1 モル % 以上）であり得、ならびに第一表面 3 0 2 および / または第二表面 3 0 4 において最大であり、第一表面 3 0 2 と第二表面 3 0 4 との間のある位置において実質的に一定に減少する。この位置において、当該金属酸化物の濃度は、厚さ  $t$  全体に沿って最小であるが、ただし、当該濃度は、その位置において非ゼロでもある。換言すると、その特定の金属酸化物の非ゼロ濃度は、（本明細書において説明されるように）厚さ  $t$  のかなりの部分または厚さ  $t$  全体に沿って広がっている。いくつかの実施形態において、特定の金属酸化物の最低濃度は、C T 層 3 2 7 においてである。当該ガラス系の物品中における当該特定の金属酸化物の総濃度は、約 1 モル % から約 2 0 モル % の範囲であり得る。

10

## 【 0 0 7 7 】

1 つ以上の実施形態において、当該ガラス系の物品は、第一金属酸化物濃度および第二金属酸化物濃度を有し、その場合、当該第一金属酸化物濃度は、約 0  $t$  から約 0 . 5  $t$  の第一厚さ範囲に沿って約 0 モル % から約 1 5 モル % の範囲であり、当該第二金属酸化物濃度は、約 0 マイクロメートルから約 2 5 マイクロメートル（または約 0 マイクロメートルから約 1 2 マイクロメートル）の第二厚さ範囲において約 0 モル % から約 1 0 モル % の範囲であるが、ただし、第一金属酸化物および第二金属酸化物の一方または両方の濃度は、当該ガラス系の物品の厚さのかなりの部分または全体に沿って非ゼロである。当該ガラス系の物品は、任意選択の第三金属酸化物濃度を含んでいてもよい。当該第一金属酸化物は、 $\text{Na}_2\text{O}$  を含み得、その一方で、当該第二金属酸化物は、 $\text{K}_2\text{O}$  を含み得る。

20

## 【 0 0 7 8 】

当該金属酸化物の濃度は、そのような金属酸化物の濃度勾配を含むように改質される前の当該ガラス物品における当該金属酸化物のベースラインの量から特定することができる。

## 【 0 0 7 9 】

本明細書において説明されるガラス物品は、 $15 \text{ J} / \text{m}^2$  以上（例えば、約  $15 \text{ J} / \text{m}^2$  から約  $50 \text{ J} / \text{m}^2$ ）の範囲の貯蔵引張エネルギーを示し得る。例えば、いくつかの実施形態において、当該貯蔵引張エネルギーは、約  $20 \text{ J} / \text{m}^2$  から約  $150 \text{ J} / \text{m}^2$  の範囲であり得る。場合により、当該貯蔵引張エネルギーは、約  $25 \text{ J} / \text{m}^2$  から約  $150 \text{ J} / \text{m}^2$ 、約  $30 \text{ J} / \text{m}^2$  から約  $150 \text{ J} / \text{m}^2$ 、約  $35 \text{ J} / \text{m}^2$  から約  $150 \text{ J} / \text{m}^2$ 、約  $40 \text{ J} / \text{m}^2$  から約  $150 \text{ J} / \text{m}^2$ 、約  $45 \text{ J} / \text{m}^2$  から約  $150 \text{ J} / \text{m}^2$ 、約  $50 \text{ J} / \text{m}^2$  から約  $150 \text{ J} / \text{m}^2$ 、約  $55 \text{ J} / \text{m}^2$  から約  $150 \text{ J} / \text{m}^2$ 、約  $60 \text{ J} / \text{m}^2$  から約  $150 \text{ J} / \text{m}^2$ 、約  $65 \text{ J} / \text{m}^2$  から約  $150 \text{ J} / \text{m}^2$ 、約  $25 \text{ J} / \text{m}^2$  から約  $140 \text{ J} / \text{m}^2$ 、約  $25 \text{ J} / \text{m}^2$  から約  $130 \text{ J} / \text{m}^2$ 、約  $25 \text{ J} / \text{m}^2$  から約  $120 \text{ J} / \text{m}^2$ 、約  $25 \text{ J} / \text{m}^2$  から約  $110 \text{ J} / \text{m}^2$ 、約  $30 \text{ J} / \text{m}^2$  から約  $140 \text{ J} / \text{m}^2$ 、約  $35 \text{ J} / \text{m}^2$  から約  $130 \text{ J} / \text{m}^2$ 、約  $40 \text{ J} / \text{m}^2$  から約  $120 \text{ J} / \text{m}^2$ 、または約  $40 \text{ J} / \text{m}^2$  から約  $100 \text{ J} / \text{m}^2$  の範囲であり得る。1 つ以上の実施形態の熱強化および化学強化されたガラス系の物品は、約  $40 \text{ J} / \text{m}^2$  以上、約  $45 \text{ J} / \text{m}^2$  以上、約  $50 \text{ J} / \text{m}^2$  以上、約  $60 \text{ J} / \text{m}^2$  以上、または約  $70 \text{ J} / \text{m}^2$  以上の貯蔵引張エネルギーを示し得る。

30

40

## 【 0 0 8 0 】

貯蔵引張エネルギーは、以下の方程式 ( 2 ) を使用して計算され：

$$\text{貯蔵引張エネルギー} (\text{J} / \text{m}^2) = [1 - E] \cdot v^2 \cdot d \cdot t$$

この場合、 $v$  はポアソン比であり、 $E$  はヤング率であり、積分は張力領域のみについて計算される。方程式 ( 2 ) は、Suresh T. Gulati, Frangibility of Tempered Soda-Lime Glass Sheet, GL

50

ASS PROCESSING DAYS, The Fifth International Conference on Architectural and Automotive Glass, 13 - 15 Sept. 1997, as equation number 4において方程式番号4として記載されている。

【0081】

いくつかの実施形態のガラス物品は、装置の落下試験または部品レベルでの試験により実証されるように、既知の強化ガラス物品と比べて優れた機械的性能を示す。1つ以上の実施形態において、当該ガラス物品は、研磨時リング・オン・リング (AROR) 試験を行ったときに、向上した表面強度を示す。材料の強度は、破砕が生じるときの応力として定義される。AROR試験は、平坦なガラス試験体を試験するための表面強度測定であり、*Standard Test Method for Monotonic Equibiaxial Flexural Strength of Advanced Ceramics at Ambient Temperature*と題されたASTM C1499-09 (2013)は、リング・オン・リング研磨時ROR試験方法のための基礎としての役割を果たす。なお、ASTM C1499-09の内容は、参照によりその全体が本明細書に組み入れられる。一実施形態において、当該ガラス試験体は、リング・オン・リング試験の前に、*Standard Test Methods for Strength of Glass by Flexure (Determination of Modulus of Rupture)*と題されるASTM C158-02 (2012)の、*abrasion Procedures*と題される付録A2に記載される方法および機器を使用してガラス試料に送達される90グリットの炭化ケイ素 (SiC) 粒子により磨耗される。なお、ASTM C158-02の内容、特に付録2の内容は、参照によりその全体が本明細書に組み入れられる。

10

20

【0082】

リング・オン・リング試験の前に、当該ガラスの表面を、試料の表面欠陥条件を標準化するためおよび/または制御するために、ASTM C158-02の図A2.1に示される機器を使用して、ASTM C158-02の付録2に記載されているように研磨する。典型的には、当該研磨材は、304 kPa (44 psi)の空気圧を使用して、15 psi (約103 kPa)以上の荷重または圧力において、当該ガラス物品の表面110上にサンドブラストされる。いくつかの実施形態において、当該研磨材は、20 psi (約138 kPa)、25 psi (約172 kPa)、さらには45 psi (約310 kPa)の荷重において表面110上にサンドブラストされ得る。気流が確立された後、5 cm<sup>3</sup>の研磨材を漏斗に流し入れ、当該研磨材の導入後5秒間にわたって当該試料をサンドブラスト処理する。

30

【0083】

リング・オン・リング試験では、図5に示されるような少なくとも1つの研磨された表面112を有するガラス物品を、異なるサイズの2つのコンセントリック・リングの間に位置し、それにより、図5にも示されるように、等二軸曲げ強度または破壊荷重 (すなわち、材料が2つのコンセントリック・リングの間での曲げに晒されたときに耐えることができる最大応力) を特定する。当該研磨時リング・オン・リング構成10において、研磨されたガラス物品110は、直径D2を有する支持リング120によって支持される。ロードセル (図示されず) によって、直径D1を有する荷重リング130により当該ガラス物品の表面に力Fが適用される。

40

【0084】

荷重リングと支持リングの直径比D1/D2は、約0.2から約0.5の範囲であり得る。いくつかの実施形態において、D1/D2は約0.5である。荷重リング130および支持リング120は、支持リングの直径D2の0.5%以内において同心状に揃えられなければならない。試験に使用するロードセルは、選択した範囲内での任意の荷重において±1%以内まで正確でなければならない。いくつかの実施形態において、試験は、23 ± 2 の温度および40 ± 10%の相対湿度において実施される。

50

## 【 0 0 8 5 】

固定具の設計では、荷重リング 4 3 0 の突出面の半径  $r$  は、 $h / 2 \leq r \leq 3 h / 2$  であり、この場合、 $h$  は、ガラス物品 1 1 0 の厚さである。荷重リング 1 3 0 および支持リング 1 2 0 は、典型的には、 $HRC > 40$  の硬度の硬化鋼で作製される。ROR 固定具は市販されている。

## 【 0 0 8 6 】

ROR 試験に対して意図される破壊メカニズムは、荷重リング 1 3 0 内の表面 1 3 0 a に由来する、ガラス物品 1 1 0 の破砕を観察することである。この領域 - すなわち、荷重リング 1 3 0 と支持リング 1 2 0 との間 - の外側において生じる破損は、データ分析から省く。しかしながら、当該ガラス物品 1 1 0 の薄さと高い強度に起因して、当該試験体の厚さ  $h$  の  $1 / 2$  を超える大きなたわみが、しばしば観察される。したがって、荷重リング 1 3 0 の下に由来する破壊において高い割合を観察することは珍しくない。当該リングの内側および下側の両方での応力の発生（ひずみゲージ分析によって収集される）および各試験体の破壊の始点に関する知見なしに、応力を正確に計算することはできない。したがって、AROR 試験は、測定した応答としての破壊におけるピーク荷重に焦点を合わせる。

10

## 【 0 0 8 7 】

ガラス物品の強度は、表面のキズの存在に依存する。しかしながら、ガラスの強度は統計的性質のものであるため、存在する所定のサイズのキズの可能性は、正確に予測することができない。したがって、一般的に、得られたデータの統計的表示として、確率分布を使用することができる。

20

## 【 0 0 8 8 】

いくつかの実施形態において、本明細書において説明される強化されたガラス物品は、表面を研磨するために  $25 \text{ psi}$ （約  $172 \text{ kPa}$ ）またはさらに  $45 \text{ psi}$ （約  $310 \text{ kPa}$ ）の荷重を使用した AROR 試験によって特定した場合に、 $20 \text{ kgf}$ （約  $196 \text{ N}$ ）以上かつ最大で約  $45 \text{ kgf}$ （約  $441 \text{ N}$ ）までの等二軸曲げ強度または破壊荷重を示す。他の実施形態において、表面強度は、少なくとも  $25 \text{ kgf}$ （約  $245 \text{ N}$ ）であり、さらなる他の実施形態では、少なくとも  $30 \text{ kgf}$ （約  $294 \text{ N}$ ）である。

## 【 0 0 8 9 】

いくつかの実施形態において、当該強化されたガラス物品は、向上した落下性能を示し得る。本明細書において使用される場合、落下性能は、ガラス物品を携帯電話装置に組み付けることによって評価される。場合により、いくつかのガラス物品が、同一の携帯電話装置に組み付けて、同じように試験され得る。次いで、当該ガラス物品を組み付けた携帯電話装置が、 $50 \text{ cm}$  の高さにおいて開始される連続的な落下のために、研磨紙（ $\text{Al}_2\text{O}_3$  粒子または他の研磨材を含み得る）の上に落とされる。各試料が、ある高さからの落下に耐えた場合、当該試料を組み付けた携帯電話装置は、再びより高い高さから落下され、当該ガラス物品が破砕するまで繰り返され、破壊した時点で、その試料の破壊高さが、最大破壊高さとして記録される。

30

## 【 0 0 9 0 】

いくつかの実施形態において、当該ガラス物品は、約  $1 \text{ mm}$  の厚さを有する場合、約  $100 \text{ cm}$  以上の最大破損高さを示す。いくつかの実施形態において、当該ガラス物品は、約  $1 \text{ mm}$  の厚さにおいて、約  $120 \text{ cm}$  以上、約  $140 \text{ cm}$  以上、約  $150 \text{ cm}$  以上、約  $160 \text{ cm}$  以上、約  $180 \text{ cm}$  以上、または約  $200 \text{ cm}$  以上の最大破壊高さを示す。1 つ以上の実施形態のガラス物品は、破壊高さにおいて落下させた後に、粒状化した破壊パターンを示す。当該粒状化した破壊パターンは、本明細書において説明されるアスペクト比を示すことを含む。

40

## 【 0 0 9 1 】

1 つ以上の実施形態において、本明細書のガラス物品は、当該ガラス物品が基材（すなわち、ディスプレイユニット）に直接接着されている場合、当該ガラス物品が破砕した後に、亀裂の  $50\%$  以上が表面下の亀裂である（この場合、亀裂は、厚さの一部のみに広が

50

り、表面の下に抑えられる) ような破碎挙動を示す。例えば、場合により、当該亀裂は、当該ガラス物品の厚さ  $t$  の一部、例えば、 $0.05t$  から  $0.95t$  など、に広がる場合もある。厚さ  $t$  の一部のみ広がる、当該ガラス物品の亀裂の割合は、 $50\%$  以上、 $60\%$  以上、 $70\%$  以上、 $80\%$  以上、または  $90\%$  以上であり得る。

#### 【0092】

いくつかの実施形態において、本明細書において説明する強化されたガラス系の物品は、研磨紙上反転球 (IBoS) 試験における性能において説明され得る。当該 IBoS 試験は、損傷の導入と、図 6 に図式的に示されるような、携帯式またはハンドヘルド式電子デバイスにおいて使用されるガラス系の物品において典型的に生じる曲げに起因する、破壊の主要メカニズムを模倣する、動的な部品レベルの試験である。当該分野において、損傷の導入 (図 7 の a) は、ガラス系の物品の上面において行われる。破碎は、当該ガラス系の物品の上面において始まり、損傷がガラス系の物品中を貫通するか (図 7 の b)、または破碎が、上面における曲げから、またはガラス系の物品の内部の一部から波及する (図 7 の c)。当該 IBoS 試験は、同時に、ガラスの表面に損傷を導入し、動的負荷下において曲げを適用するように設計される。場合により、当該ガラス系の物品は、当該ガラス系の物品が圧縮応力を有する場合の方が、同じガラス系の物品が圧縮応力を有さない場合よりも向上した落下性能を示す。

#### 【0093】

IBoS 試験機器が、図 6 に図式的に示されている。機器 500 は、試験スタンド 510 および球 530 を含む。球 530 は、剛体または固体球、例えば、ステンレス鋼球など、である。一実施形態において、球 530 は、 $10\text{ mm}$  の直径を有する  $4.2\text{ g}$  のステンレス鋼球である。球 530 は、所定の高さ  $h$  からガラス系の物品試料 518 上に直接落とされる。試験スタンド 510 は、丈夫で剛性の材料、例えば、グラナイトなど、を含む固体台 512 を含む。表面上に研磨材の配置されたシート 514 が、研磨材を有する表面が上を向くように、固体台 512 の上面に位置される。いくつかの実施形態において、シート 514 は、 $30\text{ grit}$  表面を有する研磨紙であり、他の実施形態では、 $180\text{ grit}$  表面を有する研磨紙である。ガラス系の物品試料 518 は、シート 514 との間に空隙 516 が存在するように、試料ホルダー 515 によってシート 514 の上方の適切な位置に保持される。シート 514 とガラス系の物品試料 518 との間の空隙 516 は、球 530 による衝撃の際に当該ガラス系の物品試料 518 がシート 514 の研磨表面に接するまで湾曲することを可能にする。一実施形態において、曲げが球による衝撃の位置のみに収まるように維持し、再現性を確保するために、当該ガラス系の物品試料 518 は、全ての隅をクランプ保持される。いくつかの実施形態において、試料ホルダー 514 および試験スタンド 510 は、最大で約  $2\text{ mm}$  の厚さの試料を収容するように適合される。空隙 516 は、約  $50\text{ }\mu\text{m}$  から約  $100\text{ }\mu\text{m}$  の範囲である。空隙 516 は、材料の剛性 (ヤング率、 $E_{\text{mod}}$ ) の違いに対して調節するように適合されるだけでなく、試料のヤング率および厚さも含めて適合される。球 530 の衝撃の際のガラス系の物品試料 518 の破碎事象における破片を収集するために、粘着テープ 520 を使用してガラス系の物品試料の上面を覆ってもよい。

#### 【0094】

研磨表面として様々な材料を使用することができる。特定の一実施形態において、当該研磨表面は、研磨紙、例えば、炭化ケイ素またはアルミナ研磨紙、工業用研磨紙、またはそれらに匹敵する硬度および/または鋭さを有する、当業者に既知の任意の研磨材など、である。いくつかの実施形態において、 $30\text{ grit}$  を有する研磨紙が使用され得るが、それは、当該研磨紙が、コンクリートまたはアスファルトのいずれかよりもより一貫した表面トポグラフィと、所望のレベルの試験体表面損傷を生じる粒径および鋭さとを有するためである。

#### 【0095】

一態様において、上記において説明した機器 500 を使用して IBoS 試験を実施する方法 600 を図 8 に示す。ステップ 610 において、ガラス系の物品試料 (図 6 の 518

10

20

30

40

50

）が、当該ガラス系の物品試料 5 1 8 と研磨面を有するシート 5 1 4 との間に空隙 5 1 6 が形成されるように、前に説明した試験スタンド 5 1 0 に位置され、試料ホルダー 5 1 5 に固定される。方法 6 0 0 は、研磨面を有するシート 5 1 4 が既に試験スタンド 5 1 0 に位置されていることを前提としている。しかしながら、いくつかの実施形態では、当該方法は、研磨材を伴う表面が上を向くように、シート 5 1 4 を試験スタンド 5 1 0 に位置するステップを含み得る。いくつかの実施形態（ステップ 6 1 0 a）では、ガラス系の物品試料 5 1 8 を試料ホルダー 5 1 5 に固定する前に、ガラス系の物品試料 5 1 8 の上面に粘着テープ 5 2 0 が適用される。

#### 【0096】

ステップ 5 2 0 において、所定の質量およびサイズの固体球 5 3 0 が、所定の高さ h からガラス系の物品試料 5 1 8 の上面に落とされ、その結果、当該球 5 3 0 は、当該上面（または当該上面に取り付けられた粘着テープ 5 2 0）に、当該上面のおよそ中央（すなわち、当該中央の 1 mm 以内、または 3 mm 以内、または 5 mm 以内、または 10 mm 以内）において衝突する。ステップ 5 2 0 の衝撃の後、当該ガラス系の物品試料 5 1 8 への損傷の程度が特定される（ステップ 6 3 0）。上記において説明したように、用語「破砕」は、基材が落下されたときまたは物体によって衝撃を受けたときに、亀裂が基材の厚さ全体および／または表面全体に伝搬することを意味する。

10

#### 【0097】

他のタイプ（例えば、コンクリートまたはアスファルト）の落下試験表面の反復使用において観察された“劣化”効果を避けるために、方法 6 0 0 では、各落下後に、研磨面を有するシート 5 1 8 は取り替えられ得る。

20

#### 【0098】

方法 6 0 0 において、典型的には、様々な所定の落下高さ h および増分が使用される。当該試験は、例えば、最小落下高さ（例えば、約 10 ~ 20 cm）を使用して開始され得る。当該高さは、連続した落下に対して、設定された増分または可変の増分のどちらかにいて増加され得る。方法 6 0 0 において説明される方法は、ガラス系の物品試料 5 1 8 が、壊れるかまたは破砕したら停止される（ステップ 6 3 1）。あるいは、破砕することなく落下高さ h が最大落下高さ（例えば、約 100 cm）に達した場合、方法 3 0 0 の落下試験も停止され得るか、または破砕が生じるまで、ステップ 5 2 0 が最大高さにおいて繰り返され得る。

30

#### 【0099】

いくつかの実施形態において、方法 6 0 0 の I B o S 試験は、各所定の高さ h において、各ガラス系の物品試料 5 1 8 について一回だけ実施される。しかしながら、他の実施形態では、各試料は、各高さにおいて複数回の試験を行われ得る。

#### 【0100】

ガラス系の物品試料 5 1 8 の破砕が生じた場合（図 7 のステップ 6 3 1）、方法 6 0 0 による I B o S 試験は終了される（ステップ 6 4 0）。所定の落下高さにおいて球を落下させた結果として破砕が観察されない場合（ステップ 6 3 2）、当該落下高さは、所定の増分 - 例えば、5 cm、10 cm、または 20 cm - にいて増加され（ステップ 6 3 4）、試料の破砕が観察されるか（6 3 1）または試料の破砕なしに最大試験高さに達する（6 3 6）まで、ステップ 6 2 0 および 6 3 0 が繰り返される。ステップ 6 3 1 または 6 3 6 のどちらかに達した場合、方法 6 0 0 の試験は終了する。

40

#### 【0101】

上記において説明した研磨紙上反転球（I B o S）試験を行った場合、本明細書において説明されるガラス系の物品の実施形態は、球が 100 cm の高さから当該ガラスの表面上に落下されたときに少なくとも約 60 % の生存率を有する。例えば、当該ガラス系の物品は、所定の高さ（ここでは、100 cm）から落下されたときに、同一（またはほぼ同一）（すなわち、およそ同じ組成と、本明細書において説明されるように、強化された場合におよそ同じ圧縮応力および圧縮深さもしくは圧縮応力層深さとを有する）の 5 つの試料のうちの 3 つが、破砕することなく I B o S 落下試験に生き残った場合、当該ガラス系

