

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6889106号
(P6889106)

(45) 発行日 令和3年6月18日 (2021.6.18)

(24) 登録日 令和3年5月24日 (2021.5.24)

(51) Int. Cl.

F I

C O 3 B 17/06 (2006.01)

C O 3 B 17/06

C O 3 C 21/00 (2006.01)

C O 3 C 21/00 1 O 1

請求項の数 10 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2017-518965 (P2017-518965)
 (86) (22) 出願日 平成27年10月7日 (2015.10.7)
 (65) 公表番号 特表2017-534558 (P2017-534558A)
 (43) 公表日 平成29年11月24日 (2017.11.24)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2015/054348
 (87) 国際公開番号 W02016/057590
 (87) 国際公開日 平成28年4月14日 (2016.4.14)
 審査請求日 平成30年10月9日 (2018.10.9)
 (31) 優先権主張番号 62/060, 941
 (32) 優先日 平成26年10月7日 (2014.10.7)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 米国 (US)

(73) 特許権者 397068274
 コーニング インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国 ニューヨーク州 148
 31 コーニング リヴァーフロント プ
 ラザ 1
 (74) 代理人 100073184
 弁理士 柳田 征史
 (74) 代理人 100175042
 弁理士 高橋 秀明
 (72) 発明者 ゴリヤティン, ヴラディスラフ ユリイェ
 ヴィチ
 フランス国 F-77210 アヴォン
 リュ レミ ドゥモンセル 85

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 決定された応力プロファイルを有するガラス物品、およびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

積層ガラス物品において、

コアガラス組成を有するコア層と、

前記コア層に直に隣接した、クラッドガラス組成を有するクラッド層であって、該クラッド層が圧縮下にあり、前記コア層が張力下にあるように、前記クラッドガラス組成の平均クラッド熱膨張係数 (C T E) が前記コアガラス組成の平均コア C T E より小さい、クラッド層と

を含み、

前記クラッド層の外側部分内においては、前記クラッド層の圧縮応力が、前記クラッド層の外面からの距離が増加するにつれて減少し、

前記クラッド層の前記外側部分と前記コア層との間に配設された前記クラッド層の中間部分内における応力プロファイルの勾配は、 $-3\text{ MPa} / \mu\text{m} \sim 3\text{ MPa} / \mu\text{m}$ であり、前記クラッド層の前記中間部分の厚さが前記クラッド層の厚さの少なくとも 82% であることを特徴とする積層ガラス物品。

【請求項 2】

前記クラッド層の前記外側部分が、前記クラッド層の表面イオン交換領域を含む、請求項 1 記載の積層ガラス物品。

【請求項 3】

前記クラッド層の前記外面においては、前記クラッド層の前記圧縮応力が 400 MPa

10

20

～ 1 0 0 0 M P a である、請求項 1 または 2 記載のガラス物品。

【請求項 4】

前記クラッド層の前記中間部分内においては、前記クラッド層の前記圧縮応力が 5 0 M P a ～ 4 5 0 M P a である、請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載のガラス物品。

【請求項 5】

前記クラッド層の前記中間部分と前記コア層との間に配設された前記クラッド層の内側部分内においては、前記クラッド層の前記圧縮応力が、前記クラッド層の前記外面からの距離が増加するにつれて増加し、前記クラッド層の前記内側部分が、前記クラッド層の界面イオン交換領域を含む、請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載のガラス物品。

【請求項 6】

ガラス物品において、
引張領域と、

圧縮領域であって、前記引張領域に直に隣接した内面と、該内面とは反対側の外面と、前記圧縮領域の前記外面から内側に前記引張領域に向かって外側層深さ（外側 D O L）まで延在する前記圧縮領域の外側部分と、前記外側 D O L から内側に前記引張領域に向かって中間 D O L まで延在する前記圧縮領域の中間部分とを含む圧縮領域であって、前記圧縮領域の外側部分と前記圧縮領域の中間部分内における応力プロファイルの勾配は、 $-3 \text{ M P a} / \mu\text{m} \sim 3 \text{ M P a} / \mu\text{m}$ である圧縮領域と

を含み、

前記圧縮領域の圧縮応力プロファイルが、第 1 の圧縮応力 $C S_1$ と、該 $C S_1$ より小さい第 2 の圧縮応力 $C S_2$ とを含み、前記外側部分の圧縮応力が、前記外面において前記 $C S_1$ であり、前記外側 D O L において前記 $C S_2$ であり、前記中間部分の圧縮応力が前記中間部分の厚さを通して、前記 $C S_2$ の 1 0 % 以内であり、

前記外側 D O L が、前記圧縮領域の厚さの高々 1 8 % であることを特徴とするガラス物品。

【請求項 7】

前記外側 D O L と前記中間 D O L との間の距離が、前記圧縮領域の厚さの少なくとも 8 2 % である、請求項 6 記載の積層ガラス物品。

【請求項 8】

前記 $C S_1$ が 4 0 0 M P a ～ 1 0 0 0 M P a であり、前記 $C S_2$ が 5 0 M P a ～ 4 5 0 M P a である、請求項 6 または 7 記載のガラス物品。

【請求項 9】

前記中間 D O L から内側に前記引張領域に向かって内側 D O L まで延在する前記圧縮領域の内側部分を更に含み、

前記圧縮領域の前記圧縮応力プロファイルが、前記 $C S_2$ と前記 $C S_1$ との間の第 3 の圧縮応力 $C S_3$ を含み、前記内側部分の圧縮応力が前記中間 D O L において前記 $C S_2$ であり、前記内側 D O L において前記 $C S_3$ である、
請求項 6 ～ 8 のいずれか一項に記載のガラス物品。

【請求項 1 0】

コア層と、該コア層に直に隣接したクラッド層とを含む積層ガラス物品を形成するために、溶融したコアガラスを溶融したクラッドガラスと接触させる工程であって、前記コアガラスのコア熱膨張係数（C T E）が前記クラッドガラスのクラッド C T E より少なくとも 10^{-7} / 高い、工程と、

前記コア C T E と前記クラッド C T E との差から生じる前記コア層内の引張応力および前記クラッド層内の圧縮応力を生じるために、前記積層ガラス物品を冷却する工程と、

前記クラッド層の外面から内側に前記コア層に向かって外側層深さ（外側 D O L）まで延在する前記クラッド層の外側部分における前記圧縮応力を増加させるために、前記積層ガラス物品を化学的に強化する工程であって、前記化学的に強化することはであって、前記クラッド層の外側部分と前記コア層との間に配設された、前記クラッド層の厚さの 8 2 % ～ 9 9 . 9 % の厚さを有する前記クラッド層の中間部分内における応力プロファイルの

10

20

30

40

50

勾配を、 $-3\text{MPa}/\mu\text{m} \sim 3\text{MPa}/\mu\text{m}$ とするために調整される、前記積層ガラス物品を化学的に強化する工程とを含むことを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【優先権の主張】

【0001】

本願は、2014年10月7日に出願された米国仮特許出願第62/060,941号による優先権を主張するものであり、その内容の全体を参照して本明細書に組み込む。

【技術分野】

【0002】

本開示は、一般的にはガラス物品に関し、より具体的には、決定された応力プロファイルを有する強化されたガラス物品に関する。

【背景技術】

【0003】

ガラス物品は、例えば、カバーガラス（例えば、スマートホン、タブレット、ラップトップコンピュータ、およびモニタ等のタッチスクリーン装置用）、自動車用ガラス、建築用パネル、および電化製品を含む様々な製品において用いられ得る。使用中に、ガラス物品の表面に比較的大きい傷が生じ得る。例えば、スマートホンの落下の結果として、スマートホンのカバーガラスに $300\mu\text{m}$ 程度の深さの傷が生じたことが観察されている。従って、ガラス物品の機械的信頼性を向上させるために、ガラス物品は、深い傷に対する高い強度性能を有するのが望ましい。

【発明の概要】

【0004】

本明細書において、決定された応力プロファイルを有するガラス物品、および、そのようなガラス物品を製造する方法が開示される。

【0005】

本明細書において、コア層と、コア層に直に隣接したクラッド層とを含む積層ガラス物品が開示される。コア層はコアガラス組成を有する。クラッド層はクラッドガラス組成を有する。クラッド層が圧縮下にあり、コア層が張力下にあるように、クラッドガラス組成の平均クラッド熱膨張係数（CTE）は、コアガラス組成の平均コアCTEより小さい。クラッド層の外側部分内においては、クラッド層の圧縮応力は、クラッド層の外面からの距離が増加するにつれて減少する。クラッド層の外側部分とコア層との間に配設されたクラッド層の中間部分内においては、クラッド層の圧縮応力は、クラッド層の外面からの距離が増加しても略一定のままである。クラッド層の中間部分の厚さは、クラッド層の厚さの少なくとも約82%である。

【0006】

また、本明細書において、引張領域と、引張領域に直に隣接した内面、および内面とは反対側の外面を有する圧縮領域とを含むガラス物品も開示される。圧縮領域の外側部分は、圧縮領域の外面から内側に引張領域に向かって外側層深さ（外側DOL: depth of layer）まで延在する。圧縮領域の中間部分は、外側DOLから内側に引張領域に向かって中間DOLまで延在する。圧縮領域の圧縮応力プロファイルは、第1の圧縮応力 CS_1 および第2の圧縮応力 CS_2 を含む。外側部分の圧縮応力は、外面において CS_1 であり、外側DOLにおいて CS_2 である。中間部分の圧縮応力は、 CS_2 で略一定である。

【0007】

更なる特徴および長所は、以下の詳細な説明で述べられると共に、部分的にはその説明から当業者に自明であり、または、以下の詳細な説明、特許請求の範囲、および添付の図面を含む本明細書に記載されるように実施形態を実施することによって認識される。

【0008】

上記の概要説明および以下の詳細説明は、単に例示的なものであり、特許請求の範囲の性質および特徴を理解するための概観または枠組みを提供することを意図したものである

10

20

30

40

50

ことを理解されたい。添付の図面は、更なる理解を提供するために含まれ、本明細書に組み込まれてその一部をなすものである。図面は 1 以上の実施形態を示しており、明細書と共に、様々な実施形態の原理および作用を説明する役割をするものである。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】ガラス物品の積層構造の例示的な一実施形態の部分的な断面図

【図2】ガラス物品を形成するために用いられ得る形成装置の例示的な一実施形態の断面図

【図3】CTEミスマッチのみによって生じる例示的な機械的応力プロファイルと、化学的強化のみによって生じる例示的な化学的応力プロファイルとを比較するグラフ

10

【図4】機械的強化と化学的強化との組合せによって生じる例示的な組み合わせられた応力プロファイルのグラフ

【図5】化学的強化のみによって生じる応力プロファイルに対応する例示的な残留強度プロファイルと、機械的強化と化学的強化との組合せによって生じる応力プロファイルに対応する例示的な残留強度プロファイルとを比較するグラフ

【図6】機械的強化、化学的強化、および圧縮領域と引張領域との間でのイオン交換の組合せによって生じる例示的な応力プロファイルのグラフ

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、添付の図面に示されている例示的な実施形態を詳細に参照する。可能な場合には常に、図面を通して、同一または類似の部分に参照するために同一の参照番号が用いられる。図面中の構成要素は必ずしも縮尺通りではなく、むしろ、例示的な実施形態の原理を説明する際に強調されている。

