



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 106573816 B

(45) 授权公告日 2021.03.12

(21) 申请号 201580044641.X

(22) 申请日 2015.08.17

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106573816 A

(43) 申请公布日 2017.04.19

(30) 优先权数据
62/039,552 2014.08.20 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2017.02.20

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2015/045457 2015.08.17

(87) PCT国际申请的公布数据
W02016/028660 EN 2016.02.25

(73) 专利权人 康宁股份有限公司
地址 美国纽约州

(72) 发明人 M·G·帕克 J·R·里奇
L·尤克雷辛克

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公
司 31100

代理人 郭辉 陈扬扬

(51) Int.Cl.
C03B 23/035 (2006.01)
B32B 17/06 (2006.01)

(56) 对比文件
WO 2012118612 A1, 2012.09.07
WO 2012118612 A1, 2012.09.07
US 2012327568 A1, 2012.12.27
CN 103732548 A, 2014.04.16
审查员 钱帅

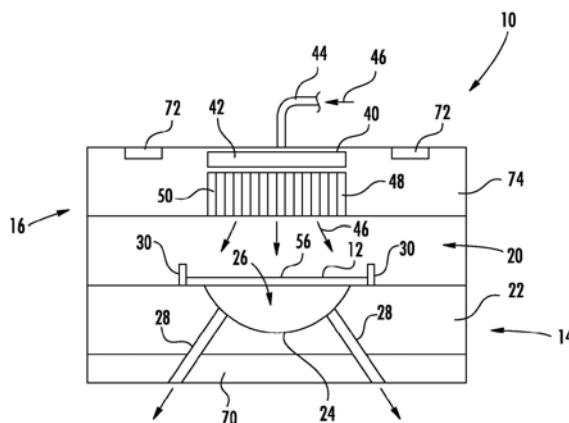
权利要求书2页 说明书12页 附图9页

(54) 发明名称

从玻璃板形成成形玻璃制品的方法

(57) 摘要

一种从玻璃板形成3D玻璃制品的方法,包括将玻璃板定位在模具组件上,该模具组件包括模具表面,其具有对应于3D玻璃制品的3D表面轮廓。将玻璃板加热至成型温度。该成型温度高于模具表面的温度。通过向模具表面相对的玻璃板的第一表面施加加压气体将加热的玻璃板压在模具表面上以使玻璃板顺应模具表面,玻璃板处于高于模具表面温度的成型温度下。



1. 一种从玻璃板形成3D玻璃制品的方法,所述方法包括:
将所述玻璃板定位在模具体上,所述模具体包括具有对应于所述3D玻璃制品的3D表面轮廓的模具表面;
加热所述玻璃板至高于所述模具体的温度的成型温度;
通过向所述模具表面相对的玻璃板的第一表面施加加压气体将加热的玻璃板压在所述模具表面上,以使所述玻璃板顺应所述模具表面,所述玻璃板处于高于所述模具体的温度的成型温度下;
用压力盖组件密封所述模具体以在其间形成加压腔室,其中所述加压气体为10 psi至60 psi;和
用位于压力盖组件中的加热元件加热所述压力盖组件至800℃至950℃的温度,从而辐射加热所述玻璃板。
2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述玻璃板是厚度不超过0.3 mm的挠性玻璃板。
3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,将加热的玻璃板压在所述模具表面上包括向与所述第一表面相对的所述玻璃板的第二表面施加真空。
4. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述加压气体经加热的。
5. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,在将加热的玻璃板压在模具表面上的步骤期间,所述玻璃板的成型温度比模具表面的温度高至少25℃。
6. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,在将加热的玻璃板压在模具表面上的步骤期间,所述玻璃板的成型温度比模具表面的温度高25℃至100℃。
7. 如权利要求1所述的方法,还包括在将加热的玻璃板压在模具表面上的步骤之后冷却所述玻璃板以形成所述3D玻璃制品。
8. 如权利要求7所述的方法,还包括向所述3D玻璃制品施加聚合物层。
9. 一种从玻璃板形成3D玻璃制品的设备,所述设备包括:
包括具有对应于所述3D玻璃制品的3D表面轮廓的模具表面的模具组件;和
接合所述模具组件以在其间提供加压腔的压力盖组件,所述压力盖组件包含位于压力盖组件中、并设置成加热玻璃板至高于所述模具表面的温度的成型温度的加热元件;以及
加热所述压力盖组件至800℃至950℃的温度,从而辐射加热所述玻璃板。
10. 如权利要求9所述的设备,其特征在于,所述玻璃板是厚度不超过0.3 mm的挠性玻璃板。
11. 如权利要求9所述的设备,其特征在于,所述加热元件设置成加热所述玻璃板至比所述模具表面的温度高至少25℃的成型温度。
12. 如权利要求9所述的设备,其特征在于,所述加热元件设置成加热所述玻璃板至比所述模具表面的温度高25℃至100℃的成型温度。
13. 如权利要求9所述的设备,其特征在于,所述模具表面限定模具腔并且其中一个或多个端口与所述模具表面相交用于在所述模具腔中施加负压。
14. 如权利要求9所述的设备,其特征在于,所述压力盖组件包括用于接收加压气体的增压腔室和与所述增压腔室相邻设置并隔开所述模具表面的流动通道结构。
15. 如权利要求9所述的设备,其特征在于,可从模具组件中移去所述压力盖组件。

16. 一种根据权利要求1所述方法从玻璃板形成的3D制品,所述制品包括:
玻璃层,包含使用包含具有对应于3D玻璃制品的3D表面轮廓的模具表面的模具组件形成的非平面构形;
施加至玻璃层的表面的聚合物层,所述玻璃层处于非平面构形;
其中在高于所述模具表面的温度的成型温度下使玻璃板形成非平面构形。
17. 如权利要求16所述的制品,其特征在于,所述聚合物层是在玻璃层上覆盖模制的覆盖模制层。
18. 如权利要求16所述的制品,其特征在于,将所述聚合物层层压在所述玻璃层上。
19. 如权利要求18所述的制品,还包括在所述聚合物层和所述玻璃层之间的粘合层。
20. 如权利要求16所述的制品,其特征在于,所述聚合物层在所述玻璃层中引入压缩应力。
21. 如权利要求16所述的制品,其特征在于,所述玻璃层的厚度不超过0.3 mm。

从玻璃板形成成形玻璃制品的方法

[0001] 本申请要求2014年8月20日提交的美国专利申请号62/039552的优先权,其全部内容通过引用纳入本文。

[0002] 领域

[0003] 本公开涉及从玻璃板形成成形玻璃制品。

背景技术

[0004] 便携式电子装置,如笔记本电脑、平板电脑和智能手机需要三维玻璃盖。特别需要的3D玻璃盖具有用于与显示器交互的二维(2D)表面,和用于包住显示器边缘的3D表面。该3D表面可以是不可展表面,即,不能在变形的情况下在平面上折叠或卷曲的表面,并且可包括弯曲、角和曲线的任意组合。弯曲可以是密集且陡峭的。曲线可能是不规则的。这种3D玻璃盖是复杂的并且难以精确制备。