50

の物品は、所定の高さから落下されたときに60%の生存率を有する、として説明される。他の実施形態において、強化されたガラス系の物品の100cmのIBoS試験における生存率は、少なくとも約70%であり、他の実施形態では、少なくとも約80%であり、さらなる他の実施形態では、少なくとも約90%である。他の実施形態において、IBoS試験において100cmの高さから落下させた、強化されたガラス系の物品の生存率は、少なくとも約60%であり、他の実施形態では、少なくとも約70%であり、さらなる他の実施形態では、少なくとも約80%、ならびに他の実施形態では、少なくとも約90%である。1つ以上の実施形態において、IBoS試験において150cmの高さから落下させた、強化されたガラス系の物品の生存率は、少なくとも約60%であり、他の実施形態では、少なくとも約70%であり、さらなる他の実施形態では、少なくとも約80%であり、ならびに他の実施形態では、少なくとも約90%である。

10

#### 【0102】

上記において説明したIBoS試験方法および機器を使用して所定の高さから落下させたときの当該ガラス系の物品の生存率を特定するために、当該ガラス系の物品の少なくとも5つの同一の（またはほぼ同一の）試料（すなわち、およそ同じ組成を有し、強化された場合、およそ同じ圧縮応力および圧縮深さもしくは圧縮応力層深さを有する）を試験するが、試験結果の信頼水準を上げるために、より多く（例えば、10、20、30など）の試料に試験を行ってもよい。各試料を、所定の高さ（例えば、100cm、または150cm）から1回落下させるか、あるいは、破碎しない場合には、所定の高さに達するまで、徐々により高い高さから落下させ、目視により（すなわち、裸眼において）、破碎の証拠（亀裂の形成および試料の厚さ全体および/または表面全体への伝搬）について調べた。試料は、所定の高さから落下させた後に破碎が観察されない場合、落下試験を「生き延びた」とみなされ、試料を所定の高さ以下の高さから落下させたときに破碎が観察された場合には、「破損した（または「生き延びなかった」）」とみなされる。生存率は、落下試験を生き延びた試料集団の割合として特定される。例えば、所定の高さから落下させたときに10の試料のうち7つが破碎しなかった場合、当該ガラスの生存率は70%である。

20

#### 【0103】

1つ以上の実施形態において、当該ガラス物品は、より低い遅れ破碎率を示す（すなわち、ガラス物品が破碎するときには、すぐに、さらには直ちに破碎する）。いくつかの実施形態において、この破碎率は、深いDOCおよび高レベルのCTの結果と考えられ得る。詳細には、破碎または破損を誘発する損傷がガラス物品に生じた後に、ガラス物品が自然に壊れる確率は低い。1つ以上の実施形態において、当該ガラス物品が破碎したとき、当該ガラス物品は、Z. Tang, et al. Automated Apparatus for Measuring the Frangibility and Fragmentation of Strengthened Glass. Experimental Mechanics (2014) 54:903-912において説明されるような「破碎性試験」によって測定された場合、衝撃の2秒以内または1秒以内に、複数の破片へと破碎する。破碎性試験は、50mmのスタイラス落下高さと、タングステンカーバイドの先端を有する40gの重量のスタイラス（商標TOSCO（登録商標）においてFisher Scientific Industriesから入手可能、メーカー識別番号#13-378、60度の円錐球形状の先端を有する）とを用いる。いくつかの実施形態において、一次破碎（または、2つの破片を生じる、裸眼によって視認可能な第一破碎）が、ガラス物品を破碎させる衝撃の直後またはゼロ秒以内または0.1秒以内に生じる。1つ以上の実施形態において、本明細書において説明される期間内に一次破碎が生じる確率は、当該破碎性試験によって測定した場合、約90%以上である。いくつかの実施形態において、二次破碎は、5秒以内（例えば、4秒以内、3秒以内、2秒以内、または約1秒以内）に生じる。本明細書において使用される場合、「二次破碎」は、一次破碎の後に生じる破碎を意味する。1つ以上の実施形態において、本明細書において説明される期間内に二次破碎が生じる確率は、当該破碎性試験によって測定した場合、

30

40

50



約 90 % 以上である。

【 0 1 0 4 】

1 つ以上の実施形態において、破砕する際、当該ガラス物品が放出する、使用者に対する潜在的懸念である破片は、携帯型電子デバイスにおいて現在使用されている既知のガラス物品によって示される破片と比べて、より少なく、ならびにより小さい。本明細書において使用される場合、用語「放出する」または「放出された」は、ガラス物品が破砕した後に、当該ガラス物品における元の位置または配置から移動した破片を意味する。いくつかの実施形態において、ガラス物品が破砕し、複数の破片が形成された後、当該複数の破片の約 10 % 以下（例えば、約 8 % 以下、約 6 % 以下、または約 5 % 以下）が放出される。いくつかの実施形態において、当該ガラス物品が破砕し、複数の破片が形成された後、当該複数の破片の放出部分の約 50 % 以上が、0.5 mm 未満の最大寸法を有する。いくつかの実施形態において、放出された破片の数または量は、破砕の前後のガラス物品の重量によって特徴付けることができる。例えば、破砕前のガラス物品の重量（破砕後の、当該複数の破片の放出部分と破片の非放出部分との総重量を含む）と、破片の非放出部分の重量との間の差は、衝撃前の重量の約 1 % 以下であり得る。場合により、破砕前のガラス物品の重量（破砕後の、当該複数の破片の放出部分と破片の非放出部分との総重量を含む）と、破片の非放出部分の重量との間の差は、約 0.0005 g 未満（例えば、0.0004 g 以下、0.0003 g 以下、0.0002 g 以下、または 0.0001 g 以下）であり得る。当該非放出部分の重量を特定するため。

10

20

【 0 1 0 5 】

1 つ以上の実施形態において、当該ガラス物品は、それらの表面および体積にわたって、より均一なパターンにおいて高い度合いの粒状化を示す。いくつかの実施形態において、ガラス物品が不均一な厚さを有する場合（すなわち、三次元または 2.5 次元形状を有するように成形される場合）に、この高い度合いの粒状化および均一性が示される。理論に束縛されるわけではないが、これは、現在の工業水準によって定義されるように、他の部分は破砕性ではないままに当該ガラスの一部が粉碎性を有することなく、当該ガラス物品における最も薄い部分を、十分な程度まで強化することを可能にする。

【 0 1 0 6 】

1 つ以上の実施形態において、当該ガラス物品（基材、すなわち、ディスプレイユニット、に直接接着された）は、緻密な破砕パターンにより、破砕された後にヘイズを示す。可読性は、視野角と、当該ガラス系の物品の厚さに依存する。ガラス物品の主要面に対して 90° の視野角において、または垂直入射において、破砕したガラス物品は、その下の画像または文字が裸眼に対して視認可能であるような低いヘイズを示す。ガラス物品の主要面に対して 70 度以下の（または垂直入射から 30° 以上離れた）視野角において、破砕したガラス物品は、その下の画像または文字が裸眼に対して視認可能であることを妨げるヘイズを示す。ガラス物品の破片が依然として一緒に保持されるか、または当該破片の 10 % 未満が当該ガラス物品から放出される場合に、そのようなヘイズが存在することは理解されるべきである。理論に束縛されるわけではないが、破砕後の当該ガラス物品は、90 度でのその低いヘイズと、より小さい視野角での高いヘイズとにより、プライバシー保護スクリーン機能を提供し得ると考えられる。

30

40

【 0 1 0 7 】

いくつかの実施形態において、当該ガラス物品の少なくとも 1 つの主要面は、当該ガラスが破砕した後、低い表面粗度を有する。破砕した後にも、当該ガラス物品が使用者によって使用され得るかまたは触れられ得る場合、この特性は望ましく、それにより、使用者に対する切り傷または擦り傷が最小限に抑えられるかまたは防がれる。

【 0 1 0 8 】

1 つ以上の実施形態において、本明細書において説明されるガラス物品は、閉じ込め層と組み合わせることができる。当該閉じ込め層は、当該ガラス物品が破砕したときに、その破片を収容することができる材料である。例えば、当該閉じ込め層は、ポリマー性材料を含み得る。1 つ以上の実施形態において、当該閉じ込め層は、接着材料（例えば、感圧

50

性接着材料など)を含み得る。1つ以上の実施形態において、当該閉じ込め層は、約0.5 MPaから約1.2 MPaの範囲のヤング率を有し得る。1つ以上の実施形態において、当該閉じ込め層は、充填材入りエポキシ、充填材無しのエポキシ、充填材入りウレタン、または充填材無しのウレタンを含み得る。

#### 【0109】

充填材入りエポキシの例としては、70.69重量%のNanopox C620コロイドシリカゾル(脂環式エポキシ樹脂中に40%のシリカナノ粒子)、23.56重量%のNanopox C680(3-エチル-3-ヒドロキシメチル-オキセタン中の50重量%のシリカナノ粒子)、3重量%のCoatosil MP-200エポキシ官能性シラン(接着促進剤)、2.5重量%のCyraclil UVI-6976(カチオン性光開始剤、プロピレンカーボネート中のトリアリールスルホニウムヘキサフルオロアンチモネート塩)、0.25重量%のTinuvin 292アミン安定化剤(ビス(1,2,2,6,6-ペンタメチル-4-ピペリジニル)-セバケートおよび1-(メチル)-8-(1,2,2,6,6-ペンタメチル-4-ピペリジニル)-セバケートによる重合生成物に由来するUV誘起カチオン性エポキシが挙げられる。

10

#### 【0110】

充填材無しのエポキシ材料の例としては、48重量%のSynasia S06E脂環式エポキシ、48重量%のSynasia S-101(3-エチル-3-オキセタンメタノール)、1重量%のUVI-6976(カチオン性光開始剤)、および3重量%のSilquest A-186(エポキシ官能化シラン)が挙げられる。

20

#### 【0111】

いくつかの実施形態において、閉じ込め層において低弾性ウレタンアクリレートを使用することができる。いくつかの実施形態において、この材料は、シリカ充填材を含み得る。低弾性ウレタンアクリレートの例としては、31.5重量%のDoublemer 554(脂肪族ウレタンジアクリレート樹脂)、1.5重量%のGenomer 4188/M22(単官能性ウレタンアクリレート)、20重量%のNK Ester A-SA(-アクリロイルオキシエチル水素スクシネート)、10重量%のSartomer SR339-2(フェノキシエチルアクリレート)、4重量%のIrgacure 2022(光開始剤、アシルホスフィンオキシド/ヒドロキシケトン)、3重量%の接着促進剤(例えば、Silquest A-189、-メルカプトプロピルトリメトキシシラン)が挙げられる。充填材入りウレタンを形成するために、4重量%のシリカ粉末(例えば、Hi-Sil 233)を加えてもよい。

30

#### 【0112】

1つ以上の実施形態において、当該ガラス物品は、その上に接着してまたは接着せずに閉じ込め層と組み合わせられ得る。いくつかの実施形態において、当該ガラス物品は、閉じ込め層上に配置され、当該閉じ込め層に接着され得る。当該ガラス物品は、当該閉じ込め層に一時的にまたは永久的に接着され得る。図9Aに示されるように、当該閉じ込め層20は、ガラス物品の少なくとも1つの主要面(すなわち、図1Aの12、14)上に配置される。図9Aにおいて、閉じ込め層20は、非主要面16、18のいずれの一部分上にも配置されないが、当該閉じ込め層20は、主要面から、少なくとも部分的に一方または両方の非主要面(16、18)に沿って、または一方または両方の非主要面(16、18)の長さ全体に沿って延在していてもよい。そのような実施形態において、当該閉じ込め層は、同じ材料から形成され得る。1つ以上の代替の実施形態において、主要面上に形成された閉じ込め層は、非主要面の任意の一部分上に形成された閉じ込め層とは異なり得る。図9Bは、閉じ込め層20が主要面14上に配置され、ならびに第二閉じ込め層22が、両方の非主要面16、18上に配置されている実施形態を示している。1つ以上の実施形態において、当該閉じ込め層20は、第二閉じ込め層22と組成的に異なる。

40

#### 【0113】

1つ以上の実施形態において、当該ガラス物品は、本明細書において説明されるように、表面CSが約400 MPaから約1200 MPaの範囲であるように、スパイクを含む

50

応力プロファイルを有し得、ならびに一方の主要面 14 上に閉じ込め材料 20 を有し、両方の非主要面 16、18 上に第二閉じ込め層 22 を有する（図 9 B に示されるように）。1 つ以上の実施形態において、当該ガラス物品は、表面 CS が約 150 MPa から約 500 MPa の範囲であるように、スパイクを有さない応力プロファイルを有し得、ならびに主要面 14 上のみに閉じ込め材料 20 を有する（図 9 A に示されるように）。

本明細書において説明するガラス物品は、様々な製品および物品、例えば、消費者向けエレクトロニクス製品またはデバイスなど、に組み入れることができる（例えば、携帯型電子デバイスおよびタッチパネル式ディスプレイのためのカバーガラス）。当該ガラス物品はさらに、ディスプレイ（またはディスプレイ物品として）（例えば、ビルボード、店舗販売時点情報管理システム、コンピュータ、ナビゲーションシステムなど）、建築物品（壁、固定具、パネル、窓など）、輸送物品（例えば、自動車用途、列車、航空機、船舶など）、電化製品（例えば、洗濯機、乾燥機、食器洗い機、冷蔵庫など）、包装（例えば、医薬包装または容器）、またはいくらかの破砕抵抗性を必要とする任意の物品においても使用することができる。

#### 【0114】

図 10 に示されるように、電子デバイス 1000 は、本明細書において説明した 1 つ以上の実施形態によるガラス系の物品を含み得る。デバイス 100 は、前面 1040、背面 1060、および側面 1080 を有するハウジング 1020 と、少なくとも部分的にハウジングの内側に配置されるかまたは完全にハウジング内に配置される電子部品（図示されず）であって、コントローラ、メモリ、および当該ハウジングの前面における、または前面に隣接するディスプレイ 1120 を含む電子部品とを含む。当該ガラス系の物品 100 は、ディスプレイ 1120 を覆うように、当該ハウジングの前面上に、または前面を覆うように配置されたカバーとして示されている。いくつかの実施形態において、当該ガラス系の物品は、裏カバーとして使用され得る。

#### 【0115】

いくつかの実施形態において、当該電子デバイスは、タブレット、透明ディスプレイ、携帯電話、ビデオプレーヤー、情報端末装置、e-リーダー、ラップトップコンピュータ、または非透明ディスプレイを含み得る。

#### 【0116】

1 つ以上の実施形態において、本明細書において説明するガラス物品は、パッケージングにおいて使用され得る。例えば、当該パッケージングは、瓶、バイアル瓶、あるいは液体、固体、または気体材料を保持する容器の形態のガラス物品を含み得る。1 つ以上の実施形態において、当該ガラス物品は、化学物質、例えば、製薬材料など、を収容するバイアル瓶である。1 つ以上の実施形態において、当該パッケージングは、開口部と、外側表面と、包囲体を画成する内側表面とを有する。当該ハウジングは、本明細書において説明するガラス物品から形成され得る。当該ガラス物品は、閉じ込め層を含む。いくつかの実施形態において、当該包囲体は、化学物質材料または製薬材料で満たされる。1 つ以上の実施形態において、当該ハウジングの開口部は、キャップによって閉じられるかまたは密封され得る。換言すれば、当該キャップを当該開口部に配置することにより、当該包囲体を閉じるまたは密封することができる。

#### 【0117】

当該ガラス物品は、非晶性基材、結晶性基材、またはそれらの組み合わせ（例えば、ガラス-セラミック基材）を含み得る。当該ガラス物品は、アルカリアルミノケイ酸ガラス、アルカリ含有ホウケイ酸ガラス、アルカリアルミノリンケイ酸（alkali aluminophosphosilicate）ガラス、またはアルカリアルミノホウケイ酸ガラスを含み得る。1 つ以上の実施形態において、当該ガラス物品基材（本明細書において説明されるように化学強化される前の）は、モルパーセント（モル%）において、約 40 から約 80 の範囲の  $\text{SiO}_2$ 、約 10 から約 30 の範囲の  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、約 0 から約 10 の範囲の  $\text{B}_2\text{O}_3$ 、約 0 から約 20 の範囲の  $\text{R}_2\text{O}$ 、および約 0 から約 15 の範囲の RO を含む組成を有するガラスを含み得る。場合により、当該組成は、約 0 モル% から約 5 モ

10

20

30

40

50

ル%の範囲の $ZrO_2$ および約0から約15モル%の範囲の $P_2O_5$ のどちらか一方または両方を含み得る。 $TiO_2$ は、約0モル%から約2モル%において存在することができる。

【0118】

いくつかの実施形態において、当該ガラス組成は、モル%において、約45から約80、約45から約75、約45から約70、約45から約65、約45から約60、約45から約65、約45から約65、約50から約70、約55から約70、約60から約70、約70から約75、または約50から約65の範囲の量において $SiO_2$ を含み得る。

【0119】

いくつかの実施形態において、当該ガラス組成は、モル%において、約5から約28、約5から約26、約5から約25、約5から約24、約5から約22、約5から約20、約6から約30、約8から約30、約10から約30、約12から約30、約14から約30、約16から約30、約18から約30、または約18から約28の範囲の量において $Al_2O_3$ を含み得る。

【0120】

1つ以上の実施形態において、当該ガラス組成は、モル%において、約0から約8、約0から約6、約0から約4、約0.1から約8、約0.1から約6、約0.1から約4、約1から約10、約2から約10、約4から約10、約2から約8、約0.1から約5、または約1から約3の範囲の量において $B_2O_3$ を含み得る。場合により、当該ガラス組成は、実質的に $B_2O_3$ を含み得ない。本明細書において使用される場合、組成の成分に関する「実質的に含まない」なる語句は、当該成分が、初期バッチ形成の際に当該組成に能動的にまたは意図的には加えられないが、約0.001モル%未満の量において不純物として存在し得ることを意味する。

【0121】

いくつかの実施形態において、当該ガラス組成は、1種または複数種のアルカリ土類金属酸化物、例えば、 $MgO$ 、 $CaO$ 、および $ZnO$ など、を含み得る。いくつかの実施形態において、当該1種または複数種のアルカリ土類金属酸化物の総量は、最大で約15モル%までのゼロでない量であり得る。1つ以上の特定の実施形態において、当該アルカリ土類金属酸化物のいずれの総量も、最大で約14モル%まで、最大で約12モル%まで、最大で約10モル%まで、最大で約8モル%まで、最大で約6モル%まで、最大で約4モル%まで、最大で約2モル%まで、最大で約1.5モル%までのゼロでない量であり得る。いくつかの実施形態において、当該1種または複数種のアルカリ土類金属酸化物のモル%での総量は、約0.1から10、約0.1から8、約0.1から6、約0.1から5、約1から10、約2から10、または約2.5から8の範囲であり得る。 $MgO$ の量は、約0モル%から約5モル%（例えば、約2モル%から約4モル%）の範囲であり得る。 $ZnO$ の量は、約0から約2モル%の範囲であり得る。 $CaO$ の量は、約0モル%から約2モル%であり得る。1つ以上の実施形態において、当該ガラス組成は、 $MgO$ を含み得、ならびに、 $CaO$ および $ZnO$ を実質的に含み得ない。一変形例において、当該ガラス組成は、 $CaO$ または $ZnO$ のどちらか一方を含み得、ならびに $MgO$ 、 $CaO$ 、および $ZnO$ のうちの残りの方を実質的に含み得ない。1つ以上の特定の実施形態において、当該ガラス組成は、 $MgO$ 、 $CaO$ 、および $ZnO$ の当該アルカリ土類金属酸化物のうちの2種のみを含み得、ならびに当該土類金属酸化物の残りの1種を実質的に含み得ない。

【0122】

当該ガラス組成におけるアルカリ金属酸化物 $R_2O$ のモル%での総量は、約5から約20、約5から約18、約5から約16、約5から約15、約5から約14、約5から約12、約5から約10、約5から約8、約5から約20、約6から約20、約7から約20、約8から約20、約9から約20、約10から約20、約6から約13、または約8から約12の範囲であり得る。

【0123】

1つ以上の実施形態において、当該ガラス組成は、約0モル%から約18モル%、約0モル%から約16モル%、または約0モル%から約14モル%、約0モル%から約10モル%、約0モル%から約5モル%、約0モル%から約2モル%、約0.1モル%から約6モル%、約0.1モル%から約5モル%、約1モル%から約5モル%、約2モル%から約5モル%、または約10モル%から約20モル%の範囲の量において $\text{Na}_2\text{O}$ を含む。

【0124】

いくつかの実施形態において、 $\text{Li}_2\text{O}$ および $\text{Na}_2\text{O}$ の量は、成形性およびイオン交換性のバランスを取るための特定の量または比率に制御される。例えば、 $\text{Li}_2\text{O}$ の量が増加すると、液相線粘度が低下し得、その結果、いくつかの成形方法を使用することが妨げられ得るが、そのようなガラス組成は、本明細書において説明されるように、より深いDOCレベルにイオン交換される。 $\text{Na}_2\text{O}$ の量は、液相線粘度を変えることができるが、より深いDOCレベルへのイオン交換を阻害し得る。

10

【0125】

1つ以上の実施形態において、当該ガラス組成は、約5モル%未満、約4モル%未満、約3モル%未満、約2モル%未満、または約1モル%未満の量において $\text{K}_2\text{O}$ を含み得る。1つ以上の代替の実施形態において、当該ガラス組成は、本明細書において定義されるように、実質的に $\text{K}_2\text{O}$ を含み得ない。

【0126】

1つ以上の実施形態において、当該ガラス組成は、約0モル%から約18モル%、約0モル%から約15モル%、または約0モル%から約10モル%、約0モル%から約8モル%、約0モル%から約6モル%、約0モル%から約4モル%、または約0モル%から約2モル%の量において $\text{Li}_2\text{O}$ を含み得る。いくつかの実施形態において、当該ガラス組成は、約2モル%から約10モル%、約4モル%から約10モル%、約6モル%から約10モル%、または約5モル%から約8モル%の量において $\text{Li}_2\text{O}$ を含み得る。1つ以上の代替の実施形態において、当該ガラス組成は、本明細書において定義されるように、実質的に $\text{Li}_2\text{O}$ を含み得ない。

20

【0127】

1つ以上の実施形態において、当該ガラス組成は、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ を含み得る。そのような実施形態において、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ は、約1モル%未満、約0.9モル%未満、約0.8モル%未満、約0.7モル%未満、約0.6モル%未満、約0.5モル%未満、約0.4モル%未満、約0.3モル%未満、約0.2モル%未満、約0.1モル%未満、ならびにその間のすべての範囲および部分範囲の量において存在し得る。1つ以上の代替の実施形態において、当該ガラス組成は、本明細書において定義されるように、実質的に $\text{Fe}_2\text{O}_3$ を含み得ない。