20

【0011】

本明細書において用いられる「平均熱膨張係数」または「平均CTE」という用語は、所与の材料または層の0 ~ 300 の平均線熱膨張係数を指す。本明細書において用いられる「熱膨張係数」または「CTE」という用語は、特に明記しない限り、平均熱膨張係数を指す。

【0012】

化学的に強化されたガラスは、様々な民生用電子装置（例えば、スマートフォン、タブレットコンピュータ、パーソナルコンピュータ、ウルトラブック、テレビ、およびカメラ）用のカバーガラスとして用いられる。電子装置の落下によって、そのようなカバーガラスの破損が生じ得る。いかなる理論にも縛られることは望まないが、電子装置の落下によって生じるカバーガラスの2つの主な破壊の様子は、曲げ破壊および激しい接触による破壊であると考えられる。曲げ破壊は、電子装置が落下した地面または他の表面と接触した際に電子装置が受ける動的負荷の結果としてのカバーガラスの曲げによって生じる。激しい接触による破壊は、ガラスが、カバーガラスに損傷を生じる粗い表面（例えば、アスファルト、花崗岩、砂利等）上に落下した際の、カバーガラス表面の激しい圧入によって生じる。化学的強化は、カバーガラスの表面に圧縮応力を生じることにより、カバーガラスの曲げ破壊に対する耐性を大きく改善できる。しかし、化学的に強化されたカバーガラスは、動的な激しい接触による破壊に対しては、接触点における局所的な圧入によって生じる高い応力の集中と、圧縮層の深さ（例えば、高々約80 μmまで）と比較した、そのような接触によって生じ得る傷の深さ（例えば、高々約300 μmまで）とを理由として、脆弱であり得る。傷が、圧縮応力領域を貫通するのに十分に深い場合には、カバーガラスは壊れ得る。カバーガラスの表面圧縮応力を増加させる、および/または、圧縮層の深さを増加させることで、深い傷によって生じる破壊に対するカバーガラスの耐性を高めることができるが、これらの技術は共に、カバーガラスの中心部の張力も増加させる。中心部の張力が、破砕性限界を超えて増加した場合には、カバーガラスは、破砕挙動、または極端な分裂挙動を示し得る。

30

40

【0013】

50

様々な実施形態において、ガラス物品は、引張領域と、引張領域に直に隣接した圧縮領域とを有する。例えば、引張領域は、ガラス物品のコア層を含み、圧縮領域は、ガラス物品のクラッド層を含む。幾つかの実施形態では、圧縮領域は、第1の圧縮領域および第2の圧縮領域を含み、引張領域は、第1の圧縮領域と第2の圧縮領域との間に配設されている。例えば、クラッド層は、第1のクラッド層および第2のクラッド層を含み、コア層は、第1のクラッド層と第2のクラッド層との間に配設されている。ガラス物品は、第1の圧縮領域と第2の圧縮領域と（および、それぞれの応力プロファイル）が互いの鏡像であるという意味で、対称であり得る。或いは、ガラス物品は、第1の圧縮領域と第2の圧縮領域とが互いの鏡像ではないという意味で、非対称であり得る。圧縮領域は、引張領域に直に隣接した内面と、内面とは反対側の外面とを有する。圧縮領域の外側部分は、圧縮領域の外面から内側に引張領域に向かって外側層深さ（外側DOL: depth of layer）まで延在する。圧縮領域の中間部分は、外側DOLから内側に引張領域に向かって中間DOLまで延在する。圧縮応力領域は、第1の圧縮応力 CS_1 と、 CS_1 より小さい第2の圧縮応力 CS_2 とを含む決定された圧縮応力プロファイルを有する。幾つかの実施形態では、 CS_1 は、圧縮領域の最大圧縮応力を有し、および/または、 CS_2 は、圧縮領域の最小圧縮応力を有する。それに加えて、またはその代わりに、圧縮領域の外側部分の圧縮応力は、外面において CS_1 であり、外側DOLにおいて CS_2 であり、中間部分の圧縮応力は CS_2 で略一定である。例えば、中間部分の圧縮応力は、中間部分の厚さを通して、 CS_2 の約10%以内、約5%以内、約2%以内、または約1%以内である。それに加えて、またはその代わりに、応力プロファイルの勾配（例えば、単純線形回帰を用いて決定された、ガラス物品内における深さの関数としての、圧縮応力の線形傾向線の勾配）は、圧縮領域の中間部分を通して実質的にゼロである（例えば、約 $-7\text{ MPa}/\mu\text{m}$ ~約 $7\text{ MPa}/\mu\text{m}$ 、約 $-5\text{ MPa}/\mu\text{m}$ ~約 $5\text{ MPa}/\mu\text{m}$ 、約 $-3\text{ MPa}/\mu\text{m}$ ~約 $3\text{ MPa}/\mu\text{m}$ 、または約 $-1\text{ MPa}/\mu\text{m}$ ~約 $1\text{ MPa}/\mu\text{m}$ ）。幾つかの実施形態では、圧縮応力領域は、中間DOLから内側に引張領域に向かって内側DOLまで延在する内側部分を更に含む。決定された圧縮応力プロファイルは、 CS_1 と CS_2 との間の第3の圧縮応力 CS_3 を更に含む。幾つかの実施形態では、内側部分の圧縮応力は、中間DOLにおいて、 CS_2 であるか、または CS_2 にほぼ等しく、内側DOLにおいて、 CS_3 である。

【0014】

図1は、ガラス物品100の例示的な一実施形態の断面図である。幾つかの実施形態では、ガラス物品100は、複数のガラス層を含む積層シートを含む。積層シートは、図1に示されているように略平面状（即ち、平坦）、または非平面状（即ち、曲面状）であり得る。他の実施形態では、ガラス物品は、成形されたガラス物品を含む。例えば、成形されたガラス物品を形成するために、積層シートは、型の成形面と接触させられる。ガラス物品100は、第1のクラッド層104と第2のクラッド層106との間に配設されたコア層102を含む。幾つかの実施形態では、図1に示されているように、第1のクラッド層104および第2のクラッド層106は外側の層である。他の実施形態では、第1のクラッド層および/または第2のクラッド層は、コア層と外側の層との間に配設された中間層である。

【0015】

コア層102は、第1の主要な表面と、第1の主要な表面とは反対側の第2の主要な表面とを有する。幾つかの実施形態では、第1のクラッド層104は、コア層102の第1の主要な表面に融着される。それに加えて、またはその代わりに、第2のクラッド層106は、コア層102の第2の主要な表面に融着される。そのような実施形態では、第1のクラッド層104とコア層102との間の界面、および/または、第2のクラッド層106とコア層102との間の界面には、いかなる接着材料（例えば、それぞれのクラッド層をコア層に接着するよう追加または構成されたポリマー中間層、接着剤、コーティング層、または任意の非ガラス材料等）も存在しない。従って、第1のクラッド層104および/または第2のクラッド層106は、コア層102に直に融着されるか、または、コア層102に直に隣接する。幾つかの実施形態では、ガラス物品は、コア層と第1のクラッド

層との間、および／または、コア層と第2のクラッド層との間に配設された1以上の中間層を含む。例えば、中間層は、コア層とクラッド層との界面に形成された中間ガラス層および／または拡散層を含む。拡散層は、拡散層に隣接した各層の成分を含むブレンド領域を含む。幾つかの実施形態では、ガラスシート100は、直に隣接したガラス層間の界面がガラス-ガラス界面であるガラス-ガラス積層体（例えば、その場で融着された多層ガラス-ガラス積層体）を含む。

【0016】

幾つかの実施形態では、コア層102はコアガラス組成を有し、第1のクラッド層104および／または第2のクラッド層106は、コアガラス組成とは異なるクラッドガラス組成を有する。本明細書において記載されるように、ガラス物品を化学的に強化する前に、コアガラス組成とクラッドガラス組成とは互いに異なっている。例えば、図1に示されている実施形態では、コア層102はコアガラス組成を有し、第1のクラッド層104および第2のクラッド層106の各々は、クラッドガラス組成を有する。他の実施形態では、第1のクラッド層は第1のクラッドガラス組成を有し、第2のクラッド層は、コアガラス組成および／または第1のクラッドガラス組成とは異なる第2のクラッドガラス組成を有する。

【0017】

ガラス物品は、例えば、フュージョンドロー法、ダウンドロー法、スロットドロー法、アップドロー法、またはフロート法等の適切なプロセスを用いて形成され得る。幾つかの実施形態では、ガラス物品は、フュージョンドロー法を用いて形成される。図2は、例えばガラス物品100等のガラス物品を形成するために用いられ得るオーバーフロー分配器200の例示的な一実施形態の断面図である。オーバーフロー分配器200は、米国特許第4,214,886号明細書（その全体を参照して本明細書に組み込む）に記載されているように構成され得る。例えば、オーバーフロー分配器200は、下部オーバーフロー分配器220と、下部オーバーフロー分配器の上方に配置された上部オーバーフロー分配器240とを含む。下部オーバーフロー分配器220は、トラフ222を含む。コアガラス組成物224が溶かされ、粘性状態でトラフ222内へと供給される。更に後述するように、コアガラス組成物224は、ガラス物品100のコア層102を形成する。上部オーバーフロー分配器240は、トラフ242を含む。クラッドガラス組成物244が溶かされ、粘性状態でトラフ242へと供給される。更に後述するように、クラッドガラス組成物244は、ガラス物品100の第1のクラッド層104および第2のクラッド層106を形成する。

【0018】

コアガラス組成物224はトラフ222を越流して、下部オーバーフロー分配器220の互いに反対側にある外側形成面226および228を流れ下る。外側形成面226および228は延伸ライン230において収束する。下部オーバーフロー分配器220の外側形成面226および228をそれぞれ流れ下るコアガラス組成物224の別個の流れは、延伸ライン230において収束し、そこで一体に融着されて、ガラス物品100のコア層102を形成する。

【0019】

クラッドガラス組成物244はトラフ242を越流して、上部オーバーフロー分配器240の互いに反対側にある外側形成面246および248を流れ下る。クラッドガラス組成物244は、上部オーバーフロー分配器240によって外側に向かって偏向され、クラッドガラス組成物が下部オーバーフロー分配器220の周囲を流れて、下部オーバーフロー分配器の外側形成面226および228上を流れるコアガラス組成物224と接触するようになっている。クラッドガラス組成物244の別個の流れは、下部オーバーフロー分配器220の外側形成面226および228をそれぞれ流れ下るコアガラス組成物224の別個の流れのそれぞれに融着される。コアガラス組成物224の流れが延伸ライン230において収束すると、クラッドガラス組成物244は、ガラス物品100の第1のクラッド層104および第2のクラッド層106を形成する。