[0005] 对于较厚的玻璃板,例如,超过0.3mm,已经使用热再成形来从2D玻璃板形成3D玻璃制品。热再成形包括加热2D玻璃板至成型温度(forming temperature),然后使2D玻璃板再形成3D形状。在通过向模具下垂或压制2D玻璃板来进行再成形的情况中,需要将玻璃的温度保持在玻璃的软化点以下来维持良好的玻璃表面质量并避免玻璃和模具之间的反应。在软化点以下,玻璃具有高粘度并且需要高压来再形成复杂形状,如弯曲、角和曲线。在传统玻璃热再成形中,使用柱塞来施加所需的高压力。柱塞接触玻璃并且对模具压制玻璃。

[0006] 为了得到具有均匀厚度的3D玻璃制品,柱塞表面和模具表面之间的间隙必须在柱塞对模具压制玻璃时是均匀的。图1A显示了柱塞表面2和模具表面4之间均匀间隙的示例。然而,通常情况是柱塞表面和模具表面之间的间隙由于模具加工以及模具和柱塞之间的对齐误差而不是均匀的。图1B显示了柱塞表面2和模具表面4由于柱塞与模具的对齐偏差的不均匀间隙(例如,在6处)。图1C显示了柱塞表面2和模具表面102由于模具表面4的加工误差的不均匀间隙(例如,在8处)。

[0007] 不均匀间隙导致玻璃的一些区域上的过度压制和在玻璃的其他区域中的低压制(under-pressing)。过度压制可能导致玻璃变薄,其可能显示为3D玻璃制品中可注意到的光学变形。低压制可能导致3D玻璃制品中的褶皱,尤其是在包括弯曲、角和曲线的玻璃制品的复杂区域处。小加工误差,例如,在10微米数量级上,可产生不均匀间隙,其可能导致过度压制和/或低压制。柱塞表面、模具表面、玻璃、或成型中涉及的其他设备的不可避免的热膨胀也可能影响间隙的均匀性。在压制期间,柱塞也可拉伸玻璃,使得柱塞表面和模具表面之间的玻璃的厚度改变。因此,即使柱塞表面和模具表面之间的间隙是完美的,玻璃的拉伸可能导致具有不均匀厚度的3D玻璃制品。可设计模具表面或柱塞表面来补偿由于拉伸导致的玻璃厚度的预期变化。然而,这可能导致柱塞表面和模具表面之间的不均匀间隙,其如上所述可导致玻璃的一些区域中的过度压制和玻璃的其他区域中的低压制。

[0008] 因此,需要从2D板可靠地形成3D玻璃制品的方法,尤其是在该2D板由厚度不超过约0.3mm的超薄挠性玻璃形成的情况中。

[0009] 概述

[0010] 本文所述的成型过程能够在没有光学变形和严格尺寸控制的情况下从玻璃板(例如,挠性玻璃板)形成高质量不可展形状。这些3D玻璃制品可在一侧或各侧上层压塑料以提供多种性质如刮擦和磨损保护。

[0011] 玻璃一般具有比塑料材料更好的耐刮擦性和耐磨性。也可在没有表面破坏的情况下比塑料材料更容易地清洁玻璃,并且物体并不像塑料那样嵌入玻璃中。许多透明聚合物产品,如面罩、太阳镜、滑雪镜、防护镜等有不可展形状并且由聚碳酸酯或类似材料制成。如本文所述,通过使玻璃板成型成这些不可展形状并且对其层压塑料材料,可增加完成品的寿命、透明度和维持性。也可使用3D制品来形成OLED显示器或其他电子产品。

[0012] 以下的详细叙述中披露了本发明的附加特征和优点,其中的部分内容对于本领域的技术人员而言,可以通过所述内容或者按文字描述以及附图中的举例实施实施方式而变得显而易见。应理解,前面的一般性描述和以下的详细描述都只是对本发明对象的示例,用来提供理解要求保护的本发明对象的性质和特性的总体评述或框架。

[0013] 包括的附图提供了对本发明原理的进一步理解,附图并入本说明书中并构成说明书的一部分。附图图示说明了本发明的一个或多个实施方式,并与说明书一起用以说明例如本发明的原理和操作。应理解,在本说明书和附图中披露的实施方式的各種特征可以任意组合使用。作为非限制性例子,本发明的各种特征可以按照以下各个方面相互组合。

[0014] 根据第一方面,提供了从玻璃板形成3D玻璃制品的方法,包括将玻璃板定位在模具组件上,该模具组件包括模具表面,其具有对应于3D玻璃制品的3D表面轮廓。将玻璃板加热至成型温度。该成型温度高于模具表面的温度。通过向模具表面相对的玻璃板的第一表面施加加压气体将加热的玻璃板压在模具表面上以使玻璃板顺应模具表面,玻璃板处于高于模具表面温度的成型温度下。

[0015] 根据第二方面,提供了方面1的方法,其中玻璃板是厚度不超过约0.3mm的挠性玻璃板。

[0016] 根据第三方面,提供了方面1或方面2的方法,其中将加热的玻璃板压在模具表面上的步骤包括向与第一表面相对的玻璃板的第二表面施加真空。

[0017] 根据第四方面,提供了方面1-3中任一项的方法,其中加热加压气体。

[0018] 根据第五方面,提供了方面1-4中任一项的方法,还包括用压力盖组件密封模具组件在其间形成加压腔室,其中加压气体为约10psi至约60psi。

[0019] 根据第六方面,提供了方面5的方法,还包括加热压力盖组件至约800℃至约950℃的温度,从而辐射加热玻璃板。

[0020] 根据第七方面,提供了方面1-6中任一项的方法,其中在将加热的玻璃板压在模具表面上的步骤期间,玻璃板的成型温度比模具表面的温度高至少约25℃。

[0021] 根据第八方面,提供了方面1-7中任一项的方法,其中在将加热的玻璃板压在模具表面上的步骤期间,玻璃板的成型温度比模具表面的温度高约25℃至约100℃。

[0022] 根据第九方面,提供了方面1-8的方法,还包括在将加热的玻璃板压在模具表面上的步骤之后冷却玻璃板以形成3D玻璃制品。

[0023] 根据第十方面,提供了方面1-9的方法,还包括向3D玻璃制品施加聚合物层。

[0024] 根据第十一方面,提供了从玻璃板形成3D玻璃制品的设备,包括具有对应于3D玻

璃制品的轮廓的3D表面轮廓的模具表面的模具组件。压力盖组件接合模具组件以在其间提供加压腔。压力盖组件包括设置成加热玻璃板至高于模具表面温度的成型温度的加热器。

[0025] 根据第十二方面,提供了第十一方面的设备,其中玻璃板是厚度不超过约0.3mm的挠性玻璃板。

[0026] 根据第十三方面,提供了方面11或方面12的设备,其中加热器设置成加热玻璃板至比模具表面温度高至少约25℃的成型温度。

[0027] 根据第十四方面,提供了方面11-13中任一项的方法,其中加热器设置成加热玻璃板至比模具表面温度高约25℃至约100℃的成型温度。

[0028] 根据第十五方面,提供了方面11-14中任一项的方法,其中模具表面限定模具腔并且其中一个或多个端口与模具表面相交用于在模具腔中施加负压。

[0029] 根据第十六方面,提供了方面11-15中任一项的方法,其中压力盖组件包括增压室,其具有接收加压气体的增压腔室和与增压腔室相邻设置并与模具表面分隔的流动通道结构。