30

【0128】

1つ以上の実施形態において、当該ガラス組成は、 $\text{ZrO}_2$ を含み得る。そのような実施形態において、 $\text{ZrO}_2$ は、約1モル%未満、約0.9モル%未満、約0.8モル%未満、約0.7モル%未満、約0.6モル%未満、約0.5モル%未満、約0.4モル%未満、約0.3モル%未満、約0.2モル%未満、約0.1モル%未満、ならびにその間のすべての範囲および部分範囲の量において存在し得る。1つ以上の代替の実施形態において、当該ガラス組成は、本明細書において定義されるように、実質的に $\text{ZrO}_2$ を含み得ない。

40

【0129】

1つ以上の実施形態において、当該ガラス組成は、約0モル%から約10モル%、約0モル%から約8モル%、約0モル%から約6モル%、約0モル%から約4モル%、約0.1モル%から約10モル%、約0.1モル%から約8モル%、約4モル%から約8モル%、または約5モル%から約8モル%の範囲において $\text{P}_2\text{O}_5$ を含み得る。場合により、当該ガラス組成は、実質的に $\text{P}_2\text{O}_5$ を含み得ない。

【0130】

1つ以上の実施形態において、当該ガラス組成は、 $\text{TiO}_2$ を含み得る。そのような実

50

施形態において、 $\text{TiO}_2$  は、約 6 モル % 未満、約 4 モル % 未満、約 2 モル % 未満、または約 1 モル % 未満の量において存在し得る。1 つ以上の代替の実施形態において、当該ガラス組成は、本明細書において定義されるように、 $\text{TiO}_2$  を実質的に含み得ない。いくつかの実施形態において、 $\text{TiO}_2$  は、約 0.1 モル % から約 6 モル % または約 0.1 モル % から約 4 モル % の範囲の量において存在する。いくつかの実施形態において、当該ガラス組成は、 $\text{TiO}_2$  を実質的に含み得ない。

#### 【0131】

いくつかの実施形態において、当該ガラス組成は、様々な組成関係を有し得る。例えば、当該ガラス組成は、約 0.5 から約 1 の範囲の、 $\text{R}_2\text{O}$  の総量 (モル %) に対する  $\text{Li}_2\text{O}$  の量 (モル %) の比を有し得る。いくつかの実施形態において、当該ガラス組成は、約 5 から約 10 の範囲の、 $\text{R}_2\text{O}$  の総量 (モル %) と  $\text{Al}_2\text{O}_3$  の量 (モル %) との間の差を有し得る。場合により、当該ガラス組成は、約 0 から約 3 の範囲の、 $\text{R}_x\text{O}$  の総量 (モル %) と  $\text{Al}_2\text{O}_3$  の量 (モル %) との間の差を有し得る。1 つ以上の実施形態のガラス組成は、約 0 から約 2 の範囲の、 $\text{RO}$  の総量 (モル %) に対する  $\text{MgO}$  の量 (モル %) の比を示し得る。

#### 【0132】

いくつかの実施形態において、当該ガラス基材のために使用される組成は、0 から 2 モル % の、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{NaCl}$ 、 $\text{NaF}$ 、 $\text{NaBr}$ 、 $\text{K}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{KCl}$ 、 $\text{KF}$ 、 $\text{KBr}$ 、および  $\text{SnO}_2$  を含む群から選択される少なくとも 1 種の清澄剤と共にバッチ処理され得る。1 つ以上の実施形態によるガラス組成は、さらに、約 0 から約 2、約 0 から約 1、約 0.1 から約 2、約 0.1 から約 1、または約 1 から約 2 の範囲の  $\text{SnO}_2$  を含む。本明細書において開示されるガラス組成は、 $\text{As}_2\text{O}_3$  および / または  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  を実質的に含み得ない。

#### 【0133】

1 つ以上の実施形態において、当該組成は、詳細には、62 モル % から 75 モル % の  $\text{SiO}_2$ 、10.5 モル % から約 17 モル % の  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、5 モル % から約 13 mol % の  $\text{Li}_2\text{O}$ 、0 モル % から約 4 モル % の  $\text{ZnO}$ 、0 モル % から約 8 モル % の  $\text{MgO}$ 、2 モル % から約 5 モル % の  $\text{TiO}_2$ 、0 モル % から約 4 モル % の  $\text{B}_2\text{O}_3$ 、0 モル % から約 5 モル % の  $\text{Na}_2\text{O}$ 、0 モル % から約 4 モル % の  $\text{K}_2\text{O}$ 、0 モル % から約 2 モル % の  $\text{ZrO}_2$ 、0 モル % から約 7 モル % の  $\text{P}_2\text{O}_5$ 、0 モル % から約 0.3 モル % の  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、0 モル % から約 2 モル % の  $\text{MnO}_x$ 、および 0.05 モル % から約 0.2 モル % の  $\text{SnO}_2$  を含む。

#### 【0134】

1 つ以上の実施形態において、当該組成は、67 モル % から約 74 モル % の  $\text{SiO}_2$ 、11 モル % から約 15 モル % の  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、5.5 モル % から約 9 モル % の  $\text{Li}_2\text{O}$ 、0.5 モル % から約 2 モル % の  $\text{ZnO}$ 、2 モル % から約 4.5 モル % の  $\text{MgO}$ 、3 モル % から約 4.5 モル % の  $\text{TiO}_2$ 、0 モル % から約 2.2 モル % の  $\text{B}_2\text{O}_3$ 、0 モル % から約 1 モル % の  $\text{Na}_2\text{O}$ 、0 モル % から約 1 モル % の  $\text{K}_2\text{O}$ 、0 モル % から約 1 モル % の  $\text{ZrO}_2$ 、0 モル % から約 4 モル % の  $\text{P}_2\text{O}_5$ 、0 モル % から約 0.1 モル % の  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、0 モル % から約 1.5 モル % の  $\text{MnO}_x$ 、および 0.08 モル % から約 0.16 モル % の  $\text{SnO}_2$  を含み得る。

#### 【0135】

1 つ以上の実施形態において、当該組成は、70 モル % から 75 モル % の  $\text{SiO}_2$ 、10 モル % から約 15 モル % の  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、5 モル % から約 13 モル % の  $\text{Li}_2\text{O}$ 、0 モル % から約 4 モル % の  $\text{ZnO}$ 、0.1 モル % から約 8 モル % の  $\text{MgO}$ 、0 モル % から約 5 モル % の  $\text{TiO}_2$ 、0.1 モル % から約 4 モル % の  $\text{B}_2\text{O}_3$ 、0.1 モル % から約 5 モル % の  $\text{Na}_2\text{O}$ 、0 モル % から約 4 モル % の  $\text{K}_2\text{O}$ 、0 モル % から約 2 モル % の  $\text{ZrO}_2$ 、0 モル % から約 7 モル % の  $\text{P}_2\text{O}_5$ 、0 モル % から約 0.3 モル % の  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、0 モル % から約 2 モル % の  $\text{MnO}_x$ 、および 0.05 モル % から約 0.2 モル % の  $\text{SnO}_2$  を含み得る。

## 【0136】

1つ以上の実施形態において、当該組成は、52モル%から約63モル%の $\text{SiO}_2$ 、11モル%から約15モル%の $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、5.5モル%から約9モル%の $\text{Li}_2\text{O}$ 、0.5モル%から約2モル%の $\text{ZnO}$ 、2モル%から約4.5モル%の $\text{MgO}$ 、3モル%から約4.5モル%の $\text{TiO}_2$ 、0モル%から約2.2モル%の $\text{B}_2\text{O}_3$ 、0モル%から約1モル%の $\text{Na}_2\text{O}$ 、0モル%から約1モル%の $\text{K}_2\text{O}$ 、0モル%から約1モル%の $\text{ZrO}_2$ 、0モル%から約4モル%の $\text{P}_2\text{O}_5$ 、0モル%から約0.1モル%の $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、0モル%から約1.5モル%の $\text{MnO}_x$ 、および0.08モル%から約0.16モル%の $\text{SnO}_2$ を含み得る。

## 【0137】

10

いくつかの実施形態において、当該組成は、 $\text{B}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、および $\text{ZrO}_2$ のうちのいずれか1つ以上を実質的に含み得ない。

## 【0138】

1つ以上の実施形態において、当該組成は、少なくとも0.5モル%の $\text{P}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、および任意選択により $\text{Li}_2\text{O}$ を含み得、この場合、 $\text{Li}_2\text{O}$ (モル%)/ $\text{Na}_2\text{O}$ (モル%)<1である。さらに、これらの組成は、 $\text{B}_2\text{O}_3$ および $\text{K}_2\text{O}$ を実質的に含み得ない。いくつかの実施形態において、当該組成は、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{MgO}$ 、および $\text{SnO}_2$ を含み得る。

## 【0139】

いくつかの実施形態において、当該組成は、約58モル%から約65モル%の $\text{SiO}_2$ 、約11モル%から約19モル%の $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、約0.5モル%から約3モル%の $\text{P}_2\text{O}_5$ 、約6モル%から約18モル%の $\text{Na}_2\text{O}$ 、0モル%から約6モル%の $\text{MgO}$ 、および0モル%から約6モル%の $\text{ZnO}$ を含み得る。ある特定の実施形態において、当該組成は、約63モル%から約65モル%の $\text{SiO}_2$ 、11モル%から約17モル%の $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、約1モル%から約3モル%の $\text{P}_2\text{O}_5$ 、約9モル%から約20モル%の $\text{Na}_2\text{O}$ 、0モル%から約6モル%の $\text{MgO}$ 、および0モル%から約6モル%の $\text{ZnO}$ を含み得る。

20

## 【0140】

いくつかの実施形態において、当該組成は、以下の組成関係： $\text{R}_2\text{O}$ (モル%)/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ (モル%)<2を含み得、この場合、 $\text{R}_2\text{O} = \text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ である。いくつかの実施形態において、 $65\text{モル}\% < \text{SiO}_2(\text{モル}\%) + \text{P}_2\text{O}_5(\text{モル}\%) < 67\text{モル}\%$ である。ある特定の実施形態において、 $\text{R}_2\text{O}(\text{モル}\%) + \text{R}'\text{O}(\text{モル}\%) - \text{Al}_2\text{O}_3(\text{モル}\%) + \text{P}_2\text{O}_5(\text{モル}\%) > -3\text{モル}\%$ であり、この場合、 $\text{R}_2\text{O} = \text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ であり、ならびに、 $\text{R}'\text{O}$ は、当該組成中に存在する二価の金属酸化物の総量である。

30

## 【0141】

本明細書において説明される、化学強化する前のガラス物品の、他の例示的組成を表1に示す。

## 【0142】

【表 1】

表 1：化学強化する前の例示的組成

Mol%	実施例 A	実施例 B	実施例 C	実施例 D	実施例 E	実施例 F
SiO <sub>2</sub>	71.8	69.8	69.8	69.8	69.8	69.8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.1	13	13	13	13	13
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2	2.5	4	2.5	2.5	4
Li <sub>2</sub> O	8	8.5	8	8.5	8.5	8
MgO	3	3.5	3	3.5	1.5	1.5
ZnO	1.8	2.3	1.8	2.3	2.3	1.8
Na <sub>2</sub> O	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
TiO <sub>2</sub>	0	0	0	1	1	1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0	0	0.8	0.8	0.8
SnO <sub>2</sub>	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

10

Mol%	実施例 G	実施例 H	実施例 I	実施例 J	実施例 K	実施例 L	実施例 M	実施例 N
SiO <sub>2</sub>	70.18	70.91	71.28	71.65	71.65	71.65	74.77	72.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.50	12.78	12.93	13.07	13.07	13.07	10.00	12.50
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.91	1.95	1.98	2.00	2.00	2.00	1.99	2.00
Li <sub>2</sub> O	7.91	7.95	7.96	7.98	6.98	5.00	6.13	6.00
Na <sub>2</sub> O	4.43	2.43	1.42	0.41	1.41	3.40	3.97	0.50
MgO	2.97	2.98	2.99	3.00	3.00	3.00	2.94	2.10
ZnO	0.00	0.89	1.34	1.80	1.80	1.80	0.00	0.00
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	4.90
SnO <sub>2</sub>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Li <sub>2</sub> O/R <sub>2</sub> O	0.64	0.77	0.85	0.95	0.83	0.60	0.61	0.92
R <sub>2</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0.16	-2.41	-3.54	-4.68	-4.68	-4.67	0.10	-6.00
R <sub>x</sub> O-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.81	1.47	0.79	0.12	0.12	0.13	3.09	1.00
MgO/RO	1.00	0.77	0.69	0.63	0.63	0.63	1.00	1.00
R <sub>2</sub> O	12.34	10.38	9.39	8.39	8.39	8.40	10.10	6.50
RO	2.97	3.88	4.34	4.79	4.79	4.79	2.99	7.00

20

30

## 【0143】

本明細書において説明する、化学強化する前のガラス系の物品の他の例示的組成を表 1 A に示す。表 1 A に一覧された実施例において特定した、選択した物理特性を表 1 B n に一覧する。表 1 B に一覧される物理特性は、密度、低温および高温 C T E、ひずみ点温度、アニール点温度、および軟化点温度、 $10^{-11}$  ポアズ温度、35 k P 温度、200 k P 温度、液相線温度、およびジルコン分解温度、ジルコン分解粘度および液相線粘度、ボアソン比、ヤング率、屈折率、および応力光係数を含む。いくつかの実施形態において、本明細書において説明するガラス系の物品およびガラス基材は、30 ppm / 以下の高温 C T E および / または少なくとも 70 G P a のヤング率を有し、いくつかの実施形態では、最大で 80 G P a までのヤング率を有する。

40

## 【0144】



【表 1 A - 1】

表 1A：化学強化する前の例示的組成

組成 (mol%)	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6	実施例 7
SiO <sub>2</sub>	63.77	64.03	63.67	63.91	64.16	63.21	63.50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.44	12.44	11.83	11.94	11.94	11.57	11.73
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.43	2.29	2.36	2.38	1.92	1.93	1.93
Li <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na <sub>2</sub> O	16.80	16.81	16.88	16.78	16.80	17.63	16.85
ZnO	0.00	4.37	0.00	4.93	0.00	5.59	5.93
MgO	4.52	0.02	5.21	0.02	5.13	0.02	0.01
SnO <sub>2</sub>	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
R <sub>2</sub> O/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.35	1.35	1.43	1.41	1.41	1.52	1.44
Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(R <sub>2</sub> O + RO) - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	6.45	6.46	7.89	7.40	8.07	9.74	9.14

10

組成 (mol%)	実施例 8	実施例 9	実施例 10	実施例 11	実施例 12	実施例 13	実施例 14
SiO <sub>2</sub>	63.37	63.43	63.56	63.58	63.66	63.62	63.67
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.72	12.49	12.63	12.59	12.91	12.85	12.89
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.00	2.32	2.46	2.46	2.43	2.45	2.47
Li <sub>2</sub> O	0.00	0.00	1.42	2.87	0.00	1.42	2.92
Na <sub>2</sub> O	16.84	17.16	15.45	14.04	16.89	15.48	13.92
ZnO	6.00	4.54	4.43	4.41	4.04	4.12	4.06
MgO	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
SnO <sub>2</sub>	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
R <sub>2</sub> O/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.44	1.37	1.34	1.34	1.31	1.31	1.31
Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.09	0.20	0.00	0.09	0.21
(R <sub>2</sub> O + RO) - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	9.14	6.90	6.22	6.29	5.62	5.72	5.57

20

30

組成 (mol%)	実施例 15	実施例 16	実施例 17	実施例 18	実施例 19	実施例 20	実施例 21
SiO <sub>2</sub>	63.55	63.80	63.76	63.88	63.74	64.03	63.68
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.92	12.90	12.95	13.48	13.37	13.26	13.19
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.35	2.34	2.37	2.31	2.34	2.29	2.46
Li <sub>2</sub> O	0.00	1.47	2.94	0.00	1.48	2.94	0.00
Na <sub>2</sub> O	17.97	16.36	14.85	17.20	15.96	14.37	16.84
ZnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.77
MgO	3.17	3.08	3.09	3.08	3.08	3.06	0.02
SnO <sub>2</sub>	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.05
R <sub>2</sub> O/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.39	1.38	1.37	1.28	1.30	1.31	1.28
Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	0.00	0.09	0.20	0.00	0.09	0.20	0.00
(R <sub>2</sub> O + RO) - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	5.87	5.67	5.56	4.48	4.81	4.83	4.98

40

【表 1 A - 2】

組成 (mol%)	実施例 22	実施例 23	実施例 24	実施例 25	実施例 26	実施例 27	実施例 28
SiO <sub>2</sub>	63.66	63.76	63.67	63.73	63.73	63.64	63.76
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.15	15.31	13.87	14.82	12.93	16.62	16.59
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.47	2.44	2.47	2.43	2.48	2.47	2.47
Li <sub>2</sub> O	1.49	2.98	1.50	2.96	0.00	2.52	4.91
Na <sub>2</sub> O	15.31	13.79	15.36	13.93	16.83	14.68	12.20
ZnO	2.85	1.64	0.00	0.00	2.98	0.00	0.00
MgO	0.03	0.03	3.09	2.08	1.00	0.03	0.03
SnO <sub>2</sub>	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
R <sub>2</sub> O/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.19	1.10	1.22	1.14	1.30	1.03	1.03
Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	0.10	0.22	0.10	0.21	0.00	0.17	0.40
(R <sub>2</sub> O + RO) - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3.05	0.70	3.61	1.72	5.40	-1.86	-1.92

10

組成 (mol%)	実施例 29	実施例 30	実施例 31	実施例 32	実施例 33	実施例 34	実施例 35
SiO <sub>2</sub>	63.89	63.92	63.77	63.73	63.70	63.65	63.87
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.55	15.29	15.27	15.30	15.27	15.22	15.29
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.47	2.24	2.31	2.39	2.40	2.48	2.37
Li <sub>2</sub> O	7.27	3.46	2.98	4.02	4.46	4.96	5.39
Na <sub>2</sub> O	9.74	13.46	13.99	12.91	12.51	11.99	11.44
ZnO	0.00	1.56	1.61	1.57	1.58	1.63	1.57
MgO	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02
SnO <sub>2</sub>	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04
R <sub>2</sub> O/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.03	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.10
Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	0.75	0.26	0.21	0.31	0.36	0.41	0.47
(R <sub>2</sub> O + RO) - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-1.98	0.97	1.01	0.84	0.90	0.91	0.76

20

30

組成 (mol%)	実施例 36	実施例 37	実施例 38	実施例 39	実施例 40	実施例 41	実施例 42
SiO <sub>2</sub>	63.69	63.75	63.70	63.62	63.74	63.77	63.77
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.26	15.30	15.27	15.23	15.27	15.27	15.33
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.45	2.42	2.45	2.46	2.47	2.46	2.44
Li <sub>2</sub> O	2.96	2.98	3.94	3.98	4.93	4.93	2.91
Na <sub>2</sub> O	13.50	13.46	12.54	12.57	11.49	11.50	13.94
ZnO	2.06	2.01	2.03	2.06	2.03	2.00	0.00
MgO	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	1.57
SnO <sub>2</sub>	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04
R <sub>2</sub> O/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.08	1.08	1.08	1.09	1.08	1.08	1.10
Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	0.22	0.22	0.31	0.32	0.43	0.43	0.21
(R <sub>2</sub> O + RO) - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.83	0.77	0.80	0.95	0.73	0.73	0.66

40

【表 1 A - 3】

組成 (mol%)	実施例 43	実施例 44	実施例 45	実施例 46	実施例 47	実施例 48	実施例 49
SiO <sub>2</sub>	63.69	63.81	63.65	63.71	63.62	63.65	63.62
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.25	15.26	15.33	15.32	15.24	15.68	15.67
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.43	2.41	2.46	2.44	2.47	2.44	2.48
Li <sub>2</sub> O	4.00	4.89	2.96	4.01	4.91	6.07	6.06
Na <sub>2</sub> O	13.01	12.03	13.29	12.25	11.42	10.93	10.53
ZnO	0.00	0.00	2.24	2.20	2.27	1.17	1.57
MgO	1.57	1.56	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
SnO <sub>2</sub>	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05
R <sub>2</sub> O/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.12	1.11	1.06	1.06	1.07	1.08	1.06
Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	0.31	0.41	0.22	0.33	0.43	0.56	0.58
(R <sub>2</sub> O + RO) - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.90	0.81	0.73	0.73	0.91	0.08	0.04

10

組成 (mol%)	実施例 50	実施例 51	実施例 52	実施例 53	実施例 54	実施例 55	実施例 56
SiO <sub>2</sub>	63.60	63.89	63.84	63.90	63.88	64.74	60.17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.65	16.09	16.47	16.87	16.97	15.25	18.58
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.46	2.42	2.43	2.43	2.42	0.98	1.90
Li <sub>2</sub> O	6.13	6.80	7.84	8.75	9.78	5.28	5.16
Na <sub>2</sub> O	10.29	9.97	8.96	7.99	6.88	12.09	12.58
ZnO	1.81	0.78	0.39	0.00	0.00	1.61	1.55
MgO	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
SnO <sub>2</sub>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03
R <sub>2</sub> O/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.05	1.04	1.02	0.99	0.98	1.14	0.96
Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	0.60	0.68	0.87	1.10	1.42	0.44	0.41
(R <sub>2</sub> O + RO) - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.14	-0.94	-1.68	-2.54	-2.70	2.78	-1.16

20

30

組成 (mol%)	実施例 57	実施例 58	実施例 59	実施例 60	実施例 61	実施例 62	実施例 63	実施例 64
SiO <sub>2</sub>	58.32	63.3	63.3	63.3	63.3	63.3	63.3	63.46
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.95	15.25	15.65	16.2	15.1	15.425	15.7	15.71
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.42	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.45
Li <sub>2</sub> O	4.96	6	7	7.5	6	7	7.5	6.37
Na <sub>2</sub> O	13.74	10.7	9.7	9.45	10.55	9.475	8.95	10.69
ZnO	1.56	1.2	0.8	0	2.5	2.25	2	1.15
MgO	0.02	1	1	1	0	0	0	0.06
SnO <sub>2</sub>	0.03	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04
R <sub>2</sub> O/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.99	1.10	1.07	1.05	1.10	1.07	1.05	1.09
Li <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	0.36	0.56	0.72	0.79	0.57	0.74	0.84	0.6
(R <sub>2</sub> O + RO) - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-1.09	1.15	0.35	-0.75	1.45	0.80	0.25	-1.1

