

(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2017-528406  
(P2017-528406A)

(43) 公表日 平成29年9月28日(2017.9.28)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C O 3 B 23/035 (2006.01)	C O 3 B 23/035	4 G O 1 5
C O 3 C 17/32 (2006.01)	C O 3 C 17/32 Z	4 G O 5 9

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 30 頁)

(21) 出願番号 (86) (22) 出願日 (85) 翻訳文提出日 (86) 国際出願番号 (87) 国際公開番号 (87) 国際公開日 (31) 優先権主張番号 (32) 優先日 (33) 優先権主張国	特願2017-509647 (P2017-509647) 平成27年8月17日 (2015. 8. 17) 平成29年4月17日 (2017. 4. 17) PCT/US2015/045457 W02016/028660 平成28年2月25日 (2016. 2. 25) 62/039, 552 平成26年8月20日 (2014. 8. 20) 米国 (US)	(71) 出願人 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 パーク, マリアン グリースバック アメリカ合衆国 ニューヨーク州 148 30 コーニング ホワイト オークス ドライブ 2660
--	--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガラスシートから成形ガラス物品を成形する方法

(57) 【要約】

ガラスシートから3Dガラス物品を成形する方法は、上記3Dガラス物品の3D表面プロファイルに対応する3D表面プロファイルを有する金型表面を含む金型組立体上に、ガラスシートを配置するステップを含む。上記ガラスシートは、成形温度まで加熱される。上記成形温度は、上記金型表面の温度より高い。加熱された上記ガラスシートは、上記金型表面に対向する上記ガラスシートの第1の表面に対して加圧ガスを印加することにより上記金型表面上に押し付けられ、これにより上記ガラスシートを上記金型表面に適合させ、このとき上記ガラスシートは、上記金型表面の温度を超える成形温度にある。

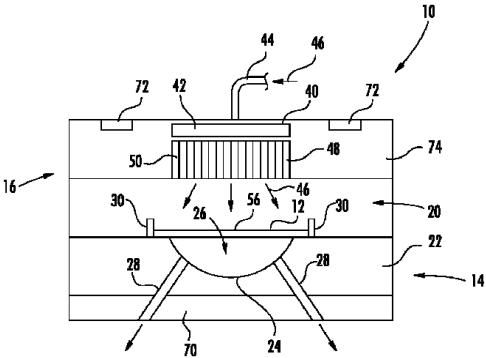


FIG. 2

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

ガラスシートから 3 D ガラス物品を成形する方法であって、前記方法は：

前記 3 D ガラス物品の 3 D 表面プロファイルに対応する 3 D 表面プロファイルを有する金型表面を備える金型本体上に、ガラスシートを配置するステップ；

前記ガラスシートを、前記金型本体の温度より高い成形温度まで加熱するステップ；及び

加熱された前記ガラスシートを、前記金型表面に対向する前記ガラスシートの第 1 の表面に対して加圧ガスを印加することにより、前記金型表面上に押し付けるステップであって、このとき前記ガラスシートは、前記金型本体の温度を超える成形温度にある、ステップを含む、方法。

10

**【請求項 2】**

前記ガラスシートは、約 0 . 3 mm 以下の厚さを備えるフレキシブルガラスシートである、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 3】**

前記加熱されたガラスシートを前記金型表面上に押し付ける前記ステップは、前記第 1 の表面に対向する前記ガラスシートの第 2 の表面に真空を印加するステップを含む、請求項 1 又は請求項 2 に記載の方法。

**【請求項 4】**

圧力キャップ組立体を用いて前記金型組立体を密閉して、前記圧力キャップ組立体と前記金型組立体との間に加圧チャンバを形成するステップであって、前記加圧ガスは約 1 0 p s i ~ 約 6 0 p s i である、ステップ；及び

20

任意に、前記圧力キャップ組立体を約 8 0 0 ~ 約 9 5 0 の温度まで加熱し、これによって前記ガラスシートを放射加熱するステップを更に含む、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の方法。

**【請求項 5】**

前記加熱されたガラスシートを前記金型表面上に押し付ける前記ステップの後に、前記ガラスシートを冷却して、前記 3 D ガラス物品を成形するステップ；及び

任意に、前記 3 D ガラス物品にポリマー層を塗布するステップ

30

を更に含む、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の方法。

**【請求項 6】**

ガラスシートから 3 D ガラス物品を成形するための装置であって、前記装置は：

前記 3 D ガラス物品の 3 D 表面プロファイルに対応する 3 D 表面プロファイルを有する金型表面を備える、金型組立体；及び

圧力キャップ組立体であって、前記金型組立体に係合して、前記圧力キャップ組立体と前記金型組立体との間に加圧キャビティを提供する圧力キャップ組立体を備え、

前記圧力キャップ組立体は、前記ガラスシートを前記金型表面の温度を超える成形温度まで加熱するよう構成されたヒータを備える、装置。

40

**【請求項 7】**

前記金型表面は金型キャビティを画定し、

1 つ又は複数のポートは、前記金型キャビティ内で負圧を印加するために、前記金型表面を横断する、請求項 6 に記載の装置。

**【請求項 8】**

前記圧力キャップ組立体は、加圧ガスを受け取るためのプレナムチャンバと、前記プレナムチャンバに隣接して設置され、前記金型表面から離間した流路構造体とを備える、請求項 6 又は請求項 7 に記載の装置。

**【請求項 9】**

ガラスシートから成形される 3 D 物品であって、前記物品は：

50

非平面構成を有するガラス層であって、前記非平面構成は、前記 3 D ガラス物品の 3 D 表面プロファイルに対応する 3 D 表面プロファイルを有する金型表面を備える金型組立体を使用して成形される、ガラス層；及び

前記ガラス層の表面に塗布されたポリマー層であって、前記ガラス層は非平面構成である、ポリマー層を備え、

前記ガラスシートは、前記金型表面の温度より高い成形温度において非平面構成へと成形される、3 D 物品。

【請求項 10】

前記ガラス層は、約 0.3 mm 以下の厚さを備え；

前記ポリマー層は、前記ガラス層上にオーバモールドされるオーバモールド層であるか、又は前記ポリマー層は前記ガラス層上に積層され；

任意に、前記ポリマー層は、前記ガラス層に圧縮応力を導入する、請求項 9 に記載の物品。

【発明の詳細な説明】

【優先権】

【0001】

本出願は、2014 年 8 月 20 日出願の米国特許第 62 / 039552 号の優先権の利益を主張するものであり、上記特許の内容は参照によりその全体が本明細書に援用される。

【技術分野】

【0002】

本開示は、ガラスシートから成形ガラス物品を成形することに関する。

【背景技術】

【0003】

ラップトップ、タブレット及びスマートフォンといった携帯電子デバイス用の、3 次元 (3 D) ガラスカバーに対する需要が存在する。特に望ましい 3 D ガラスカバーは、ディスプレイとの対話のための 2 次元 (2 D) 表面と、ディスプレイの縁部を包むための 3 D 表面との組み合わせを有する。上記 3 D 表面は非可展面、即ち歪曲させずに平面上へと開く又は広げることができない表面であり得、屈曲、角及び湾曲のいずれの組み合わせを含み得る。上記屈曲はきつく、かつ急であり得る。上記湾曲は不規則であり得る。このような 3 D ガラスカバーは、複雑であり、正確に作製することが困難である。

【0004】

例えば 0.3 mm 超の比較的厚いガラスシートに関して、2 D ガラスシートから 3 D ガラス物品を成形するために、熱改質が用いられている。熱改質は、2 D ガラスシートを成形温度まで加熱し、その後上記 2 D ガラスシートを 3 D 形状に改質することを伴う。2 D ガラスシートを金型に対して落とし込む又は押圧することにより改質を行う場合、良好なガラス表面品質を維持するために、及びガラスと金型との反応を回避するために、ガラスの温度をガラスの軟化点未満に保つことが望ましい。軟化点未満では、ガラスは高い粘度を有し、屈曲、角及び湾曲等の複雑な形状に改質するために高圧を必要とする。従来のガラス熱改質においては、プランジャを用いて必要とされる高圧を印加する。プランジャはガラスに接触し、ガラスを金型に対して押圧する。

【0005】

厚さが均一な 3 D ガラス物品を得るために、プランジャがガラスを金型に対して押圧する間、プランジャ表面と金型表面との間の間隙は均一でなければならない。図 1 A は、プランジャ表面 2 と金型表面 4 との間の均一な間隙の例を示す。しかしながら、金型の機械加工における小さな誤差、及び金型とプランジャとの位置合わせ誤差により、プランジャ表面と金型表面との間の間隙が均一でないことが多い。図 1 B は、プランジャの金型との位置合わせ不良による、プランジャ表面 2 と金型表面 4 との間の不均一な間隙 (例えば 8) を示す。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 6 】

不均一な間隙は、ガラスの一部の領域における過度の押圧、及びガラスの他の領域における不十分な押圧をもたらす。過度の押圧は、3Dガラス物品における顕著な光学的歪みとして現れ得るガラスの薄化を引き起こし得る。不十分な押圧は、3Dガラス中に、特に、屈曲、角及び湾曲を含むガラス物品の複雑な領域に、しわを引き起こし得る。例えば10マイクロメートル程度の小さな機械加工誤差は、過度な押圧及び/又は不十分な押圧を生成することになる不均一な間隙をもたらし得る。また、ブランジャ表面、金型表面、又は成形に關与する他の機器の回避できない熱膨張も、間隙の均一性に影響を及ぼし得る。押圧中、ブランジャはまたガラスを伸展させ得、これにより、ブランジャ表面と金型表面との間のガラスの厚さが変化する。従って、たとえブランジャ表面と金型表面との間の間隙が完璧であったとしても、ガラスの伸展が、厚さが不均一な3Dガラスをもたらし得る。金型表面又はブランジャ表面は、伸展の結果としての、ガラスの厚さの予期される変化を補償するよう設計してよい。しかしながらこれは、ブランジャ表面と金型表面との間の不均一な間隙をもたらし得、これは上述の通り、ガラスの一部の領域における過度の押圧、及びガラスの他の領域における不十分な押圧をもたらし得る。

10

## 【 発 明 の 概 要 】

## 【 発 明 が 解 決 し よ う と す る 課 題 】

## 【 0 0 0 7 】

従って、2Dシートから3Dガラス物品を確実に成形する方法であって、特に2Dシートが、厚さが約0.3mm以下の極薄フレキシブルガラスで成形されている、方法に関するニーズが存在する。