[0030] 根据第十七方面,提供了方面11-16中任一项的方法,其中可从模具组件中移去压力盖组件。

[0031] 根据第十八方面,提供了从玻璃板形成的3D玻璃制品。该制品包括玻璃层,其使用具有对应于3D玻璃制品轮廓的3D表面轮廓的模具表面的模具组件形成的非平面构形(formation)。向玻璃层的表面施加聚合物层,该玻璃层处于非平面构形中。在高于模具表面温度的成型温度下使玻璃板形成非平面构形。

[0032] 根据第十九方面,提供了方面18的制品,其中聚合物层是覆盖模制到玻璃层上的覆盖模制层。

[0033] 根据第二十方面,提供了方面18或19的制品,其中聚合物层层压到玻璃层上。

[0034] 根据第二十一方面,提供了方面18-20中任一项的制品,还包括在聚合物层和玻璃层之间的粘合层。

[0035] 根据第二十二方面,提供了方面18-21中任一项的制品,其中聚合物层在玻璃层中引入压缩应力。

[0036] 根据第二十三方面,提供了方面18-22中任一项的制品,其中玻璃层的厚度不超过约0.3mm。

[0037] 附图的简要说明

[0038] 图1A是柱塞和模具之间均匀间隙的示意图;

[0039] 图1B是柱塞和模具之间不均匀间隙的示意图;

[0040] 图1C是柱塞和模具之间不均匀间隙的示意图;

[0041] 图2是用于从挠性玻璃板形成3D玻璃制品的设备的一个实施方式的示意图;

[0042] 图3是用于从挠性玻璃板形成3D玻璃制品的设备的另一个实施方式的示意图;

[0043] 图4是形成3D玻璃制品的示例性方法;

[0044] 图5显示了对于厚度为0.13mm、0.2mm和0.7mm的玻璃板有3mm弯曲半径的盘形状的形成时间和玻璃粘度之间的示例性关系;

[0045] 图6是3D塑料制品的实施方式的示意性截面图;

[0046] 图7显示了形成3D玻璃制品的另一种示例性方法;

[0047] 图8是模具组件的一个实施方式的截面图；

[0048] 图9是其中模制有非平面构形的玻璃板的实施方式的示意性平面图；

[0049] 图10显示了各种成型操作的示例性时间、温度和压力曲线；

[0050] 图11是用于形成3D玻璃制品的连续过程的一个实施方式的示意图；

[0051] 图12是用于形成3D玻璃制品的连续过程的另一个实施方式的示意图；并且

[0052] 图13是接合模具组件用于图12的过程的空气支承物 (air bearing) 的示意图。

[0053] 发明详述

[0054] 在以下的详述中,出于解释而非限制的目的,给出了说明具体细节的示例性实施方式,以提供对本发明的各种原理的充分理解。但是,对于本领域普通技术人员显而易见的是,在从本说明书获益后,可以按照不同于本文所述具体细节的其他实施方式实施本发明。另外,本文可能省去对众所周知的装置、方法和材料的描述,以免干扰对本发明的各种原理的描述。最后,在任何适用的情况下,相同的附图标记表示相同的元件。

[0055] 本文中,范围可以表示为从“约”一个具体值开始和/或至“约”另一个具体值终止。表述这样的范围时,另一种实施方式包括自所述一个具体值始和/或至所述另一具体值止。类似地,用先行词“约”将数值表示为近似值时,应理解该具体值构成另一个实施方式。还应理解的是,每个范围的端点值在与另一个端点值相结合以及独立于另一个端点值的情况下都是有意义的。

[0056] 本文所用的方向术语,例如上、下、左、右、前、后、顶、底,仅仅是参照绘制的附图而言,并不用来表示绝对的取向。

[0057] 除非另有表述,否则都不旨在将本文所述的任意方法理解为需要使其步骤以具体顺序进行。因此,在任何方面,当方法权利要求实际上没有陈述其步骤应遵循的顺序时,或者当权利要求或描述中没有另外具体说明所述步骤应限于特定顺序时,不应推断出任何特定顺序。这适用于解释上的任何可能的非表达性基础,包括:涉及步骤或操作流程的安排的逻辑问题;由语法组织或标点派生的明显含义问题;说明书中描述的实施方式的数量或类型问题。

[0058] 如本文所用,单数形式的“一个”、“一种”和“该”包括复数指代形式,除非文中另有明确说明。因此,例如,提到的“一个组件”包括具有两个或更多个这种组件的方面,除非文本中有另外的明确表示。

[0059] 挠性玻璃基材可允许在例如电子、包装和建筑应用中使用曲线或顺应性形状。本文所述的实施方式一般涉及使用热加压气体从2D玻璃板(例如,挠性玻璃板)形成3D玻璃制品,该热加压气体从温度高于模具温度的压力盖组件递送以在成型过程期间提供对玻璃板的辐射加热。热加压气体可均匀施加到玻璃板上,或者可差异施加,例如,向需要较高成型压力的玻璃板的区域施加较高浓度,如包括弯曲、角和曲线的玻璃板的区域。一般而言,该过程可包括在模具腔上将玻璃板放置在模具组件上,预加热其压力盖组件(或其至少一部分)至预选温度并且使用来自压力盖组件的辐射加热来加热玻璃板从而提供玻璃板与模具组件之间的温度差使模具组件比玻璃板更冷,施加热加压气体以完成玻璃制品的3D形状并且冷却该3D玻璃制品。

[0060] 该3D玻璃制品一般具有非平面构形。本文所用术语“非平面构形”是指3D形状,其中玻璃制品的至少一部分向外或以一定角度延伸至由玻璃板的初始铺设的构形限定的平

面。从玻璃板形成的3D玻璃制品可能具有一个或多个凸起或曲线部分。由于成形过程,该3D玻璃制品可以独立物体保持非平面构形,而没有任何外力。

[0061] 在一些实施方式中,玻璃板是挠性玻璃板。本文所述的挠性玻璃板的厚度可为约0.3mm,例如,约0.01-0.05mm、约0.05-0.1mm、约0.1-0.15mm、约0.15-0.3mm,包括例如,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、或0.01mm。玻璃板可由玻璃、玻璃陶瓷、陶瓷材料或其复合物形成;仅出于方便引用的目的,在说明书中可使用术语“挠性玻璃板”、“玻璃层”或“挠性玻璃基材”,其中各基材或层可相反由这些材料中的任一种制成。可使用形成高质量玻璃基材的熔合工艺(例如,下拉工艺)来形成玻璃板。相比于通过其他方法制得的玻璃片,由熔合法制得的玻璃片的表面可具有优异的平坦度和光滑度。美国专利序列号3338696和3682609中描述了熔合法。其他合适的玻璃基材成型方法包括浮法、上拉法和狭缝拉制法。