40

【 0 1 4 7 】

## 【表 1 B - 1】

表 1B：表 1B に一覧されるガラスの、選択される物理特性

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6	実施例 7
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.434	2.493	2.434	2.504	2.44	2.514	2.519
低温 CTE 25~300 °C (ppm/°C)	8.9	8.62	8.95	8.6	8.82	8.71	8.54
高温 CTE (ppm/°C)	17.67	19.1	17.16	21	18.12	20	20.11
ひずみ点 (°C)	630	591	612	580	605	580	589
アニール点 (°C)	683	641	662	628	651	629	639
10 <sup>11</sup> ポアズ温度 (°C)	770	725	748	710	734	711	721
軟化点 (°C)	937	888	919	873	909	868	874
T <sup>35 kP</sup> (°C)				1167	1180	1158	1160
T <sup>200 kP</sup> (°C)				1070	1083	1061	1064
ジルコン破壊温 度 (°C)		1205		1220	1170	1185	1205
ジルコン破壊粘 度 (P)				1.56 x10 <sup>4</sup>	4.15 x10 <sup>4</sup>	2.29 x10 <sup>4</sup>	1.74 x10 <sup>4</sup>
液相線温度 (°C)		980		990	975	990	1000
液相線粘度 (P)				1.15 x10 <sup>6</sup>	2.17 x10 <sup>6</sup>	9.39 x10 <sup>5</sup>	7.92 x10 <sup>5</sup>
ポアソン比	0.200	0.211	0.206	0.214	0.204	0.209	0.211
ヤング率 (GPa)	69.2	68.8	69.4	68.5	69.6	68.3	69.0
589.3 nm での屈 折率	1.4976	1.5025	1.4981	1.5029	1.4992	1.5052	1.506
応力光係数 (nm/mm/MPa)	2.963	3.158	3.013	3.198	2.97	3.185	3.234

【 0 1 4 8 】

【表 1 B - 2】

	実施例 8	実施例 9	実施例 10	実施例 11	実施例 12	実施例 13	E 実施例 14
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.516	2.501	2.498	2.493	2.493	2.492	2.486
低温 CTE 25~300 °C (ppm/°C)	8.35	8.67	8.87	8.49	8.65	8.71	8.49
高温 CTE (ppm/°C)	20.11	20.6	20.94		19.52	20.77	
ひずみ点 (°C)	590	589	591	584	600	579	588
アニール点 (°C)	641	639	640	628	652	620	630
10 <sup>11</sup> ポアズ温 度 (°C)	726	724	720	704	738	695	704
軟化点 (°C)	888	890	865	857	900	867	860
T <sup>35</sup> kP (°C)	1170	1176	1159	1139	1197	1169	
T <sup>200</sup> kP (°C)	1073	1080	1061	1041	1099	1070	
ジルコン破壊温 度 (°C)	1195	1195	1210	1225	1195	1195	1220
ジルコン破壊粘 度 (P)	2.33 x10 <sup>4</sup>	2.58 x10 <sup>4</sup>	1.60 x10 <sup>4</sup>	9.94 x10 <sup>3</sup>	3.63 x10 <sup>4</sup>	2.35 x10 <sup>4</sup>	
液相線温度 (°C)	1005	990	990	980	990	980	980
液相線粘度 (P)	8.69 x10 <sup>4</sup>	1.48E+0 6	9.02E+0 5	7.10E+0 5	2.19E+0 6	1.33E+0 6	
ポアソン比	0.211	0.205	0.208	0.209	0.209	0.210	0.217
ヤング率 (GPa)	69.0	68.7	71.4	73.5	68.4	71.6	74.0
589.3 nm での屈 折率	1.506	1.5036	1.505	1.5063	1.5026	1.5041	1.5052
応力光係数 (nm/mm/MPa)	3.234	3.194	3.157	3.131	3.18	3.156	3.131

【 0 1 4 9 】

10

20

30

【表 1 B - 3】

	実施例 15	実施例 16	実施例 17	実施例 18	実施例 19	実施例 20	実施例 21
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.433	2.429	2.426	2.431	2.428	2.433	2.486
低温 CTE 25~300 °C (ppm/°C)	9.15	9.16	8.83	8.97	8.97	8.79	8.45
高温 CTE (ppm/°C)	20	20	21	17.3	20		
ひずみ点 (°C)	615	606	599	633	616	611	602
アニール点 (°C)	662	659	653	684	670	665	653
10 <sup>11</sup> ポアズ温 度 (°C)	747	745	741	771	758	751	739
軟化点 (°C)	935	903	901	943	918	905	910
T <sup>35</sup> kP (°C)	1182	1166	1152	1221	1185	1167	1207
T <sup>200</sup> kP (°C)	1083	1066	1051	1122	1084	1066	1108
ジルコン破壊温 度 (°C)							
ジルコン破壊粘 度 (P)							
液相線温度 (°C)							
液相線粘度 (P)							
ポアソン比	0.203	0.207	0.205	0.209	0.199		0.207
ヤング率 (GPa)	68.9	71.2	72.7	69.4	70.9		68.1
589.3 nm での 屈折率	1.4964	1.4981	1.4991	1.4965	1.4984	1.5006	1.5019
応力光係数 (nm/mm/MPa)	2.994	3.022	2.982	2.979	2.99	0	3.173

【 0 1 5 0 】

10

20

30

【表 1 B - 4】

	実施例 22	実施例 23	実施例 24	実施例 25	実施例 26	実施例 27	実施例 28
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.468	2.448	2.434	2.428	2.47	2.419	2.414
低温 CTE 25~300 °C (ppm/°C)	8.6	8.23	8.91	8.25	8.66	8.52	8.17
高温 CTE (ppm/°C)	19.52		19.49				19.47
ひずみ点 (°C)	596	595	638	616	608	640	620
アニール点 (°C)	644	649	695	656	654	700	677
10 <sup>11</sup> ポアズ温 度 (°C)	728	741	785	732	736	798	771
軟化点 (°C)	905	922	941	925	911	978	946
T <sup>35</sup> kP (°C)	1217	1227	1209	1215	1209	1283	1249
T <sup>200</sup> kP (°C)	1115	1125	1109	1115	1107	1184	1150
ジルコン破壊温 度 (°C)	1185	1185	1180	1185			1185
ジルコン破壊粘 度 (P)	5.86E+ 04	6.91E+ 04	5.59E+04	5.72E+04			1.05E+05
液相線温度 (°C)	975	980	1080	1025			940
液相線粘度 (P)	4.14E+ 06	4.52E+ 06	3.56E+05	1.27E+06			2.92E+07
ポアソン比	0.210		0.204	0.210	0.212		0.213
ヤング率 (GPa)	71.4		71.6	73.5	68.8		76.9
589.3 nm での 屈折率	1.502	1.5025	1.4996	1.5008	1.5006	1.4987	1.5014
応力光係数 (nm/mm/MPa)	3.123	3.03	3.001	3.021	3.148	3.039	3.015

【 0 1 5 1 】

【表 1 B - 5】

	実施例 29	実施例 30	実施例 31	実施例 32	実施例 33	実施例 34	実施例 35
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.408	2.446	2.448	2.446	2.445	2.443	2.442
低温 CTE 25～300 °C (ppm/°C)	7.86	8.29	8.38	8.17	8.14	8.04	7.97
高温 CTE (ppm/°C)	18.57					19.71	
ひずみ点 (°C)	610	591	595	585	580	574	577
アニール点 (°C)	665	645	649	638	633	627	629
10 <sup>11</sup> ポアズ 温度 (°C)	755	736	740	726	722	717	717
軟化点 (°C)	924	915	919	894	894	895	890
T <sup>35</sup> kP (°C)	1216	1223	1227	1216	1210	1203	1196
T <sup>200</sup> kP (°C)	1120	1122	1126	1114	1108	1102	1095
ジルコン破 壊温度 (°C)	1210	1175	1180	1190	1195	1210	1205
ジルコン破 壊粘度 (P)	3.86E+04	7.72E+04	7.55E+04	5.29E+04	4.43E+04	3.14E+04	3.04E+ 04
液相線温度 (°C)	1080	990	975	975	975	975	980
液相線粘度 (P)	4.55E+05	3.28E+06	5.43E+06	3.80E+06	3.33E+06	3.02E+06	2.29E+ 06
ポアソン比	0.211	0.206	0.202	0.21	0.204	0.204	0.203
ヤング率 (GPa)	75.0	73.91	73.02	74.60	74.67	75.15	75.43
589.3 nm で の屈折率	1.5053	1.503	1.5025	1.5035	1.5041	1.5046	1.5053
応力光係数 (nm/mm/M Pa)	3.002	3.074	3.083	3.071	3.059	3.016	3.053

【 0 1 5 2 】



【表 1 B - 6】

	実施例 29	実施例 30	実施例 31	実施例 32	実施例 33	実施例 34	実施例 35
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.408	2.446	2.448	2.446	2.445	2.443	2.442
低温 CTE 25~300 °C (ppm/°C)	7.86	8.29	8.38	8.17	8.14	8.04	7.97
高温 CTE (ppm/°C)	18.57					19.71	
ひずみ点 (°C)	610	591	595	585	580	574	577
アニール点 (°C)	665	645	649	638	633	627	629
10 <sup>11</sup> ポアズ温度 (°C)	755	736	740	726	722	717	717
軟化点 (°C)	924	915	919	894	894	895	890
T <sup>35</sup> kP (°C)	1216	1223	1227	1216	1210	1203	1196
T <sup>200</sup> kP (°C)	1120	1122	1126	1114	1108	1102	1095
ジルコン破壊温 度 (°C)	1210	1175	1180	1190	1195	1210	1205
ジルコン破壊粘 度 (P)	3.86E +04	7.72E+ 04	7.55E+ 04	5.29E+04	4.43E+04	3.14E+04	3.04E+04
液相線温度 (°C)	1080	990	975	975	975	975	980
液相線粘度 (P)	4.55E +05	3.28E+ 06	5.43E+ 06	3.80E+06	3.33E+06	3.02E+06	2.29E+06
ポアソン比	0.211	0.206	0.202	0.21	0.204	0.204	0.203
ヤング率 (GPa)	75.0	73.91	73.02	74.60	74.67	75.15	75.43
589.3 nm での屈 折率	1.505 3	1.503	1.5025	1.5035	1.5041	1.5046	1.5053
応力光係数 (nm/mm/MPa)	3.002	3.074	3.083	3.071	3.059	3.016	3.053

【 0 1 5 3 】

10

20

30

【表 1 B - 7】

	実施例 36	実施例 37	実施例 38	実施例 39	実施例 40	実施例 41	実施例 42
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.453	2.453	2.452	2.451	2.449	2.449	2.425
低温 CTE 25~300 °C (ppm/°C)	8.17	8.14	7.97	8.01	7.79	7.9	8.54
高温 CTE (ppm/°C)					20.56		
ひずみ点 (°C)	595	595	584	587	578	584	617
アニール点 (°C)	649	649	638	640	630	637	663
10 <sup>11</sup> ポアズ温度 (°C)	740	741	729	730	718	726	746
軟化点 (°C)	918	921	905	907	894	901	929
T <sup>35</sup> kP (°C)	1229	1232	1212	1219	1200	1204	1232
T <sup>200</sup> kP (°C)	1128	1131	1111	1118	1100	1103	1132
ジルコン破壊温 度 (°C)	1185		1200		1210		
ジルコン破壊粘 度 (P)	7.20E+04		4.26E+04		3.00E+04		
液相線温度 (°C)	995		990		965		
液相線粘度 (P)	3.33E+06		2.51E+06		3.71E+06		
ポアソン比	0.208		0.206		0.206		
ヤング率 (GPa)	73.70		74.67		75.50		
589.3 nm での屈 折率	1.5032		1.5042		1.5054		1.5005
応力光係数 (nm/mm/MPa)	3.093		3.071		3.072		3.033

10

20

30

【 0 1 5 4 】

【表 1 B - 8】

	実施例 43	実施例 44	実施例 45	実施例 46	実施例 47	実施例 48	実施例 49	実施例 50
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.424	2.422	2.455	2.454	2.454	2.434	2.439	2.443
低温 CTE 熱膨 張係数 25~300°C(ppm/ °C)	8.48	8.34	8.03	7.88	7.76	7.87	7.71	7.63
高温 CTE 熱膨 張 係 数 (ppm/ °C)								
ひずみ点温度 (°C)	614	594	595	586	579	580	581	579
アニール点温 度(°C)	659	640	649	639	630	633	633	632
10 <sup>11</sup> ポアズ温 度(°C)	739	722	740	729	718	722	721	721
軟化点温度(°C)	912	899	918	909	898	892	893	895
T35kP 温度(°C)	1216	1204		1212	1200	1203	1203	1203
T200kP 温 度 (°C)	1116	1102		1113	1099	1105	1102	1103
ジルコン破壊 温度(°C)								
ジルコン破壊 粘度(P)								
液相線温度(°C)			985		965	1005	1010	1030
液相線粘度(P)					4.E+06	1.78E+ 06	1.34E+ 06	8.98E+ 05
ポアソン比						0.211	0.21	0.213
ヤング率(GPa)						76.32	76.60	76.81
589.3nm での 屈折率	1.5014	1.5026	1.5036	1.5047	1.5061	1.505	1.5059	1.5064
応 力 光 係 数 (nm/mm/MPa)	2.965	2.981	3.082	3.057	3.063	3.025	3.004	3.046

【 0 1 5 5 】

10

20

30

【表 1 B - 9】

	実施例 51	実施例 52	実施例 53	実施例 54	実施例 55	実施例 56	実施例 57
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.424	2.431	2.403	2.4	2.45	2.462	2.468
低温 CTE 25~300 °C (ppm/°C)	77.1	76.1	74.3	73.1	80.2	79.7	83.6
高温 CTE (ppm/°C)							
ひずみ点 (°C)	588	599	611	612	580	611	597
アニール点 (°C)	640	651	665	665	631	663	649
10 <sup>11</sup> ポアズ温 度 (°C)	728	738	753	752	718	750	735
軟化点 (°C)	900.4	907.5	916	912.5	892.2	915.6	899.4
T <sup>35 kP</sup> (°C)	1204	1209	1209	1202	1206	1205	1184
T <sup>200 kP</sup> (°C)	1106	1113	1113	1106	1102	1111	1093
ジルコン破壊 温度 (°C)							
ジルコン破壊 粘度 (P)							
液相線温度 (°C)	1060	1115	1160	1205			
液相線粘度 (P)	5.11E+05	1.90E+ 05	8.18E+04	3.32E+04			
ポアソン比	0.211	0.212	0.208	0.214			
ヤング率 (GPa)	77.01	78.05	77.57	78.74			
589.3 nm での 屈折率	1.5054	1.5055	1.5059	1.5072			
応力光係数 (nm/mm/MPa )	3.011	2.98	2.982	2.964			

10

20

30

【 0 1 5 6 】

【表 1 B - 1 0】

	実施例 64
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.428
CTE 25-300 °C (ppm/°C)	7.8
ひずみ点 (°C)	571
アニール点 (°C)	622
10 <sup>11</sup> ポアズ温度 (°C)	
軟化点 (°C)	881.4
T <sup>35 kP</sup> (°C)	
T <sup>200 kP</sup> (°C)	1645
ジルコン破壊温 度 (°C)	
ジルコン破壊粘 度 (P)	
液相線温度 (°C)	1000
液相線粘度 (P)	152428 0
ポアソン比	0.211
ヤング率 (GPa)	76.3
589.3 nm での屈 折率	1.51
応力光係数 (nm/mm/MPa)	3.02

10

20

## 【0 1 5 7】

当該ガラス物品がガラス - セラミックを含む場合、結晶相は、 - スポジュメン、ルチ  
ル、ガーナイト、または他の既知の結晶相、ならびにそれらの組み合わせを含み得る。

30

## 【0 1 5 8】

当該ガラス物品は、実質的に平坦であり得るが、他の実施形態は、湾曲した基材または  
それ以外の形状の基材または造形された基材を利用することができる。場合により、当該  
ガラス物品は、3 Dまたは2 . 5 Dの形状を有し得る。当該ガラス物品は、実質的に光学  
的に明瞭で、透明であり得、ならびに光散乱を有し得ない。当該ガラス物品は、約1 . 4  
5 から約1 . 5 5 の範囲の屈折率を有し得る。本明細書において使用される場合、屈折率  
値は、5 5 0 nmの波長に関するものである。

## 【0 1 5 9】

追加的に、または二者択一的に、当該ガラス物品の厚さは、1 つ以上の寸法に沿って一  
定であり得るか、または、美観的および / または機能的理由から、その寸法の1 つ以上に  
沿って変えてもよい。例えば、ガラス物品の端部は、当該ガラス物品におけるより中央の  
領域と比べて厚くてもよい。当該ガラス物品の長さ、幅、および厚さの寸法も、当該物品  
の用途または使用方法に従って変えてもよい。

40

## 【0 1 6 0】

当該ガラス物品は、それが形成された方法によって特徴付けられる。例えば、当該ガラ  
ス物品は、フロート成形可能 (すなわち、フロート法によって形成される)、ダウンドロ  
ー可能、特に、フュージョン成形可能またはスロットドロアー可能 (すなわち、ダウンドロ  
ー法、例えば、フュージョンドロー法またはスロットドロアー法によって形成される) とし  
て特徴付けることができる。

50

## 【0161】

フロート成形可能なガラス物品は、溶融ガラスを溶融金属、典型的にはスズ、の床の上に流すことによって作製される滑らかな表面および均一な厚さによって特徴付けることができる。例示的プロセスにおいて、溶融スズ床の表面上に供給される溶融ガラスは、浮遊ガラスリボンを形成する。当該ガラスリボンは、スズ床に沿って流れる際に、スズからローラー上へと持ち上げることができる固体ガラス物品へと固化するまで温度は徐々に下がる。当該浴から持ち上げられると、当該ガラス物品はさらに冷却され得て、内部応力を減らすためにアニール処理され得る。当該ガラス物品がガラスセラミックである場合、フロート法によって形成されたガラス物品は、セラミック化プロセスを施すことができ、それにより、1つ以上の結晶相が生成される。

10

## 【0162】

ダウンドロー法では、比較的無傷なままの表面を有する、均一な厚さのガラス物品が製造される。当該ガラス物品の平均曲げ強度は、表面のキズの量およびサイズによって影響を受けるため、最小限しか接触していない無傷なままの表面は、より高い初期強度を有する。次いでこの高強度ガラス物品がさらに（例えば、化学的に）強化されると、結果として得られる強度は、ラップ研磨およびポリッシュ研磨された表面を有するガラス物品より高くなり得る。ダウンドローガラス物品は、約2mm未満の厚さに板引きされ得る。さらに、ダウンドローされたガラス物品は、コスト高な研削およびポリッシュ研磨を行うことなく最終用途において使用することができる、非常に平坦で滑らかな表面を有する。当該ガラス物品がガラスセラミックである場合、ダウンドロー法によって形成されたガラス物品は、1つ以上の結晶相を生成させるセラミック化プロセスを施してもよい。

20

## 【0163】

フュージョンドロー法は、例えば、溶融したガラス原材料を受け入れるための経路を有するドロータンクを使用する。当該経路は、当該その両側に、経路の長さに沿って上部が開放された堰を有している。当該経路が溶融材料で満たされると、溶融ガラスは堰からオーバーフローする。重力により、当該溶融ガラスは、2つの流動するガラスフィルムとして、ドロータンクの外側表面を下方へと流れる。当該ドロータンクのこれらの外側表面は、下方へとそして内部方向へと延びており、そのため、溶融ガラスは、ドロータンクの下方の端部において合流する。当該2つの流動ガラスフィルムがこの端部において合わさることにより、融合して単一の流動するガラス物品を形成する。フュージョンドロー法は、経路を越えて流れる2つのガラスフィルムが一緒に融合するため、結果として生じるガラス物品のどちらの外側表面も、当該設備のいかなる部品にも接触していないという利点を提供する。したがって、フュージョンドローによるガラス物品の表面特性は、そのような接触による影響を受けない。当該ガラス物品がガラスセラミックである場合、フュージョン法によって形成されたガラス物品は、1つ以上の結晶相を生成させるセラミック化プロセスを施してもよい。

30

## 【0164】

スロットドロー法は、フュージョンドロー法とは異なっている。スロットドロー法では、溶融原材料ガラスが、ドロータンクへと提供される。ドロータンクの底には、スロットの長さに延びるノズルを備えた開口スロットがある。溶融ガラスは、当該スロット/ノズルを通して流れ、連続するガラス物品として下方のアニール処理領域へと板引きされる。当該ガラス物品がガラスセラミックである場合、スロットドロー法によって形成されたガラス物品は、1つ以上の結晶相を生成させるセラミック化プロセスを施してもよい。

40

## 【0165】

いくつかの実施形態において、当該ガラス物品は、「Precision Glass Roll Forming Process and Apparatus」の名称の米国特許第8,713,972号明細書、「Precision Roll Forming of Textured Sheet Glass」の名称の米国特許第9,003,835号明細書、「Methods And Apparatus For Forming A Glass Ribbon」の名称の米国特許公開第201500271

50

69号明細書、および「Apparatus and Method for Forming Thin Glass Articles」の名称の米国特許公開第20050099618号明細書に記載されているように、薄肉圧延法を使用して形成することができ、なお、これらの文献の内容は、参照によりその全体が本明細書に組み入れられる。より詳細には、当該ガラス物品は、溶融ガラスの垂直流を供給するステップと、約500以上または約600以上の表面温度に維持された1対の成形ロールによって、当該供給された溶融ガラスもしくはガラス-セラミックの流れを成形することにより、形成された厚さを有する形成されたガラスリボンを作成するステップと、ガラスの当該形成されたリボンを、約400以下の表面温度に維持された1対の寸法仕上げロールによって寸法仕上げすることにより、成形厚さより薄い所望の厚さおよび所望の厚さ均一性を有する、寸法仕上げされたガラスリボンを製造するステップと、によって形成され得る。当該ガラスリボンを成形するために使用される機器は、溶融ガラスの供給流を供給するためのガラス供給装置と；約500以上の表面温度に維持された1対の成形ロールであって、当該成形ロールの間にガラス成形ギャップを画成するようにお互いに密接に隣接して離間され、当該ガラス成形ギャップが、溶融ガラスの供給流を受け入れ、当該溶融ガラスの供給流を成形ロールの間において薄肉化して、成形厚さを有する形成されたガラスリボンを成形するために、ガラス供給装置の垂直下方に位置された成形ロールと；約400以下の表面温度に維持された1対の寸法仕上げロールであって、その間にガラス寸法仕上げギャップを画成するようにお互いに密接に隣接して離間され、当該ガラス寸法仕上げギャップが、当該成形されたガラスリボンを受け入れ、当該成形されたガラスリボンを薄肉化して、所望の厚さおよび所望の厚さ均一性を有するガラスリボンを製造するために、ガラス供給装置の垂直下方に位置された、寸法仕上げロールとを含み得る。