【 0 0 2 0 】

幾つかの実施形態では、積層シートを形成するために、粘性状態のコア層 1 0 2 のコアガラス組成物 2 2 4 は、粘性状態の第 1 のクラッド層 1 0 4 および第 2 のクラッド層 1 0 6 のクラッドガラス組成物 2 4 4 と接触させられる。そのような幾つかの実施形態では、図 2 に示されているように、積層シートは、下部オーバーフロー分配器 2 2 0 の延伸ライン 2 3 0 から離れる方向に移動するガラスリボンの一部である。ガラスリボンは、例えば、重力および / または引張ローラを含む適切な手段によって、下部オーバーフロー分配器 2 2 0 から離れる方向に延伸され得る。ガラスリボンは、下部オーバーフロー分配器 2 2 0 から離れる方向に移動する際に冷える。ガラスリボンから積層シートを分離するために、ガラスリボンは分断される。従って、積層シートはガラスリボンから切断される。ガラスリボンは、例えば、罫書き、曲げ、熱衝撃、および / またはレーザ切断等の適切な技術を用いて分断され得る。幾つかの実施形態では、図 1 に示されているように、ガラス物品 1 0 0 は積層シートを含む。他の実施形態では、積層シートは、ガラス物品 1 0 0 を形成するために (例えば、切断または成形によって) 更に処理され得る。

10

【 0 0 2 1 】

図 1 に示されているガラス物品 1 0 0 は 3 つの層を含むが、本開示には他の実施形態も含まれる。他の実施形態では、ガラス物品は、2 つ、3 つ、4 つ、またはそれ以上の層等の所定の数の層を有し得る。例えば、2 つの層を有するガラス物品は、2 つのオーバーフロー分配器のそれぞれの延伸ラインから離れる方向に移動する 2 つの層が接合されるよう配置された 2 つのオーバーフロー分配器を用いて、または、2 つのガラス組成物が、単一オーバーフロー分配器の互いに反対側にある外側形成面上を流れて、オーバーフロー分配器の延伸ラインにおいて収束するように、分割されたトラフを有する単一のオーバーフロー分配器を用いて形成され得る。4 つ以上の層を有するガラス物品は、更なるオーバーフロー分配器を用いて、および / または、分割されたトラフを有する複数のオーバーフロー分配器を用いて形成できる。従って、オーバーフロー分配器を適宜変形することにより、決定された数の層を有するガラス物品を形成できる。

20

【 0 0 2 2 】

幾つかの実施形態では、ガラス物品 1 0 0 は、少なくとも約 0 . 0 5 mm、少なくとも約 0 . 1 mm、少なくとも約 0 . 2 mm、または少なくとも約 0 . 3 mm の厚さを有する。それに加えて、またはその代わりに、ガラス物品 1 0 0 は、高々約 3 mm、高々約 2 mm、高々約 1 . 5 mm、高々約 1 mm、高々約 0 . 7 mm、または高々約 0 . 5 mm の厚さを有する。例えば、ガラス物品は、約 0 . 1 mm ~ 約 3 mm、約 0 . 1 mm ~ 約 1 mm、または約 0 . 3 mm ~ 約 0 . 7 mm の厚さを有する。幾つかの実施形態では、ガラス物品 1 0 0 の厚さに対するコア層 1 0 2 の厚さの比率は、少なくとも約 0 . 5、少なくとも約 0 . 7、少なくとも約 0 . 8、少なくとも約 0 . 8 5、少なくとも約 0 . 9、または少なくとも約 0 . 9 5 である。幾つかの実施形態では、第 2 の層 (例えば、第 1 のクラッド層 1 0 4 および第 2 のクラッド層 1 0 6 の各々) の厚さは約 0 . 0 1 mm ~ 約 0 . 3 mm である。

30

【 0 0 2 3 】

幾つかの実施形態では、ガラス物品 1 0 0 は機械的に強化される。例えば、第 1 のクラッド層 1 0 4 および / または第 2 のクラッド層 1 0 6 のクラッドガラス組成は、コア層 1 0 2 のコアガラス組成とは異なる平均熱膨張係数 (C T E) を有する。幾つかの実施形態では、第 1 のクラッド層 1 0 4 および第 2 のクラッド層 1 0 6 は、コア層 1 0 2 より低い平均 C T E を有するガラス組成物から形成される。C T E ミスマッチ (即ち、第 1 のクラッド層 1 0 4 および第 2 のクラッド層 1 0 6 の平均 C T E とコア層 1 0 2 の平均 C T E との差) により、ガラス物品 1 0 0 が冷える際、クラッド層には圧縮応力が生じ、コア層には引張応力が生じる。

40

【 0 0 2 4 】

幾つかの実施形態では、コア層 1 0 2 の平均 C T E と、第 1 のクラッド層 1 0 4 および / または第 2 のクラッド層 1 0 6 の平均 C T E とは、少なくとも約 $5 \times 10^{-7} - 1$ 、

50

少なくとも約 $15 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ 、少なくとも約 $25 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ 、または少なくとも約 $30 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ だけ異なる。それに加えて、またはその代わりに、コア層 102 の平均 CTE と、第 1 のクラッド層 104 および / または第 2 のクラッド層 106 の平均 CTE とは、高々約 $100 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ 、高々約 $75 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ 、高々約 $50 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ 、高々約 $40 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ 、高々約 $30 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ 、高々約 $20 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ 、または高々約 $10 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ だけ異なる。幾つかの実施形態では、クラッドガラス組成は、高々約 $66 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ 、高々約 $55 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ 、高々約 $50 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ 、高々約 $40 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ 、または高々約 $35 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ の平均 CTE を有する。それに加えて、またはその代わりに、クラッドガラス組成は、少なくとも約 $10 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ 、少なくとも約 $15 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ 、少なくとも約 $25 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ 、または少なくとも約 $30 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ の平均 CTE を有する。それに加えて、またはその代わりに、コアガラス組成は、少なくとも約 $40 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ 、少なくとも約 $50 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ 、少なくとも約 $55 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ 、少なくとも約 $65 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ 、少なくとも約 $70 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ 、少なくとも約 $80 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ 、または少なくとも約 $90 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ の平均 CTE を有する。それに加えて、またはその代わりに、コアガラス組成は、高々約 $120 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ 、高々約 $110 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ 、高々約 $100 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ 、高々約 $90 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ 、高々約 $75 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ 、または高々約 $70 \times 10^{-7} \text{ }^{-1}$ の平均 CTE を有する。

10

【0025】

20

幾つかの実施形態では、ガラス物品 100 は化学的に強化される。例えば、ガラス物品 100 は、ガラス物品の外面付近のガラス物品の領域（例えば、本明細書において記載されるように、圧縮領域の外側部分）における圧縮応力を増加させるために、イオン交換処理を用いて強化される。幾つかの実施形態では、イオン交換処理は、ガラス物品 100 の 1 以上の表面にイオン交換媒体を施すことを含む。イオン交換媒体は、ガラスマトリクス中のより小さいイオンと交換されるより大きいイオンを含む溶液、ペースト、ゲル、または他の適切な媒体を含む。例えば、ガラス物品 100 の圧縮層は、アルカリアルミノシリケートガラスを含む。従って、ガラスの表面層中のより小さいイオン、およびイオン交換媒体中のより大きいイオンは、一価のアルカリ金属カチオン（例えば、 Li^+ 、 Na^+ 、 K^+ 、 Rb^+ 、および / または Cs^+ ）である。或いは、ガラス物品 100 中の一価のカチオンは、アルカリ金属カチオン以外の一価のカチオン（例えば、 Ag^+ 等）と交換され得る。幾つかの実施形態では、イオン交換媒体は熔融塩溶液を含み、イオン交換処理は、積層ガラス物品を、ガラスマトリクス中のより小さいイオン（例えば、 Na^+ および / または Li^+ ）と交換されるより大きいイオン（例えば、 K^+ および / または Na^+ ）を含む熔融塩槽に浸漬することを含む。幾つかの実施形態では、熔融塩槽は、より大きいアルカリ金属イオンの塩（例えば、硝酸塩、硫酸塩、および / または塩化物）を含む。例えば、熔融塩槽は、熔融 KNO_3 、熔融 NaNO_3 、またはそれらの組合せを含む。それに加えて、またはその代わりに、熔融塩槽の温度は約 380°C ~ 約 450°C であり、浸漬時間は約 2 時間 ~ 約 16 時間である。ガラス物品 100 の表面において、ガラスマトリクス中のより小さいイオンをより大きいイオンと交換することにより、ガラス物品の外面付近において、圧縮層の圧縮応力が増加される。

30

40

【0026】

図 3 は、CTE ミスマッチのみによって生じる例示的な機械的応力プロファイル 302 と、化学的強化のみによって生じる例示的な化学的応力プロファイル 304 とを比較するグラフである。応力プロファイルは、ガラス物品内における深さの関数としての応力によって表される。ガラス物品の外面からの距離として与えられるガラス物品内における深さは x 軸上にプロットされており、応力は y 軸上にプロットされている。

【0027】

機械的応力プロファイル 302 を参照すると、圧縮領域（例えば、クラッド層）は、約 $50 \mu\text{m}$ の厚さと、約 150 MPa の第 1 の圧縮応力とを有する。機械的応力プロファイ

50

ル 3 0 2 は階段関数である。従って、圧縮領域を通して、圧縮応力は表面圧縮応力で略一定であり、圧縮領域と引張領域との間の界面において（例えば、クラッド層とコア層との界面において）、応力は階段状の変化として表面圧縮応力から最大引張応力へと遷移する。

【 0 0 2 8 】

化学的応力プロファイル 3 0 4 を参照すると、圧縮領域は、約 8 0 μm の D O L まで延在し、約 9 0 0 M P a の表面圧縮応力を有する。応力は、圧縮領域の外面上における表面圧縮応力から引張領域内における最大引張応力へと連続的に遷移する。従って、機械的応力プロファイル 3 0 2 とは対照的に、化学的応力プロファイル 3 0 4 には、一定の圧縮応力の領域、または圧縮応力領域と引張領域との間の階段状の変化は無い。

10

【 0 0 2 9 】

幾つかの実施形態では、ガラス物品 1 0 0 は、機械的強化と化学的強化との組合せによって強化される。例えば、本明細書において記載されるように、C T E ミスマッチを有するガラス物品 1 0 0（例えば、ガラス積層体）は、圧縮層の外表面付近の圧縮応力を更に増加させるために、化学的に強化される。図 4 は、機械的強化と化学的強化との組合せによって生じる例示的な組み合わせられた応力プロファイルのグラフである。ガラス物品の応力プロファイルは、例えば、複屈折に基づく測定技術、または屈折ニアフィールド（R N F）技術を用いることを含む、任意の適切な技術を用いて測定され得る。応力測定のための例示的な標準は、例えば、A S T M C 1 4 2 2 および A S T M C 1 2 7 9 を含む。応力プロファイルは、ガラス物品内における深さの関数としてのガラス物品 1 0 0 内の応力を含む。ガラス物品の外表面からの距離として与えられるガラス物品 1 0 0 内における深さは x 軸上にプロットされており、応力は y 軸上にプロットされている。ガラス物品内における深さは、本明細書においては層深さ（D O L）として参照され得る。圧縮応力は正の y 軸上に示され、引張応力は負の y 軸上に示される。しかし、本明細書において記載される圧縮応力および引張応力の値は、応力の絶対値を指している。従って、引張応力は、本明細書においては負の値ではなく正の値として与えられている。なお、図 4 は、ガラス物品の厚さの一部を通る（例えば、1 つのクラッド層とコア層の一部とを通る）ガラス物品 1 0 0 の応力プロファイルの一部のみを示している。対称のガラス物品については、ガラス物品の厚さの残りの部分を通る応力プロファイルは、図 4 に示されている応力プロファイルの部分の鏡像である。図 4 に示されている例では、圧縮領域（例えば、クラッド層）は、約 1 2 5 μm の厚さと、約 9 0 0 M P a の第 1 の圧縮応力と、約 1 0 0 M P a の第 2 の圧縮応力とを有する。圧縮応力領域は、圧縮領域の外表面から内側に引張領域に向かって外側 D O L まで延在する外側部分と、外側 D O L から内側に引張領域に向かって中間 D O L まで延在する中間部分とを含む。幾つかの実施形態では、圧縮領域の外側部分は表面イオン交換領域を含み、表面イオン交換領域においては、ガラス組成プロファイルおよび / または応力プロファイルは少なくとも部分的に、（例えば、本明細書において記載されるように、積層ガラス物品にイオン交換処理を施すことにより）イオン交換領域内においてガラスマトリクス内へと入るより大きいイオン、およびガラスマトリクスから出るより小さいイオンの拡散によって生じる。例えば、表面イオン交換領域は、少なくとも部分的にイオン交換処理によって生じたことを示す特定の形状（例えば、誤差関数）を有する応力プロファイル