[0062] 参考图2,显示了用于从2D挠性玻璃板12形成3D玻璃制品的方法和设备10。设备10包括模具组件14和与模具组件14连接的压力盖组件16以在其间形成加压成型腔20。模具组件14包括具有模具表面24的模具体22,模具表面24具有对应于待形成的玻璃制品所需3D形状的3D表面轮廓。模具表面24显示为凹陷并且限定模具腔26;然而,可使用其他形状,如凸起、起伏、平面和曲面等。挠性玻璃板12置于模具体22上的位置上以弯垂到模具腔26中或靠着模具表面24。可在模具体22中提供端口或孔28。端口28可从模具体22的外部运行至模具表面24。在一个实施方式中,端口28可位于模具表面24的角处。在其他实施方式中,端口28可位于模具表面24的角和底部或者刚好在模具表面24的底部。端口28可用作真空口,以向模具腔26施加真空,或排气口,以抽出陷于模具腔26中的气体。可在模具体22上提供对齐销30以辅助挠性玻璃板12与模具腔20的对齐。

[0063] 模具体22可由耐受高温的材料制成,如从挠性玻璃板形成玻璃制品时所面临的那样。模具材料可以是在成型条件下不会与玻璃发生反应(或粘附)的材料,或者模具表面24可用在成型条件下不会与玻璃发生反应(或粘附)的涂层材料涂覆。在一个实施方式中,模具体22由非反应性碳材料,如石墨制成,并且模具表面24经高度抛光以避免在模具表面24与玻璃接触时引入缺陷。在另一个实施方式中,模具体22由致密陶瓷材料,如碳化硅、碳化钨和氮化硅制成,并且模具表面24被非反应性碳材料,如石墨涂覆。在另一个实施方式中,模具体22是由超级合金(例如,Inconel 718, Inconel 600,一种镍-铬合金)制造的,并且模具表面24涂覆有硬陶瓷材料(例如,氮化钛铝)。在一个实施方式中,具有或没有涂层材料的模具表面24具有不超过约10nm的表面粗糙度Ra。在针对模具体22使用碳材料或针对模具表面24使用碳涂层材料的实施方式中,可在惰性气氛中进行玻璃制品成型。

[0064] 压力盖组件16设置在模具组件14的顶部。当压力盖组件16设置在模具组件14上时,其间形成压力腔20。压力盖组件16包括包含增压腔室42的增压室40,其通过管道44连接至热加压气体源46,其可以是惰性气体如氮气或任何其他合适的气体。压力盖组件16包括流动通道结构48,其设置在增压腔室42以下并且位于模具体22以上。流动通道结构48可以是,例如,包括流动通道50的穿孔板,增压腔室42中的加压气体46可通过该流动通道被引入压力腔20并且引向模具表面24。包括流动通道结构48的压力盖组件16可由不会在挠性玻璃板12将再形成形成制品的条件下生成污染的材料形成。

[0065] 在通过增压室40和流动通道结构48向压力腔20递送热加压气体46之前,压力腔20可能在压力盖组件16和模具组件14之间密封。可通过向压力盖组件16施加力来密封压力腔20,使得压力盖组件16压(clamp down)在模具体22的顶部上。可使用柱塞或其他合适装置来施加力。为了维持密封条件,密封压力将大于递送至压力腔20的热加压气体46的压力。

[0066] 在所示的实施方式中,流动通道结构48占据增压腔室42的整个底部并且引导热加压气体46穿过挠性玻璃板12的整个上表面56。如果流动通道结构48中孔的分布和尺寸是均匀的,热加压气体46将被均匀地引导穿过挠性玻璃板12的整个表面56。图3显示了替代性排列,其中流动通道结构60位于增压腔室62的边缘处并且允许热加压气体46差异施加至挠性玻璃板12的上表面56。流动通道结构60可能具有环形形状。或者,可使用沿着增压腔室62的边缘排列的多个流动通道结构。在图3所述的排列中,流动通道结构60将引导热加压气体至挠性玻璃板12的周界。该周界可以是需要高成型压力的地方,例如,将形成弯曲、角或曲线的地方。通常,增压室上流动通道结构的位置将决定通过流动通道结构递送的热加压气体的焦点,并且可根据待形成的3D形状调节流动通道结构中孔的尺寸和空间以及流动通道结构的位置。如图3所示的引导热加压气体至模具上挠性玻璃板的选择区域或引导热加压气体差异穿过模具体上的挠性玻璃板的流动通道结构可被称作定向流动通道结构。

[0067] 在一些实施方式中,在将热加压气体46递送至压力腔20之前,压力腔20可能不被密封。定向流动通道结构,如图3中的流动通道结构60,可位于挠性玻璃板12的小距离(例如,不超过约5mm)内。这种小距离可提供通过定向流动通道结构施加的定向喷射以约束至需要高压成型的挠性玻璃板12的所需区域的。可使用定向喷射的高速度来在挠性玻璃板12的所需区域中产生点或线压力。因为压力腔20在这种情况下未被密封,没有在压力腔20中建立平衡压力。因此,仅挠性玻璃板12的所需区域可接收高速度气体压力(gas jet pressure)。

[0068] 模具组件14可放置在真空夹盘上,如图2所示。在其他实施方式中,可不使用真空夹盘70。加热元件72可位于压力盖组件16处用于加热加压气体46和压力盖体74。加热压力盖体74可使得能够辐射加热挠性玻璃板12。在一些实施方式中,加热器可以是放置用来通过压力盖体74直接或间接向挠性玻璃递送辐射热的IR加热器。在一些实施方式中,在模具表面24处,在挠性玻璃板12和模具体22之间提供温差。例如,在玻璃制品成型工艺期间,温差为至少约25℃,如至少约50℃,如约25℃至约100℃。可使用任何合适的加热器,如IR或电阻加热器。

[0069] 参考图4,显示了形成3D玻璃制品的示例性方法100。在该实施方式中,可使用任何合适的工艺,如熔合拉制工艺在步骤102处形成连续挠性玻璃带。在步骤104处,可使用任何合适的切割工艺,如激光切割、划线和断裂等从连续挠性玻璃带中去除挠性玻璃板。在步骤106处,可能希望对挠性玻璃板进行边缘强化,例如,通过抛光、蚀刻、边缘涂覆等,尤其是在切割边缘处。在步骤108处,在将挠性玻璃盘置于模具组件14中之前,可预热挠性玻璃板(例如,至低于成型温度的温度)。在其他实施方式中,可在模具组件14内预热所述挠性玻璃板。在步骤110处,可将挠性玻璃板置于压力腔20中,在模具组件14和压力盖组件16之间。在一些实施方式中,可在其上放置挠性玻璃板之前,预热模具体22。在一些实施方式中,可使用对齐销30将挠性玻璃板置于模具体22上。在将挠性玻璃板置于模具上之后,可使用中-IR加热元件或发射板加热挠性玻璃板,如上所述至对应于所需玻璃粘度或粘度范围的成型温