10

20

30

40

50

#### 【0166】

場合により、当該薄肉圧延法は、ガラスの粘度がフュージョンドロー法またはスロットドロー法の使用を許容しない場合に用いることができる。例えば、当該薄肉圧延法は、当該ガラスが100kP未満の液相線粘度を示す場合に、ガラス物品を形成するために用いることができる。

#### 【0167】

当該ガラス物品は、表面のキズの影響を除去または減らすために、酸研磨してもよく、または別の方法で処理してもよい。

#### 【0168】

本開示の別の態様は、破碎抵抗性ガラス物品を形成する方法に関する。当該方法は、約1ミリメートル以下の厚さを画成する、第一表面および第二表面を有するガラス基材を提供するステップと、本明細書において説明するように、ガラス基材に応力プロファイルを発生させることにより、破碎抵抗性ガラス物品を提供するステップとを含む。1つ以上の実施形態において、応力プロファイルを発生させるステップは、複数のアルカリイオンをガラス基材中へとイオン交換することにより、厚さに沿って広がる、アルカリ金属酸化物の非ゼロ濃度を含むアルカリ金属酸化物の濃度勾配を形成するステップを含む。一実施例において、応力プロファイルを発生させるステップは、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Rb}^+$ 、 $\text{Cs}^+$ の硝酸塩、またはそれらの組み合わせを含んだ、約350以上（例えば、約350から約500）の温度を有する溶融塩浴にガラス基材を浸漬するステップを含む。一実施例において、当該溶融浴は、 $\text{NaNO}_3$ を含み得、ならびに約485の温度を有し得る。別の実施例において、当該浴は、 $\text{NaNO}_3$ を含み得、ならびに約430の温度を有し得る。当該ガラス基材は、約2時間以上、最高で約48時間まで（例えば、約12時間から約48時間、約12時間から約32時間、約16時間から約32時間、約16時間から約24時間、または約24時間から約32時間）において当該浴に浸漬され得る。

#### 【0169】

いくつかの実施形態において、当該方法は、2つ以上の浴において連続浸漬ステップを使用することにより、2つ以上の段階においてガラス基材を化学強化またはイオン交換するステップを含む。例えば、2つ以上の浴を連続して使用してもよい。当該1つ以上の浴

の組み合わせは、同じ浴での単一の金属（例えば、 $\text{Ag}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Rb}^+$ 、または  $\text{Cs}^+$ ）または金属の組み合わせを含み得る。2つ以上の浴を用いる場合、当該浴は、お互いに同じまたは異なる組成および/または温度を有していてもよい。そのような各浴での浸漬時間は、同じであっても、または所望の応力プロファイルを提供するように変えてもよい。

#### 【0170】

1つ以上の実施形態において、より大きな表面CSを発生させるために、第二浴または後続の浴を利用してもよい。場合により、当該方法は、層の化学深さおよび/またはDOCに有意な影響を及ぼすことなく、ガラス材料を当該第二浴または後続の浴に浸漬させることにより、より大きな表面CSを発生させるステップを含む。そのような実施形態において、当該第二浴または後続の浴は、単一の金属（例えば、 $\text{KNO}_3$  または  $\text{NaNO}_3$ ）、または金属の組み合わせ（ $\text{KNO}_3$  および  $\text{NaNO}_3$ ）を含んでもよい。第二浴または後続の浴の温度は、より大きな表面CSを発生させるように適合させることができる。いくつかの実施形態において、第二浴または後続の浴へのガラス材料の浸漬時間も、層の化学深さおよび/またはDOCに影響を及ぼすことなく、より大きなCSを発生させるように適合させることができる。例えば、当該第二浴または後続の浴への浸漬時間は、10時間未満（例えば、約8時間以下、約5時間以下、約4時間以下、約2時間以下、約1時間以下、約30分以下、約15分以下、または約10分以下）であり得る。

10

#### 【0171】

1つ以上の二者択一の実施形態において、当該方法は、本明細書において説明されるイオン交換プロセスと組み合わせて使用することができる1つ以上の熱処理ステップを含み得る。当該熱処理は、所望の応力プロファイルを得るためにガラス物品を熱処理するステップを含む。いくつかの実施例において、熱処理ステップは、アニール処理ステップ、熱強化ステップ、またはガラス材料を約300 から約600 に加熱するステップを含む。当該熱処理は、1分から最長で約18時間まで継続され得る。いくつかの実施形態において、当該熱処理は、1つ以上のイオン交換プロセスの後、またはイオン交換プロセスの間に使用することができる。

20

#### 【実施例】

#### 【0172】

以下の実施例により、様々な実施形態をさらに明確にする。

30

#### 実施例 1

実施例 1 A ~ 1 B および比較例 1 C ~ 1 G によるガラス物品を、58モル%の $\text{SiO}_2$ 、16.5モル%の $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、17モル%の $\text{Na}_2\text{O}$ 、3モル%の $\text{MgO}$ 、および6.5モル%の $\text{P}_2\text{O}_5$ の名目上のガラス組成を有するガラス基材を提供することによって作製した。当該ガラス基材は、0.4mmの厚さならびに50mmの長さ寸法および幅寸法を有していた。表2に示す持続時間において、約420 の温度を有する、80%の $\text{KNO}_3$  および20%の $\text{NaNO}_3$ の溶融塩浴に浸漬するステップを含むイオン交換プロセスによって、当該ガラス基材を化学強化した。次いで、結果として得られるガラス物品に対し、90グリットのSiC粒子を使用して、表2にも示されるように、5psi（約34kPa）、15psi（約103kPa）、または25psi（約172kPa）の圧力において各試料の主要面を研磨することにより、上記において説明したAROR試験を行った。表2には、当該ガラス物品の平均等二軸曲げ強度または破壊荷重を示している。

40

#### 【0173】



【表 2】

表 2：実施例 1 の化学強化条件および AROR 結果

実施例	イオン交換条件	5 psi での平均 kgf (stdev)	15 psi での平均 kgf (stdev)	25 psi での平均 kgf (stdev)
1C	420°C／4 時間	49.4 (7.1)	17.4 (7.2)	0.3 (0.9)
1D	420°C／8 時間	49.9 (7.1)	36.5 (6.7)	19.3 (6.4)
1A	420°C／16 時間	47.5 (6.0)	38.3 (2.8)	30.0 (5.4)
1B	420°C／32 時間	36.9 (4.3)	30.9 (3.1)	26.2 (2.8)
1E	420°C／64 時間	18.7 (1.5)	15.3 (0.9)	13.5 (1.2)
1F	420°C／128 時間	5.9 (0.5)	5.4 (0.3)	4.5 (0.3)

10

## 【0174】

15 psi (約 103 kPa) および 25 psi (約 172 kPa) での研磨の後の実施例の平均等二軸曲げ強度または破損荷重を図 11 にプロットする。図 11 に示されるように、実施例 1A および 1B は、25 psi (約 172 kPa) での研磨後において最も高い平均等二軸曲げ強度を示した。したがって、実施例 1A および 1B の AROR 性能は、これらのガラス物品が、非常に粒状化された破砕パターンを示すことを実証しており、これは、とりわけ、より高い研磨圧力の結果として生じるより深い研磨深さに対して、向上した残留強度を示す。

20

## 実施例 2

実施例 2A～2C および比較例 2D～2F によるガラス物品は、ガラス基材を提供して、当該ガラス基材を化学強化することによって作製した。実施例 2A～2C および比較例 2E～2F に使用したガラス基材は、69.2 モル%の  $\text{SiO}_2$ 、12.6 モル%の  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、1.8 モル%の  $\text{B}_2\text{O}_3$ 、7.7 モル%の  $\text{Li}_2\text{O}$ 、0.4 モル%の  $\text{Na}_2\text{O}$ 、2.9 モル%の  $\text{MgO}$ 、1.7 モル%の  $\text{ZnO}$ 、3.5 モル%の  $\text{TiO}_2$ 、および 0.1 モル%の  $\text{SnO}_2$  の名目上のガラス組成を有していた。比較例 2D に使用した基材は、実施例 1 と同じ組成を有していた。

30

## 【0175】

当該ガラス基材は、1 mm の厚さならびに既知の携帯型デバイス用ハウジングによる組み立てを可能にする長さおよび幅を有していた。当該ガラス基材を、表 3 に示されるイオン交換プロセスによって化学強化した。実施例 2A～2C における CT 値および DOC 値は、SCALP によって測定し、表 3 にも示す。

## 【0176】

【表 3】

表 3：実施例 2 のイオン交換条件および落下試験の結果

実施例	溶融浴の組成	溶融浴の温度 (°C)	浸漬時間 (時間)	CT (MPa)	DOC (μm)
実施例 2A	100%の NaNO <sub>3</sub>	430	24	128	160
実施例 2B	100%の NaNO <sub>3</sub>	430	29	153	200
実施例 2C	100%の NaNO <sub>3</sub>	430	33	139	200
比較例 2D					
比較例 2E	100%の NaNO <sub>3</sub>	390	3.5		
比較例 2F	100%の NaNO <sub>3</sub>	430	48		

10

## 【0177】

比較例 2D を、DOC が (IWK B 分析を適用して R o u s s e v I によって測定した場合) 75 マイクロメートルを超える誤差関数応力プロファイルを示すようにイオン交換した。次いで、結果として得られるガラス物品を、同じ携帯型デバイスのハウジングに搭載し、30 グリットの研磨紙上への、上記において説明した落下試験を行った。図 12 は、実施例における最大破損高さを示している。図 12 に示されるように、実施例 2A ~ 2C は、著しくより高い最大破損高さ(すなわち、それぞれ、212 cm、220 cm、および 220 cm)を示し、粒状化挙動を示した。同じ組成を有する実施例 2F は、同じ粒状化挙動を示さず、実施例 2A ~ 2C と比べて、より低い最大破損高さを示した。

20

## 実施例 3

実施例 3A ~ 3K および比較例 3L ~ 3X によるガラス物品は、ガラス基材を提供して当該ガラス基材を強化することによって作製した。実施例 3A ~ 3D に使用される基材は、実施例 1 と同じ組成を有し、実施例 3L ~ 3X に使用される基材は、69 モル%の SiO<sub>2</sub>、10.3 モル%の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、15.2 モル%の Na<sub>2</sub>O、5.4 モル%の MgO、および 0.2 モル%の SnO<sub>2</sub> の名目上のガラス組成を有していた。

30

## 【0178】

当該ガラス基材は、0.4 mm の厚さならびに 50 mm × 50 mm の長さ寸法および幅寸法を有していた。当該ガラス基材を、イオン交換によって化学強化した。実施例 3A ~ 3K を、460 の温度を有する、80% KNO<sub>3</sub> および 20% NaNO<sub>3</sub> 溶融塩浴において 12 時間イオン交換した。比較例 3L ~ 3X を、結果として得られるそれぞれのガラス物品が 912 MPa の表面 CS と、FSM によって測定した場合の 37 μm の DOC とを示すように、イオン交換した。

40

## 【0179】

次いで、結果として得られるガラス物品に、タングステンカーバイドの円錐球形状の突錐によって、ある落下距離(表 4 および 5 に示されるような)から 1 回の打撃において各物品の一方の主要面に衝撃を与えることにより破碎させ、結果としてどのくらい多くの破片が生じたか、ガラス物品が直ちに破碎したか否か、または全く破碎しなかったか、およびガラス物品の破碎性に関して、破壊または破碎パターンを評価した。

## 【0180】

【表 4】

表 4：実施例 3A～3K の破損特性および破砕メカニズム

実施例	打撃回数	破片数 (#)	破砕性 (はい ／いいえ)	落下距離 (インチ)	破砕まで の時間
3A	1	100+	はい	0.611	瞬時
3B	1	DNB	DNB	0.561	DNB
3C	1	DNB	DNB	0.511	DNB
3D	1	DNB	DNB	0.461	DNB
3E	1	DNB	DNB	0.411	DNB
3F	1	DNB	DNB	0.361	DNB
3G	1	DNB	DNB	0.311	DNB
3H	1	100+	はい	0.261	瞬時
3I	1	DNB	DNB	0.211	DNB
3J	1	DNB	DNB	0.161	DNB
3K	1	DNB	DNB	0.111	DNB

\* DNB＝破壊せず

【 0 1 8 1 】

【表 5】

表 5：比較例 3L～3X の破損特性および破砕メカニズム

実施例	打撃回数	破片数 (#)	破砕性 (はい ／いいえ)	落下距離 (インチ)	破砕まで の時間
3L	1	9	いいえ	0.226	瞬時
3M	1	7	いいえ	0.221	瞬時
3N	1	5	はい	0.216	30 秒
3O	1	6	はい	0.211	30 秒
3P	1	2	いいえ	0.206	30 秒
3Q	1	7	はい	0.201	1 分
3R	1	DNB	DNB	0.196	DNB
3S	1	5	はい	0.191	30 秒
3T	1	6	はい	0.186	10 秒
3U	1	9	はい	0.181	10 秒
3V	1	6	はい	0.176	15 秒
3W	1	10+	はい	0.171	10 秒
3X	1	8	はい	0.111	30 秒

\* DNB＝破壊せず

【 0 1 8 2 】

表 4～5 に示されるように、脆弱性限界に近い状態に化学強化されたガラス物品（すなわち、比較例 3L～3X）は、高い度合いの粒状化／断片化の状態に化学強化されたガラス物品（すなわち、実施例 3A～3K）と比較した場合、遅れ破壊を受ける可能性はるかに高いことは明らかである。詳細には、比較例 3L～3X の 80% 超が、遅れて破損したが、その一方で、表 4 の試料は、直ちに破損したか、または壊れなかった。さらに、比較例 3L～3X は、高い度合いの粒状化において破損して低いアスペクト比の破片を示した実施例 3A～4K と比べて、より少なく、より大きく、より裂片化された破片を示した。

10

20

30

40

50

## 実施例 4

実施例 4 A ~ 4 B および比較例 4 C ~ 4 F によるガラス物品は、実施例 1 と同じ名目上の組成を有するガラス基材を提供して当該ガラス基材を強化することによって作製した。当該ガラス基材は、0.4 mm の厚さを有しており、ならびに表 6 に示す持続時間において、430 の温度を有する、80 % の  $\text{KNO}_3$  および 20 % の  $\text{NaNO}_3$  の溶融塩浴に浸漬するイオン交換プロセスによって当該ガラス基材を化学強化した。

【0183】

【表 6】

表 6：実施例 5 のイオン交換の持続時間

10

実施例	浸漬時間（時間）
実施例 4A	16
実施例 4B	32
比較例 4C	4
比較例 4D	8
比較例 4E	64
比較例 4F	128

20

【0184】

ガラス物品中の  $\text{K}_2\text{O}$  の濃度は、グロー放電発光分光分析法（GDOES）を使用して測定した。図 13 において、ガラス基材中のより小さい  $\text{Na}^+$  と置き換えられるより大きい  $\text{K}^+$  イオンのモル %（ $\text{K}_2\text{O}$  として表される）が、縦軸に表されており、イオン交換深さの関数としてプロットされている。実施例 4 A および 4 B は、他のプロファイルより高い貯蔵引張エネルギー（および中央張力）を示し、DOC および表面圧縮の大きさを最大にする。

30

【0185】

図 14 は、IWK B 分析を適用して Roussev I によって測定した場合の、実施例 4 G の応力プロファイルを示しており、当該実施例 4 G は、実施例 4 A および 4 B と同じ基材を提供しているが、460 の温度を有する、70 % の  $\text{KNO}_3$  および 30 % の  $\text{NaNO}_3$  の溶融塩浴に 12 時間浸漬することによって形成した。

## 実施例 5

実施例 5 A ~ 5 D（実施例 B および C は比較例）によるガラス物品は、実施例 2 A ~ 2 C と同じ名目上の組成を有するガラス基材を提供して当該ガラス基材を強化することによって作製した。当該ガラス基材を、表 7 に示されるイオン交換プロセスによって化学強化した。

40

【0186】

【表 7】

表 7：実施例 5 のイオン交換条件

実施例	溶融浴の組成	溶融浴の温度 (°C)	浸漬時間 (時間)
5A	80 %の KNO <sub>3</sub> ／20%の NaNO <sub>3</sub>	460	12
比較例 5B	65%の KNO <sub>3</sub> ／35%の NaNO <sub>3</sub>	460	12
比較例 5C	100%の NaNO <sub>3</sub>	430	4
5D	100%の NaNO <sub>3</sub>	430	16

10

## 【 0 1 8 7 】

3

実施例 5 A および比較例 5 B を、4 6 8 M P の商標において 3 M から供給された感圧接着剤を使用し、同じ方法および同一の厚さにおいて適用して、透明基材に接着した。実施例 5 A および比較例 5 B を破碎させ、結果として得られる破碎ガラス物品を評価した。図 1 5 A および 1 5 B は、それぞれ、実施例 5 A および比較例 5 B の破碎画像を示している。図 1 5 A に示されるように、実施例 5 A は、より高い粒状化挙動を示し、結果として、約 2 未満のアスペクト比を有する破片を生じた。図 1 5 B に示されるように、比較例 5 B は、結果として、より高いアスペクト比を有する破片を生じた。

20

## 【 0 1 8 8 】

比較例 5 C および実施例 5 D は、接着剤によって束縛せずに破碎させた。結果として生じる破碎ガラス物品を評価した。図 1 5 C および 1 5 D は、それぞれ、比較例 5 C および実施例 5 D の破碎画像を示している。図 1 5 C に示されているように、比較例 5 C は、より大きな破片を示した。図 1 5 D に示されるように、実施例 5 D は、結果として、粒状化を示す破片を生じた。副破片 ( s u b - f r a g m e n t ) ( 図示されず ) は、ガラス物品の厚さを通しては広がらなかったと考えられる。

## 実施例 6

実施例 6 によるガラス物品は、実施例 3 A ～ 3 K と同じ名目上の組成を有するガラス基材を提供することによって作製し、同じように強化した。実施例 6 を、破碎後のヘイズまたは可読性について異なる視野角において評価した。破碎後、実施例 6 は、高い度合いの粒状化を示したが、依然として、ガラス物品の表面の平面または主要面に対して 9 0 ° の視野角において良好の可読性を示した。図 1 6 A ～ 1 6 D の画像によって示されるように、視野角の減少と共に可読性も低下する。図 1 6 A は、実施例 6 の背後に位置された文字が、依然として、ガラス物品の表面の平面または主要面に対して 9 0 度の視野角において視認可能および判読可能であることを実証している。図 1 6 B は、試験が、6 7 . 5 度の視野角においていくらか視認可能および判読可能であることを示している。図 1 6 C ～ 1 6 D により、当該文字は、ガラス物品の表面の平面または主要面に対して 4 5 ° および 2 2 . 5 ° の視野角において明瞭または判読可能ではない。したがって、実施例 6 は、ディスプレイにおいて使用した場合、ビューアのみがディスプレイを明瞭に読むまたは見ることができ、ビューアの横の他者は明瞭にはディスプレイを読むことができない、プライバシースクリーンとして機能することができる。

30

40

## 実施例 7

実施例 7 A ～ 7 C によるガラス物品は、2 . 5 次元の形状を有するがそれぞれが異なる厚さを有する ( 実施例 7 A は 1 m m の厚さを有し、実施例 7 B は 0 . 8 m m の厚さを有し、ならびに実施例 7 C は 0 . 5 m m の厚さを有する ) ガラス基材を提供することによって作製した。2 . 5 次元の形状は、平坦な主要面と反対側の湾曲した主要面とを含む。当該ガラス基材の組成は、実施例 2 A ～ 2 C と同じであった。それぞれの基材の貯蔵引張エネルギーを、4 3 0 の温度を有する溶融浴を使用したイオン交換時間の関数として計算し

50

た。貯蔵引張エネルギーは、SCALPによって測定したCT領域（図4の327）にわたる応力の総量を使用して計算した。計算した貯蔵引張エネルギーを、図17においてイオン交換時間の関数としてプロットした。例示目的のために、破砕性に対するおおよその閾値を表すために、 $10\text{ J/m}^2$ の貯蔵引張エネルギー値に点線を引いている。強調された領域は、本明細書において説明する挙動を示す $0.5\sim 1.0\text{ mm}$ の厚さ範囲を有する単一の部品に対するイオン交換条件を表している。詳細には、この範囲は、最適化された機械的性能と、当該部品が破砕した場合での当該部品の当該領域における同程度の粒状化とを可能にする。

#### 【0189】

既知の破砕性限界を使用して、様々な厚さに対するイオン交換パラメータを特定する場合、貯蔵引張エネルギーが $10\text{ J/m}^2$ 未満に達するイオン交換時間である時間Aにおいて、 $1\text{ mm}$ の厚さを有するガラス基材は破砕性ではなく、 $0.5\text{ mm}$ の厚さを有するガラス基材は低いCSを有するであろう。時間Cでは、 $0.5\text{ mm}$ の厚さを有するガラス基材は破砕性ではなく、 $1\text{ mm}$ から $0.8\text{ mm}$ の間の厚さを有するガラス基材は、破砕性であるとみなされるであろう。したがって、破砕性の現在の定義を使用する場合、図17は、指定された温度での所定の浴において、より薄い部品、または意図的に不均一な厚い部品におけるより薄い領域に対して選択されるよりも、比較的厚い部品、または不均一に厚い部品の領域に対して、かなり長いイオン交換時間が選択されるであろうことを示している。実質的に向上した落下性能および信頼性、比較的均一な度合いの断片化または粒状化を有する完全に完成した2.5D部品を提供するためには、より高い程度の貯蔵引張エネルギーを導入するために、断片化または粒状化の度合いを制限するように選択される期間よりも短い期間において当該部品をイオン交換することは望ましくあり得る。

#### 【0190】

図18は、図17に示された試料を表しているが、ただし、ここでは、11に表される導入された引張エネルギーが、イオン交換された試験体の中央領域における引張エネルギーのより一般的な記述子として使用されている中央張力（CT）として表されている。