を有するものとして識別され得る。それに加えて、またはその代わりに、表面イオン交換領域は、圧縮領域の中間部分内における略一定の圧縮応力と比較して、ガラス物品の表面にある、圧縮応力がガラス物品内における深さの関数として減少する領域として識別され得る。図 4 に示されている例では、外側 D O L は約 1 0 μm であり、中間 D O L は約 1 2 5 μm である。従って、（外側 D O L によって表される）圧縮領域の外側部分の厚さは、圧縮領域またはクラッド層の厚さの約 8 % であり、圧縮領域の中間部分の厚さは、圧縮領域またはクラッド層の厚さの約 9 2 % である。幾つかの実施形態では、圧縮領域の外側部分の厚さは、圧縮領域の厚さの高々約 1 8 %、高々約 1 6 %、高々約 1 4 %、高々約 1 2 %、高々約 1 0 %、高々約 8 %、高々約 6 %、高々約 4 %、または高々約 2 % である。それに加えて、またはその代わりに、圧縮領域の外側部分の厚さは、圧縮領域の厚

20

30

40

50

さの少なくとも約 0.1%、少なくとも約 0.5%、または少なくとも約 1%である。幾つかの実施形態では、圧縮領域の中間部分の厚さは、圧縮領域の厚さの少なくとも約 82%、少なくとも約 84%、少なくとも約 86%、少なくとも約 88%、少なくとも約 90%、少なくとも約 92%、少なくとも約 94%、少なくとも約 96%、または少なくとも約 98%である。それに加えて、またはその代わりに、圧縮領域の中間部分の厚さは、圧縮領域の厚さの高々約 99.9%、高々約 99.5%、または高々約 99%である。圧縮領域の外側部分の厚さを制限する、または、圧縮領域の中間部分の厚さを増加させることは（例えば、比較的高い表面圧縮応力、比較的に厚い圧縮応力領域または深い合計 DOL、および圧縮応力プロファイル曲線の下に比較的に低い領域を設けることにより）、本明細書において記載されるように、改善された残留強度と、ガラス物品内における比較的に低い引張応力との組合せを可能にし得る。

10

【0030】

図 4 に示されている例では、圧縮応力は、圧縮領域の外側面における第 1 の圧縮応力から外側 DOL における第 2 の圧縮応力へと急速に且つ連続的に減少し、外側 DOL から内側 DOL までは第 2 の圧縮応力で略一定のままであり、次に、圧縮領域と引張領域との間の界面において、第 2 の圧縮応力から最大引張応力へと階段状の変化として遷移する。図 4 に示されている実施形態では、中間 DOL はクラッド層の厚さに等しい。他の実施形態では、中間 DOL はクラッド層の厚さより小さい。

【0031】

幾つかの実施形態では、ガラス物品 100 は、クラッド層の中間部分における圧縮応力を増加させることなく、クラッド層の外側部分における圧縮応力を増加させるために、化学的に強化される。従って、化学的強化は、圧縮層の全厚さより小さい厚さが化学的に強化され、化学的強化後に、本明細書において記載されるように、圧縮層が、略一定の圧縮応力を有する中間部分を含むような方法で行われる。イオン交換領域の深さを制限するために、例えば、化学的強化が行われる時間、および/または、化学的強化が行われる温度が制限され得る。

20

【0032】

ガラス物品の残留強度は、ガラス物品の応力プロファイルに基づいて決定され得る。例えば、残留強度は、ガラス物品の表面から特定の深さまで延びる傷を形成し、傷の形成後に、ガラス物品の強度を決定することによって決定される。この強度は、例えば、（例えば ASTM C1499-09 に記載されているような）リング・オン・リング試験方法、ボール・オン・リング試験方法、三点曲げ試験方法、四点曲げ試験方法、または他の適切な方法もしくは技術を用いて決定されるガラス物品の曲げ強度である。そのような残留強度の決定は、ガラス物品の応力プロファイルに基づく破壊力学シミュレーションを用いて行うことができる。図 5 は、化学的強化のみによって生じる応力プロファイルに対応する例示的な残留強度プロファイルと、機械的強化と化学的強化との組合せによって生じる応力プロファイルに対応する例示的な残留強度プロファイルとを比較するグラフである。残留強度プロファイルは、傷のサイズの関数としての残留強度によって表される。ガラス物品の外側面からの傷が延びる距離として与えられる傷のサイズは x 軸上にプロットされており、残留強度は y 軸上にプロットされている。化学的残留強度プロファイル 504 は、図 3 に示されている化学的応力プロファイル 304 に基づく破壊力学シミュレーションを用いて生成されたものであり、組み合わされた残留強度プロファイル 506 は、図 4 に示されている組み合わされた応力プロファイルに基づく破壊力学シミュレーションを用いて生成されたものである。

30

40

【0033】

図 5 に示されているように、化学的残留強度プロファイル 504 および組み合わされた残留強度プロファイル 506 の各々は、ガラス物品の外側面付近において、比較的に高い残留強度（例えば、少なくとも約 200 MPa）を含み、これは、比較的に浅い傷（例えば、約 10 μ m 未満）の結果としてのガラス物品の破損を回避するのを補助し得る。しかし、組み合わされた残留強度プロファイル 506 は、ガラス物品内のより深くまで、化学的残留

50

強度プロファイル504より高い残留強度を保っている。例えば、約70 μm ~ 約300 μm の傷のサイズについては、組み合わされた残留強度プロファイル506の残留強度は、化学的残留強度プロファイル504の残留強度より高く、これは、比較的深い傷の結果としてのガラス物品の破損を回避するのを補助し得る。電子装置（例えば、スマートフォン）の落下の結果としてカバーガラスに生じる傷は、一般的に、約70 μm ~ 約300 μm の傷のサイズを有する。従って、そのような傷のサイズから生じる破損に対する改善された耐性は、残留強度プロファイル504と比較して、組み合わされた残留強度プロファイル506に類似した残留強度プロファイルを有するカバーガラスの落下性能の改善となる。更に、組み合わされた残留強度プロファイル506により、残留強度プロファイル504と比較して、引張領域の最大引張応力を実質的に増加させることなく、大きい傷の結果として生じる破損に対する改善された耐性を達成できる。例えば、圧縮領域の比較的深くまで（例えば、中間部分にわたって）圧縮応力を比較的一定のレベルに保つことは、比較的深い傷によって生じる破損に対する保護を提供しつつ、引張領域における最大引張応力に比例する、応力プロファイル曲線の圧縮部分の下の領域を、比較的強く保つのを補助できる。従って、最大引張応力を、破砕性限界より強く保つことができる。それに加えて、またはその代わりに、外側DOLと中間DOLとの間の距離（即ち、圧縮領域の中間部分の厚さ）は、最大引張応力を許容不可能なレベルまで（例えば、破砕性限界を超えるまで）増加させることなく、（例えば、大きい傷から生じる破損に対する改善された耐性を達成するために）ガラス物品の深くまで比較的強い圧縮応力を保つのに十分に大きい。

【0034】

幾つかの実施形態では、ガラス物品は、引張領域に隣接した圧縮領域の内側部分であって、圧縮領域の中間部分に対して増加された圧縮応力を有する圧縮領域の内側部分を形成するために、圧縮領域と引張領域との間でのイオン交換によって強化される。例えば、ガラス物品100は、第1のクラッド層104および/または第2のクラッド層106とコア層102との間のイオン交換によって強化される。幾つかの実施形態では、圧縮領域の内側部分は界面イオン交換領域を含み、界面イオン交換領域においては、ガラス組成プロファイルおよび/または応力プロファイルは少なくとも部分的に、（例えば、本明細書において記載されるように、クラッド層とコア層との界面におけるクラッド層とコア層との間でのイオン交換によって）界面イオン交換領域内においてガラスマトリクス内へと入るより大きいイオン、およびガラスマトリクスから出るより小さいイオンの拡散によって生じる。例えば、界面イオン交換領域は、少なくとも部分的にイオン交換によって生じたことを示す特定の形状（例えば、誤差関数）を有する応力プロファイルを有するものとして識別され得る。それに加えて、またはその代わりに、界面イオン交換領域は、圧縮領域の中間部分内における略一定の圧縮応力と比較して、圧縮領域と引張領域との間の界面にある、圧縮応力がガラス物品内における深さの関数として増加する領域として識別され得る。

【0035】

幾つかの実施形態では、第1のクラッド層104および/または第2のクラッド層106は、比較的低CTEのイオン交換可能なガラス組成を有し、コア層102は、比較的高CTEのイオン交換可能なガラス組成を有する。適切なガラス組成は、米国特許出願公開第2014/0141217号明細書（その全体を参照して本明細書に組み込む）に記載されているものを含み得る。そのようなガラス組成の例が表1に示されており、表中、「IX410-8」は、410で8時間にわたってイオン交換されたことを意味し、CSは圧縮応力を意味し、DOLは層深さを意味する。幾つかの実施形態では、コアガラスは、ガラス物品の機械的強化のために十分に高いCTEと、界面イオン交換のために十分な K_2O 濃度を有する。