20

## 【 課 題 を 解 決 す る た め の 手 段 】

## 【 0 0 0 8 】

本明細書で開示する成形プロセスは、光学的歪み及び厳しい寸法制御なしに、ガラスシート（例えばフレキシブルガラスシート）から高品質な非可展形状を成形することを可能とする。引っかき及び摩耗保護等の様々な特性を提供するために、これらの3Dガラス物品の片側又は両側にプラスチックを積層できる。

## 【 0 0 0 9 】

ガラスは典型的には、プラスチック材料よりも良好な耐引っかき性及び耐摩耗性を有する。ガラスはまた、プラスチック材料と比較して、表面の損傷なしに容易に清掃でき、物体が、プラスチック内に埋まることができるようにはガラス内に埋まることがない。サンバイザー、サングラス、スキー用ゴーグル、度付きゴーグル等のような多数の透明ポリマー製品は非可展形状であり、ポリカーボネート又は同様の材料から作製される。本明細書で開示するように、ガラスシートをこのような非可展形状に成形して、プラスチック材料を積層することにより、完成した物品の寿命、透明度及びメンテナンスを向上させることができる。3D物品はまた、屈曲OLEDディスプレイ又は他の電子製品を成形するために使用してよい。

30

## 【 0 0 1 0 】

更なる特徴及び利点は、以下の「発明を実施するための形態」に記載され、またその一部は、「発明を実施するための形態」から当業者には容易に明らかとなり、又は本説明及び添付の図面に例示されているような実施形態を実施することによって認識されるだろう。以上の「発明の概要」及び以下の「発明を実施するための形態」はいずれも、開示される主題の単なる例であり、請求される主題の性質及び特徴を理解するための概観又は枠組みを提供することを意図したものであることを理解されたい。

40

## 【 0 0 1 1 】

添付の図面は、本開示の原理の更なる理解を提供するために含まれているものであり、本明細書に組み込まれて本明細書の一部を構成する。図面は1つ又は複数の実施形態を図示しており、本説明と併せて、本記事の原理及び動作を例として説明する役割を果たす。本明細書及び図面において開示される実施形態の様々な特徴は、いずれのあらゆる組み合わせで使用できることを理解されたい。非限定的な例として、本開示のこれら様々な特徴

50

は、以下の態様に従って互いに組み合わせてよい。

【0012】

第1の態様によると、ガラスシートから3Dガラス物品を成形する方法が提供され、上記方法は、上記3Dガラス物品の3D表面プロファイルに対応する3D表面プロファイルを有する金型表面を含む金型組立体上に、ガラスシートを配置するステップを含む。上記ガラスシートは、成形温度まで加熱される。上記成形温度は、上記金型表面の温度より高い。加熱された上記ガラスシートは、上記金型表面に対向する上記ガラスシートの第1の表面に対して加圧ガスを印加することにより上記金型表面上に押し付けられ、これにより上記ガラスシートを上記金型表面に適合させ、このとき上記ガラスシートは、上記金型表面の温度を超える成形温度にある。

10

【0013】

第2の態様によると、上記ガラスシートが、約0.3mm以下の厚さを備えるフレキシブルガラスシートである態様1の方法が提供される。

【0014】

第3の態様によると、上記加熱されたガラスシートを上記金型表面上に押し付ける上記ステップが、上記第1の表面に対向する上記ガラスシートの第2の表面に真空を印加するステップを含む態様1又は態様2の方法が提供される。

【0015】

第4の態様によると、上記加圧ガスが加熱される態様1～3のいずれか1つの方法が提供される。

20

【0016】

第5の態様によると、上記方法が更に、圧力キャップ組立体を用いて上記金型組立体を密閉して、上記圧力キャップ組立体と上記金型組立体との間に加圧チャンバを形成するステップを含み、上記加圧ガスは約10psi～約60psiである態様1～4のいずれか1つの方法が提供される。

【0017】

第6の態様によると、上記方法が更に、上記圧力キャップ組立体を約800～約950の温度まで加熱し、これによって上記ガラスシートを放射加熱するステップを含む態様5の方法が提供される。

【0018】

30

第7の態様によると、上記ガラスシートの成形温度が、上記加熱されたガラスシートを上記金型表面上に押し付ける上記ステップの間、上記金型表面の温度より少なくとも約25度高い態様1～6のいずれか1つの方法が提供される。

【0019】

第8の態様によると、上記ガラスシートの成形温度が、上記加熱されたガラスシートを上記金型表面上に押し付ける上記ステップの間、上記金型表面の温度より約25～約100度高い態様1～7のいずれか1つの方法が提供される。

【0020】

第9の態様によると、上記方法が更に、上記加熱されたガラスシートを上記金型表面上に押し付ける上記ステップの後に、上記ガラスシートを冷却して、上記3Dガラス物品を成形するステップを含む態様1～8のいずれか1つの方法が提供される。

40

【0021】

第10の態様によると、上記方法が更に、上記3Dガラス物品にポリマー層を塗布するステップを含む態様1～9のいずれか1つの方法が提供される。

【0022】

第11の態様によると、ガラスシートから3Dガラス物品を成形するための装置が提供され、上記装置は、上記3Dガラス物品の3D表面プロファイルに対応する3D表面プロファイルを有する金型表面を有する、金型組立体を含む。圧力キャップ組立体は、上記金型組立体に係合して、上記圧力キャップ組立体と上記金型組立体との間に加圧キャビティを提供する。上記圧力キャップ組立体は、上記ガラスシートを上記金型表面の温度を超え

50

る成形温度まで加熱するよう構成されたヒータを含む。

【0023】

第12の態様によると、上記ガラスシートが、0.3mm以下の厚さを有するフレキシブルガラスシートである態様11の装置が提供される。

【0024】

第13の態様によると、上記ヒータが、上記ガラスシートを上記金型表面の温度より少なくとも約25 高い成形温度まで加熱するよう構成される態様11又は態様12の装置が提供される。

【0025】

第14の態様によると、上記ヒータが、上記フレキシブルガラスシートを上記金型表面の温度より約25 ~ 約100 高い成形温度まで加熱するよう構成される態様11~13のうちのいずれか1つの装置が提供される。

【0026】

第15の態様によると、上記金型表面が金型キャビティを画定し、1つ又は複数のポートは、上記金型キャビティ内で負圧を印加するために、上記金型表面を横断する態様11~14のうちのいずれか1つの装置が提供される。

【0027】

第16の態様によると、上記圧力キャップ組立体が、上記加圧ガスを受け取るためのプレナムチャンバを有するプレナムと、上記プレナムチャンバに隣接して設置され、上記金型表面から離間した流路構造体とを含む態様11~15のうちのいずれか1つの装置が提供される。

【0028】

第17の態様によると、上記圧力キャップ組立体が上記金型組立体から取り外し可能である態様11~16のうちのいずれか1つの装置が提供される。

【0029】

第18の態様によると、ガラスシートから成形される3D物品が提供される。上記物品は、非平面構成を有するガラス層を含み、上記非平面構成は、上記3Dガラス物品の3D表面プロファイルに対応する3D表面プロファイルを有する金型表面を有する金型組立体を使用して成形される。上記ガラス層の表面にポリマー層を塗布し、ここで上記ガラス層は非平面構成である。上記ガラスシートは、上記金型表面の温度より高い成形温度において非平面構成へと成形される。

【0030】

第19の態様によると、上記ポリマー層が、上記ガラス層上にオーバモールドされるオーバモールド層である態様18の物品が提供される。

【0031】

第20の態様によると、上記ポリマー層が上記ガラス層上に積層される態様18又は19の物品が提供される。

【0032】

第21の態様によると、上記物品が更に、上記ポリマー層と上記ガラス層との間に接着層を備える態様18~20のうちのいずれか1つの物品が提供される。

【0033】

第22の態様によると、上記ポリマー層が、上記ガラス層に圧縮応力を導入する態様18~21のうちのいずれか1つの物品が提供される。

【0034】

第23の態様によると、上記ガラス層が約0.3mm以下の厚さを有する態様18~22のうちのいずれか1つの物品が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1A】プランジャと金型との間の均一な間隙の概略図

【図1B】プランジャと金型との間の不均一な間隙の概略図

10

20

30

40

50

【図 1 C】ブランジャと金型との間の不均一な間隙の概略図

【図 2】フレキシブルガラスシートから 3 D ガラス物品を成形するための装置のある実施形態の概略図

【図 3】フレキシブルガラスシートから 3 D ガラス物品を成形するための装置の別の実施形態の概略図

【図 4】3 D ガラス物品を成形する例示的な方法

【図 5】0 . 1 3 mm、0 . 2 mm 及び 0 . 7 mm 厚のガラスシートに関する、成形にかかる時間と、3 mm の曲げ半径を有する皿形状のガラスの粘度との例示的な関係

【図 6】3 D プラスチック物品のある実施形態の概略断面図

【図 7】3 D ガラス物品を成形する別の例示的な方法

【図 8】金型組立体のある実施形態の断面図

【図 9】ガラスシートの中に成形された非平面構成を有するガラスシートのある実施形態の概略平面図

【図 1 0】様々な成形作業に関する例示的な時間、温度及び圧力プロファイル

【図 1 1】3 D ガラス物品を成形するための連続的なプロセスのある実施形態の概略図

【図 1 2】3 D ガラス物品を成形するための連続的なプロセスの別の実施形態の概略図

【図 1 3】図 1 2 のプロセスにおいて使用するための、金型組立体と係合する空気軸受の概略図

【発明を実施するための形態】

【0 0 3 6】

以下の「発明を実施するための形態」において、本開示の様々な原理の完全な理解を提供するために、説明を目的とし、限定を目的としない、具体的な詳細を開示する例示的な実施形態を示す。しかしながら、本開示の便益を得た当業者には、本開示は、本明細書で開示する具体的な詳細から逸脱した他の実施形態においても実施してよいことが明らかだろう。更に、周知のデバイス、方法及び材料の説明は、本開示の様々な原理の説明を不明瞭にしないために、省略する場合がある。最後に、可能な場合は常に、同様の参照符号は同様の要素を指す。

【0 0 3 7】

本明細書において範囲は、「約 ( a b o u t ) 」1 つの特定の値から、及び / 又は「約」別の特定の値までとして表すことができる。このような範囲が表される場合、別の実施形態は、上記 1 つの特定の値から、及び / 又は上記別の特定の値までを含む。同様に、値が先行詞「約」の使用により近似値として表される場合、特定の値は別の実施形態を成形することが理解されるだろう。更に、各範囲の終点は、他方の終点に関して及び他方の終点とは関係なく重要であることが理解されるだろう。

【0 0 3 8】

本明細書において使用する方向に関する用語 ( 例えば上 ( u p ) 、下 ( d o w n ) 、右 ( r i g h t ) 、左 ( l e f t ) 、前 ( f r o n t ) 、後ろ ( b a c k ) 、頂部 ( t o p ) 、底部 ( b o t t o m ) ) は、描かれた図面を参照してなされたものにすぎず、絶対的な配向を暗示することを意図していない。