#### 実施例8

実施例8は、実施例1と同じ名目上の組成を有するガラス基材を提供して当該ガラス基材を強化することによって作製されたガラス物品を含んでいた。当該ガラス基材は、 $0.4\text{ mm}$ の厚さを有しており、当該ガラス基材を、最初に、 $460$ の温度を有する、 $80\%$ の $\text{KNO}_3$ および $20\%$ の $\text{NaNO}_3$ の第一溶融塩浴に12時間浸漬し、当該第一溶融塩浴から取り出して、 $390$ の温度を有する、 $100\%$ の $\text{KNO}_3$ の第二溶融塩浴に12分間浸漬する、二段階イオン交換プロセスによって化学強化した。結果として得られるガラス物品は、 $624.5\text{ MPa}$ の表面圧縮応力、約 $83.3$ マイクロメートル（ $0.208\text{ t}$ に等しい）のDOC、およびIWK B分析を適用してRoussev Iによって測定した場合の約 $152.6\text{ MPa}$ の最大CTを有していた。図19は、マイクロメートルでの深さの関数として、圧縮応力（負の値として示される）および引張応力（正の値として示される）を示している。

#### 【0191】

本開示の態様（1）は、約 $1.1\text{ mm}$ 以下の厚さ（ $t$ ）を画成する、第一表面および当該第一表面の反対側の第二表面と、当該第一表面から、約 $0.11\cdot t$ を超える圧縮深さ（DOC）まで広がる圧縮応力層とを含む強化ガラス物品であって、破砕性試験により当該ガラス物品が破砕した後に、当該ガラス物品が、複数の破片を含み、当該複数の破片の少なくとも $90\%$ が、約5以下のアスペクト比を有する、強化ガラス物品に関する。

#### 【0192】

本開示の態様（2）は、破砕性試験によって測定した場合に、1秒以下において、ガラス物品が上記複数の破片へと破砕する、態様（1）に記載の強化ガラス物品に関する。

#### 【0193】

本開示の態様（3）は、上記複数の破片の少なくとも $80\%$ が、 $3\cdot t$ 以下の最大寸法を有する、態様（1）または態様（2）に記載の強化ガラス物品に関する。

## 【 0 1 9 4 】

本開示の態様（４）は、複数の破片の少なくとも５０％が、２以下のアスペクト比を有する、態様（１）から態様（３）のいずれか一つに記載の強化ガラス物品に関する。

## 【 0 1 9 5 】

本開示の態様（５）は、上記複数の破片の少なくとも５０％が、約 $10\text{ mm}^3$ 以下の体積を有する、態様（１）から態様（４）のいずれか一つに記載の強化ガラス物品に関する。

## 【 0 1 9 6 】

この開示の態様（６）は、上記複数の破片が、破片の放出部分を含み、当該破片の放出部分が、当該複数の破片の１０％以下を占める、態様（１）から態様（５）のいずれか一つに記載の強化ガラス物品に関する。

10

## 【 0 1 9 7 】

本開示の態様（７）は、上記ガラス物品が、破碎する前に第一重量を有し、上記複数の破片が、破片の放出部分および破片の非放出部分を含み、当該破片の非放出部分が、第二重量を有し、当該第一重量と第二重量との間の差が、第一重量の１％である、態様（１）から態様（６）のいずれか一つに記載の強化ガラス物品に関する。

## 【 0 1 9 8 】

本開示の態様（８）は、上記ガラス物品が、破碎性試験によって測定した場合に、１秒以内において上記複数の破片へと破碎する確率が９９％以下である、態様（１）から態様（７）のいずれか一つに記載の強化ガラス物品に関する。

20

## 【 0 1 9 9 】

本開示の態様（９）は、上記ガラス物品が、 $20\text{ J/m}^2$ 以上の貯蔵引張エネルギーを含む、態様（１）から態様（８）のいずれか一つに記載の強化ガラス物品に関する。

## 【 0 2 0 0 】

本開示の態様（１０）は、上記ガラス物品が、表面圧縮応力と中央張力とを含み、表面圧縮応力に対する中央張力の比が、約０．１から約１の範囲である、態様（１）から態様（９）のいずれか一つに記載の強化ガラス物品に関する。

## 【 0 2 0 1 】

本開示の態様（１１）は、上記中央張力が、 $100\text{ MPa} / (t / 1\text{ mm})$ 以上（ $\text{MPa}$ の単位）であり、 $t$ が $\text{mm}$ の単位においてである、態様（１０）に記載の強化ガラス物品に関する。

30

## 【 0 2 0 2 】

本開示の態様（１２）は、上記中央張力が $50\text{ MPa}$ 以上である、態様（１０）から態様（１１）のいずれか一つに記載の強化ガラス物品に関する。

## 【 0 2 0 3 】

本開示の態様（１３）は、上記表面圧縮応力が $150\text{ MPa}$ 以上である、態様（１０）から態様（１２）のいずれか一つに記載の強化ガラス物品に関する。

## 【 0 2 0 4 】

この開示の態様（１４）は、上記表面圧縮応力が $400\text{ MPa}$ 以上である、態様（１０）から態様（１３）のいずれか一つに記載の強化ガラス物品に関する。

40

## 【 0 2 0 5 】

本開示の態様（１５）は、上記 $\text{DOC}$ が約 $0.2\text{ t}$ 以上を有する、態様（１０）から態様（１４）のいずれか一つに記載の強化ガラス物品に関する。

## 【 0 2 0 6 】

本開示の態様（１６）は、上記ガラス物品が、アルカリアルミノケイ酸ガラス、アルカリ含有ホウケイ酸ガラス、アルカリアルミノリンケイ酸ガラス、またはアルカリアルミノホウケイ酸ガラスを含む、態様（１）から態様（１５）のいずれか一つに記載の強化ガラス物品に関する。

## 【 0 2 0 7 】

本開示の態様（１７）は、上記ガラス物品が、閉じ込め層上に配置される、態様（１）

50

から態様(16)のいずれか一つに記載の強化ガラス物品に関する。

【0208】

本開示の態様(18)は、約1.1mm以下の厚さ(t)を画成する、第一表面および当該第一表面の反対側の第二表面と、当該第一表面から、約0.11・tを超える圧縮深さ(DOC)まで広がる圧縮応力層とを含む強化ガラス物品であって、90グリットのSiC粒子によって25psi(約172kPa)の圧力で5秒間研磨した後に、破損に対して約10kgf(約98N)以上の荷重を示す、を含む強化ガラス物品に関する。

【0209】

本開示の態様(19)は、上記ガラス物品が、20J/m<sup>2</sup>以上の貯蔵引張エネルギーを有する、態様(18)に記載の強化ガラス物品に関する。

10

【0210】

本開示の態様(20)は、上記ガラス物品が、表面圧縮応力と中央張力とを含み、表面圧縮応力に対する中央張力の比が、約0.1から約1の範囲である、態様(18)または態様(19)のいずれか一つに記載の強化ガラス物品に関する。

【0211】

本開示の態様(21)は、上記中央張力(CT)が50MPa以上である、態様(20)に記載の強化ガラス物品に関する。

【0212】

本開示の態様(22)は、上記表面圧縮応力が150MPa以上である、態様(20)または態様(21)に記載の強化ガラス物品に関する。

20

【0213】

本開示の態様(23)は、上記表面圧縮応力が400MPa以上である、態様(20)から態様(22)のいずれか一つに記載の強化ガラス物品に関する。

【0214】

本開示の態様(24)は、上記DOCが約0.2t以上を有する、態様(20)から態様(23)のいずれか一つに記載の強化ガラス物品に関する。

【0215】

本開示の態様(25)は、上記ガラス物品が、アルカリアルミノケイ酸ガラス、アルカリ含有ホウケイ酸ガラス、アルカリアルミノリンケイ酸ガラス、またはアルカリアルミノホウケイ酸ガラスを含む、態様(18)から態様(24)のいずれか一つに記載の強化ガラス物品に関する。

30

【0216】

本開示の態様(26)は、上記ガラス物品が、基材に接着されている、態様(20)から態様(25)のいずれか一つに記載の強化ガラス物品に関する。

【0217】

本開示の態様(27)は、強化ガラス基材と、閉じ込め層と、支持体とを含むデバイスであって、当該強化ガラス基材が、約1.1mm以下の厚さ(t)を画成する、第一表面および当該第一表面の反対側の第二表面と、当該第一表面から、約0.11・tを超える圧縮深さ(DOC)まで広がる圧縮応力層と、50MPa以上の中央張力(CT)とを含み、タブレット、透明ディスプレイ、携帯電話、ビデオプレーヤー、情報端末装置、e-リーダー、ラップトップコンピュータ、または非透明ディスプレイを含む、デバイスに関する。

40

【0218】

態様(28)は、破砕性試験により当該ガラス物品が破砕した後に、当該ガラス物品が、約5以下のアスペクト比を有する複数の破片を含む、態様(27)に記載のデバイスに関する。

【0219】

態様(29)は、破砕性試験によって測定した場合に、1秒以下において上記複数の破片へと破砕する、態様(27)または態様(28)に記載のデバイスに関する。

【0220】

50



態様(30)は、上記複数の破片の少なくとも80%が、 $5 \cdot t$ 以下の最大寸法を有する、態様(28)または態様(29)に記載のデバイスに関する。

【0221】

態様(31)は、複数の破片の少なくとも50%が、それぞれ、2以下のアスペクト比を有する、態様(28)から態様(30)のいずれか一つに記載のデバイスに関する。

【0222】

態様(32)は、上記複数の破片の少なくとも50%が、約 $10 \text{ mm}^3$ 以下の体積を有する、態様(28)から態様(31)のいずれか一つに記載のデバイスに関する。

【0223】

態様(33)は、上記複数の破片が、破片の放出部分を含み、当該破片の放出部分が、当該複数の破片の10%以下を含む、態様(28)から態様(32)のいずれか一つに記載のデバイスに関する。

10

【0224】

態様(34)は、上記ガラス物品が、破碎する前に第一重量を有し、上記複数の破片が、破片の放出部分および破片の非放出部分を含み、当該破片の非放出部分が、第二重量を有し、当該第一重量と第二重量との間の差が、第一重量の1%である、態様(28)から態様(33)のいずれか一つに記載のデバイスに関する。

【0225】

態様(35)は、上記ガラス物品が、上記破碎性試験によって測定した場合に、1秒以内において上記複数の破片へと破碎する確率が99%以下である、態様(28)から態様(34)のいずれか一つに記載のデバイスに関する。

20

【0226】

態様(36)は、上記ガラス物品が、 $20 \text{ J/m}^2$ 以上の貯蔵引張エネルギーを有する、態様(28)から態様(35)のいずれか一つに記載のデバイスに関する。

【0227】

態様(37)は、上記ガラス物品が、表面圧縮応力と中央張力とを含み、表面圧縮応力に対する中央張力の比が、約0.1から約1の範囲である、態様(27)から態様(36)のいずれか一つに記載のデバイスに関する。

【0228】

態様(38)は、上記表面圧縮応力が $150 \text{ MPa}$ 以上である、態様(37)に記載のデバイスに関する。

30

【0229】

態様(39)は、上記DOCが約0.2t以上を有する、態様(27)から態様(38)のいずれか一つに記載のデバイスに関する。

【0230】

態様(40)は、上記ガラス物品が、アルカリアルミノケイ酸ガラス、アルカリ含有ホウケイ酸ガラス、アルカリアルミノリンケイ酸ガラス、またはアルカリアルミノホウケイ酸ガラスを含む、態様(27)から態様(39)のいずれか一つに記載のデバイスに関する。

【0231】

態様(41)は、上記ガラス物品が閉じ込め層上に配置される、態様(27)から態様(40)のいずれか一つに記載のデバイスに関する。

40

【0232】

態様(42)は、約 $1.1 \text{ mm}$ 以下の厚さ( $t$ )を画成する、第一表面および当該第一表面の反対側の第二表面と、当該第一表面から、約 $0.11 \cdot t$ を超える圧縮深さ(DOC)まで広がる圧縮応力層とを含む強化ガラス物品であって、上記ガラス物品が、閉じ込め層に積層された後に、破碎性試験により破碎され、当該ガラス物品が破碎を含み、当該破碎の少なくとも5%が、当該厚さを通して少なくとも部分的に広がる、強化ガラス物品に関する。

【0233】

50

態様(43)は、破砕性試験によって測定した場合に、上記ガラス物品が、1秒以下において上記複数の破片へと破砕する、態様(42)に記載の強化ガラス物品に関する。

【0234】

態様(44)は、上記ガラス物品が、 $20\text{ J/m}^2$ 以上の貯蔵引張エネルギーを有する、態様(42)または態様(43)に記載の強化ガラス物品に関する。

【0235】

態様(45)は、上記ガラス物品が、表面圧縮応力と中央張力とを含み、表面圧縮応力に対する中央張力の比が、約0.1から約1の範囲である、態様(42)から態様(44)のいずれか一つに記載の強化ガラス物品に関する。

【0236】

態様(46)は、上記中央張力が $50\text{ MPa}$ 以上である、態様(45)に記載の強化ガラス物品に関する。

【0237】

態様(47)は、上記表面圧縮応力が $150\text{ MPa}$ 以上である、態様(45)または態様(46)に記載の強化ガラス物品に関する。

【0238】

態様(48)は、上記DOCが約0.2t以上を有する、態様(42)から態様(47)のいずれか一つに記載の強化ガラス物品に関する。

【0239】

態様(49)は、上記ガラス物品が、アルカリアルミノケイ酸ガラス、アルカリ含有ホウケイ酸ガラス、またはアルカリアルミノホウケイ酸ガラスを含む、態様(42)から態様(48)のいずれか一つに記載の強化ガラス物品に関する。

【0240】

態様(50)は、上記ガラス物品が閉じ込め層上に配置される、態様(42)から態様(49)のいずれか一つに記載の強化ガラス物品に関する。

【0241】

態様(51)は、前面を有するハウジングと、少なくとも部分的に当該ハウジングの内部に設置された電子部品であって、少なくともコントローラ、メモリ、およびディスプレイを含む電気部品と、当該ハウジングの前面において当該ディスプレイを覆うように配置されるカバーガラスであって、強化されたガラス物品を含むカバーガラスとを含む消費者向け電子製品であって、当該強化されたガラス物品が、約 $1.1\text{ mm}$ 以下の厚さ(t)を画成する、第一表面および当該第一表面の反対側の第二表面と、当該第一表面から、約 $0.11 \cdot t$ を超える圧縮深さ(DOC)まで広がる圧縮応力層と、約 $50\text{ MPa}$ 以上の中央張力(CT)とを含む、消費者向け電子製品に関する。

【0242】

態様(52)は、破砕性試験により当該ガラス物品が破砕した後に、当該ガラス物品が、約5以下のアスペクト比を有する複数の破片を含む、態様(51)に記載の消費者向け電子デバイスに関する。

【0243】

態様(53)は、破砕性試験によって測定した場合に、1秒以下において上記複数の破片へと破砕する、態様(52)に記載の消費者向け電子デバイスに関する。

【0244】

態様(54)は、上記複数の破片の少なくとも80%が、 $2 \cdot t$ 以下の最大寸法を有する、態様(52)または態様(53)に記載の消費者向け電子デバイスに関する。

【0245】

態様(55)は、複数の破片の少なくとも50%が、それぞれ、2以下のアスペクト比を有する、態様(52)から態様(54)のいずれか一つに記載の消費者向け電子デバイスに関する。

【0246】

態様(56)は、上記複数の破片の少なくとも50%が、約 $10\text{ mm}^3$ 以下の体積を有

10

20

30

40

50

する、態様(52)から態様(55)のいずれか一つに記載の消費者向け電子デバイスに関する。

【0247】

態様(57)は、上記複数の破片が、破片の放出部分を含み、当該破片の放出部分が、当該複数の破片の10%以下を含む、態様(52)から態様(56)のいずれか一つに記載の消費者向け電子デバイスに関する。

【0248】

態様(58)は、上記ガラス物品が、破碎する前に第一重量を有し、上記複数の破片が、破片の放出部分および破片の非放出部分を含み、当該破片の非放出部分が、第二重量を有し、当該第一重量と第二重量との間の差が、第一重量の1%である、態様(52)から態様(57)のいずれか一つに記載の消費者向け電子デバイスに関する。

10

【0249】

態様(59)は、上記ガラス物品が、上記破碎性試験によって測定した場合に1秒以内において上記複数の破片へと破碎する確率が99%以上である、態様(53)から態様(58)のいずれか一つに記載の消費者向け電子デバイスに関する。

【0250】

態様(60)は、上記ガラス物品が、 $20\text{ J/m}^2$ 以上の貯蔵引張エネルギーを有する、態様(51)から態様(59)のいずれか一つに記載の消費者向け電子デバイスに関する。

【0251】

態様(61)は、上記ガラス物品が、表面圧縮応力と中央張力とを含み、表面圧縮応力に対する中央張力の比が、約0.1から約1の範囲である、態様(51)から態様(60)のいずれか一つに記載の消費者向け電子デバイスに関する。

20

【0252】

態様(62)は、上記表面圧縮応力が150以上である、態様(61)に記載の消費者向け電子デバイスに関する。

【0253】

態様(63)は、上記DOCが約0.2t以上を有する、態様(51)から態様(62)のいずれか一つに記載の消費者向け電子デバイスに関する。

【0254】

態様(64)は、上記ガラス物品が、アルカリアルミノケイ酸ガラス、アルカリ含有ホウケイ酸ガラス、アルカリアルミノリンケイ酸ガラス、またはアルカリアルミノホウケイ酸ガラスを含む、態様(51)から態様(63)のいずれか一つに記載の消費者向け電子デバイスに関する。

30

【0255】

態様(65)は、上記ガラス物品が閉じ込め層上に配置される、態様(51)から態様(64)のいずれか一つに記載の消費者向け電子デバイスに関する。

【0256】

態様(66)は、消費者向け電子製品が、タブレット、透明ディスプレイ、携帯電話、ビデオプレーヤー、情報端末装置、e-リーダー、ラップトップコンピュータ、または非透明ディスプレイを含む、態様(51)から態様(65)のいずれか一つに記載の消費者向け電子デバイスに関する。

40

【0257】

態様(67)は、開口部と、外側表面と、包囲体を画成する内側表面とを含むハウジングを含むパッケージ製品であって、当該ハウジングが、強化ガラス物品を含み、当該強化ガラス物品が、約1.1mm以下の厚さ(t)を画成する、第一表面および当該第一表面の反対側の第二表面と、当該第一表面から、約0.11・tを超える圧縮深さ(DOC)まで広がる圧縮応力層と、50MPa以上の中央張力(CT)とを含む、パッケージ製品に関する。

【0258】

50

態様(68)は、破砕性試験により当該ガラス物品が破砕した後に、当該ガラス物品が、約5以下のアスペクト比を有する複数の破片を含み、当該ガラス物品が、破砕性試験によって測定した場合に、1秒以下において上記複数の破片へと破砕する、態様(67)に記載のパッケージ製品に関する。

【0259】

態様(69)は、上記複数の破片の少なくとも80%が、 $2 \cdot t$ 以下の最大寸法を有する、態様(68)に記載のパッケージ製品に関する。

【0260】

態様(70)は、複数の破片の少なくとも50%が、それぞれ、2以下のアスペクト比を有する、態様(68)または態様(69)に記載の消費者向け電子デバイスに関する。

10

【0261】

態様(71)は、上記複数の破片の少なくとも50%が、約 $10 \text{ mm}^3$ 以下の体積を有する、態様(68)から態様(70)のいずれか一つに記載のパッケージ製品に関する。

【0262】

態様(72)は、上記複数の破片が、破片の放出部分を含み、当該破片の放出部分が、当該複数の破片の10%以下を含む、態様(68)から態様(71)のいずれか一つに記載のパッケージ製品に関する。

【0263】

態様(73)は、上記ガラス物品が、破砕する前に第一重量を有し、上記複数の破片が、破片の放出部分および破片の非放出部分を含み、当該破片の非放出部分が、第二重量を有し、当該第一重量と第二重量との間の差が、第一重量の1%である、態様(68)から態様(72)のいずれか一つに記載のパッケージ製品に関する。

20

【0264】

態様(74)は、上記ガラス物品が、上記破砕性試験によって測定した場合に、1秒以内において上記複数の破片へと破砕する確率が99%以上である、態様(68)から態様(73)のいずれか一つに記載のパッケージ製品に関する。

【0265】

態様(75)は、上記ガラス物品が、 $20 \text{ J/m}^2$ 以上の貯蔵引張エネルギーを有する、態様(67)から態様(74)のいずれか一つに記載のパッケージ製品に関する。

【0266】

態様(76)は、上記ガラス物品が、表面圧縮応力と中央張力とを含み、表面圧縮応力に対する中央張力の比が、約0.1から約1の範囲である、態様(67)から態様(75)のいずれか一つに記載のパッケージ製品に関する。

30

【0267】

態様(77)は、上記表面圧縮応力が150以上である、態様(76)に記載のパッケージ製品に関する。

【0268】

態様(78)は、上記DOCが約0.2t以上を有する、態様(67)から態様(77)のいずれか一つに記載のパッケージ製品に関する。

【0269】

態様(79)は、上記ガラス物品が、アルカリアルミノケイ酸ガラス、アルカリ含有ホウケイ酸ガラス、アルカリアルミノリンケイ酸ガラス、またはアルカリアルミノホウケイ酸ガラスを含む、態様(67)から態様(78)のいずれか一つに記載のパッケージ製品に関する。

40

【0270】

態様(80)は、上記ガラス物品が閉じ込め層上に配置される、態様(67)から態様(72)のいずれか一つに記載のパッケージ製品に関する。

【0271】

態様(82)は、製薬材料をさらに含む、態様(67)から態様(80)のいずれか一つに記載のパッケージ製品に関する。

50

## 【 0 2 7 2 】

態様（ 8 3 ）は、上記開口部に配置されたキャップをさらに含む、態様（ 6 7 ）から態様（ 8 1 ）のいずれか一つに記載のパッケージ製品に関する。

## 【 0 2 7 3 】

本発明の特許請求項の趣旨または範囲から逸脱することなく様々な変更および変形を為すことができることは、当業者には明白であろう。

## 【 0 2 7 4 】

以下、本発明の好ましい実施形態を項分け記載する。

## 【 0 2 7 5 】

## 実施形態 1

約 1 . 1 mm 以下の厚さ（ t ）を画成する、第一表面および当該第一表面の反対側の第二表面と、

当該第一表面から、約 0 . 1 1 ・ t を超える圧縮深さ（ D O C ）まで広がる圧縮応力層と

を含む強化ガラス物品であって、

破碎性試験により当該ガラス物品が破碎した後に、当該ガラス物品が、複数の破片を含み、当該複数の破片の少なくとも 9 0 % が、約 5 以下のアスペクト比を有する、強化ガラス物品。