【0036】

【表 1 - 1】

表 1 : 例示的な低 C T E のイオン交換可能なクラッドガラス組成

(モル%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	63.3	62.67	64.8	63.3	65.3	64.34	62.03	63.3	61.8	64.3
Al ₂ O ₃	11.4	11.29	10.94	11.4	11.4	11.59	11.17	11.4	12.15	11.58
B ₂ O ₃	9.2	9.11	8.82	9.2	7.2	7.7	9.02	9.2	9.2	9.34
P ₂ O ₅					0					
MgO	5.3	5.25	5.08	5.3	5.3	5.39	5.19	3.8	5.3	5.38
CaO	4.7	4.65	4.51	1.7	3.7	4.78	4.61	4.7	4.7	3.2
BaO	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
ZnO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Li ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Na ₂ O	4.2	4.16	4.03	7.2	6.2	4.27	4.12	5.7	4.95	4.27
K ₂ O	1.8	1.78	1.73	1.8	0.8	1.83	1.76	1.8	1.8	1.83
SnO ₂	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
ZrO ₂	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ひずみ	588	591	587	558	599	598	581	574	580	587
アニール	639	644	639	608	649	650	624	623	631	640
軟化	879	874	882	852	890.8	888	835	860	862	888
CTE	50.7	50	49	60.5	52	50.9	57	55.2	53.7	48.7
密度	2.395	2.422	2.387	2.379	2.403	2.405	2.447	2.395	2.404	2.377
IX410-8 CS (31.8)	315	412	306	517	446	316	316	412	364	318
IX410-8 DOL (L)	8	12	9	21	8	8	25	12	8	9

表 1 : 例示的な低 C T E のイオン交換可能なクラッドガラス組成 (続き)

(モル%)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
SiO ₂	62.03	61.8	63.3	63.3	63.3	62.25	62.31	63.3	62.03	64.3	62.67
Al ₂ O ₃	11.17	11.87	11.4	11.4	11.4	11.21	11.22	11.4	11.17	11.4	11.29
B ₂ O ₃	9.02	9.58	9.2	9.2	9.2	10.7	9.06	9.2	9.02	8.2	9.11
P ₂ O ₅				0						0	
MgO	5.19	5.52	5.3	5.3	4.24	5.21	5.22	5.3	5.19	5.3	5.25
CaO	4.61	4.89	4.7	4.7	3.76	4.62	4.63	3.7	4.61	3.7	4.65
BaO	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ZnO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Li ₂ O	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Na ₂ O	4.12	4.37	5.2	3.2	6.93	4.13	5.7	6.2	4.12	6.2	4.16
K ₂ O	1.76	1.87	0.8	1.8	1.07	1.77	1.77	0.8	1.76	0.8	1.78
SnO ₂	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
ZrO ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
ひずみ	580	582	584	583	566	576	570	570	598	592	581
アニール	628	632	635	630	613	626	618	612	650	642	624
軟化	821.8	862	867	861.7	840.5	856	843	822.4	878	877.9	841.1
CTE	54.8	51.6	49.1	48.4	57.8	51.2	56.4	59	48.8	51.4	57.7
密度	2.503	2.404	2.397	2.4	2.397	2.385	2.413	2.404	2.453	2.399	2.41
IX410-8 CS (31.8)	645	325	361	370	561	308	418	453	323	436	304
IX410-8 DOL (L)	10	8	6	8	12	8	12	30	7	8	26

【 0 0 3 7 】

【表 1 - 2】

表 1：例示的な低 C T E のイオン交換可能なクラッドガラス組成(続き)

(モル%)	2 2	2 3	2 4	2 5	2 6	2 7	2 8	2 9	3 0	3 1	3 2	3 3
SiO ₂	64.38	63.3	63.3	63.3	63.3	63.3	62.67	63.3	62.3	63.3	63.3	66.3
Al ₂ O ₃	9.9	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.29	11.4	11.22	11.4	11.4	11.4
B ₂ O ₃	9.36	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.11	9.2	9.06	9.2	9.2	6.2
P ₂ O ₅						0					0	0
MgO	5.39	4.24	6.06	5.3	5.3	5.3	5.25	5.3	5.22	5.3	5.3	5.3
CaO	4.78	3.76	5.37	3.2	4.2	4.7	4.65	4.2	6.2	3.7	4.7	3.7
BaO	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
ZnO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Li ₂ O	0	0	0	0	0	4.1	0	0	0	0	2.1	0
Na ₂ O	4.27	6.9	3.96	5.7	5.2	0.1	4.16	5.2	4.13	6.2	2.1	6.2
K ₂ O	1.83	1.07	0.61	1.8	1.3	1.8	1.78	1.3	1.77	0.8	1.8	0.8
SnO ₂	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
ZrO ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ひずみ	576	592	593	570	576	567	584	580	584	574	575	608
アニール	625	635	637	621	619	612	631	628	633	624	622	659
軟化	860	800.6	853.2	862	843.1	831.2	850.5	859.3	860	849.4	848.9	906.2
CTE	52.4	63.4	53.6	53.4	59	45	51.8	51.9	52.3	52	46.4	51
密度	2.39	2.406	2.444	2.388	2.397	2.396	2.447	2.399	2.414	2.394	2.399	2.403
IX410-8 CS (31.8)	317	489	318	412	379	357	396	476	269	529	369	440
IX410-8 DOL (L)	13	27	16	14	30	11	8	8	7	6	8	9

10

20

【 0 0 3 8 】

コアガラス組成として用いられ得る例示的なガラス組成、およびそれらのガラス組成の様々な特性が、表 2 に示されている。幾つかの実施形態では、コアガラスは、クラッドガラス中の小さい半径の移動カチオン（例えば、Na⁺ および / または Li⁺）と交換可能な大きい半径の移動カチオン（例えば、K⁺ および / または Cs⁺）を有する。（例えば、ガラス物品の形成中に）ガラス物品 1 0 0 に熱が加えられると、コアガラス中のより大きいイオンは、クラッドガラス中のより小さいイオンと交換される。幾つかの実施形態では、積層中のガラス物品 1 0 0 の加熱は、何らかの更なるまたは後続のイオン交換熱処理を行わなくても、クラッド層とコア層との間のイオン交換を生じさせるのに十分である。コア層とクラッド層との間のイオン交換は、中間 D O L から内側に引張領域に向かって内側 D O L まで延在する圧縮領域の内側部分内における圧縮応力を増加させる。

30

【 0 0 3 9 】

【表 2 - 1】

表 2 : 例示的なコアガラス組成

例 成分(モル%)	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	68.92	69.95	65.20	72.97	74.97	70.97	70.97	70.97
Al ₂ O ₃	2.40	2.43	10.46	2.47	2.47	4.47	2.47	2.47
B ₂ O ₃	0.234	0.156	6.19	0.078	0.078	0.078	0.078	0.078
MgO	0.648	0.432	0	0.216	0.216	0.216	2.22	4.22
CaO	8.95	5.97	7.74	2.98	2.98	2.98	2.98	2.98
SrO	3.35	4.65	4.09	5.95	5.95	5.95	5.95	5.95
BaO	0	0	0	0	0	0	0	0
K ₂ O	14.85	15.74	6.25	14.62	12.62	14.62	14.62	12.62
Na ₂ O	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
SnO ₂	0.142	0.178	0.07	0.214	0.214	0.214	0.214	0.214
特性								
アニール点(°C)	618	605	669	604	620	625	610	629
ひずみ点(°C)	571	559	623	556	568	575	561	578
軟化点(°C)	802.4	794.5	893.2	799.2	821.9	828.3	807.3	833.6
CTE(×10 ⁻⁷ /°C)	99.8	101.8	62.4	98.4	88.8	95	98	91.7
密度(g/cm ³)	2.566	2.573	2.515	2.566	2.551	2.567	2.576	2.753
24 時間 空気 液相(°C)	1030		1030	失透無し >730°C	失透無し >765°C	1000	890	1000
24 時間 内部 液相(°C)	1020	気泡 1045°C	1020	失透無し >730°C	失透無し >765°C	995	890	1000
24 時間 Pt 液相(°C)	1015		1010	失透無し >730°C	失透無し >765°C	990	885	960
主な失透相	カリ長石		カリ長石			リューサ イト	カリウム ジシリケ ート	カリウム ジシリケ ート
T _{200Poise} (°C)			1601.3		1527.7			
T _{35kPoise} (°C)			1177.7		1076.9			
液相粘度 (ポアズ)			893k		1.17×10 ⁹			

【 0 0 4 0 】

10

20

30

【表 2 - 2】

表 2 : 例示的なコアガラス組成(続き)

例 成分(モル%)	9	10	11	12	13	14	15	16
SiO ₂	72.97	71.75	73.93	71.75	73.75	73.75	71.75	71.75
Al ₂ O ₃	2.47	4.18	2.09	4.18	4.18	4.18	4.18	6.18
B ₂ O ₃	0.078	5.64	5.45	5.64	3.64	3.64	5.64	3.64
MgO	2.22	0	0	2	0	2	2	0
CaO	2.98	3.10	1.55	2.11	3.10	2.11	1.13	3.10
SrO	5.95	3.21	2.92	2.19	3.21	2.19	1.18	3.21
BaO	0	1.58	2.11	1.58	1.58	1.58	3.58	1.58
K ₂ O	12.62	10.45	11.85	10.45	10.45	10.45	10.45	10.45
Na ₂ O	0.5	0	0	0	0	0	0	0
SnO ₂	0.214	0.088	0.094	0.088	0.088	0.088	0.088	0.088
特性								
アニール点(°C)	622	640	662	636	645	647	635	652
ひずみ点(°C)	572	596	619	591	598	599	588	605
軟化点(°C)	828.4	830.9	814.7	836.7	842.6	859	838	864.2
CTE(×10 ⁻⁷ /°C)	91.4	74.7	77.6	74.2	76.6	74.2	74.5	75.9
密度(g/cm ³)	2.564	2.551	2.565	2.515	2.542	2.508	2.562	2.538
24 時間 空気 液相(°C)	935	910	失透無し >875°C					980
24 時間 内部 液相(°C)	920	895	失透無し >875°C	失透無し >780°C	失透無し >760°C	失透無し >825°C	失透無し >870°C	965
24 時間 Pt 液相(°C)	910	870	失透無し >875°C					960
主な失透相	カリウム ジシリケ ート	不明						カリ長石
T _{200Poise} (°C)	1510.9			1547.7	1565.4	1611.3	1552.4	1622.9
T _{35kPoise} (°C)	1088.6			1095.3	1109.6	1135.1	1096.4	1142.2
液相粘度 (ポアズ)	1.74×10 ⁶			2.9×10 ⁸	7.42×10 ⁸	1.15×10 ⁸	9.08×10 ⁶	1.55×10 ⁶

【 0 0 4 1】

【表 2 - 3】

表 2 : 例示的なコアガラス組成(続き)

例 成分(モル%)	1 7	1 8	1 9	2 0	2 1	2 2	2 3	2 4
SiO ₂	72	65.2	65.2	65.2	66.09	66.28	66.18	66.26
Al ₂ O ₃	2.5	10.46	8.46	9.46	10.00	9.95	9.78	9.77
B ₂ O ₃	0	6.19	6.19	6.19	6.64	6.50	6.75	6.70
MgO	0	2	2	2	2.45	2.20	2.16	2.10
CaO	0	6.431	7.74	7.086	6.20	6.22	6.23	6.22
SrO	7.25	3.399	4.09	3.744	3.29	3.29	3.30	3.29
BaO	0	0	0	0	0.04	0.04	0.04	0.04
K ₂ O	18	6.25	6.25	6.25	5.11	5.33	5.38	5.44
Na ₂ O	0	0	0	0	0.09	0.09	0.09	0.09
SnO ₂	0.25	0.07	0.07	0.07	0.05	0.05	0.05	0.05
特性								
アニール点(°C)	597	670	662	668	660.2	657.8	660.5	660.1
ひずみ点(°C)	551	622	619	623	610.2	608.9	610.2	609.8
軟化点(°C)	787	904.8	885.7	893	901.4	898.4	898.1	893.2
CTE(×10 ⁻⁷ /°C)	109	59.9	66	62.7	56.2	57.3	58	58.3
密度(g/cm ³)	2.577	2.486	2.526	2.501	2.478	2.479	2.479	2.467
24 時間 空気 液相(°C)	<780							
24 時間 内部 液相(°C)	<780							
24 時間 Pt 液相(°C)	<780							
主な失透相	無し							
T _{200Poise} (°C)		1630	1555	1596	1626.8	1640.6	1619.4	1623.2
T _{35kPoise} (°C)		1188	1139	1175	1188.3	1191.4	1185.3	1186.1
液相粘度 (ポアズ)		356K		278k				