度。模具组件14然后在压力盖组件16下移动或创建索引。图5显示了对于厚度为0.13mm、0.2mm和0.7mm的玻璃板有3mm弯曲半径的盘形状的成型时间和玻璃粘度之间的示例性关系。如所示的那样,与较厚的玻璃板相比,较薄的玻璃板可在较高粘度下再成形。

[0070] 在一个实施方式中,加热挠性玻璃板和模具体22,使得它们在挠性玻璃板形成3D玻璃制品开始时处于相同的温度下。对于这种类型的加热,模具体22可由非反应性碳材料如石墨或由碳涂层材料涂覆的致密陶瓷材料制成。加热可发生在惰性气氛中。在另一个实施方式中,挠性玻璃板可在模具体22上时被加热,使得模具体22的温度低于挠性玻璃板的温度,例如,模具体22的温度可比挠性玻璃板的温度低25℃至100℃。中-IR加热器可用于该加热。模具体22可由具有硬陶瓷涂层的超级合金制成。使用这种材料,加热可发生在惰性或非惰性气氛中。

[0071] 在步骤122处,在加热挠性玻璃板和模具体22之后,可向模具腔26施加真空以将挠性玻璃板的底表面拉向模具表面24并且密封挠性玻璃板至模具表面24。在施加真空之前,由于重力,挠性玻璃板可已经开始向模具表面24下垂。在一个实施方式中,施加的真空的范围可以是2-10英寸Hg。热加压气体46通过增压室40和压力腔室42施加到部分成形的挠性玻璃板的上表面。热加压气体46提供了使挠性玻璃板充分顺应模具表面24所需的压力,从而形成3D玻璃制品。热加压气体的温度处于对应于 10^7 泊至 10^{11} 泊的玻璃粘度范围的前述温度范围内。可能希望压力盖组件16和/或 N_2 温度为超过800℃的温度,如870℃至950℃,从而在压力成型期间辐射加热挠性玻璃板,使得挠性玻璃板处于低粘度下并且以更快的速率顺应至模具形状。热加压气体的温度可能与挠性玻璃板的温度相同或不同。在一个实施方式中,热加压气体的温度在挠性玻璃板温度的80℃以内。热加压气体的温度可能等于、或高于或低于挠性玻璃板的温度。可向挠性玻璃板选择性施加高于挠性玻璃板温度的温度下的热加压气体的突释(burst)。可设计流动通道结构60,使得热加压气体的突释定向施加,即仅施加至需要突释的挠性玻璃板的区域处。形成3D形状的气体压力可与用于接触成型的柱塞压力相当。根据待形成的3D形状和玻璃粘度,这种压力的范围可以是10psi至60psi。

[0072] 在向挠性玻璃板施加热加压气体46之前,可密封压力腔20,如上所述。如果通过来自压力盖组件16的辐射加热挠性玻璃板,则可在加热挠性玻璃板之前、期间或之后密封压力腔20。或者,如果需要密封压力腔20,应该在加热挠性玻璃板之后密封,如果使用辐射直接在模具体22上加热挠性玻璃板。可在向挠性玻璃板施加热加压气体46之前几秒钟向模具腔26施加真空。可在向玻璃板施加热加压气体46的部分或整个期间维持真空,在这种情况下,真空可有助于维持模具体22上挠性玻璃板的位置,从而在施加热加压气体46时挠性玻璃板不会移动,并且加压气体无法流到挠性玻璃板的下方。如果起始挠性玻璃板比模具腔26大从而其覆盖模具腔26,则在不使用真空的情况下,挠性玻璃板可形成3D玻璃制品。在使用或不使用真空成型时,可使用模具腔26中的端口来排出陷于模具腔26中的气体。

[0073] 在形成3D玻璃制品之后,在步骤130处,通向压力腔20的热加压气体46的流停止并且被较冷的加压气体流替换。然后,使用或不使用较冷的加压气体使3D玻璃制品冷却至退火点附近。较冷的加压气体可辅助3D玻璃制品的更快速冷却。在一个实施方式中,当在冷却3D玻璃制品中使用较冷的加压气体时,较冷的加压气体的温度选自对应于玻璃化转变温度加或减10℃的温度范围。在另一个实施方式中,当在冷却3D玻璃制品中使用较冷的加压气体时,调整较冷的加压气体的温度以匹配冷却期间模具体22的温度。这可通过用传感器如

热电偶监测模具体22的温度并且使用传感器的输出来调整较冷的加压气体的温度来实现。较冷的加压气体的压力可小于或等于热加压气体的压力。3D玻璃制品的冷却使得玻璃制品的厚度间,玻璃制品的长度上,和玻璃制品的宽度上的温差(ΔT)最小化。也可通过加压气体冷却模具组件以加速模具冷却。

[0074] 在玻璃制品的厚度间以及玻璃制品的长度和宽度上, ΔT 可小于 10°C 。冷却期间的 ΔT 越低,玻璃制品中的应力越低。如果在冷却期间在玻璃制品中生成高应力,则玻璃制品可能响应应力卷曲。由此,可能需要在冷却期间在避免在玻璃制品中生成高应力。可通过向3D玻璃制品的两侧施加温度受控的气流来对流冷却3D玻璃制品。如上所述,可通过增压室40和增压腔室42向3D玻璃制品的上表面施加较冷的加压气体,并且可通过模具腔26中的端口向3D玻璃制品的底表面施加与较冷的加压气体具有相似特性的温度受控的气流。通过端口供给的压力可能在步骤132处的冷却期间产生净力,使3D玻璃制品从模具腔26上抬起。由于模具体22具有比玻璃更大的热质量,模具体22可以比玻璃慢得多的速率冷却。模具体22的这种缓慢冷却可在玻璃的厚度上产生较大的 ΔT 。在冷却期间从模具体22抬起玻璃避免了这种大 ΔT 。

[0075] 可在较高玻璃粘度,例如, 10^9 泊至 10^{11} 泊下形成柔和轮廓,同时可在较低粘度,例如, 10^7 泊至 10^8 泊下形成密集弯曲(tight bend)和尖锐角。较低粘度使玻璃更好地顺应模具。然而,在低粘度下实现良好的玻璃表面美容可能有挑战性,因为其可能更易于在玻璃表面上印下缺陷。在低粘度下成形可能,例如,导致玻璃再沸,这可能生成橘皮。可在较低玻璃粘度下,在玻璃中印下模具表面中的真空或排气口。在另一方面,可在较高玻璃粘度下实现良好的表面美容。因此,为了同时在3D玻璃制品中实现良好的表面美容和严格尺寸容差,可优化通过热加压气体施加至玻璃的压力、玻璃粘度、和向玻璃施加的热加压气体压力的位置。存在几种选项来获得严格尺寸容差,同时保持良好的玻璃表面美容。

[0076] 一种选项可以是在模具中使用轮廓校正。例如,为了形成具有紧密弯曲的3D形状,模具可设计具有比最终形状更小弯曲半径和更陡侧壁正切角的壁。例如,如果待形成的盘的侧壁正切角为 60° ,并且如果需要在9.5P的log粘度下形成盘以维持良好的玻璃表面美容,则成型工艺可产生具有 46° 侧壁正切角的盘,即比所需角小 14° ,如果不对模具轮廓进行校正。为了增加侧壁正切角,在不降低玻璃粘度的情况下,可通过理想形状与形成制品上的测量角之间的差异来补偿模具轮廓以增加侧壁正切角。在上述示例中,补偿的模具可具有 74° 的侧壁正切角。可能进行这种轮廓校正并得到具有均匀厚度的玻璃制品,因为由于通过热加压气体提供形成形状所需的压力而在柱塞和模具之间没有需要担心的间隙。