【0 0 3 9】

明示的に述べられている場合を除き、本明細書に示すいずれの方法が、該方法のステップをある具体的な順序で実施することを要求するものとして解釈されることは、全く意図されていない。従って、ある方法クレームが、その複数のステップが従うべき順序を実際に列挙していない、又はそうでなくても、上記複数のステップがある特定の順序に限定されることが請求項若しくは本説明において明示的に述べられていない場合、いかなる点においても、ある順序が推定されることは全く意図されていない。これは：ステップ又は操作フローの構成に関する論理の問題；文法構成又は句読法から引き出される単純な意味；明細書中に記載される実施形態の数又はタイプを含む、解釈に関するいずれの可能な非表現基準に対して成り立つ。

【0 0 4 0】

10

20

30

40

50

本明細書において使用する場合、名詞は、文脈がはっきりと指示する場合を除き、複数の指示対象を指す。従って、例えばある「構成要素 (component)」に対する言及は、文脈がはっきりと指示する場合を除き、2つ以上のこのような構成要素を有する複数の態様を含む。

#### 【0041】

フレキシブルガラス基板は、湾曲した又は適合性形状を、例として電子装置、包装及び建築用途において使用可能とすることができる。本明細書に記載される実施形態は一般に、

圧力キャップ組立体から送達される高温加圧ガスを使用して、2Dガラスシート（例えばフレキシブルガラスシート）から3Dガラス物品を成形することに関し、上記高温ガスは、成形プロセス中に上記ガラスシートの放射加熱を提供するために、金型温度より高い温度にある。高温加圧ガスをガラスシートに均一に印加してよく、又は差分を有して、例えば屈曲、角及び湾曲を含む上記ガラスシートの領域等の比較的高い成形圧力を必要とするガラスシートの領域に対して比較的高濃度で印加してよい。一般に、上記プロセスは：上記ガラスシートを金型組立体上に、金型キャビティを覆うように配置するステップ；上記圧力キャップ組立体（又は少なくともその一部分）を事前に選択した温度まで予熱し、上記圧力キャップ組立体からの放射加熱を用いて上記ガラスシートを加熱し、これによって、上記金型組立体が上記ガラスシートより冷たくなるように、上記ガラスシートと上記金型組立体との間に温度差を提供する、ステップ；高温加圧ガスを印加して、上記ガラス物品の3D形状を完成させるステップ；及び上記3Dガラス物品を冷却するステップを含んでよい。

#### 【0042】

3Dガラス物品は一般に、非平面構成を有する。本明細書において使用する場合、用語「非平面構成 (non-planar formation)」は、ガラス物品の少なくとも一部分が外向きに、又はフレキシブルガラスシートの元の展開構成によって画定されるある平面に対してある角度をなして延在する、3D形状を指す。ガラスシートから成形された上記3Dガラス物品は、1又は複数の隆起又は湾曲部分を有してよい。3Dガラス物品は、成形プロセスによるいずれの外力なしに、自立した物体として非平面構成を保持できる。

#### 【0043】

いくつかの実施形態では、ガラスシートは、フレキシブルガラスシートである。本明細書に記載するフレキシブルガラスシートは、例えば0.3、0.275、0.25、0.225、0.2、0.19、0.18、0.17、0.16、0.15、0.14、0.13、0.12、0.11、0.10、0.09、0.08、0.07、0.06、0.05、0.04、0.03、0.02、又は0.01mmを含む、約0.01~0.05mm、約0.05~0.1mm、約0.1~0.15mm、約0.15~0.3mmを含むがこれらに限定されない約0.3mm以下の厚さを有してよい。このガラスシートは、ガラス、ガラスセラミック、セラミック材料又はこれらの複合体で成形してよい。言及する際の便宜のためだけに、用語「フレキシブルガラスシート」「ガラス層」又は「フレキシブルガラス基板」を明細書全体で使用する可能性があるが、このような基板又は層は代わりにこれらの材料のうちのいずれから作製できる。高品質ガラス基板を成形するフュージョンプロセス（例えばダウンドロープロセス）を用いて、ガラスシートを成形できる。フュージョンプロセスにおいて製造されたガラスシートは、他の方法で製造されたガラスシートと比べて、優れた平坦性及び平滑性を有する表面を有し得る。フュージョンプロセスは、米国特許第3,338,696号明細書及び第3,682,609号明細書に記載されている。他の好適なガラス基板成形方法としては、フロートプロセス、アップドロー及びスロットドロー法が挙げられる。

#### 【0044】

図2を参照すると、2Dフレキシブルガラスシート12から3Dガラス物品を成形するための方法及び装置10が示されている。装置10は、金型組立体14及び圧力キャップ



組立体 16 を含み、上記圧力キャップ組立体 16 は、金型組立体 14 に接続されて、圧力キャップ組立体 16 と金型組立体 14 との間に加圧成形キャビティ 20 を成形する。金型組立体 14 は、成形されることになるガラス物品の所望の 3D 形状に対応する 3D 表面プロファイルを有する金型表面 24 を有する。金型表面 24 は、凹状であり、金型キャビティ 26 を画定するものとして示されているが、凸状、凸凹、平坦、及び湾曲領域等といった他の形状を使用してよい。フレキシブルガラスシート 12 は、金型本体 22 上の、金型キャビティ 26 の中に又は金型表面 24 に対して落とし込まれる位置に配置される。ポート又は孔 28 を金型本体 22 に設けてよい。ポート 28 は、金型本体 22 から金型表面 24 まで延在してよい。一実施形態では、ポート 28 は、金型表面 24 の角に配置される。他の実施形態では、ポート 28 は、金型表面 24 の角及び底部に、又は金型表面 24 の底部だけに配置してよい。ポート 28 は、金型キャビティ 26 に真空を印加するための真空ポートとして、又は金型キャビティ 26 内に閉じ込められたガスを取り出すための排出ポートとして機能できる。金型本体 22 上に位置合わせピン 30 を設けて、フレキシブルガラスシート 12 の金型キャビティ 20 との位置合わせを支援してよい。

10

20

30

40

50

#### 【0045】

金型本体 22 は、例えばフレキシブルガラスシートからガラス物品を成形する間に直面することになる高温に耐えることができる材料で作製してよい。金型材料は、成形条件下でガラスと反応しない（若しくはガラスに粘着しない）材料であってよく、又は金型表面 24 は、成形条件下でガラスと反応しない（若しくはガラスに粘着しない）コーティング材料でコーティングしてよい。一実施形態では、金型本体 22 はグラファイト等の非反応性炭素材料で作製され、金型表面 24 は、金型表面 24 がガラスと接触した場合にガラスに欠陥が導入されることを回避するために高度に研磨される。別の実施形態では、金型本体 22 は、炭化ケイ素、炭化タンゲステン、及び窒化ケイ素等の高密度セラミック材料で作製され、金型表面 24 は、グラファイト等の非反応性炭素材料でコーティングされる。別の実施形態では、金型本体 22 は、Inconel 718、Inconel 600、ニッケルクロム合金等の超合金で作製され、金型表面 24 は、窒化チタンアルミニウム等の硬質セラミック材料でコーティングされる。一実施形態では、コーティング材料を備える又は備えない金型表面 24 は、約 10 nm 以下の表面粗度 Ra を有する。金型本体 22 のために炭素材料が使用される、又は金型表面 24 のために炭素コーティング材料が使用される実施形態では、ガラス物品の成形は不活性雰囲気において実施できる。

#### 【0046】

圧力キャップ組立体 16 は、金型組立体 14 の頂部上に設置される。圧力キャップ組立体 16 が金型組立体 14 上に設置される場合、圧力キャビティ 20 は圧力キャップ組立体 16 と金型組立体 14 との間に成形される。圧力キャップ組立体 16 はプレナムチャンバ 42 を含むプレナム 40 を含み、上記プレナムチャンバ 42 は、導管 44 を介して、窒素又はいずれの他の好適なガスであってよい高温加圧ガス 46 源に接続される。圧力キャップ組立体 16 は、流路構造体 48 を含み、上記流路構造体 48 は、プレナムチャンバ 42 の下側に設置され、金型本体 22 の上方に位置決めされる。流路構造体 48 は、例えば流路 50 を含む穿孔されたプレートであってよく、上記流路 50 を通して、プレナムチャンバ 42 内の加圧ガス 46 を、圧力キャビティ 20 へと配向でき、また金型表面 24 に向かって配向できる。流路構造体 48 を含む圧力キャップ組立体 16 は、フレキシブルガラスシート 12 が成形物品へと改質される条件下で汚染物質を生成しない材料で成形してよい。

#### 【0047】

圧力キャビティ 20 は、プレナム 40 及び流路構造体 48 を通して圧力キャビティ 20 へと高温加圧ガス 46 を送達する前に、圧力キャップ組立体 16 と金型組立体 14 との間を密閉してよい。圧力キャビティ 20 は、圧力キャップ組立体 16 に対して力を印加することにより密閉してよく、これにより圧力キャップ組立体 16 は金型本体 22 の頂部に対して下向きに固定する。ラム又は他の好適なデバイスを使用して、力を印加してよい。密閉条件を維持するために、密閉用圧力は、圧力キャビティ 20 に送達される高温加圧ガス

46の圧力より高くてもよい。

【0048】

図示した実施形態では、流路構造体48は、プレナムチャンバ42の底部全体を占有し、フレキシブルガラスシート12の頂面56全体にわたって高温加圧ガス46を配向する。流路構造体48における孔の分布及びサイズが均一である場合、高温加圧ガス46は、フレキシブルガラスシート12の表面56全体にわたって略均一に配向される。図3は、流路構造体60がプレナムチャンバ62の縁部に配置され、フレキシブルガラスシート12の頂面56に対する高温加圧ガス46の、差分を有する印加を可能とする代替的配置を示す。流路構造体60の形状は環状であってよい。あるいは、プレナムチャンバ62の縁部に沿って配設された複数の流路構造体を使用してよい。図3に示す配置では、流路構造体60は、フレキシブルガラスシート12の周縁に高温加圧ガスを配向する。この周縁は高い成形圧力が必要である箇所、例えば屈曲、角又は湾曲が成形される箇所であり得る。一般に、プレナム上の流路構造体の位置は、流路構造体を通して送達される高温加圧ガスの焦点を決定し、流路構造体の配置、並びに流路構造体の間隔及び流路構造体における孔は、成形されることになる3D形状に合わせてよい。金型上のフレキシブルガラスシートの選択された領域に高温加圧ガスを配向する、又は金型本体上のフレキシブルガラスシートにわたって高温加圧ガスを、差分を有するように配向する、図3に示すような流路構造体は、指向性流路構造体と呼んでよい。