## 【 0 2 7 6 】

## 実施形態 2

破碎性試験によって測定した場合に、上記ガラス物品が、 1 秒以下において上記複数の破片へと破碎する、実施形態 1 に記載の強化ガラス物品。

## 【 0 2 7 7 】

## 実施形態 3

上記複数の破片の少なくとも 8 0 % が、 3 ・ t 以下の最大寸法を有する、実施形態 1 または実施形態 2 に記載の強化ガラス物品。

## 【 0 2 7 8 】

## 実施形態 4

複数の破片の少なくとも 5 0 % が、 2 以下のアスペクト比を有する、実施形態 1 から 3 のいずれか一つに記載の強化ガラス物品。

## 【 0 2 7 9 】

## 実施形態 5

上記複数の破片の少なくとも 5 0 % が、約 1 0 mm<sup>3</sup> 以下の体積を有する、実施形態 1 から 4 のいずれか一つに記載の強化ガラス物品。

## 【 0 2 8 0 】

## 実施形態 6

上記複数の破片が、破片の放出部分を含み、当該破片の放出部分が、当該複数の破片の 1 0 % 以下を含む、実施形態 1 から 5 のいずれか一つに記載の強化ガラス物品。

## 【 0 2 8 1 】

## 実施形態 7

上記ガラス物品が、破碎する前に第一重量を有し、上記複数の破片が、破片の放出部分および破片の非放出部分を含み、当該破片の非放出部分が、第二重量を有し、当該第一重量と第二重量との間の差が、第一重量の 1 % である、実施形態 1 から 6 のいずれか一つに記載の強化ガラス物品。

## 【 0 2 8 2 】

## 実施形態 8

上記ガラス物品が、破碎性試験によって測定した場合に、 1 秒以内において上記複数の破片へと破碎する確率が 9 9 % 以上である、実施形態 1 から 7 のいずれか一つに記載の強化ガラス物品。

## 【 0 2 8 3 】

## 実施形態 9

上記ガラス物品が、 $20 \text{ J/m}^2$  以上の貯蔵引張エネルギーを有する、実施形態 1 から 8 のいずれか一つに記載の強化ガラス物品。

## 【0284】

## 実施形態 10

上記ガラス物品が、表面圧縮応力と中央張力とを含み、表面圧縮応力に対する中央張力の比が、約 0.1 から約 1 の範囲である、実施形態 1 から 9 のいずれか一つに記載の強化ガラス物品。

## 【0285】

## 実施形態 11

上記中央張力が、 $100 \text{ MPa} / (t / 1 \text{ mm})$  以上 ( $\text{MPa}$  の単位) であり、 $t$  が  $\text{mm}$  の単位においてである、実施形態 10 に記載の強化ガラス物品。

## 【0286】

## 実施形態 12

上記中央張力が  $50 \text{ MPa}$  以上である、実施形態 10 に記載の強化ガラス物品。

## 【0287】

## 実施形態 13

上記表面圧縮応力が  $150 \text{ MPa}$  以上である、実施形態 10 ~ 12 のいずれか一つに記載の強化ガラス物品。

## 【0288】

## 実施形態 14

上記表面圧縮応力が  $400 \text{ MPa}$  以上である、実施形態 10 ~ 13 のいずれか一つに記載の強化ガラス物品。

## 【0289】

## 実施形態 15

上記  $\text{DOC}$  が約 0.2  $t$  以上を有する、実施形態 10 ~ 14 のいずれか一つに記載の強化ガラス物品。

## 【0290】

## 実施形態 16

上記ガラス物品が、アルカリアルミノケイ酸ガラス、アルカリ含有ホウケイ酸ガラス、アルカリアルミノリンケイ酸ガラス、またはアルカリアルミノホウケイ酸ガラスを含む、実施形態 1 ~ 15 のいずれか一つに記載の強化ガラス物品。

## 【0291】

## 実施形態 17

上記ガラス物品が閉じ込め層上に配置される、実施形態 1 ~ 16 のいずれか一つに記載の強化ガラス物品。

## 【0292】

## 実施形態 18

約 1.1  $\text{mm}$  以下の厚さ ( $t$ ) を画成する、第一表面および当該第一表面の反対側の第二表面と、

当該第一表面から、約  $0.11 \cdot t$  を超える圧縮深さ ( $\text{DOC}$ ) まで広がる圧縮応力層と、

を含む強化ガラス物品であって、

90 グリットの  $\text{SiC}$  粒子によって  $25 \text{ psi}$  (約  $172 \text{ kPa}$ ) の圧力で 5 秒間研磨した後に、破損に対して約  $10 \text{ kgf}$  ( $98 \text{ N}$ ) 以上の荷重を示す、強化ガラス物品。

## 【0293】

## 実施形態 19

上記ガラス物品が、 $20 \text{ J/m}^2$  以上の貯蔵引張エネルギーを有する、実施形態 18 に記載の強化ガラス物品。

10

20

30

40

50

## 【 0 2 9 4 】

## 実施形態 2 0

上記ガラス物品が、表面圧縮応力と中央張力とを含み、表面圧縮応力に対する中央張力の比が、約 0.1 から約 1 の範囲である、実施形態 1 8 または実施形態 1 9 に記載の強化ガラス物品。

## 【 0 2 9 5 】

## 実施形態 2 1

上記中央張力 ( C T ) が 5 0 M P a 以上である、実施形態 2 0 に記載の強化ガラス物品。

## 【 0 2 9 6 】

## 実施形態 2 2

上記表面圧縮応力が 1 5 0 M P a 以上である、実施形態 2 0 または実施形態 2 1 に記載の強化ガラス物品。

## 【 0 2 9 7 】

## 実施形態 2 3

上記表面圧縮応力が 4 0 0 M P a 以上である、実施形態 2 0 ~ 2 2 のいずれか一つに記載の強化ガラス物品。

## 【 0 2 9 8 】

## 実施形態 2 4

上記 D O C が約 0.2 t 以上を有する、実施形態 1 8 ~ 2 3 のいずれか一つに記載の強化ガラス物品。

## 【 0 2 9 9 】

## 実施形態 2 5

上記ガラス物品が、アルカリアルミノケイ酸ガラス、アルカリ含有ホウケイ酸ガラス、アルカリアルミノリンケイ酸ガラス、またはアルカリアルミノホウケイ酸ガラスを含む、実施形態 1 8 ~ 2 4 のいずれか一つに記載の強化ガラス物品。

## 【 0 3 0 0 】

## 実施形態 2 6

上記ガラス物品が、基材に接着されている、実施形態 1 8 ~ 2 5 のいずれか一つに記載の強化ガラス物品。

## 【 0 3 0 1 】

## 実施形態 2 7

強化ガラス基材と、

閉じ込め層と、

支持体と、

を含むデバイスであって、

当該強化ガラス基材が、約 1.1 mm 以下の厚さ ( t ) を画成する、第一表面および当該第一表面の反対側の第二表面と、当該第一表面から、約 0.11 · t を超える圧縮深さ ( D O C ) まで広がる圧縮応力層と、5 0 M P a 以上の中央張力 ( C T ) とを含み、

タブレット、透明ディスプレイ、携帯電話、ビデオプレーヤー、情報端末装置、e - リーダー、ラップトップコンピュータ、または非透明ディスプレイを含む、デバイス。

## 【 0 3 0 2 】

## 実施形態 2 8

破碎性試験により当該ガラス物品が破碎した後に、当該ガラス物品が、約 5 以下のアスペクト比を有する複数の破片を含む、実施形態 2 7 に記載のデバイス。

## 【 0 3 0 3 】

## 実施形態 2 9

上記ガラス物品が、破碎性試験によって測定した場合に、1 秒以下において上記複数の破片へと破碎する、実施形態 2 8 に記載のデバイス。

10

20

30

40

50

## 【 0 3 0 4 】

## 実施形態 3 0

上記複数の破片の少なくとも 8 0 % が、5 ・ t 以下の最大寸法を有する、実施形態 2 8 または 2 9 に記載のデバイス。

## 【 0 3 0 5 】

## 実施形態 3 1

複数の破片の少なくとも 5 0 % が、それぞれ、2 以下のアスペクト比を有する、実施形態 2 8 ~ 3 0 のいずれか一つに記載のデバイス。

## 【 0 3 0 6 】

## 実施形態 3 2

上記複数の破片の少なくとも 5 0 % が、約 1 0 m m <sup>3</sup> 以下の体積を有する、実施形態 2 8 ~ 3 1 のいずれか一つに記載のデバイス。

## 【 0 3 0 7 】

## 実施形態 3 3

上記複数の破片が、破片の放出部分を含み、当該破片の放出部分が、当該複数の破片の 1 0 % 以下を含む、実施形態 2 8 ~ 3 2 のいずれか一つに記載のデバイス。

## 【 0 3 0 8 】

## 実施形態 3 4

上記ガラス物品が、破碎する前に第一重量を有し、上記複数の破片が、破片の放出部分および破片の非放出部分を含み、当該破片の非放出部分が、第二重量を有し、当該第一重量と第二重量との間の差が、第一重量の 1 % である、実施形態 2 8 ~ 3 3 のいずれか一つに記載のデバイス。

## 【 0 3 0 9 】

## 実施形態 3 5

上記ガラス物品が、上記破碎性試験によって測定した場合に、1 秒以内において上記複数の破片へと破碎する確率が 9 9 % 以上である、実施形態 2 8 ~ 3 4 のいずれか一つに記載のデバイス。

## 【 0 3 1 0 】

## 実施形態 3 6

上記ガラス物品が、2 0 J / m <sup>2</sup> 以上の貯蔵引張エネルギーを有する、実施形態 2 7 ~ 3 5 のいずれか一つに記載のデバイス。

## 【 0 3 1 1 】

## 実施形態 3 7

上記ガラス物品が、表面圧縮応力と中央張力とを含み、表面圧縮応力に対する中央張力の比が、約 0 . 1 から約 1 の範囲である、実施形態 2 7 ~ 3 6 のいずれか一つに記載のデバイス。

## 【 0 3 1 2 】

## 実施形態 3 8

上記表面圧縮応力が 1 5 0 M P a 以上である、実施形態 3 7 に記載のデバイス。

## 【 0 3 1 3 】

## 実施形態 3 9

上記 D O C が約 0 . 2 t 以上を有する、実施形態 2 7 ~ 3 8 のいずれか一つに記載のデバイス。

## 【 0 3 1 4 】

## 実施形態 4 0

上記ガラス物品が、アルカリアルミノケイ酸ガラス、アルカリ含有ホウケイ酸ガラス、アルカリアルミノリンケイ酸ガラス、またはアルカリアルミノホウケイ酸ガラスを含む、実施形態 2 7 ~ 3 9 のいずれか一つに記載のデバイス。

## 【 0 3 1 5 】

## 実施形態 4 1

10

20

30

40

50



上記ガラス物品が閉じ込め層上に配置される、実施形態 27 ~ 40 のいずれか一つに記載のデバイス。

【0316】

実施形態 42

約 1.1 mm 以下の厚さ (t) を画成する、第一表面および当該第一表面の反対側の第二表面と、

当該第一表面から、約 0.11・t を超える圧縮深さ (DOC) まで広がる圧縮応力層と

を含む強化ガラス物品であって、

上記ガラス物品が、閉じ込め層に積層された後に、破砕性試験により破砕され、当該ガラス物品が破砕を含み、当該破砕の少なくとも 5 % が、当該厚さを通して少なくとも部分的にのみ広がる、強化ガラス物品。

10

【0317】

実施形態 43

破砕性試験によって測定した場合に、1 秒以下において上記複数の破片へと破砕する、実施形態 42 に記載の強化ガラス物品。

【0318】

実施形態 44

上記ガラス物品が、 $20 \text{ J/m}^2$  以上の貯蔵引張エネルギーを有する、実施形態 42 または実施形態 43 に記載の強化ガラス物品。

20

【0319】

実施形態 45

上記ガラス物品が、表面圧縮応力と中央張力とを含み、表面圧縮応力に対する中央張力の比が、約 0.1 から約 1 の範囲である、実施形態 42 ~ 44 のいずれか一つに記載の強化ガラス物品。

【0320】

実施形態 46

上記中央張力が  $50 \text{ MPa}$  以上である、実施形態 45 に記載の強化ガラス物品。

【0321】

実施形態 47

上記表面圧縮応力が  $150 \text{ MPa}$  以上である、実施形態 45 または 46 に記載の強化ガラス物品。

30

【0322】

実施形態 48

上記 DOC が約 0.2 t 以上を有する、実施形態 42 ~ 47 のいずれか一つに記載の強化ガラス物品。

【0323】

実施形態 49

上記ガラス物品が、アルカリアルミノケイ酸ガラス、アルカリ含有ホウケイ酸ガラス、またはアルカリアルミノホウケイ酸ガラスを含む、実施形態 42 ~ 48 のいずれか一つに記載の強化ガラス物品。

40

【0324】

実施形態 50

上記ガラス物品が閉じ込め層上に配置される、実施形態 42 ~ 49 のいずれか一つに記載の強化ガラス物品。

【0325】

実施形態 51

前面を有するハウジングと、

少なくとも部分的に当該ハウジングの内部に設置された電子部品であって、少なくとも

50

コントローラ、メモリ、およびディスプレイを含む電気部品と、

当該ハウジングの前面において当該ディスプレイを覆うように配置されるカバーガラスであって、強化されたガラス物品を含むカバーガラスと、  
を含む消費者向け電子デバイスであって、

当該ガラス物品が、

約 1 . 1 mm 以下の厚さ ( t ) を画成する、第一表面および当該第一表面の反対側の第二表面と、

当該第一表面から、約 0 . 1 1 ・ t を超える圧縮深さ ( D O C ) まで広がる圧縮応力層と、

約 5 0 M P a 以上の中央張力 ( C T ) と

10

を含む、

消費者向け電子デバイス。

【 0 3 2 6 】

実施形態 5 2

破砕性試験により当該ガラス物品が破砕した後に、当該ガラス物品が、約 5 以下のアスペクト比を有する複数の破片を含む、実施形態 5 1 に記載の消費者向け電子デバイス。

【 0 3 2 7 】

実施形態 5 3

上記ガラス物品が、破砕性試験によって測定した場合に、1 秒以下において上記複数の破片へと破砕する、実施形態 5 2 に記載の消費者向け電子デバイス。

20

【 0 3 2 8 】

実施形態 5 4

上記複数の破片の少なくとも 8 0 % が、2 ・ t 以下の最大寸法を有する、実施形態 5 2 または 5 3 に記載の消費者向け電子デバイス。

【 0 3 2 9 】

実施形態 5 5

複数の破片の少なくとも 5 0 % が、それぞれ、2 以下のアスペクト比を有する、実施形態 5 2 ~ 5 4 のいずれか一つに記載の消費者向け電子デバイス。

【 0 3 3 0 】

実施形態 5 6

30

上記複数の破片の少なくとも 5 0 % が、約 1 0 m m <sup>3</sup> 以下の体積を有する、実施形態 5 2 ~ 5 5 のいずれか一つに記載の消費者向け電子デバイス。

【 0 3 3 1 】

実施形態 5 7

上記複数の破片が、破片の放出部分を含み、当該破片の放出部分が、当該複数の破片の 1 0 % 以下を含む、実施形態 5 2 ~ 5 6 のいずれか一つに記載の消費者向け電子デバイス。

【 0 3 3 2 】

実施形態 5 8

40

上記ガラス物品が、破砕する前に第一重量を有し、上記複数の破片が、破片の放出部分および破片の非放出部分を含み、当該破片の非放出部分が、第二重量を有し、当該第一重量と第二重量との間の差が、第一重量の 1 % である、実施形態 5 2 ~ 5 7 のいずれか一つに記載の消費者向け電子デバイス。

【 0 3 3 3 】

実施形態 5 9

上記ガラス物品が、上記破砕性試験によって測定した場合に、1 秒以内において上記複数の破片へと破砕する確率が 9 9 % 以上である、実施形態 5 3 ~ 5 8 のいずれか一つに記載の消費者向け電子デバイス。

【 0 3 3 4 】

実施形態 6 0

50

上記ガラス物品が、 $20 \text{ J/m}^2$ 以上の貯蔵引張エネルギーを有する、実施形態51～59のいずれか一つに記載の消費者向け電子デバイス。

【0335】

実施形態61

上記ガラス物品が、表面圧縮応力と中央張力とを含み、表面圧縮応力に対する中央張力の比が、約0.1から約1の範囲である、実施形態51～60のいずれか一つに記載の消費者向け電子デバイス。

【0336】

実施形態62

上記表面圧縮応力が150以上である、実施形態61に記載の消費者向け電子デバイス 10

【0337】

実施形態63

上記DOCが約0.2t以上を有する、実施形態51～62のいずれか一つに記載の消費者向け電子製品。

【0338】

実施形態64

上記ガラス物品が、アルカリアルミノケイ酸ガラス、アルカリ含有ホウケイ酸ガラス、アルカリアルミノリンケイ酸ガラス、またはアルカリアルミノホウケイ酸ガラスを含む、実施形態51～63のいずれか一つに記載の消費者向け電子製品。 20

【0339】

実施形態65

上記ガラス物品が閉じ込め層上に配置される、実施形態51～64のいずれか一つに記載の消費者向け電子製品。

【0340】

実施形態66

タブレット、透明ディスプレイ、携帯電話、ビデオプレーヤー、情報端末装置、e-リーダー、ラップトップコンピュータ、または非透明ディスプレイを含む、実施形態51～65のいずれか一つに記載の消費者向け電子製品。

【0341】

実施形態67

開口部と、外側表面と、包囲体を画成する内側表面とを含むハウジングを含むパッケージ製品であって、

当該ハウジングが、強化ガラス物品を含み、

当該強化されたガラス物品が、

約1.1mm以下の厚さ(t)を画成する、第一表面および当該第一表面の反対側の第二表面と、

当該第一表面から、約0.11・tを超える圧縮深さ(DOC)まで広がる圧縮応力層と、

50MPa以上の中央張力(CT)と

を含む、

パッケージ製品。 40

【0342】

実施形態68

破碎性試験により当該ガラス物品が破碎した後に、当該ガラス物品が、約5以下のアスペクト比を有する複数の破片を含み、

当該ガラス物品が、破碎性試験によって測定した場合に、1秒以下において上記複数の破片へと破碎する、

実施形態67に記載のパッケージング製品。

【0343】

## 実施形態 6 9

上記複数の破片の少なくとも 80 % が、2・t 以下の最大寸法を有する、実施形態 6 8 に記載のパッケージング製品。

## 【0344】

## 実施形態 7 0

複数の破片の少なくとも 50 % が、それぞれ、2 以下のアスペクト比を有する、実施形態 6 8 または 6 9 に記載のパッケージング製品。

## 【0345】

## 実施形態 7 1

上記複数の破片の少なくとも 50 % が、約 10 mm<sup>3</sup> 以下の体積を有する、実施形態 6 8 ~ 7 0 のいずれか一つに記載のパッケージング製品。 10

## 【0346】

## 実施形態 7 2

上記複数の破片が、破片の放出部分を含み、当該破片の放出部分が、当該複数の破片の 10 % 以下を含む、実施形態 6 8 ~ 7 1 のいずれか一つに記載のパッケージング製品。

## 【0347】

## 実施形態 7 3

上記ガラス物品が、破碎する前に第一重量を有し、上記複数の破片が、破片の放出部分および破片の非放出部分を含み、当該破片の非放出部分が、第二重量を有し、当該第一重量と第二重量との間の差が、第一重量の 1 % である、実施形態 6 8 ~ 7 2 のいずれか一つに記載のパッケージング製品。 20

## 【0348】

## 実施形態 7 4

上記ガラス物品が、上記破碎性試験によって測定した場合に、1 秒以内において上記複数の破片へと破碎する確率が 99 % 以下である、実施形態 6 8 ~ 7 3 のいずれか一つに記載のパッケージング製品。

## 【0349】

## 実施形態 7 5

上記ガラス物品が、20 J / m<sup>2</sup> 以上の貯蔵引張エネルギーを有する、実施形態 6 7 ~ 7 4 のいずれか一つに記載のパッケージング製品。 30

## 【0350】

## 実施形態 7 6

上記ガラス物品が、表面圧縮応力と中央張力とを含み、表面圧縮応力に対する中央張力の比が、約 0.1 から約 1 の範囲である、実施形態 6 7 ~ 7 5 のいずれか一つに記載のパッケージング製品。

## 【0351】

## 実施形態 7 7

上記表面圧縮応力が 150 以上である、実施形態 7 6 に記載のパッケージング製品。

## 【0352】

## 実施形態 7 8

上記 D O C が約 0.2 t 以上を有する、実施形態 6 7 ~ 7 7 のいずれか一つに記載のパッケージング製品。 40

## 【0353】

## 実施形態 7 9

上記ガラス物品が、アルカリアルミノケイ酸ガラス、アルカリ含有ホウケイ酸ガラス、アルカリアルミノリンケイ酸ガラス、またはアルカリアルミノホウケイ酸ガラスを含む、実施形態 6 7 ~ 7 8 のいずれか一つに記載のパッケージング製品。