【 0 0 4 2 】

【表 2 - 4】

表 2 : 例示的なコアガラス組成(続き)

例 成分(モル%)	2 5	2 6	2 7	2 8	2 9	3 0	3 1	3 2
SiO ₂	66.28	66.33	66.64	66.56	66.47	66.72	66.69	66.34
Al ₂ O ₃	9.78	9.51	9.57	9.49	9.51	9.77	9.91	9.90
B ₂ O ₃	6.65	6.88	6.65	6.73	6.63	6.08	5.97	6.17
MgO	2.06	2.02	1.94	1.96	1.93	1.92	1.92	1.93
CaO	6.26	6.26	6.15	6.17	6.24	6.24	6.23	6.28
SrO	3.27	3.28	3.24	3.25	3.27	3.26	3.27	3.29
BaO	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
K ₂ O	5.47	5.50	5.59	5.63	5.75	5.78	5.79	5.86
Na ₂ O	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.09	0.09
SnO ₂	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
特性								
アニール点(°C)	660.1	658.5	658.8	660.3	657.5	658	660.6	660.4
ひずみ点(°C)	609.4	607.8	610.1	609.4	607.7	609.1	610.5	610
軟化点(°C)	898.4	892.5	887.3	896.4	891.8	900.4	899.3	898.5
GTE(×10 ⁻⁷ /°C)	58.2	58.2	58.2	58.7	59.5	59.3	59	59.2
密度(g/cm ³)	2.467	2.466	2.464	2.465	2.466	2.466	2.469	2.469
主な失透相								
T _{200Poise} (°C)	1632.6	1621.6	1640.7	1613.9	1637.0	1652.4	1653.2	1639.3
T _{35kPoise} (°C)	1191.3	1184.5	1191.3	1182.6	1190.9	1197.0	1201.0	1194.0
液相粘度 (ポアズ)								

【 0 0 4 3 】

10

20

【表 2 - 5】

表 2 : 例示的なコアガラス組成(続き)

例 成分(モル%)	3 3	3 4	3 5	3 6	3 7	3 8	3 9	4 0
SiO ₂	66.54	66.47	65.37	64.30	63.91	63.55	63.53	63.49
Al ₂ O ₃	10.03	10.00	9.84	9.67	9.57	9.55	9.59	9.55
B ₂ O ₃	6.00	6.10	6.47	6.86	6.94	7.22	7.15	7.13
MgO	1.90	1.89	2.12	2.32	2.40	2.44	2.46	2.46
CaO	6.23	6.21	6.64	7.05	7.26	7.32	7.31	7.39
SrO	3.28	3.26	3.51	3.76	3.86	3.89	3.92	3.95
BaO	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
K ₂ O	5.79	5.83	5.83	5.81	5.82	5.80	5.81	5.77
Na ₂ O	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.09	0.10
SnO ₂	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08
特性								
アニール点(°C)	661.2	663.2	658.7	658.6	657.7	655.8	658.4	654.2
ひずみ点(°C)	611.3	612.4	610.6	608.4	608.4	607.2	608.6	605.9
軟化点(°C)	904	904.3	896.1	877.6	875.3	875.1	873.8	870.4
CTE(×10 ⁻⁷ /°C)	58.7		60.2	61.2	62.5	62.4	62.7	62.2
密度(g/cm ³)	2.47	2.469	2.482	2.496	2.501	2.503	2.504	2.505
主な失透相	カリ長石							
T _{200Poise} (°C)	1650.7	1638.3	1605.3	1562.1	1553.7	1545.7	1537.3	1528.9
T _{35kPoise} (°C)	1198.5	1195.7	1174.7	1156.0	1150.7	1144.2	1143.8	1136.6
液相粘度 (ポアズ)	1251							

【 0 0 4 4 】

10

20

【表 2 - 6】

表 2 : 例示的なコアガラス組成(続き)

例 成分(モル%)	4 1	4 2	4 3	4 4	4 5	4 6	4 7	4 8
SiO ₂	63.54	63.46	64.07	66.23	66.52	68.18	69.50	70.83
Al ₂ O ₃	9.55	9.56	9.31	9.07	8.23	7.57	6.98	6.36
B ₂ O ₃	7.08	7.09	6.89	6.87	6.40	6.01	5.87	5.73
MgO	2.47	2.49	2.37	0.23	1.89	1.58	1.29	1.06
CaO	7.39	7.41	7.15	6.83	5.88	5.08	4.34	3.64
SrO	3.93	3.95	3.96	4.08	4.02	4.02	4.00	4.02
BaO	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04
K ₂ O	5.80	5.79	5.96	6.43	6.81	7.30	7.76	8.11
Na ₂ O	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
SnO ₂	0.07	0.07	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
特性								
アニール点(°C)	655.2	657.2	653.6	661.6	667.3	662.7	656.6	646.4
ひずみ点(°C)	607.5	608.5	606.5	608.2	610.5	607.4	602.6	596.8
軟化点(°C)	864.1	870.5	873	874.2	886	888.2	870.8	862
CTE(×10 ⁻⁷ /°C)	62.2	62.4	62.3	64.8	66.2	67.8	69.2	68.5
密度(g/cm ³)	2.505	2.507	2.505		2.489	2.48	2.477	2.476
主な失透相		カリ長石						
T _{200Poise} (°C)	1540.9	1523.4	1574.7	1551.5	1546.4	1569.4	1570.8	1575.7
T _{35kPoise} (°C)	1140.6	1136.1	1155.8	1153.6	1156.0	1162.4	1160.0	1154.4
液相粘度 (ポアズ)		256						

【 0 0 4 5 】

10

20

【表 2 - 7】

表 2 : 例示的なコアガラス組成(続き)

例 成分(モル%)	4 9	5 0	5 1	5 2	5 3	5 4	5 5	5 6
SiO ₂	71.28	71.44	71.42	71.47	71.31	71.34	71.35	71.47
Al ₂ O ₃	6.21	6.16	6.12	6.11	6.09	6.05	6.05	6.03
B ₂ O ₃	5.56	5.38	5.46	5.46	5.69	5.73	5.56	5.41
MgO	0.99	0.97	0.96	0.94	0.96	0.94	0.91	0.78
CaO	3.47	3.43	3.41	3.39	3.37	3.32	3.21	2.79
SrO	4.01	4.04	4.03	4.03	4.03	4.02	4.12	4.26
BaO	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05
K ₂ O	8.23	8.32	8.34	8.34	8.31	8.33	8.54	8.98
Na ₂ O	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09	0.10
SnO ₂	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.09	0.10	0.10
特性								
アニール点(°C)	638.4	640.2	638.9	637.8	639.3	638	636.8	635.6
ひずみ点(°C)	592	592.3	590.6	591.4	592	589.5	589.7	587.8
軟化点(°C)	860.5	857.4	854.9	857.9	853.6	858.8	856.4	854.8
CTE(×10 ⁻⁷ /°C)	69.4	69.8	69.7	69.7	70	70.4	70.7	71.4
密度(g/cm ³)	2.475	2.477	2.477	2.477	2.478	2.478	2.482	2.485
主な失透相								
T _{200Poise} (°C)	1594.1	1581.1	1580.9	1590.9	1579.2	1586.6	1586.9	1573.7
T _{35kPoise} (°C)	1156.2	1153.1	1151.8	1154.0	1151.3	1154.3	1151.8	1147.1
液相粘度 (ポアズ)		256						

【 0 0 4 6 】

10

20

【表 2 - 8】

表 2：例示的なコアガラス組成(続き)

例 成分(モル%)	5 7	5 8	5 9	6 0	6 1	6 2	6 3	6 4
SiO ₂	71.53	71.90	71.95	72.33	71.98	72.10	72.09	72.42
Al ₂ O ₃	6.03	6.02	6.00	6.01	6.00	5.99	5.99	6.01
B ₂ O ₃	5.23	4.82	4.77	4.13	4.57	4.49	4.46	4.05
MgO	0.66	0.38	0.20	0.07	0.08	0.02	0.02	0.00
CaO	2.36	1.48	0.85	0.39	0.42	0.21	0.20	0.16
SrO	4.43	4.70	4.87	5.08	5.06	5.11	5.13	5.16
BaO	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
K ₂ O	9.47	10.42	11.07	11.66	11.57	11.77	11.80	11.87
Na ₂ O	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
SnO ₂	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12
特性								
アニール点(°C)	633.9	628.5	627.7	625.7	623.6	624.4	623.5	621.6
ひずみ点(°C)	586.4	582.3	580.7	579	577.4	577.1	576.3	575.1
軟化点(°C)	847.6	844	836.1	834.7	840	830.6	831.2	833.9
CTE(×10 ⁻⁷ /°C)	73.3	76.5	78.1	80.2	78.8	80.2	80.5	80.2
密度(g/cm ³)	2.492	2.5	2.504	2.51	2.511	2.511	2.512	2.513
主な失透相								不明 長石
T _{200Poise} (°C)	1573.5	1546.1	1544.9	1545.3	1550.1	1530.4	1544.4	1537.1
T _{35KPoise} (°C)	1145.2	1127.4	1128.0	1126.6	1126.5	1119.1	1124.8	1118.9
液相粘度 (ポアズ)								544

【0047】

幾つかの実施形態では、クラッドガラスは、ガラス物品の機械的強化のために十分に低 C T E のイオン交換可能なガラスを有する。例えば、例示的な一実施形態では、クラッドガラスは、約 6 5 モル% ~ 約 7 0 モル%の S i O₂ と、約 9 モル% ~ 約 1 4 モル%の A l₂ O₃ と、ガラス網目形成成分として約 0 モル% ~ 約 1 1 モル%の B₂ O₃ と、約 5 モル% ~ 約 1 0 モル%のアルカリ酸化物 R₂ O (ここで、R は L i、N a、および K のうちの少なくとも 1 つである) と、約 3 モル% ~ 約 1 1 モル%の二価の酸化物 M O (ここで、M は M g、C a、B a、および Z n のうちの少なくとも 1 つである) とを含む。そのようなガラス組成は、一般的に、 55×10^{-7} 以下の平均 C T E を有し、イオン交換による強化に適している。