【0049】

いくつかの実施形態では、高温加圧ガス46を圧力キャビティ20内に送達する前に、圧力キャビティ20を密閉しなくてよい。図3における流路構造体60等の指向性流路構造体は、フレキシブルガラスシート12から短い距離（例えば約5mm以下）内に位置決めしてよい。上記短い距離は、高圧力成形を必要とするフレキシブルガラスシート12の所望の領域に限定される指向性流路構造体を通して印加される指向性ジェットを提供できる。この指向性ジェットの高い速度を用いて、フレキシブルガラスシート12の所望の領域内にポイント又はライン圧力を生成してよい。この場合圧力キャビティ20は密閉されていないため、圧力キャビティ20内の平衡圧力は確立されない。従ってフレキシブルガラスシート12の所望の領域のみが、高速ガス噴射圧力を受承できる。

【0050】

図2に示すように、金型組立体14は、真空チャック70上に配置してよい。他の実施形態では、真空チャック70を使用しなくてよい。加圧ガス46及び圧力キャップ本体74を加熱するために、加熱要素72を圧力キャップ組立体16に配置してよい。圧力キャップ本体74を加熱することにより、フレキシブルガラスシート12の放射加熱が可能となる。いくつかの実施形態では、ヒータは、直接的に、又は圧力キャップ本体74を通して間接的にフレキシブルガラスに放射熱を送達するよう位置決めされたIRヒータであってよい。いくつかの実施形態では、金型表面24において、フレキシブルガラスシート12と金型本体22との間に温度差が提供される。例えば上記温度差は、ガラス物品成形プロセス中、少なくとも約25℃、例えば少なくとも約50℃、例えば約25℃～約100℃である。IR又は抵抗ヒータ等のいずれの好適なヒータを使用してよい。

【0051】

図4を参照すると、3Dガラス物品を成形する例示的な方法100が示されている。この実施形態では、フュージョンドロッププロセス等のいずれの好適なプロセスを用いて、ステップ102において、連続的なフレキシブルガラスリボン成形してよい。ステップ104において、レーザ切断、スコアリング及び破壊等のいずれの好適な切断プロセスを用いて、フレキシブルガラスシートを連続的なフレキシブルガラスリボンから取り外してよい。ステップ106において、例えば特に切断縁部における研磨、エッチング、縁部コーティング等によってフレキシブルガラスシートを縁部強化することが望ましい場合がある。ステップ108において、フレキシブルガラスシートを金型組立体14内に配置する前に、フレキシブルガラスシートを（例えば成形温度未満の温度に）予熱してよい。他の実施形態では、フレキシブルガラスシートを金型組立体14内で予熱してよい。ステップ1

10

20

30

40

50

10において、フレキシブルガラスシートを、金型組立体14と圧力キャップ組立体16との間の圧力キャビティ20内に配置してよい。いくつかの実施形態では、金型本体22上にフレキシブルガラスシートを配置する前に、金型本体22を予熱してよい。いくつかの実施形態では、位置合わせピン30を使用して、フレキシブルガラスシートを金型本体22上に配置してよい。フレキシブルガラスシートを金型上に配置した後、中赤外線加熱要素又はエミッタプレートを使用して、上述したように所望のガラスの粘度又は粘度範囲に対応する成形温度に、フレキシブルガラスシートを加熱してよい。金型組立体14はその後、圧力キャップ組立体16の下に移動される又は送られる。図5は、0.13mm、0.2mm及び0.7mm厚のガラスシートに関する、成形にかかる時間と、3mmの曲げ半径を有する皿形状のガラスの粘度との例示的な関係を示す。図に示すように、比較的薄いガラスシートは、比較的厚いガラスシートに比べて、より高い粘度で改質できる。

10

#### 【0052】

一実施形態では、フレキシブルガラスシート及び金型本体22は、これらの両方が、フレキシブルガラスシートの3Dガラス物品への成形を開始する時点までに同一の温度となるように、加熱される。このタイプの加熱のために、金型本体22は、グラファイト等の非反応性炭素材料で、又は炭素コーティング材料でコーティングされた高密度セラミック材料で作製してよい。加熱は、不活性雰囲気において実施してよい。別の実施形態では、フレキシブルガラスシートを金型本体22上にある間に加熱してよく、これにより、金型本体22の温度はフレキシブルガラスシートの温度より低くなり、例えば金型本体22の温度はフレキシブルガラスシートの温度より25 ~ 100 低くなり得る。この加熱のために中赤外線ヒータを使用してよい。金型本体22は、硬質セラミックコーティングを有する超合金で作製してよい。この材料を用いた場合、加熱を不活性又は不活性でない雰囲気において実施できる。

20

#### 【0053】

フレキシブルガラスシート及び金型本体22を加熱した後、ステップ122において、金型キャビティ26に真空を印加して、フレキシブルガラスシートの底面を金型表面24に対して引き込み、フレキシブルガラスシートを金型表面24に対して密閉する。真空が印加される前に、フレキシブルガラスシートを既に、重力により金型表面24に対して落とし込み始めてよい。一実施形態では、印加される真空は、2 ~ 10 (Hg) の範囲で印加してよい。高温加圧ガス46は、プレナム40及び圧力チャンバ42を通して、部分的に成形されたフレキシブルガラスシートの頂面に対して印加される。高温加圧ガス46は、フレキシブルガラスシートを金型表面24に完全に適合させるのに必要な圧力を提供する。高温加圧ガスの温度は、 $10^7 \text{ Poise}$  ( $10^6 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ ) ~  $10^{11} \text{ Poise}$  ( $10^{10} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ ) のガラスの粘度範囲に対応する上述の温度範囲内である。圧力キャップ組立体16及び/又は $\text{N}_2$  温度が800 超、例えば870 ~ 950 となることが望ましい場合があり、これにより、圧力成形中にフレキシブルガラスシートを放射加熱して、フレキシブルガラスシートを低粘度にとどめ、比較的速い速度で金型の形状に適合させることを可能とする。高温加圧ガスの温度は、フレキシブルガラスシートの温度と同一であっても、異なってもよい。一実施形態では、高温加圧ガスの温度は、フレキシブルガラスシートの温度の80 以内である。高温加圧ガスの温度は、フレキシブルガラスシートの温度と同一であるか、又はこれより高いか、又は低くてよい。フレキシブルガラスシートの温度より高い温度における高温加圧ガスの噴出は、フレキシブルガラスシートに選択的に印加してよい。流路構造体60は、高温加圧ガスの噴出が指向的に、即ち噴出が必要なフレキシブルガラスシートの領域にのみ印加されるように設計してよい。3D形状を成形するためのガス圧力は、接触成形に用いられるプランジャ圧力に相当し得る。成形されることになる3D形状及びガラスの粘度に応じて、この圧力を10 psi ~ 60 psi の範囲内としてよい。

30

40

#### 【0054】

既に上述したように、高温加圧ガス46をフレキシブルガラスシートに印加する前に、圧力キャビティ20を密閉してよい。フレキシブルガラスシートが圧力キャップ組立体1

50

6からの放射によって加熱される場合、フレキシブルガラスシートの加熱前、加熱中又は加熱後に、圧力キャビティ20を密閉してよい。あるいは、圧力キャビティ20が密閉されることになる場合、圧力キャビティ20は、フレキシブルガラスシートが放射を用いて金型本体22上で直接的に加熱される場合は、フレキシブルガラスシートの加熱後に密閉するべきである。高温加圧ガス46をフレキシブルガラスシートに印加する数秒前に、真空を金型キャビティ26に印加できる。高温加圧ガス46をガラスシートに印加する期間の一部又は全体にわたって真空を維持でき、この場合、真空は金型本体22上のフレキシブルガラスシートの位置を維持でき、これにより高温加圧ガス46が印加されたときにフレキシブルガラスシートは移動せず、また加圧ガスはフレキシブルガラスシートの真下を流れることができない。開始時のフレキシブルガラスシートが金型キャビティ26より大きく、これが金型キャビティ26を覆っている場合、真空を用いることなく、フレキシブルガラスシートを3Dガラス物品へと成形できる。真空を用いて又は用いずに成形する間、金型キャビティ26内のポートを使用して金型キャビティ26内に閉じ込められたガスを排出してよい。

10

20

30

40

50

#### 【0055】

3Dガラス物品を成形した後、ステップ130において、高温加圧ガス46の圧力キャビティ20への流れは、停止されるか、又は比較的低温の加圧ガス流に置き換えられる。続いて3Dガラス物品は、比較的低温の加圧ガスを用いて又は用いずに、アニール点付近まで冷却される。この比較的低温の加圧ガスは、3Dガラス物品のより急速な冷却を支援できる。一実施形態では、上記比較的低温の加圧ガスが3Dガラス物品の冷却に使用される場合、上記比較的低温の加圧ガスの温度は、ガラス転移温度プラス又はマイナス0に対応する温度範囲から選択される。別の実施形態では、上記比較的低温の加圧ガスが3Dガラス物品の冷却に使用される場合、上記比較的低温の加圧ガスの温度は、冷却中の金型本体22の温度に一致するように調整される。これは、熱電対等のセンサを用いて金型本体22の温度を監視し、センサの出力を使用して上記比較的低温の加圧ガスの温度を調整することにより、達成してよい。上記比較的低温の加圧ガスの圧力は、高温加圧ガスの圧力未満であるか又はこれと同一であってよい。3Dガラス物品の冷却は、ガラス物品の厚さにわたる、ガラス物品の長さに沿った、及びガラス物品の幅に沿った温度差(デルタT)を、最小化するものである。また、金型組立体を加圧ガスによって冷却して、金型の冷却を加速してもよい。

#### 【0056】

デルタTは、ガラス物品の厚さにわたり、並びにガラス物品の長さ及び幅に沿って10未満であってよい。冷却中のデルタTが小さくなればなるほど、ガラス物品内中の応力も低くなる。冷却中にガラス物品中に高い応力が生成された場合、ガラス物品は応力に応答して歪み得る。従って、冷却中にガラス物品中に高い応力が生成されることを回避することが望ましい場合がある。3Dガラス物品の両側に温度制御されたガス流を印加することにより、3Dガラス物品を対流冷却できる。上述のように、比較的低温の加圧ガスは、プレナム40及びプレナムチャンバ42を通して3Dガラス物品の頂面に印加でき、上記比較的低温の加圧ガスと同様の特性を有し得る温度制御されたガス流は、金型キャビティ26内のポートを通して3Dガラスの底面に印加できる。ポートを通して供給されたガスの圧力は、ステップ132における冷却中に3Dガラス物品を金型キャビティ26から持ち上げる正味の力が生成されるようなものであってよい。金型本体22は、金型本体22がガラスより大きな熱質量を有するため、ガラスより遥かに遅い速度で冷却できる。金型本体22のこの徐冷は、ガラスの厚さにわたって大きなデルタTを生成できる。冷却中にガラスを金型本体22から持ち上げることに伴い、この大きなデルタTを回避するのを助けることができる。