[0077] 另一种选项是在模具上使用高度抛光,其使得能够降低玻璃粘度而不在玻璃表面上产生缺陷。该模具表面可经制备以具有 $Ra < 10\text{nm}$ 的表面粗糙度并且可制成非粘性或非反应性。例如,可在模具表面上使用玻璃态石墨涂层。同样,可将真空或排气口仅置于模具的角中,即,在压力成型期间玻璃会接触模具模型(mold last)的位置处。

[0078] 另一种选项是使用定向增压室,如图3所示,其中热气体的压力被引向玻璃的复杂表面,例如,包括弯曲或角的区域。在超过玻璃温度 50°C 至 150°C 的温度下的加压气体突释可以定向喷(puff)施加以优先在复杂区域中升高玻璃温度并降低玻璃粘度。

[0079] 另一种选项是使用玻璃板的3D区域(即,待形成3D形状的区域,包括弯曲、角和曲线的任意组合)上的小加热器。例如,3D区域中的玻璃可加热至比玻璃板的2D区域(即,不会

形成3D形状的剩余区域)中的玻璃高10–30℃。这可与上述的定向喷射器的使用组合。

[0080] 另一种选项是在模具中存在加热器以将模具的3D区域(即,待在玻璃板的3D区域成型中使用的区域)加热至高于模具的2D区域温度的温度。模具的3D区域可被加热至比模具的2D区域(或平面区域)的温度高10–30℃的温度。这可与上述的定向喷射器的使用组合。另一种选项是在玻璃板的3D区域以上或附近提供辐射加热器以向玻璃板的3D区域施加辐射加热,由此优先软化需要制成3D形状的玻璃板的小区域同时保持玻璃板的2D区域较冷。使得2D区域保持比3D区域冷使得能够在2D区域中维持原始表面抛光。

[0081] 在一些实施方式中,如步骤138所示,一旦形成3D玻璃制品,可向3D玻璃制品提供聚合物层。例如,可使用预形成聚合物片或通过玻璃层上覆盖模制或另外施加(例如,涂覆、喷涂等)聚合物层来层压聚合物层。尽管玻璃本身是一种结实的材料,其强度(可靠性)仍然受到其表面瑕疵或者瑕疵尺寸密度分布以及经过一段时间所累积的接触应力的影响。在一些实施方式中,可通过添加一个或多个其他玻璃和/或非玻璃层,如一个或多个聚合物层来强化3D玻璃制品。例如,参考图6,3D玻璃制品可包含由再成形的挠性玻璃板形成的玻璃层152和层压至玻璃层152的内表面156(和/或外表面157)的聚合物层154。在一些实施方式中,可使用粘附层158来层压聚合物层154和玻璃层152。在一些实施方式中,可通过在升高的温度下将聚合物层层压至挠性玻璃基材,之后通过缓慢冷却来利用聚合物层和挠性玻璃层之间的热膨胀系数(CTE)错配。当层压结构冷却后,这一在升高的温度下的层压方法能够在挠性玻璃基材的厚度上生成均匀分布的压缩残余应力。

[0082] 强化挠性玻璃基材的工艺可通过在升高的温度下层压聚合物层和3D玻璃制品并且然后缓慢冷却以在3D玻璃制品的厚度上生成残余压缩应力来利用聚合物层和3D玻璃制品之间的大CTE错配(例如,约2倍或更多,如约5倍或更多,如约10倍或更多)。一些实施例中,CTE错配可以是至少约3ppm/℃或更多,例如约6ppm/℃或更多,例如约9ppm/℃或更多,例如约12ppm/℃或更多,例如约15ppm/℃或更多,例如约20ppm/℃或更多,例如约27ppm/℃或更多,例如约50ppm/℃或更多。

[0083] 现在参考图7,显示了形成3D玻璃制品的方法200的另一个实施方式。在该实施方式中,在步骤202处提供挠性玻璃板。在该实施方式中,挠性玻璃板可经尺寸调整以在多个模具腔上延伸,如图8的模具腔204和206。可使用任意合适的工艺,如熔合拉制工艺来形成挠性玻璃板。在步骤205处,可将挠性玻璃板置于压力腔中,在模具组件208和压力盖组件之间。在一些实施方式中,可在其上放置挠性玻璃板之前,预热模具组件208。在步骤210处,在将挠性玻璃板置于压力腔中之后,可使用压力盖组件加热挠性玻璃板,如上所述至对应于所需玻璃粘度或粘度范围的成型温度。

[0084] 再次参考图7,在步骤212处,在加热挠性玻璃板之后,向模具腔施加真空以将挠性玻璃板的底表面拉向模具表面并且将挠性玻璃板密封至模具表面。向从压力盖组件部分成形的挠性玻璃板的上表面施加热加压气体。该热加压气体提供了使挠性玻璃板完全顺应模具表面所需的压力。在成型之后,在步骤214处,通向压力腔的热加压气体的流停止或被较冷的加压气体流替换,在步骤216处,玻璃冷却至玻璃的应变点以下并且从模具腔移出玻璃。

[0085] 参考图9,在步骤222处,可通过在玻璃板220的形成区域218附近切割来形成3D玻璃制品。可使用任意合适的切割方法,如激光切割、机械和水射流切割。在步骤224处,可能

希望对3D玻璃制品进行边缘强化,例如,通过抛光、蚀刻、边缘涂覆等。在一些实施方式中,如步骤226所示,一旦形成3D玻璃制品,可向3D玻璃制品提供聚合物层。例如,可使用预形成的聚合物板或通过在玻璃层上覆盖模制聚合物层来层压聚合物层。可在聚合物和玻璃层之间使用粘合层。在其他实施方式中,可在形成区域218周围切割之前向玻璃板220施加聚合物层。通过这种方式,形成区域周围的切割可与其单独聚合物层一起去除玻璃制品。

[0086] 用于本文所述的3D玻璃制品的聚合物层可包括各种聚合物,例如下述聚合物材料中的一种或多种:聚对苯二甲酸乙二酯(PET)、聚萘二甲酸乙二酯(PEN)、乙烯-四氟乙烯(ETFE)、乙烯-乙酸乙烯酯(EVA)或热聚合物聚烯烃(TPO™-聚乙烯、聚丙烯、嵌段共聚物聚丙烯(BCPP)或橡胶的聚合物/填料掺混物)、聚酯、聚碳酸酯、聚乙基丁酸酯、聚氯乙烯、聚乙烯和取代聚乙烯、聚羟基丁酸酯、聚羟基乙基丁酸酯、聚醚酰亚胺、聚酰胺、聚萘二甲酸乙二酯、聚酰亚胺、聚醚、聚砜、聚乙基乙炔、透明热塑料、透明聚丁二烯、聚氰基丙烯酸酯、纤维素基聚合物、聚丙烯酸酯和聚甲基丙烯酸酯、聚乙烯醇、多硫化物、聚乙基丁缩醛、聚甲基丙烯酸甲酯和聚硅氧烷。也可以使用先作为预聚物或者前化合物(pre-compound)沉淀/涂覆然后加以转化的聚合物,例如环氧树脂、聚氨酯、酚醛树脂和三聚氰胺-甲醛树脂。许多显示器和电学应用优选基于丙烯酸的聚合物、硅酮以及诸如可商购于杜邦公司的SentryGlas®的结构辅助层。聚合物层对于一些应用来说可以是透明的,但对另一些应用来说不必透明。