【0048】

別の例示的な実施形態では、クラッドガラスは、約 6 5 モル% ~ 約 6 8 モル%の S i O₂ と、約 1 0 モル% ~ 約 1 3 モル%の A l₂ O₃ と、ガラス網目形成成分として約 6 モル% ~ 約 9 モル%の B₂ O₃ と、約 6 モル% ~ 約 9 モル%のアルカリ酸化物 R₂ O (ここで、R は L i、N a、および K のうちの少なくとも 1 つである) と、約 7 モル% ~ 約 1 0 モル%の二価の酸化物 M O (ここで、M は M g、C a、B a、および Z n のうちの少なくとも 1 つである) とを含む。そのようなガラス組成は、一般的に、 55×10^{-7} 以下の平均 C T E を有し、イオン交換による強化に適している。

【0049】

図 6 は、機械的強化、化学的強化、および圧縮領域と引張領域との間でのイオン交換の組合せによって生じる例示的な応力プロファイルのグラフである。図 6 に示されている例では、圧縮領域は、約 1 2 5 μm の厚さと、約 6 0 0 M P a の第 1 の圧縮応力と、約 1 0 0 M P a の第 2 の圧縮応力と、約 3 0 0 M P a の第 3 の圧縮応力とを有する。圧縮応力領域は、圧縮領域の外側から内側に引張領域に向かって外側 D O L まで延在する外側部分 (

例えば、表面イオン交換領域)と、外側DOLから内側に引張領域に向かって中間DOLまで延在する中間部分と、中間DOLから内側に引張領域に向かって内側DOLまで延在する内側部分(例えば、界面イオン交換領域)とを含む。図6に示されている例では、外側DOLは約10 μ mであり、中間DOLは約115 μ mであり、内側DOLは約125 μ mである。従って、圧縮応力は、圧縮領域の外面上における第1の圧縮応力から外側DOLにおける第2の圧縮応力へと急速に且つ連続的に減少し、外側DOLから中間DOLまでは第2の圧縮応力で略一定のままであり、中間DOLにおける第2の圧縮応力から内側DOLにおける第3の圧縮応力までは急速に且つ連続的に増加し、次に、圧縮領域と引張領域との間の界面においては、第3の圧縮応力から最大引張応力まで階段状の変化として遷移する。圧縮領域の内側部分の増加した圧縮応力は、引張領域の最大張力を、ガラス物品が破砕挙動を示すのに十分なほど増加させることなく、深い傷によって生じる破損に対するガラス物品の耐性を更に高めることができる。

10

【0050】

幾つかの実施形態では、CS₁は少なくとも約400MPa、少なくとも約500MPa、少なくとも約600MPa、少なくとも約700MPa、少なくとも約800MPa、または少なくとも約900MPaである。それに加えて、またはその代わりに、CS₁は高々約1000MPa、または高々約900MPaである。例えば、CS₁は約400MPa~約1000MPaである。

【0051】

幾つかの実施形態では、CS₂は少なくとも約50MPa、少なくとも約100MPa、少なくとも約200MPa、または少なくとも約300MPaである。それに加えて、またはその代わりに、CS₂は高々約450MPa、高々約400MPa、高々約300MPa、または高々約200MPaである。例えば、CS₂は約50MPa~約450MPaである。

20

【0052】

幾つかの実施形態では、CS₃は少なくとも約100MPa、少なくとも約200MPa、少なくとも約300MPa、または少なくとも約400MPaである。それに加えて、またはその代わりに、CS₃は高々約800MPa、高々約700MPa、または高々約600MPaである。例えば、CS₃は約100MPa~約800MPaである。

【0053】

幾つかの実施形態では、外側DOLは少なくとも約10 μ m、少なくとも約20 μ m、少なくとも約30 μ m、または少なくとも約40 μ mである。それに加えて、またはその代わりに、外側DOLは高々約50 μ m、高々約40 μ m、または高々約30 μ mである。例えば、外側DOLは約10 μ m~約50 μ mである。

30

【0054】

幾つかの実施形態では、中間DOLは少なくとも約30 μ m、少なくとも約50 μ m、少なくとも約70 μ m、または少なくとも約90 μ mである。それに加えて、またはその代わりに、中間DOLは高々約250 μ m、高々約200 μ m、高々約170 μ m、高々約150 μ m、高々約130 μ m、高々約120 μ m、高々約100 μ m、高々約80 μ m、または高々約60 μ mである。例えば、中間DOLは約30 μ m~約250 μ mである。

40

【0055】

幾つかの実施形態では、内側DOLは、圧縮領域と引張領域との間の界面に対応する。例えば、内側DOLは、ガラス物品のそれぞれのクラッド層の厚さに等しい、または略等しい。

【0056】

幾つかの実施形態では、ガラス物品は、第1のガラス層および第2のガラス層を有する積層ガラス複合体を含む。第1のガラス層は第1のガラス組成を有し、第2のガラス層は、第1のガラス組成とは異なる第2のガラス組成を有する。第1のガラス層は、外面および内面を有する。第2のガラス層は、第1のガラス層の内面に直に接触する。第1のガラ

50

ス層は圧縮下にあり、第2のガラス層は張力下にある。第1のガラス層の変化する圧縮応力プロファイルは、第1の領域および第2の領域を有する。第1の領域においては、圧縮応力は、外面から内面に向かって内側に向かう方向に減少する。第2の領域においては、圧縮応力は略一定のまま（例えば、第2の領域の平均圧縮応力の約20%以内、約10%以内、約5%以内、または約2%以内）である。

【0057】

本明細書において記載されるガラス物品は、例えば、民生用もしくは市販の電子装置（例えば、LCDディスプレイおよびLEDディスプレイ、コンピュータモニタ、並びに現金自動預け払い機（ATM）を含む）のカバーガラスもしくはガラスバックプレーン用途、携帯型電子装置（例えば、携帯電話、パーソナルメディアプレイヤー、およびタブレットコンピュータを含む）のタッチスクリーンもしくはタッチセンサ用途、（例えば、半導体ウェハを含む）集積回路用途、太陽光発電用途、建築用ガラス用途、自動車もしくは車輛用ガラス用途、または、市販の電化製品もしくは家電用途を含む様々な用途で用いられ得る。

10

【0058】

本発明の趣旨および範囲から逸脱することなく、様々な変形および変更が行われ得ることが、当業者には自明であろう。従って、本発明は、添付の特許請求の範囲およびその等価物に照らす以外には限定されるべきではない。

【0059】

以下、本発明の好ましい実施形態を項分け記載する。

20

【0060】

実施形態1

積層ガラス物品において、

コアガラス組成を有するコア層と、

前記コア層に直に隣接した、クラッドガラス組成を有するクラッド層であって、該クラッド層が圧縮下にあり、前記コア層が張力下にあるように、前記クラッドガラス組成の平均クラッド熱膨張係数（CTE）が前記コアガラス組成の平均コアCTEより小さい、クラッド層と

を含み、

前記クラッド層の外側部分内においては、前記クラッド層の圧縮応力が、前記クラッド層の外面からの距離が増加するにつれて減少し、

30

前記クラッド層の前記外側部分と前記コア層との間に配設された前記クラッド層の中間部分内においては、前記クラッド層の前記圧縮応力が、前記クラッド層の前記外面からの距離が増加しても略一定のままであり、前記クラッド層の前記中間部分の厚さが前記クラッド層の厚さの少なくとも約82%である

ことを特徴とする積層ガラス物品。

【0061】

実施形態2

前記クラッド層の前記外側部分が、前記クラッド層の表面イオン交換領域を含む、実施形態1記載の積層ガラス物品。

40

【0062】

実施形態3

前記クラッド層の前記外側部分内においては、前記クラッド層の応力プロファイルが誤差関数を含む、実施形態1または2記載の積層ガラス物品。

【0063】

実施形態4

前記クラッド層の前記中間部分の前記厚さが、前記クラッド層の厚さの高々約99.9%である、実施形態1～3のいずれか一つに記載の積層ガラス物品。

【0064】

実施形態5

50

前記クラッド層の前記外面においては、前記クラッド層の前記圧縮応力が約 400 MPa ~ 約 1000 MPa である、実施形態 1 ~ 4 のいずれか一つに記載のガラス物品。

【0065】

実施形態 6

前記クラッド層の前記中間部分内においては、前記クラッド層の前記圧縮応力が約 50 MPa ~ 約 450 MPa である、実施形態 1 ~ 5 のいずれか一つに記載のガラス物品。

【0066】

実施形態 7

前記クラッド層の前記外側部分の厚さが約 $10 \mu\text{m}$ ~ 約 $50 \mu\text{m}$ である、実施形態 1 ~ 6 のいずれか一つに記載のガラス物品。

10

【0067】

実施形態 8

前記クラッド層の前記中間部分の厚さが約 $1 \mu\text{m}$ ~ 約 $240 \mu\text{m}$ である、実施形態 1 ~ 7 のいずれか一つに記載のガラス物品。

【0068】

実施形態 9

前記クラッド層の前記中間部分と前記コア層との間に配設された前記クラッド層の内側部分内においては、前記クラッド層の前記圧縮応力が、前記クラッド層の前記外面からの距離が増加するにつれて増加する、実施形態 1 ~ 8 のいずれか一つに記載のガラス物品。

【0069】

20

実施形態 10

前記クラッド層の前記内側部分が、前記クラッド層の界面イオン交換領域を含む、実施形態 9 記載の積層ガラス物品。

【0070】

実施形態 11

前記クラッド層の前記内側部分内においては、前記クラッド層の応力プロファイルが誤差関数を含む、実施形態 9 または 10 記載の積層ガラス物品。

【0071】

実施形態 12

前記平均コア CTE が前記平均クラッド CTE より少なくとも約 10^{-7} / 高い、実施形態 1 ~ 11 のいずれか一つに記載のガラス物品。

30

【0072】

実施形態 13

前記クラッド層が第 1 のクラッド層および第 2 のクラッド層を含み、前記コア層が前記第 1 のクラッド層と前記第 2 のクラッド層との間に配設された、実施形態 1 ~ 12 のいずれか一つに記載のガラス物品。

【0073】

実施形態 14

ガラス物品において、

引張領域と、

40

圧縮領域であって、前記引張領域に直に隣接した内面と、該内面とは反対側の外面と、前記圧縮領域の前記外面から内側に前記引張領域に向かって外側層深さ（外側 DOL）まで延在する前記圧縮領域の外側部分と、前記外側 DOL から内側に前記引張領域に向かって中間 DOL まで延在する前記圧縮領域の中間部分とを含む圧縮領域とを含み、

前記圧縮領域の圧縮応力プロファイルが、第 1 の圧縮応力 CS_1 と、該 CS_1 より小さい第 2 の圧縮応力 CS_2 とを含み、前記外側部分の圧縮応力が、前記外面において前記 CS_1 であり、前記外側 DOL において前記 CS_2 であり、前記中間部分の圧縮応力が前記 CS_2 で略一定であり、

前記外側 DOL が、前記圧縮領域の厚さの高々約 18% である

50

ことを特徴とするガラス物品。

【 0 0 7 4 】

実施形態 1 5

前記圧縮領域の前記外側部分が、表面イオン交換領域を含む、実施形態 1 4 記載のガラス物品。

【 0 0 7 5 】

実施形態 1 6

前記圧縮領域の前記外側部分内においては、前記圧縮領域の前記圧縮応力プロファイルが誤差関数を含む、実施形態 1 4 または 1 5 記載のガラス物品。

【 0 0 7 6 】

実施形態 1 7

前記外側 D O L と前記中間 D O L との間の距離が、前記圧縮領域の厚さの少なくとも約 8 2 % である、実施形態 1 4 ~ 1 6 のいずれか一つに記載の積層ガラス物品。