#### 【0057】

緩やかな輪郭は、比較的高いガラスの粘度、例えば $10^9 \text{ Poise}$  ( $10^8 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ )  $\sim 10^{11} \text{ Poise}$  ( $10^{10} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ ) において成形でき、きつい屈曲及び鋭い角は比較的低い粘度 $10^7 \text{ Poise}$  ( $10^6 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ )  $\sim 10^8 \text{ Poise}$  ( $10^7 \text{ Pa}$

・s)において成形し得る。この比較的低い粘度により、ガラスは金型により良好に適合できる。しかしながら、低粘度では良好なガラス表面化粧を達成することが困難になり得る。というのは、これによりガラス表面により容易に欠陥が刻まれ得るためである。低粘度における成形は例えば、オレンジピールを生成し得るガラスの再沸騰を引き起こし得る。比較的低いガラスの粘度では、金型表面内の真空又は排出ポートをガラス中に押し込むことができる。その一方で、高いガラスの粘度では、良好な表面化粧を達成できる。従って、3Dガラスにおいて良好なガラス表面化粧及び厳しい寸法公差の両方を達成するために、高温加圧ガスによってガラスに印加される圧力、ガラスの粘度、及び上記高温加圧ガスの圧力が印加される場所を最適化できる。良好な表面化粧を維持しながら厳しい寸法公差を得るための、複数の選択肢が存在する。

10

#### 【0058】

1つの選択肢は、金型における輪郭補正を用いることであり、例えば、きつい屈曲を有する3D形状を成形するために、金型を、最終的な形状よりきつい曲げ半径及び急な側壁接線角度の壁を有して設計できる。例えば、成形されることになる皿の側壁接線角度が60°である場合、そして良好なガラス表面化粧を維持するために皿をlog粘度9.5において皿を成形することが望まれる場合、成形プロセスは、金型の輪郭が補正されない場合は側壁接線角度が46°の、即ち所望の角度より14°小さい皿を製造してよい。ガラスの粘度を低下させることなく側壁接線角度を増大させるために、金型の輪郭を補償して、理想の形状と成形された物品において測定された角度との差だけ、側壁接線角度を増大させることができる。上述の例では、補償された金型は74°の側壁接線角度を有し得る。形状を成形するために必要な圧力が高温加圧ガスによって提供されていることにより、懸念すべきプランジャと金型との間隙が存在しないため、この輪郭補正を行うこと、及び厚さが均一なガラス物品を達成することが可能である。

20

#### 【0059】

別の選択肢は、金型に対して高程度の研磨を用いることであり、これにより、ガラス表面上に欠陥を生成することなくガラスの粘度を低下させることができる。金型表面は、表面粗度Ra<10を有するよう作製でき、また非粘着性又は非反応性となるよう作製できる。例えば、ガラス状グラファイトコーティングを金型表面に対して使用してよい。また、真空又は排出ポートを、金型の角のみに、即ち圧力成形中にガラスが最後に金型に接触する場所に配置できる。

30

#### 【0060】

別の選択肢は、図3に示すもの等のように、指向性プレナムを使用することであり、ここで高温ガスの圧力は、複雑な領域、例えばガラスの屈曲又は角を含む領域に向かって配向される。ガラスの温度より高い50 ~ 150 の温度の加圧ガスの噴出を、指向性吐出として印加することにより、上記複雑な領域においてガラスの温度を優先的に上昇させてガラスの粘度を低下させることができる。

#### 【0061】

更に別の選択肢は、ガラスシートの3D領域(即ち屈曲、角及び湾曲のいずれの組み合わせを含む3D形状に成形されることになる領域)の上方で小型ヒータを使用することである。例えば、3D領域におけるガラスは、ガラスシートの2D領域(即ち3D形状へと成形されない残留領域)におけるガラスより10~30 高く加熱してよい。これは、上述の指向性ジェットの使用と組み合わせることができる。

40

#### 【0062】

別の選択肢は、金型内にヒータを設けて、金型の3D領域(即ちガラスシートの3D領域の成形に使用されることになる領域)を、金型の2D領域の温度より高い温度まで加熱することである。金型の3D領域は、金型の2D領域(又は平坦領域)の温度より10~30 高い温度まで加熱してよい。これは、上述の指向性ジェットの使用と組み合わせることができる。別の選択肢は、ガラスシートの上方及び近くに放射ヒータを設けて、ガラスシートの3D領域に放射加熱を施すことであり、これによって、ガラスシートの2D領域を比較的低温に維持しながら、3D形状へと加工する必要があるガラスシートの小さな

50

領域を優先的に軟化させる。2D領域を3D領域より低温に維持することにより、2D領域における美しい表面仕上げを維持できる。

#### 【0063】

ステップ138で示されるようないくつかの実施形態では、3Dガラス物品の成形後に、3Dガラス物品にポリマー層を設けてよい。例えば予め成形されたポリマーシートを用いて、又はポリマー層をガラス層上にオーバモールドする若しくは別の方法で塗布する（例えばコーティングする、噴霧する等）ことにより、ポリマー層を積層してよい。ガラスは本質的に強靱な材料であるが、その強度（信頼性）は、ガラスの表面欠陥又はひびのサイズ密度分布、及び長期にわたる材料に対する応力の累積曝露の関数である。いくつかの実施形態では、1つ若しくは複数の追加のガラス層及び／又は1つ若しくは複数のポリマー層等の非ガラス層を追加することにより、3Dガラス物品を強化してよい。例として図6を参照すると、3Dガラス物品150は、再成形済みフレキシブルガラスシートで成形されたガラス層152と、ガラス層152の内面156（及び／又は外面157）に対して積層されるポリマー層154とを含んでよい。いくつかの実施形態では、接着層158を用いて、ポリマー層154とガラス層152とを積層してよい。いくつかの実施形態では、ポリマー層とフレキシブルガラス層との熱膨張係数（CTE）ミスマッチを利用して、ポリマー層を昇温させたフレキシブルガラス基板に積層した後、徐冷してよい。このような昇温積層アプローチは、積層構造体が冷却されると、フレキシブルガラス基板の厚さにわたって均一に分布した残留圧縮応力を生成できる。

#### 【0064】

フレキシブルガラス基板を強化するためのプロセスは、ポリマー層と3Dガラス物品とを昇温下で積層した後に徐冷して、3Dガラス物品の厚さにわたる残留圧縮応力を生成することにより、ポリマー層と3Dガラス物品との大きなCTEミスマッチ（例えば約2倍以上、例えば約5倍以上、例えば約10倍以上）を利用してよい。いくつかの実施形態では、CTEミスマッチは少なくとも約3ppm/以上、例えば約6ppm/以上、例えば約9ppm/以上、例えば約12ppm/以上、例えば約15ppm/以上、例えば約20ppm/以上、例えば約27ppm/以上、例えば約50ppm/以上であってよい。

#### 【0065】

ここで図7を参照すると、3Dガラス物品を成形する方法200の別の実施形態が示されている。この実施形態では、フレキシブルガラスシートはステップ202において提供される。この実施形態では、フレキシブルガラスシートを、図8の金型キャビティ204及び206等の複数の金型キャビティにわたって延在するよう、サイズ設定してよい。フレキシブルガラスシートは、フュージョンドロープロセス等のいずれの好適なプロセスを用いて成形してよい。ステップ205において、フレキシブルガラスシートを、金型組立体208と圧力キャップ組立体との間の圧力キャビティ内に配置してよい。いくつかの実施形態では、金型組立体208上にフレキシブルガラスシートを配置する前に、金型組立体208を予熱してよい。フレキシブルガラスシートを圧力キャビティ内に配置した後、ステップ210において、上述したように、圧力キャップ組立体を用いて、所望のガラスの粘度又は粘度範囲に対応する成形温度まで、フレキシブルガラスシートを加熱してよい。

#### 【0066】

再び図7を参照すると、フレキシブルガラスシートを加熱した後、ステップ212において、金型キャビティに真空を印加して、フレキシブルガラスシートの底面を金型表面に対して引き込み、フレキシブルガラスシートを金型表面に対して密閉する。圧力キャップ組立体から、部分的に成形されたガラスシートの頂面に、高温加圧ガスが印加される。高温加圧ガスは、フレキシブルガラスシートを金型表面に完全に適合させるために必要な圧力を提供する。成形後、ステップ214において、高温加圧ガスの圧力キャビティへの流れは、停止されるか、又は比較的低温の加圧ガス流に置き換えられ、ステップ216において、ガラスはガラスの歪み点未満まで冷却され、ガラスは金型キャビティから取り外さ

れる。

【0067】

図9も参照すると、ステップ222において、ガラスシート220の成形された領域218の周りを切断することによって、3Dガラス物品を成形してよい。レーザ切断、機械的及びウォータージェット切断等のいずれの好適な切断方法を用いてよい。ステップ224において、例えば研磨、エッチング、縁部コーティング等によって3Dガラス物品を縁部強化することが望ましい場合がある。ステップ226で示されるようないくつかの実施形態では、3Dガラス物品の成形後、3Dガラス物品にポリマー層を設けてよい。例えば予め成形されたポリマーシートを用いて、又はポリマー層をガラス層状にオーバモールドすることにより、ポリマー層を積層してよい。ポリマー層とガラス層との間に接着層を使用してよい。他の実施形態では、成形された領域218の周りを切断する前に、ポリマー層をガラスシート220に塗布してよい。このようにして、成形された領域の周りを切断することにより、ガラス物品を、その個々のポリマーと共に取り外すことができる。