[0087] 用于将聚合物层在升高的温度下层压至3D玻璃制品的粘合材料的非限制性示例包含UV可固化光粘合剂或者光学粘合剂,例如Norland™光学粘合剂公司(Norland™Optical Adhesives)(例如,NOA60、NOA61、NOA63、NOA65、NOA68、NOA68T、NOA71、NOA72、NOA73、NOA74、NOA75、NOA76、NOA78、NOA81、NOA84、NOA88、NOA89),Dow Corning™(例如,Sylgard 184以及其他热固硅胶),Dymax™生产的那些以及其他。对于热活化粘合材料(例如NOA83H),可以使用活化温度高于预定温度(例如大约50℃以上,例如大约70℃以上,例如大约80℃以上,例如大约100℃以上)的粘合材料使聚合物层能够在层压至玻璃层之前相对于玻璃层发生膨胀。在一些实施方式中,粘合材料包括压敏粘合剂,如3M™(例如,8212、82603、8172C)、Flexconn™(例如,DF132311)生产的那些以及其他。

[0088] 在一些实施方式中,适合用作聚合物层的聚合物可用作粘合材料。例如,在一些实施方式中,聚合物层(例如,EVA或SentryGlas®)可用作2层之间(例如,玻璃层和聚合物层之间或2个玻璃层之间)的粘合材料。另外,各聚合物层本身可以是层压的或者是有不同类型的聚合物制成的复合结构,这些聚合物具有不同的杨氏模量,不同的泊松比,和/或层厚度。此时,本领域的技术人员应当能够均化混合层以找到本文所描述的整体层的实际参数,包括实际厚度,实际杨氏模量,以及实际泊松比从而有益地形成玻璃-聚合物层压物。该复合物,例如,可以由任何上述材料和/或金属,例如不锈钢、镍、铜、贵金属、金属氧化物等的组合形成。

实施例

[0089] 0.2mm挠性玻璃板经压力成型成9屈光度镜片毛坯(58.11mm曲率半径)。首先从挠性玻璃板上切下平面原性玻璃预制件并置于660℃的模具组件上。模具组件和玻璃在中-IR

炉中预热,其与模具表面相比优先加热玻璃。模具温度概况、真空和压力成型示于图10。当模具温度为761℃ (10^{12.2}P) 时,施加真空,并且然后将模具组件移入压力成型站,其中在模具组件上放置压力成型盖组件。用40psi的热氮气加压挠性玻璃预制件持续30分钟以完全顺应模具表面。压力盖组件温度为870℃ (10^{9.5}P),并且模具温度峰值为773℃ (10^{11.9}P)。在冷却的初始阶段保持真空以防止冷却期间反弹(snap back)并确保良好的形状控制。当模具温度为681℃ (10^{14.5}P) 时,从低于退火点的模具中移去形成的3D玻璃制品。

[0090] 图10中也显示了真空成型模具温度概况用于比较。真空成型需要较高的模具温度(792℃, 10^{11.3}P),因为可用于对成型件施加真空的力小于14psi。增加模具温度的需要增加了循环时间并且可能导致模制的玻璃上印上更多缺陷。用于真空成型的模具可能需要比压力成型模制更多的真空孔以在玻璃表面上分布真空压力并实现完全成型。

[0091] 具有4-边弯曲(盘)和2-边弯曲(雪橇)形状的3D玻璃制品也是消费电子产品感兴趣的。通常,玻璃弯曲与粘度和玻璃厚度的立方呈线性关系:

$$[0092] \quad t = \left(\frac{256}{80} \right) \frac{\eta \left(\frac{s}{2} \right)^3}{P(1 - \nu^2) R^3} \left(\frac{R}{h} - 0.23 \right)$$

[0093] 其中,

[0094] t=弯曲玻璃的时间(秒)

[0095] h=玻璃粘度(Pas)

[0096] s=玻璃板厚度(m)

[0097] P=弯曲压力(Pa)

[0098] ν =泊松比

[0099] R=弯曲半径(m)

[0100] H=弯曲高度(m)

[0101] 因此,对于所有其他参数(粘度,玻璃几何形状)相同的情况下,0.2mm厚度的玻璃板的成型可比0.7mm玻璃板快约40倍,或者,在相同成型时间下,可在成比例降低的粘度下形成玻璃板。从挠性薄玻璃压力成型成消费电子产品盖的形状并用塑料层压以达到0.55-1.0mm的所需厚度可能比简单地成型成最终玻璃板形状有优势,因为薄玻璃可在较高粘度下成形,因此可降低变形和表面缺陷水平,降低模具上的时间,并且因此可增加模具寿命和通量。应注意到可通过从4-边弯曲形状切去弯曲边来形成2-边弯曲形状。

[0102] 图11显示了用于从2D挠性玻璃板形成3D玻璃制品的连续系统400。系统400包括成型站402。成型站402包括设备10(图2)。系统400包括在成型站402上游的预加热站404。运载挠性玻璃板405的模具组件14在预加热站404处被预热。模具组件14在传送带406上沿着预加热站404运输至成型站402。预加热站404包括用于加热由模具组件14运载的挠性玻璃板405的加热器408。加热器408可以是中-IR加热器,如上所述,或能够向挠性玻璃板和模具组件15传热并且在挠性玻璃板405和模具组件14之间提供温差的其他类型加热器。系统400可包括在成型站402下游的冷却站410。在成型站402形成的三维玻璃制品407被运载至冷却站410并冷却至可在没有形状变形的情况下从模具移去它们的温度(即,玻璃温度低于玻璃的转变温度)。可向冷却站410中的模具组件14施加主动冷却,使得通过传热流体或气体从底

部冷却模具组件14,使模具温度与玻璃以上的空气温度匹配以最小化玻璃厚度上的 ΔT 。3D玻璃制品407的初始冷却也可发生在成型站402处。模具组件14可在传送带412上沿冷却站410运输。系统400也可包括在冷却站410下游的退火站414。退火站414可包括热空气支承物416,并且可通过在热空气支承物416上漂浮来对3D玻璃制品407进行退火。可使用提取装置来从模具组件14中提取3D玻璃制品407并且将3D玻璃制品407放置在热空气支承物416上。