## 【0354】

## 実施形態 8 0

上記ガラス物品が閉じ込め層上に配置される、実施形態 6 7 ~ 7 9 のいずれか一つに記載 50

載のパッケージング製品。

【 0 3 5 5 】

実施形態 8 1

製薬材料をさらに含む、実施形態 6 7 ~ 8 0 のいずれか一つに記載のパッケージング製品。

【 0 3 5 6 】

実施形態 8 2

上記開口部に配置されたキャップをさらに含む、実施形態 6 7 ~ 8 1 のいずれか一つに記載のパッケージング製品。

【 符号の説明 】

10

【 0 3 5 7 】

1 0、1 0 0、1 0 0 a、3 0 0 ガラス物品

1 2、1 4 主要面

1 6、1 8 鏡面

1 9 破砕により生じた表面

2 0 閉じ込め層

2 2 第二閉じ込め層

1 0 1 第一層

1 1 0、2 1 0 表面 C S

1 2 0、2 2 0 C T

1 2 0 支持リング

1 3 0、2 3 0 D O C

1 3 0 荷重リング

1 3 0 a 荷重リング内の表面

2 0 0 化学強化されたガラス物品

2 0 1 第一表面

3 0 1 ゼロ応力

3 0 2 第一表面

3 0 4 第二表面

3 1 0 表面 C S 値

3 1 2 応力プロファイル

3 1 5 C S 層

3 1 7、3 3 0 D O C

3 2 0 C T

3 2 5 C T 層

3 2 7 C T 領域

3 4 0 推定される応力プロファイル

4 3 0 負荷リング

3 4 2 最大化学深さ

5 0 0 機器

5 1 0 試験スタンド

5 1 2 固体台

5 1 4 シート

5 1 5 試料ホルダー

5 1 6 空隙

5 1 8 ガラス系の物品試料

5 2 0 粘着テープ

5 3 0 球

6 0 0 I B o S 試験を実施する方法

1 0 0 0 電子デバイス

20

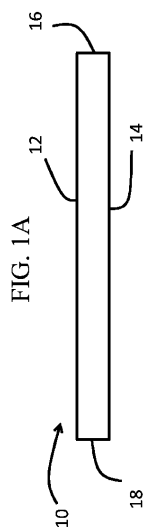
30

40

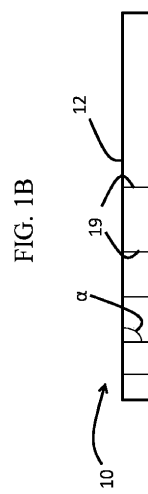
50

1 0 2 0	ハウジング
1 0 4 0	前面
1 0 6 0	背面
1 0 8 0	側面
1 1 2 0	ディスプレイ

【図 1 A】

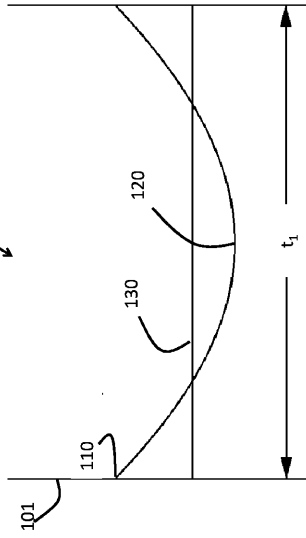


【図 1 B】



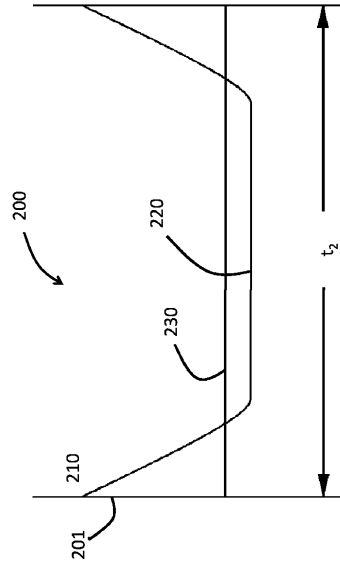
【 図 2 】

FIG. 2 (PRIOR ART)



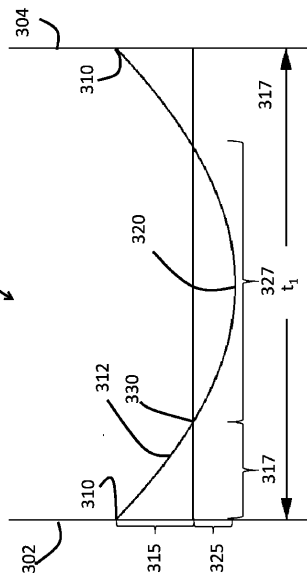
【 図 3 】

FIG. 3 (PRIOR ART)



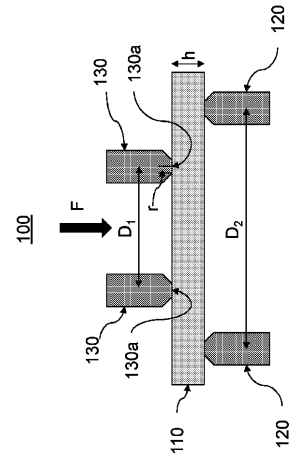
【 図 4 】

FIG. 4



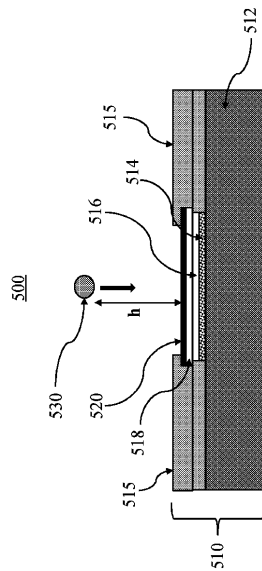
【 図 5 】

FIG. 5

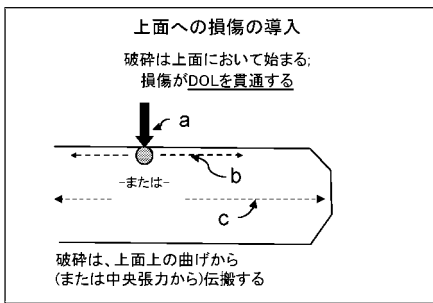


【図 6】

FIG. 6

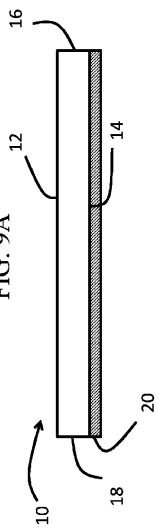


【図 7】



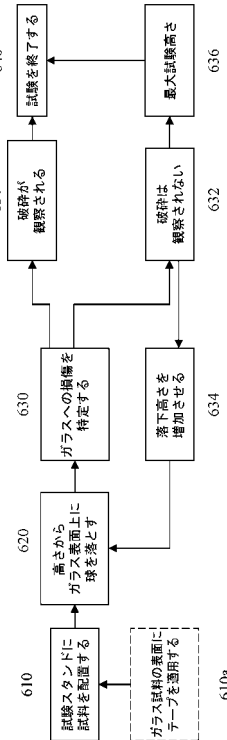
【図 9 A】

FIG. 9A



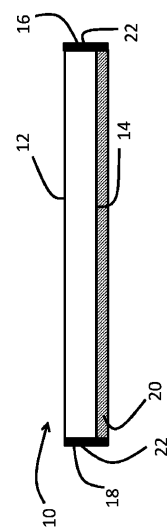
【図 8】

600



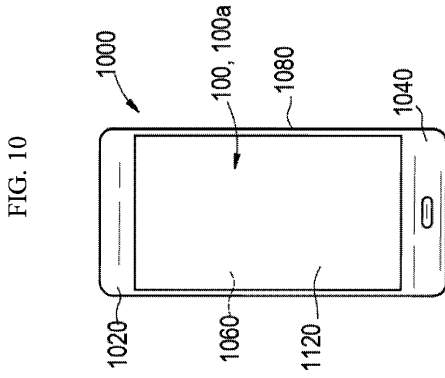
【図 9 B】

FIG. 9B

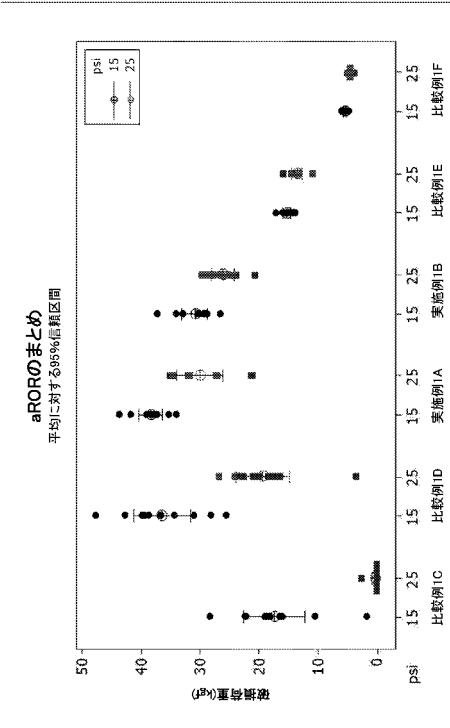




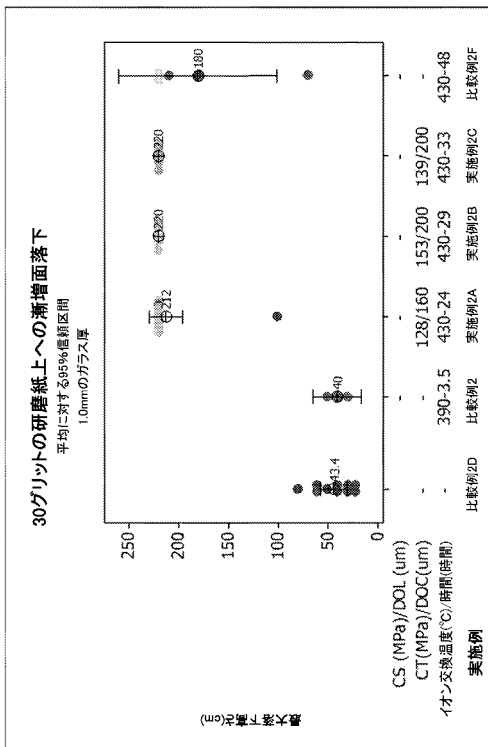
【図 1 0】



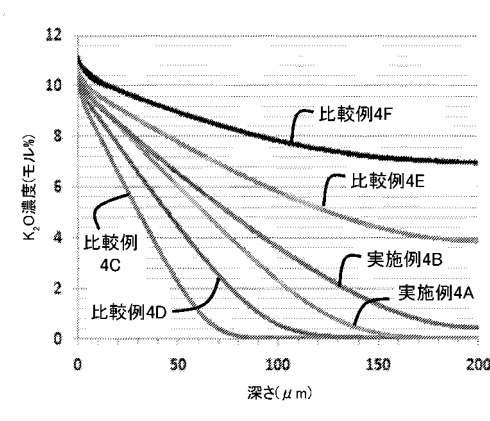
【図 1 1】



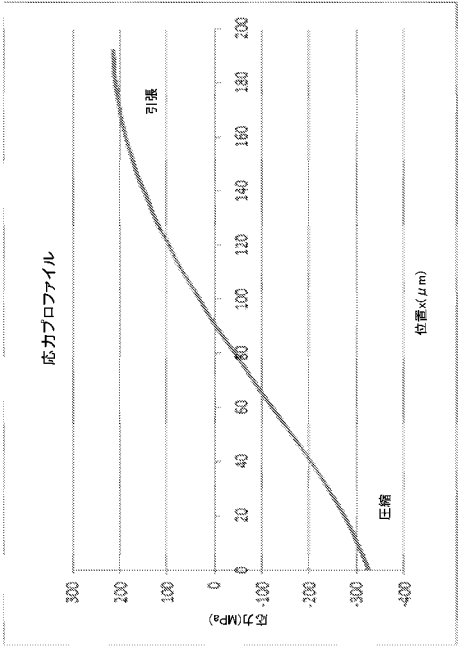
【図 1 2】



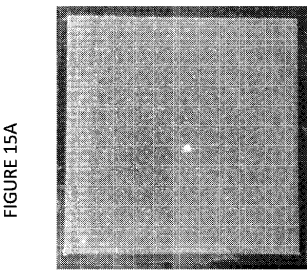
【図 1 3】



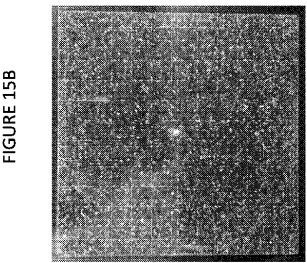
【図 1 4】



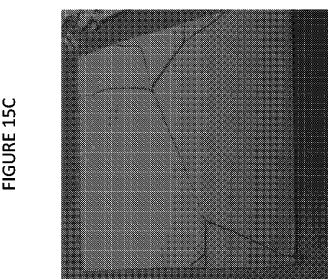
【図 1 5 A】



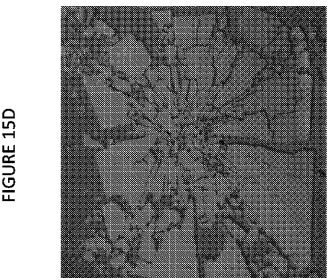
【図 1 5 B】



【図 1 5 C】

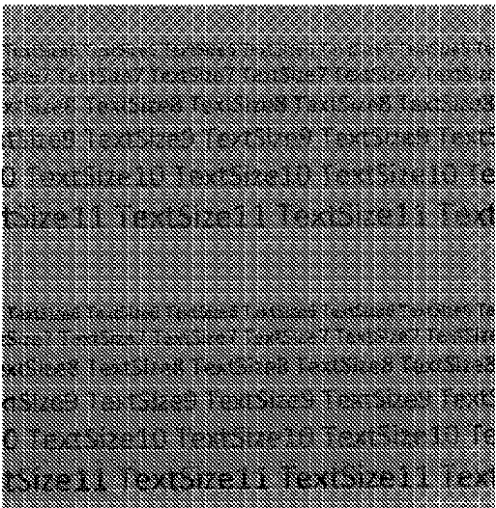


【図 1 5 D】



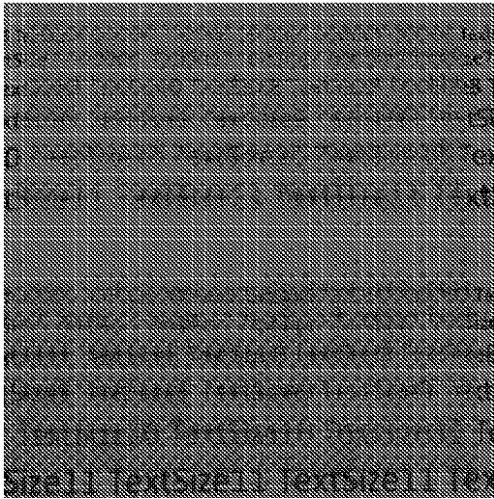
【図 1 6 A】

FIGURE 16A



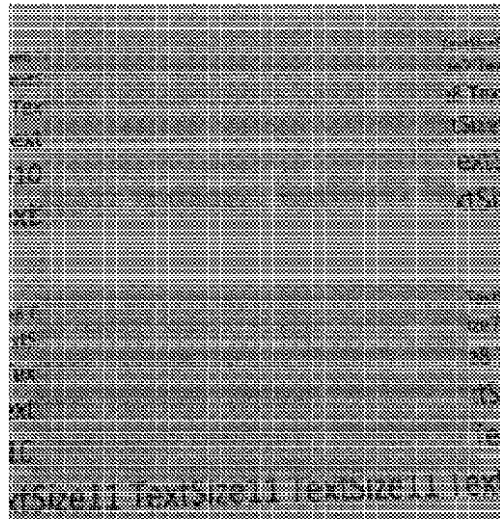
【図 16 B】

FIGURE 16B



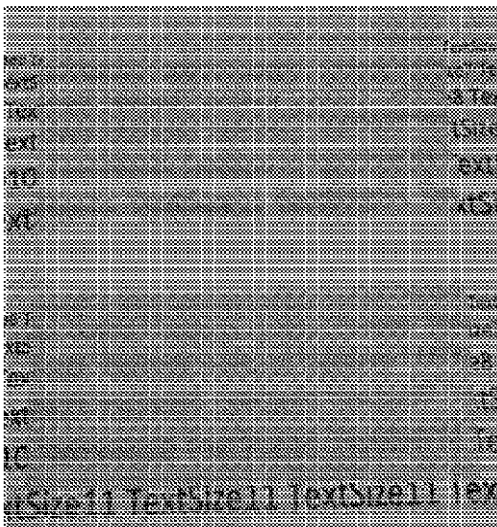
【図 16 C】

FIGURE 16C

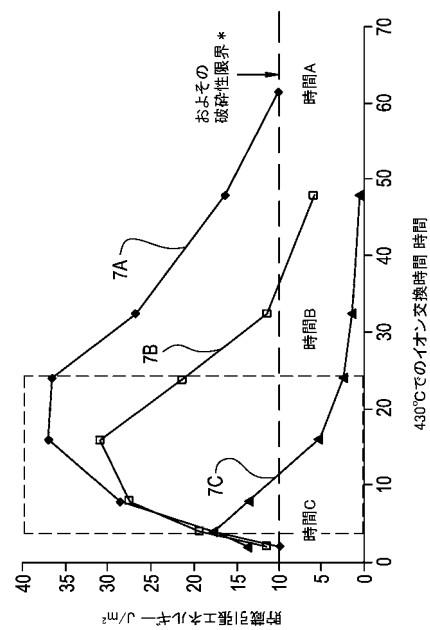


【図 16 D】

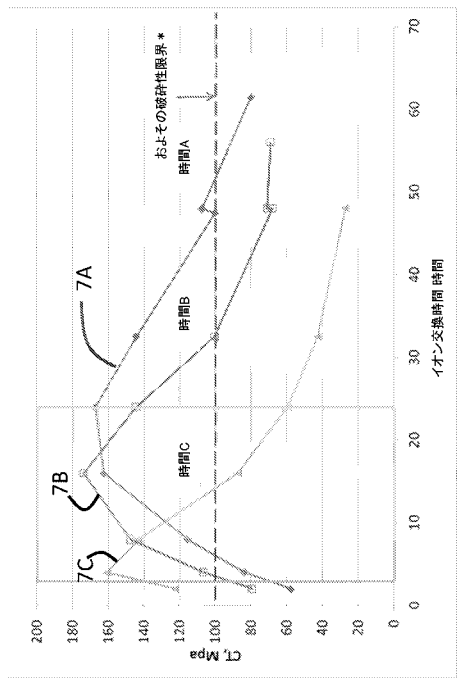
FIGURE 16D



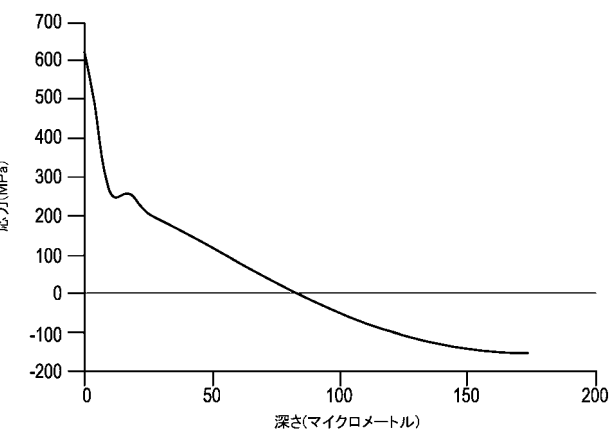
【図 17】



【図 18】



【図 19】



## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2016/043610

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. C03C3/091 C03C3/093 C03C3/097 C03C21/00 B32B17/10  
ADD.

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

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C03C B32B

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

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

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2016/102014 A1 (HU GUANGLI [US] ET AL) 14 April 2016 (2016-04-14) page 15 - page 18; examples 1-9 -----	1-66
X	EP 2 695 734 A1 (PANASONIC AVIONICS CORP [US]) 12 February 2014 (2014-02-12) paragraph [0002] - paragraph [0005] paragraph [0144]; figure 22c -----	1-66

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents :

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

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

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

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

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

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

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

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

\*&amp;\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 November 2016

Date of mailing of the international search report

01/02/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel: (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Saldamli, Saltuk

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US2016/043610

## Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☒ Claims Nos.: 1-82(partially)  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:  
see FURTHER INFORMATION sheet PCT/ISA/210
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

1-66

## Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/US2016/043610

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

Continuation of Box II.2

Claims Nos.: 1-82(partially)

The Applicant aims to define the subject-matter of claims 1-82 only by means of functional features, which are based on results of measurements and tests carried out on products, which have already been manufactured. By doing so, the Applicant claims the technical problem to be solved and not the product which is the solution to the technical problem. This is regarded as a "result-to-be-achieved" type of approach (PCT-EPO GL F-IV 4.10) and is not allowable in a product claim, where the product is clearly definable by means of product / product-by-process features, such as type of glass, type of salt bath, temperature, duration, etc. The search has, therefore, been limited to the disclosure of the examples 1-8 on pages 58-66 of the description, which appear to provide basis for a meaningful search.

The applicant's attention is drawn to the fact that claims relating to inventions in respect of which no international search report has been established need not be the subject of an international preliminary examination (Rule 66.1(e) PCT). The applicant is advised that the EPO policy when acting as an International Preliminary Examining Authority is normally not to carry out a preliminary examination on matter which has not been searched. This is the case irrespective of whether or not the claims are amended following receipt of the search report or during any Chapter II procedure. If the application proceeds into the regional phase before the EPO, the applicant is reminded that a search may be carried out during examination before the EPO (see EPO Guidelines C-IV, 7.2), should the problems which led to the Article 17(2) declaration be overcome.

International Application No. PCT/US2016/043610

**FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210**

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1-66

Strengthened glass article, electronic devices comprising  
the same

---

2. claims: 67-82

A package / packaging product

---



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/US2016/043610

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2016102014 A1	14-04-2016	CN 105753314 A TW 201619088 A US 2016102011 A1 US 2016102014 A1 WO 2016057787 A2	13-07-2016 01-06-2016 14-04-2016 14-04-2016 14-04-2016
EP 2695734 A1	12-02-2014	BR 102013020020 A2 CA 2820253 A1 CN 103569015 A EP 2695734 A1 JP 2014035544 A US 2015261363 A1	08-09-2015 08-02-2014 12-02-2014 12-02-2014 24-02-2014 17-09-2015

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(72)発明者 ファビアン, ミシェル ドーン  
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 4 5 ホースヘッズ セイント アンドリューズ ドライヴ 1 3 6

(72)発明者 コーリ, ジェフリー トッド  
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 3 0 コーニング パイン シャドウ トレイル 1 0 2 5 9

(72)発明者 リヨン, ジェニファー リン  
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 7 0 ペインテッド ポスト ベアタウン ロード 8 9

(72)発明者 スミス, シャーリーン マリー  
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 3 0 コーニング ウォーターガ アヴェニュー 2 2 2

(72)発明者 タン, デョンデー  
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 7 0 ペインテッド ポスト グレイス ブルヴァード 1 0 3

F ターム(参考) 4G059 AA06 AC16 HB03 HB13 HB14 HB16 HB23  
5C094 AA36 EB01 HA08 JA07