10

【0068】

本明細書に記載する3Dガラス物品において使用するためのポリマー層としては、例えばポリエチレンテレフタレート(PET)、ポリエチレンナフタレート(PEN)、エチレンテトラフルオロエチレン(ETFE)、エチレン酢酸ビニル(EVA)又はサーモポリマーポリオレフィン(TPO(商標)-ポリエチレン、ポリプロピレン、ブロックコポリマーポリプロピレン(BCPP)又はゴムのポリマー/フィラー混合物)、ポリエステル、ポリカーボネート、ポリビニルブテラート、ポリ塩化ビニル、ポリエチレン及び置換ポリエチレン、ポリヒドロキシブチラート、ポリヒドロキシビニルブチラート、ポリエーテルイミド、ポリアミド、ポリエチレンナフタレート、ポリイミド、ポリエーテル、ポリスルホン、ポリビニルアセチレン、透明熱可塑性物質、透明ポリブタジエン、ポリシアノアクリレート、セルロース系ポリマー、ポリアクリレート及びポリメタクリレート、ポリビニルアルコール、ポリスルフィド、ポリビニルブチラール、ポリメチルメタクリレート並びにポリシロキサンの中のいずれの1つ以上である、様々なポリマーが挙げられる。また、プレポリマー又はプレコンパウンドとして堆積/コーティングでき、その後変質できる、エポキシ樹脂、ポリウレタン、フェノールホルムアルデヒド樹脂、及びメラミンホルムアルデヒド樹脂等のポリマー類を使用することもできる。多くのディスプレイ及び電気的用途には、アクリル系樹脂、シリコン、及びこのような構造補助層、例えばDuPontから市販されているSentryGlas(登録商標)が好まれる場合が多い。ポリマー層は、一部の用途に関しては透明であってよいが、他の用途に関しては透明である必要はない。

20

30

【0069】

ポリマー層を昇温させた3Dガラス物品に積層するための接着材の非限定的な例としては、Norland(商標)OpticalAdhesives(例えばNOA60、NOA61、NOA63、NOA65、NOA68、NOA68T、NOA71、NOA72、NOA73、NOA74、NOA75、NOA76、NOA78、NOA81、NOA84、NOA88、NOA89)、DowCorning(商標)(例えばSylgard184及び他の熱硬化性シリコン)、Dymax(商標)等によって製造されるものといった、UV硬化性光学接着剤又は光学接合剤が挙げられる。熱活性化接着材(例えばNOA83H)に関して、事前選択した温度(例えば約50以上(約70以上、80以上、100以上等))より高い活性化温度を有する接着材を使用してよく、これにより、ポリマー層に、ガラス層への積層に先立ってガラス層に対して膨張する機会を与えることができる。いくつかの実施形態では、接着材は、3M(商標)(例えば8212、82603、8172C)、Flexconn(商標)(例えばDF132311)等によって製造されるものといった、圧力感受性接着剤を含む。

40

【0070】

いくつかの実施形態では、ポリマー層としての使用に好適なポリマーを、接着材として使用できる。例えばいくつかの実施形態では、ポリマー層(例えばEVA又はSentr

50

y G l a s ) を、2つの材料間(例えばガラス層とポリマー層との間、又は2つのガラス層間)の接着材として使用できる。更に、各ポリマー層自体は、異なるヤング率、異なるポワソン比、及び/又は層厚さを有する異なるタイプのポリマーで作製された、積層又は複合構造体であってよい。この場合、当業者は、化合物層を均質化して、ガラス ポリマー積層体を有益に構成するために本明細書に記載されているように使用してよい有効な厚さ、有効なヤング率及び有効なポワソン比を含む、層全体に関する有効値を得ることができるだろう。例えば複合体は、ステンレス鋼、ニッケル、銅、貴金属、酸化金属等といった、上述の材料及び/又は金属のいずれの組み合わせで形成してよい。

#### 【実施例】

##### 【0071】

0.2 mmのフレキシブルガラスシートを、9ジオプター(曲率半径58.11 mm)のレンズブランクに圧縮成形した。まず、平坦な円形ガラスプリフォームをフレキシブルガラスシートから切り抜き、660 の金型組立体上に配置した。金型組立体及びガラスを、金型表面よりもガラスを優先的に加熱する中赤外線炉内で予熱した。金型温度プロファイル、真空及び圧力成形を図10に示す。金型温度が761 (10<sup>12</sup>・<sup>2</sup>P(10<sup>11</sup>・<sup>1</sup>Pa・s))のとき、真空を印加し、続いて金型組立体を圧力成形ステーションに移し、この圧力成形ステーションでは圧力成形キャップ組立体を、金型組立体を覆うように配置した。フレキシブルガラスプリフォームを、40 p s i の高温窒素を用いて30秒間加圧して、金型表面に完全に適合させた。圧力キャップ組立体の温度は870 (10<sup>9</sup>・<sup>5</sup>P(10<sup>8</sup>・<sup>5</sup>Pa・s))であり、ピーク金型温度は773 (10<sup>11</sup>・<sup>9</sup>P(10<sup>11</sup>・<sup>9</sup>Pa・s))であった。冷却中に元の形に戻るのを防止するために、及び良好な形状制御を保証するために、真空を冷却の初期段階にわたって維持した。金型温度が681 (10<sup>14</sup>・<sup>5</sup>P(10<sup>13</sup>・<sup>5</sup>Pa・s))のとき、成形された3Dガラス物品を、アニール点未満の金型から取り外した。

##### 【0072】

比較のために、真空成形金型温度プロファイルも図10に示す。成形物に真空を引くために利用可能な力は14 p s i 未満であるため、真空成形は比較的高い金型温度(792、10<sup>11</sup>・<sup>3</sup>P)を必要とし得る。金型温度を上昇させる必要があるため、サイクル時間が増加し、モールドガラスにより多くの欠陥が付与され得る。真空成形用の金型は、ガラス表面にわたり真空圧力を分配して完全な成形を達成するために、圧力成形よりも多くの真空孔を必要とし得る。

##### 【0073】

4面屈曲(皿)及び2面屈曲(そり)形状を有する3Dガラス物品もまた、家庭用電化製品に関して関心を引くものである。一般に、ガラスの屈曲は、粘度及びガラス厚さの3乗に比例する：

##### 【0074】

##### 【数1】

$$t = \left( \frac{256}{80} \right) \frac{\eta \left( \frac{s}{2} \right)^3}{P(1-v^2)R^3} \left( \frac{R}{h} - 0.23 \right)$$

##### 【0075】

ここで、

t = ガラスを曲げるのにかかる時間

h = ガラス粘度 ( P a s )

s = ガラスシート厚さ ( m )

P = 曲げ圧力 ( P a )

= ポワソン比

R = 曲げ半径 ( m )

H = 曲げ高さ ( m )



である。

従って、他のパラメータ（粘度、ガラスのジオメトリ）が同一である場合、0.2mm厚のガラスシートの成形は、0.7mmのガラスシートより約40倍速く行うことができ、あるいはガラスシートを同一の成形時間で比例的に低い粘度で成形できる。薄いフレキシブルガラスから家庭用電化製品のカバーのための形状を圧力成形し、プラスチックを積層して、0.55～1.0mmの所望の厚さを達成することは、最終的なガラスシートの形状を単純に成形するよりも有利であり得る。というのは、薄いガラスはより高い粘度で成形できるため、歪み及び表面欠陥レベルが低減され、金型上にある時間が削減され、従って金型の寿命及びスループットを増大させることができるためである。2面屈曲形状は、4面屈曲形状から屈曲側部を切断することによって成形できることに留意されたい。

10

#### 【0076】

図11は、2Dフレキシブルガラスシートから3Dガラス物品を成形するための連続的システム400を示す。システム400は、成形ステーション402を含む。成形ステーション402は、装置10（図2）を含む。システム400は、成形ステーション402の上流に予熱ステーション404を含む。フレキシブルガラスシート405を支持する金型組立体14は、予熱ステーション404において予熱される。金型組立体14は、コンベヤ406上で、予熱ステーション404に沿って成形ステーション402に輸送される。予熱ステーション404は、金型組立体14によって支持されるフレキシブルガラスシート405を加熱するためのヒータ408を含む。ヒータ408は、上述のように中赤外線ヒータであってよいが、又はフレキシブルガラスシート及び金型組立体14に熱を送達して、フレキシブルガラスシート405と金型組立体14との間に温度差を提供できる、他のタイプのヒータであってよい。システム400は、成形ステーション402の下流に冷却ステーション410を含んでよい。成形ステーション402において成形された3次元ガラス物品407は、冷却ステーション410に運ばれ、3次元ガラス物品407を形状の歪みなしに金型から取り外すことができる温度まで冷却できる（即ちガラスの温度はガラスの転移温度未満である）。冷却ステーション410において、金型組立体14に能動的な冷却を施すことができ、これにより、金型組立体14を熱伝達流体又はガスによって底から冷却して、金型の温度をガラスの上方の空気の温度に一致させ、ガラスの厚さにわたるデルタTを最小化できる。3Dガラス物品407の初期冷却もまた、成形ステーション402において実施してよい。金型組立体14を、コンベヤ412上で冷却ステーション410に沿って輸送してよい。システム400はまた、冷却ステーション410の下流に、アニールステーション414を含んでよい。アニールステーション414は高温空気軸受416を含んでよく、3Dガラス物品407を、高温空気軸受416上で浮かせることによってアニールできる。ピックアップ器具を使用して、3Dガラス物品407を金型組立体14から取り上げ、ガラス物品407を高温空気軸受416上に配置してよい。

20

30

#### 【0077】

ここで図12を参照すると、2Dフレキシブルガラスシートから3Dガラス物品を成形するための別の連続的システム450が示されている。システム450は一般に、予熱炉モジュール452、圧力成形ステーション454及び制御冷却炉モジュール456を含む。この実施形態では、その中にガラスを有しない状態で予熱された金型組立体458を連続炉ループ450上で送ることにより、ガラスに沿って予熱されるのを回避する。フレキシブルガラスシート460は、コンベヤのように移動する空気軸受462によって、又は空気軸受を有する金型ステム上で、予熱炉モジュール452を通るように運ぶことができ、上記予熱炉モジュール452は、フレキシブルガラスシート460を所望の温度まで加熱するためのIRヒータを含んでよい。金型アセンブリ458は、物品成形操作のための圧力成形ステーション454において空気軸受462に係合してよい。図13を一時的に参照すると、ここでは金型キャビティが下向きになっている金型組立体458が、空気軸受462と係合して、これらの間に金型キャビティ466を成形している状態で示されている。真空を用いてフレキシブルガラスシート460を金型キャビティ466へと引き込み、金型キャビティ466の形状に適合させてよく、ここでフレキシブルガラスシート4

40

50

60は、金型組立体458の温度より高い成形温度まで加熱されている。図12に戻ると、成形ステーション454において成形された3次元ガラス物品は、金型組立体458上で冷却ステーション456に運ばれ、3次元ガラス物品を形状の歪みなしに金型組立体458から取り外すことができる温度まで冷却される。

【0078】

本明細書に記載の実施形態は一般に、高温加圧ガスを用いて、2Dガラスシートから3Dガラス物品を成形することに関し、上記高温加圧ガスは、金型温度より高い温度の圧力キャップ組立体から送達され、これにより成形プロセス中にガラスシートの放射加熱を提供する。3D物品は、3D物品の表面に積層される、又は別の方法で塗布されるポリマー層を備えてよい。ガラス層を強化するために、及び/又は他の装飾パターンを提供するため、若しくはUV保護等の他の特性を提供するためといった他の用途のために、ポリマー層を使用してよい。積層の前又は後に、3D成形されたガラス物品を、好適な誘電性又は有機コーティングでコーティングして、静的疲労に対する耐性、耐引っかき性、又は反射防止特性を増大できる。