【 0 0 7 7 】

実施形態 1 8

前記外側部分の前記圧縮応力が、前記外面における前記 C S₁ から前記外側 D O L における前記 C S₂ まで連続的に減少する、実施形態 1 4 ~ 1 7 のいずれか一つに記載のガラス物品。

【 0 0 7 8 】

実施形態 1 9

前記 C S₁ が約 4 0 0 M P a ~ 約 1 0 0 0 M P a である、実施形態 1 4 ~ 1 8 のいずれか一つに記載のガラス物品。

【 0 0 7 9 】

実施形態 2 0

前記 C S₂ が約 5 0 M P a ~ 約 4 5 0 M P a である、実施形態 1 4 ~ 1 9 のいずれか一つに記載のガラス物品。

【 0 0 8 0 】

実施形態 2 1

前記外側 D O L が約 1 0 μ m ~ 約 5 0 μ m である、実施形態 1 4 ~ 2 0 のいずれか一つに記載のガラス物品。

【 0 0 8 1 】

実施形態 2 2

前記中間 D O L が約 3 0 μ m ~ 約 2 5 0 μ m である、実施形態 1 4 ~ 2 1 のいずれか一つに記載のガラス物品。

【 0 0 8 2 】

実施形態 2 3

前記中間 D O L から内側に前記引張領域に向かって内側 D O L まで延在する前記圧縮領域の内側部分を更に含み、

前記圧縮領域の前記圧縮応力プロファイルが、前記 C S₂ と前記 C S₁ との間の第 3 の圧縮応力 C S₃ を含み、前記内側部分の圧縮応力が前記中間 D O L において前記 C S₂ であり、前記内側 D O L において前記 C S₃ である、
実施形態 1 4 ~ 2 2 のいずれか一つに記載のガラス物品。

【 0 0 8 3 】

実施形態 2 4

前記圧縮領域の前記内側部分が、界面イオン交換領域を含む、実施形態 2 3 記載のガラス物品。

【 0 0 8 4 】

実施形態 2 5

前記圧縮領域の前記内側部分内においては、前記圧縮領域の前記圧縮応力プロファイルが誤差関数を含む、実施形態 2 3 または 2 4 記載のガラス物品。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 5 】

実施形態 2 6

前記引張領域が、コアガラス組成を有するコア層を含み、前記圧縮領域が、前記コアガラス組成とは異なるクラッドガラス組成を有するクラッド層を含む、実施形態 1 4 ~ 2 5 のいずれか一つに記載のガラス物品。

【 0 0 8 6 】

実施形態 2 7

前記コアガラス組成のコア熱膨張係数 (C T E) が、前記クラッドガラス組成のクラッド C T E より少なくとも約 10^{-7} / 高い、実施形態 2 6 記載のガラス物品。

【 0 0 8 7 】

実施形態 2 8

前記圧縮領域が、第 1 の圧縮領域および第 2 の圧縮領域を含み、前記引張領域が、前記第 1 の圧縮領域と前記第 2 の圧縮領域との間に配設された、実施形態 2 6 または 2 7 記載のガラス物品。

【 0 0 8 8 】

実施形態 2 9

コア層と、該コア層に直に隣接したクラッド層とを含む積層ガラス物品を形成するために、溶融したコアガラスを溶融したクラッドガラスと接触させる工程であって、前記コアガラスのコア熱膨張係数 (C T E) が前記クラッドガラスのクラッド C T E より少なくとも約 10^{-7} / 高い、工程と、

前記コア C T E と前記クラッド C T E との差から生じる前記コア層内の引張応力および前記クラッド層内の圧縮応力を生じるために、前記積層ガラス物品を冷却する工程と、

外側層深さ (外側 D O L) から内側に前記コア層に向かって中間 D O L まで延在する前記クラッド層の中間部分であって、前記クラッド層の厚さの約 8 2 % ~ 約 9 9 . 9 % の厚さを有する前記クラッド層の前記中間部分における前記圧縮応力を増加させることなく、前記クラッド層の外側から内側に前記コア層に向かって前記外側 D O L まで延在する前記クラッド層の外側部分における前記圧縮応力を増加させるために、前記積層ガラス物品を化学的に強化する工程と

を含むことを特徴とする方法。

【 0 0 8 9 】

実施形態 3 0

前記クラッド層の圧縮応力プロファイルが、第 1 の圧縮応力 $C S_1$ と、該 $C S_1$ より小さい第 2 の圧縮応力 $C S_2$ とを含み、前記外側部分の圧縮応力が、前記外面において前記 $C S_1$ であり、前記外側 D O L において前記 $C S_2$ であり、前記中間部分の圧縮応力が前記 $C S_2$ で略一定である、実施形態 2 9 記載の方法。

【 0 0 9 0 】

実施形態 3 1

前記中間 D O L から内側に前記引張領域に向かって内側 D O L まで延在する前記クラッド層の内側部分内の前記圧縮応力を増加させるために、前記コア層と前記クラッド層との間でイオン交換を行わせる工程を更に含む、実施形態 2 9 または 3 0 記載の方法。

【 0 0 9 1 】

実施形態 3 2

前記クラッド層の圧縮応力プロファイルが、第 1 の圧縮応力 $C S_1$ と、第 2 の圧縮応力 $C S_2$ と、前記 $C S_2$ と前記 $C S_1$ との間の第 3 の圧縮応力 $C S_3$ とを含み、

前記外側部分の圧縮応力が、前記外面において前記 $C S_1$ であり、前記外側 D O L において前記 $C S_2$ であり、前記中間部分の圧縮応力が前記 $C S_2$ で略一定であり、前記内側部分の圧縮応力が、前記中間 D O L において前記 $C S_2$ であり、前記内側 D O L において前記 $C S_3$ である、

実施形態 3 1 記載の方法。

【 0 0 9 2 】

実施形態 3 3

実施形態 1 ~ 2 8 のいずれか一つに記載のガラス物品を含むカバー、カラーフィルタ、薄膜トランジスタ (T F T)、またはタッチセンサのうちの少なくとも 1 つを含むことを特徴とする民生用電子装置。

【 0 0 9 3 】

実施形態 3 4

実施形態 1 ~ 2 8 のいずれか一つに記載のガラス物品を含むことを特徴とする建築用パネル。

【 0 0 9 4 】

実施形態 3 5

実施形態 1 ~ 2 8 のいずれか一つに記載のガラス物品を含むことを特徴とする自動車窓。

【 符号の説明 】

【 0 0 9 5 】

- 1 0 0 ガラス物品
- 1 0 2 コア層
- 1 0 4 第 1 のクラッド層
- 1 0 6 第 2 のクラッド層

【 図 1 】

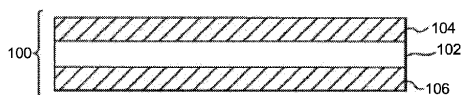


FIG. 1

【 図 2 】

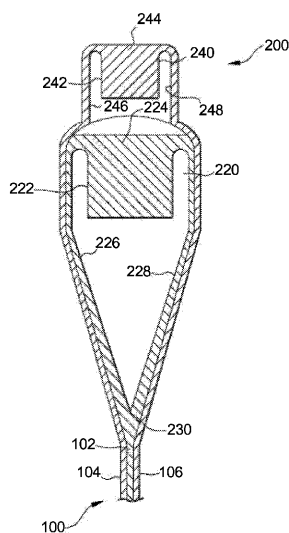
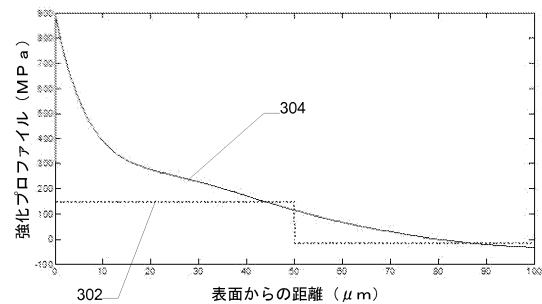
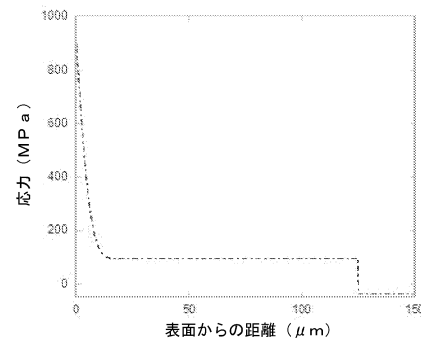


FIG. 2

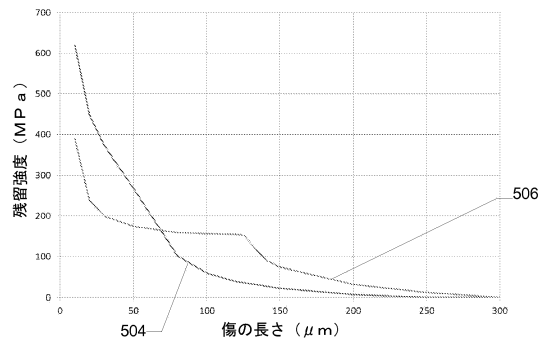
【 図 3 】



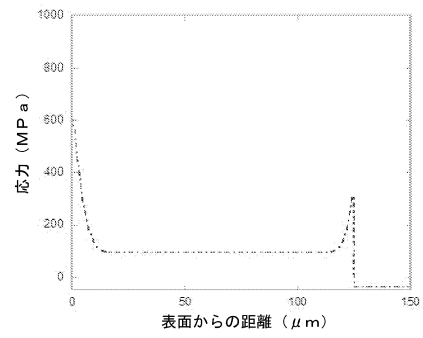
【 図 4 】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

- (72)発明者 ハリス, ジェイソン トーマス
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 チェルシー コート 3 0 5
- (72)発明者 フゥ, グアンリー
アメリカ合衆国 ニュージャージー州 0 7 9 2 2 パークレー ハイツ リヴァー ベンド ロ
ード 2 6 7
- (72)発明者 メダ, ゴータム
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 3 0 コーニング イースト フォース ストリート
5 9
- (72)発明者 ヴァッディ, ブッチ レディー
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 ウッズビュー ウェイ
1 0 1
- (72)発明者 ヴェンカタラマン, ナテサン
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 タラ プレイス 3

審査官 須藤 英輝

- (56)参考文献 特表2014-521582(JP, A)
米国特許出願公開第2014/0227524(US, A1)
米国特許出願公開第2010/0035038(US, A1)
特表2014-500847(JP, A)
特開2015-006959(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C 0 3 B 1 7 / 0 6
C 0 3 C 1 5 / 0 0 - 2 3 / 0 0
C 0 3 C 2 7 / 0 0 - 2 9 / 0 0
B 3 2 B 1 7 / 0 0 - 1 7 / 1 2