【0079】

上述の実施形態、特にいずれの「好ましい」実施形態は、単なる可能な実装例にすぎず、本開示の様々な原理の明確な理解のための説明に過ぎないことを強調しておく。本開示の精神及び様々な原理から略逸脱することなく、本開示の上述の実施形態に、多数の変形及び修正を行ってよい。全てのこのような修正及び変形は、本開示の範囲内において本明細書に含まれ、以下の特許請求の範囲によって保護されることを意図している。

【0080】

以下、本発明の好ましい実施形態を項分け記載する。

【0081】

実施形態1

ガラスシートから3Dガラス物品を成形する方法であって、上記方法は：

上記3Dガラス物品の3D表面プロファイルに対応する3D表面プロファイルを有する金型表面を備える金型本体上に、ガラスシートを配置するステップ；

上記ガラスシートを、上記金型本体の温度より高い成形温度まで加熱するステップ；及び

加熱された上記ガラスシートを、上記金型表面に対向する上記ガラスシートの第1の表面に対して加圧ガスを印加することにより、上記金型表面上に押し付けるステップであって、このとき上記ガラスシートは、上記金型本体の温度を超える成形温度にある、ステップ

を含む、方法。

【0082】

実施形態2

上記ガラスシートは、約0.3mm以下の厚さを備えるフレキシブルガラスシートである、実施形態1に記載の方法。

【0083】

実施形態3

上記加熱されたガラスシートを上記金型表面上に押し付ける上記ステップは、上記第1の表面に対向する上記ガラスシートの第2の表面に真空を印加するステップを含む、実施形態1又は実施形態2に記載の方法。

【0084】

実施形態4

上記加圧ガスは加熱される、実施形態1～3のいずれか1つに記載の方法。

【0085】

実施形態5

圧力キャップ組立体を用いて上記金型組立体を密閉して、上記圧力キャップ組立体と上記金型組立体との間に加圧チャンバを形成するステップを更に含み、

上記加圧ガスは約 10 p s i ~ 約 60 p s i である、実施形態 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載の方法。

【 0 0 8 6 】

実施形態 6

上記圧力キャップ組立体を約 800 ~ 約 950 の温度まで加熱し、これによって上記ガラスシートを放射加熱するステップを更に含む、実施形態 5 に記載の方法。

【 0 0 8 7 】

実施形態 7

上記ガラスシートの成形温度は、上記加熱されたガラスシートを上記金型表面上に押し付ける上記ステップの間、上記金型表面の温度より少なくとも約 25 高い、実施形態 1 ~ 6 のいずれか 1 つに記載の方法。

10

【 0 0 8 8 】

実施形態 8

上記ガラスシートの成形温度は、上記加熱されたガラスシートを上記金型表面上に押し付ける上記ステップの間、上記金型表面の温度より約 25 ~ 約 100 高い、実施形態 1 ~ 7 のいずれか 1 つに記載の方法。

【 0 0 8 9 】

実施形態 9

上記加熱されたガラスシートを上記金型表面上に押し付ける上記ステップの後に、上記ガラスシートを冷却して、上記 3 D ガラス物品を成形するステップを更に含む、実施形態 1 ~ 8 のいずれか 1 つに記載の方法。

20

【 0 0 9 0 】

実施形態 10

上記 3 D ガラス物品にポリマー層を塗布するステップを含む、実施形態 9 に記載の方法。

【 0 0 9 1 】

実施形態 11

ガラスシートから 3 D ガラス物品を成形するための装置であって、上記装置は：

上記 3 D ガラス物品の 3 D 表面プロファイルに対応する 3 D 表面プロファイルを有する金型表面を備える、金型組立体；及び

30

圧力キャップ組立体であって、上記金型組立体に係合して、上記圧力キャップ組立体と上記金型組立体との間に加圧キャビティを提供する圧力キャップ組立体を備え、

上記圧力キャップ組立体は、上記ガラスシートを上記金型表面の温度を超える成形温度まで加熱するよう構成されたヒータを備える、装置。

【 0 0 9 2 】

実施形態 12

上記ガラスシートは、約 0 . 3 m m 以下の厚さを備えるフレキシブルガラスシートである、実施形態 11 に記載の装置。

【 0 0 9 3 】

実施形態 13

上記ヒータは、上記ガラスシートを上記金型表面の温度より少なくとも約 25 高い成形温度まで加熱するよう構成される、実施形態 11 又は形態 12 に記載の装置。

40

【 0 0 9 4 】

実施形態 14

上記ヒータは、上記ガラスシートを上記金型表面の温度より約 25 ~ 約 100 高い成形温度まで加熱するよう構成される、実施形態 11 ~ 13 のいずれか 1 つに記載の装置。

【 0 0 9 5 】

実施形態 15

50

上記金型表面は金型キャビティを画定し、

1つ又は複数のポートは、上記金型キャビティ内で負圧を印加するために、上記金型表面を横断する、実施形態11～14のいずれか1つに記載の装置。

【0096】

実施形態16

上記圧力キャップ組立体は、加圧ガスを受け取るためのプレナムチャンバと、上記プレナムチャンバに隣接して設置され、上記金型表面から離間した流路構造体とを備える、実施形態11～15のいずれか1つに記載の装置。

【0097】

実施形態17

上記圧力キャップ組立体は上記金型組立体から取り外し可能である、実施形態11～16のいずれか1つに記載の装置。

【0098】

実施形態18

ガラスシートから成形される3D物品であって、上記物品は：

非平面構成を有するガラス層であって、上記非平面構成は、上記3Dガラス物品の3D表面プロファイルに対応する3D表面プロファイルを有する金型表面を備える金型組立体を使用して成形される、ガラス層；及び

上記ガラス層の表面に塗布されたポリマー層であって、上記ガラス層は非平面構成である、ポリマー層

を備え、  
上記ガラスシートは、上記金型表面の温度より高い成形温度において非平面構成へと成形される、3D物品。

【0099】

実施形態19

上記ポリマー層は、上記ガラス層上にオーバモールドされるオーバモールド層である、実施形態18に記載の物品。

【0100】

実施形態20

上記ポリマー層は上記ガラス層上に積層される、実施形態18に記載の物品。

【0101】

実施形態21

上記ポリマー層と上記ガラス層との間に接着層を更に備える、実施形態20に記載の物品。

【0102】

実施形態22

上記ポリマー層は、上記ガラス層に圧縮応力を導入する、実施形態18～21のいずれか1つに記載の物品。

【0103】

実施形態23

上記ガラス層は約0.3mm以下の厚さを備える、実施形態18～22のいずれか1つに記載の物品。

【符号の説明】

【0104】

2 プランジャ表面

4 金型表面

6 不均一な間隙

8 不均一な間隙

10 装置

12 2Dフレキシブルガラスシート

10

20

30

40

50

1 4	金型組立体	
1 6	圧力キャップ組立体	
2 0	加圧成形キャビティ、金型キャビティ、圧力キャビティ	
2 2	金型本体	
2 4	金型表面	
2 6	金型キャビティ	
2 8	ポート又は孔	
3 0	位置合わせピン	
4 0	プレナム	
4 2	プレナムチャンバ	10
4 4	導管	
4 6	高温加圧ガス	
4 8	流路構造体	
5 0	流路	
5 6	フレキシブルガラスシートの頂面、表面	
6 0	流路構造体	
6 2	プレナムチャンバ	
7 0	真空チャック	
7 2	加熱要素	
7 4	圧力キャップ本体	20
1 5 0	3 Dガラス物品	
1 5 2	ガラス層	
1 5 4	ポリマー層	
1 5 6	ガラス層の内面	
1 5 7	ガラス層の外表面	
1 5 8	接着層	
2 0 0	方法	
2 0 4	金型キャビティ	
2 0 6	金型キャビティ	
2 0 8	金型組立体	30
2 1 8	成形された領域	
2 2 0	ガラスシート	
4 0 0	連続的システム	
4 0 2	成形ステーション	
4 0 4	予熱ステーション	
4 0 5	フレキシブルガラスシート	
4 0 6	コンベヤ	
4 0 7	3次元ガラス物品	
4 0 8	ヒータ	
4 1 0	冷却ステーション	40
4 1 2	コンベヤ	
4 1 4	アニールステーション	
4 1 6	高温空気軸受	
4 5 0	連続的システム、連続炉ループ	
4 5 2	予熱炉モジュール	
4 5 4	圧力成形ステーション	
4 5 6	冷却炉モジュール	
4 5 8	金型組立体	
4 6 0	フレキシブルガラスシート	
4 6 2	空気軸受	50

4 6 6 金型キャビティ  
 R a 表面粗度  
 C T E 熱膨張係数

【図 1 A】

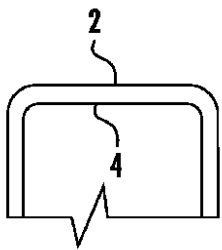


FIG. 1A

【図 1 C】

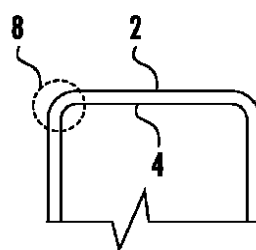


FIG. 1C

【図 1 B】

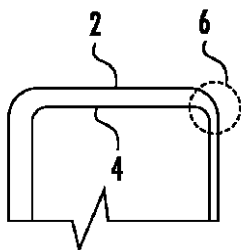


FIG. 1B

【図 2】

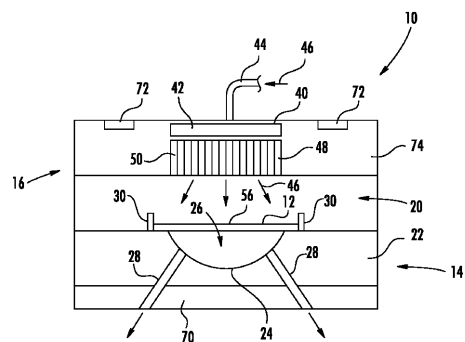


FIG. 2

【 図 3 】

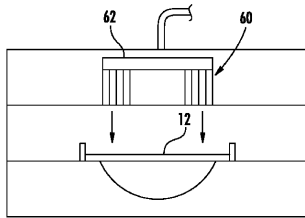


FIG. 3

【 図 4 】

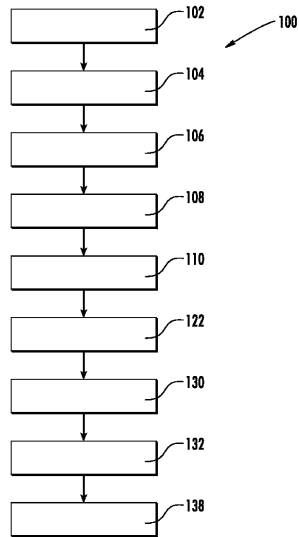
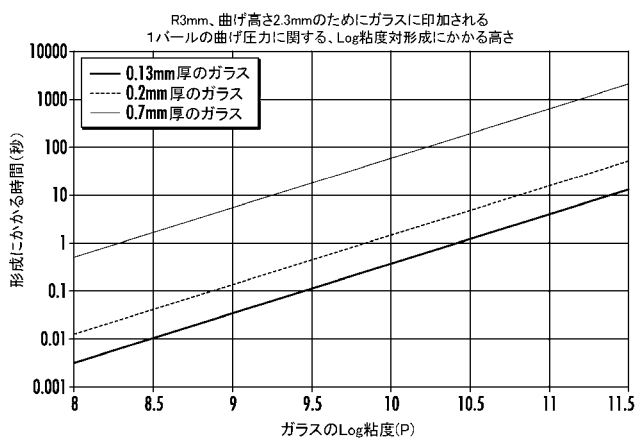


FIG. 4

【 図 5 】



【 図 6 】

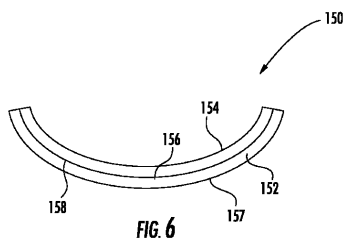


FIG. 6

【 図 7 】

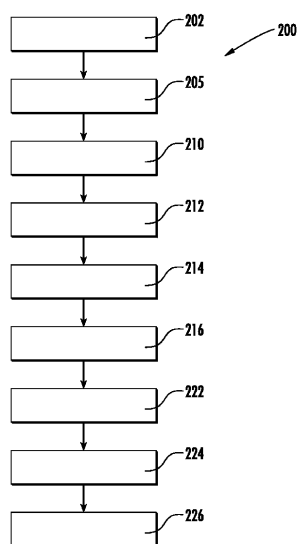


FIG. 7

【 図 8 】

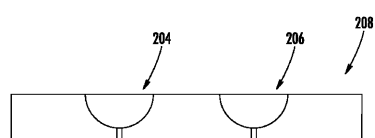


FIG. 8

【図 9】

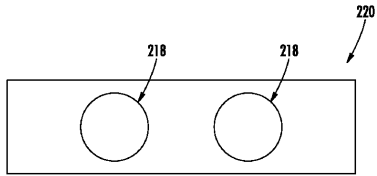
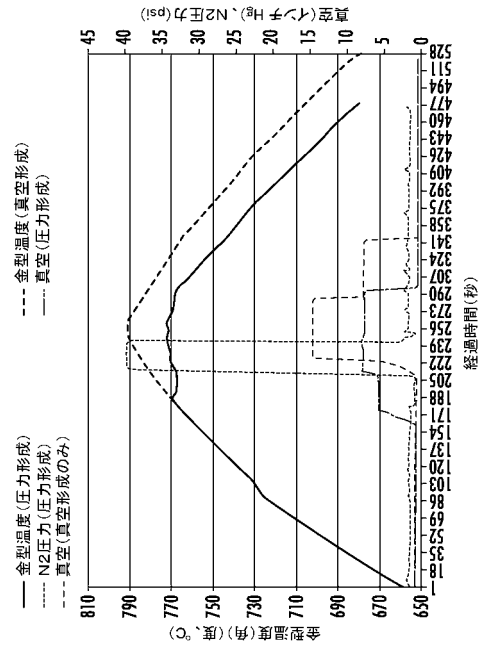


FIG. 9

【図 10】



【図 11】

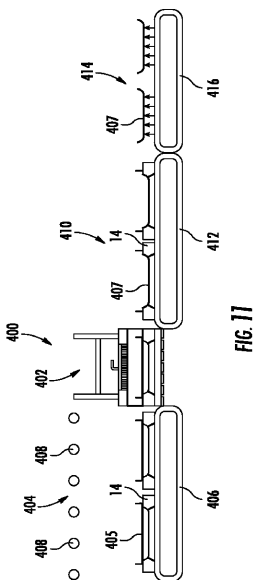


FIG. 11

【図 12】

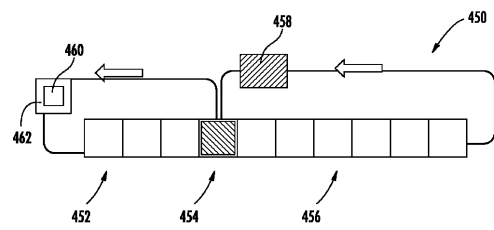


FIG. 12

【図 13】

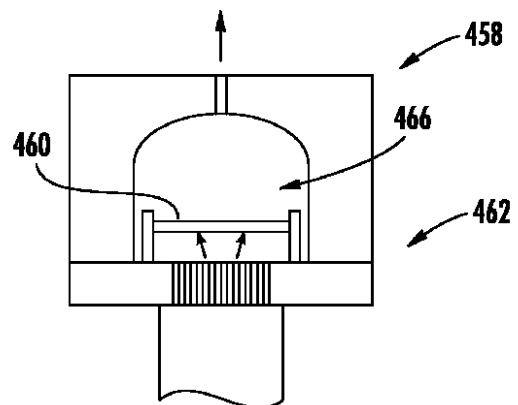


FIG. 13



## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/US2015/045457

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. C03B23/035 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) C03B		
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		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2012/118612 A1 (CORNING INC [US]; KEEBLER THOMAS A [US]; MORGAN KENNETH SPENCER [US];) 7 September 2012 (2012-09-07)	1-9, 11-17
Y	items 202,206,404; paragraphs [0015], [0027], [0052]; figures 2A-2C,4 sentences 7-11, paragraph 44 page 14, lines 7-10 paragraphs [0047], [0050]; claim 1 paragraph [0062] sentences 1-2, paragraph 48 sentences 1-6, paragraph 51 -----	10
X	US 2013/298608 A1 (LANGSDORF ANDREAS [DE] ET AL) 14 November 2013 (2013-11-14) paragraphs [0005] - [0008]; figures 1-3 ----- -/-	1
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
13 November 2015		25/01/2016
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 Gkerou, Elisavet

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/US2015/045457

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2010/064083 A1 (MEI S R L [IT]; SONZOGNI STEFANO [IT]) 10 June 2010 (2010-06-10) page 6, lines 18-21; claim 2; figures 1-3 -----	1,11
X	JP S62 36029 A (SANYO ELECTRIC CO) 17 February 1987 (1987-02-17) abstract; figures 1-2 -----	1,11
X	FR 1 015 099 A (MU LLER WELT G M B H) 27 August 1952 (1952-08-27) figure 2 -----	1,11
X	DE 24 40 416 A1 (ROSENTHAL AG) 4 March 1976 (1976-03-04) figures 4-6 -----	1,11
Y	US 2 377 849 A (BINKERT CARL F ET AL) 12 June 1945 (1945-06-12) page 2, left-hand column, lines 43-60; claims 5-7 -----	10
X	WO 2006/050891 A2 (ZEISS CARL SMT AG [DE]; EGLE WILHELM [DE]; DINGER UDO [DE]; MATTHES AX) 18 May 2006 (2006-05-18) paragraph [0032]; figure 6 -----	1-3,11, 12,15
X	US 2013/189486 A1 (WANG CHONG [CN] ET AL) 25 July 2013 (2013-07-25) paragraphs [0044], [0048]; claims 45-47 -----	1-3,11, 12,15
A	US 2010/000259 A1 (UKRAINCZYK LJERKA [US] ET AL) 7 January 2010 (2010-01-07) figure 7 -----	1-17
A	US 2009/117332 A1 (ELLSWORTH JASON [US] ET AL) 7 May 2009 (2009-05-07) figure 3 -----	1-17

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**International application No.  
PCT/US2015/045457**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.:  
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:
  
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.:

1-17

**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/ US2015/ 045457

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

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

1. claims: 1-17

A method and apparatus for forming a 3D glass article by applying pressurized gas to a first surface of the sheet.

---

2. claims: 18-23

A 3D glass article with a polymer layer applied to a surface of the sheet.

---

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2015/045457

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2012118612 A1	07-09-2012	TW 201240926 A WO 2012118612 A1	16-10-2012 07-09-2012
US 2013298608 A1	14-11-2013	CN 102892721 A DE 102010020439 A1 US 2013298608 A1 WO 2011141295 A1	23-01-2013 17-11-2011 14-11-2013 17-11-2011
WO 2010064083 A1	10-06-2010	CN 102149531 A EP 2321112 A1 JP 2011529406 A US 2011205485 A1 WO 2010064083 A1	10-08-2011 18-05-2011 08-12-2011 25-08-2011 10-06-2010
JP S6236029 A	17-02-1987	NONE	
FR 1015099 A	27-08-1952	CH 275726 A FR 1015099 A	15-06-1951 27-08-1952
DE 2440416 A1	04-03-1976	AT 346515 B DE 2440416 A1 IT 1029872 B	10-11-1978 04-03-1976 20-03-1979
US 2377849 A	12-06-1945	NONE	
WO 2006050891 A2	18-05-2006	EP 1812935 A2 US 2008099935 A1 WO 2006050891 A2	01-08-2007 01-05-2008 18-05-2006
US 2013189486 A1	25-07-2013	CN 102167507 A DE 112011100664 T5 EP 2540682 A1 JP 2013520385 A KR 20120132486 A US 2013189486 A1 WO 2011103799 A1	31-08-2011 01-10-2015 02-01-2013 06-06-2013 05-12-2012 25-07-2013 01-09-2011
US 2010000259 A1	07-01-2010	CN 102083759 A EP 2307325 A1 JP 5479468 B2 JP 2011526874 A KR 20110043633 A US 2010000259 A1 US 2015203394 A1 WO 2010002446 A1	01-06-2011 13-04-2011 23-04-2014 20-10-2011 27-04-2011 07-01-2010 23-07-2015 07-01-2010
US 2009117332 A1	07-05-2009	NONE	

## 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 リッジ, ジョン リチャード

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 4 0 ハモンズポート ヴァイン ストリート 7

(72)発明者 ウクラインツィク, リエルカ

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 ウェストン レイン 1  
0 8

F ターム(参考) 4G015 AA13 AB05

4G059 AA01 AA06 AC16