[0103] 现在参考图12,显示了用于从2D挠性玻璃板形成3D玻璃制品的另一个连续系统450。系统450一般包括预热炉模块452、压力成型站454和受控冷却炉模块456。在这个实施方式中,在连续炉环450的索引中,在没有玻璃的情况下预热模具组件458以避免与挠性玻璃板460一起被预热。可通过以传送带状的方式运行的空气支承物462或在具有通过预热炉模块452的空气支承物的模具干(stem)上运载挠性玻璃板460,其可包括用于将挠性玻璃板460加热至所需温度的中-IR加热器。模具组件458可在用于模具成型操作的压力成型站454处接合空气支承物462。简要参考图13,其模具腔朝下的模具组件458显示与空气支承物462接合在其间形成模具腔466。可使用真空将挠性玻璃板460拉入模具腔466以使挠性玻璃板460顺应模具腔466的形状,挠性玻璃板460正加热至超过模具组件458的温度的成型温度。再参考图12,在成型站454处形成的三维玻璃制品被运载至模具组件458上的冷却站456并且允许冷却至可在没有形状形变的情况下从模具组件458移去它们的温度。

[0104] 本文所述的实施方式一般涉及使用热加压气体从2D玻璃板形成3D玻璃制品,该热加压气体从温度高于模具温度的压力盖组件递送,以提供成型过程期间对玻璃板的辐射加热。可向3D制品提供层压或者另外施加在该3D制品表面的聚合物层。可使用聚合物层来强化玻璃层和/或用于其他用途,如提供装饰性图案或提供其他性质如UV保护。可在层压之前或之后用合适的介电或有机涂层涂覆3D形成玻璃制品以增加对耐静态疲劳性、耐刮擦性或防反射性。

[0105] 应当强调,上述实施方式、特别是任意“优选的”实施方式,仅仅是可能实现的实施例,仅是为了清楚理解本发明的各种原理而陈述的。可以在基本上不偏离本发明的精神和各种原理的情况下,对本发明的上述实施方式进行许多改变和调整。所有这些变化和修改旨在包括在该说明书和所附权利要求保护的范围内。

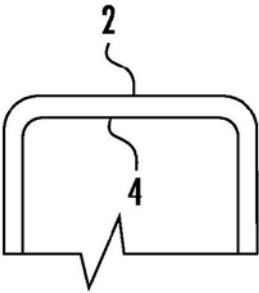


图1A

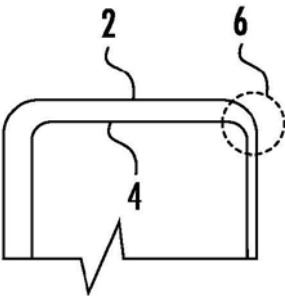


图1B

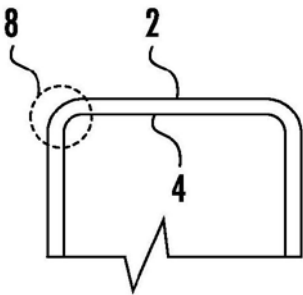


图1C

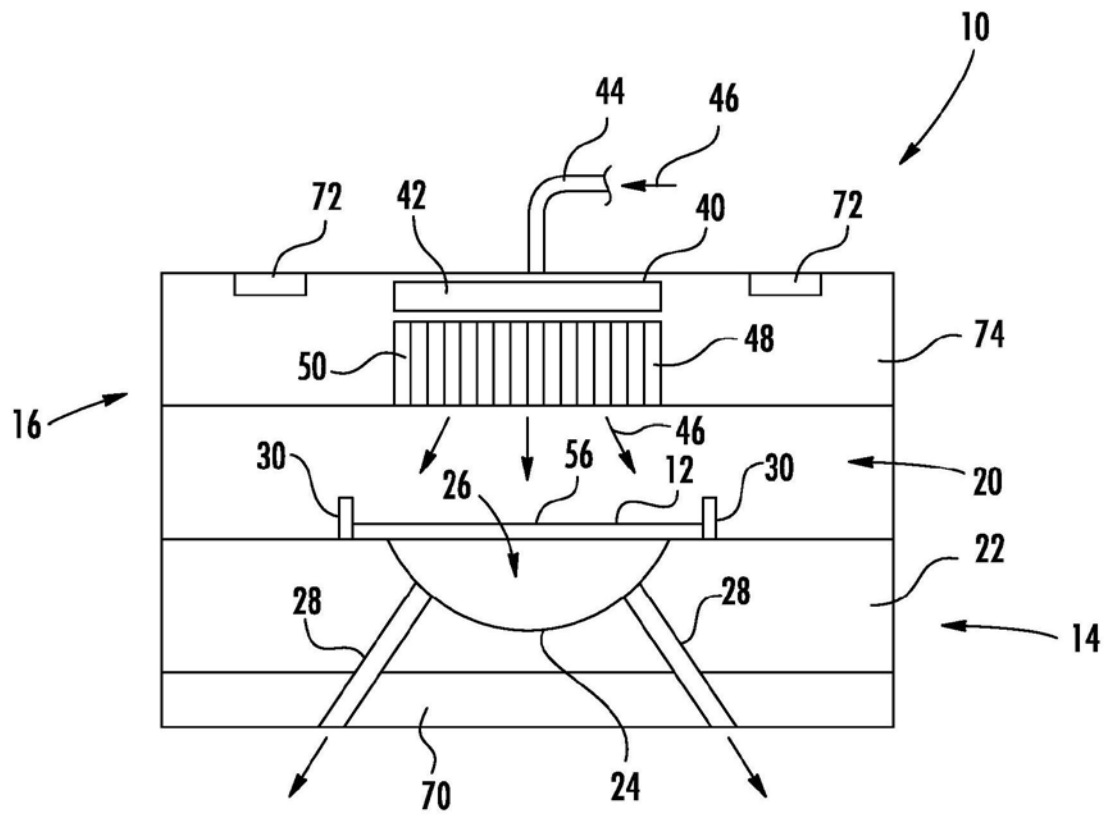


图2

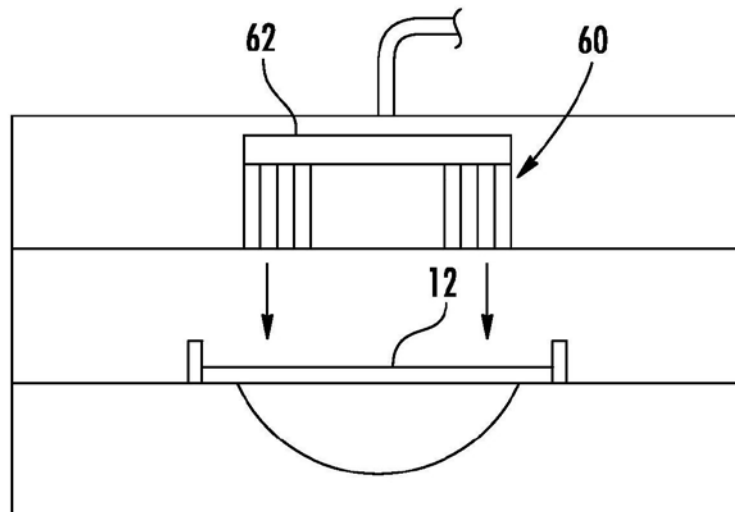


图3

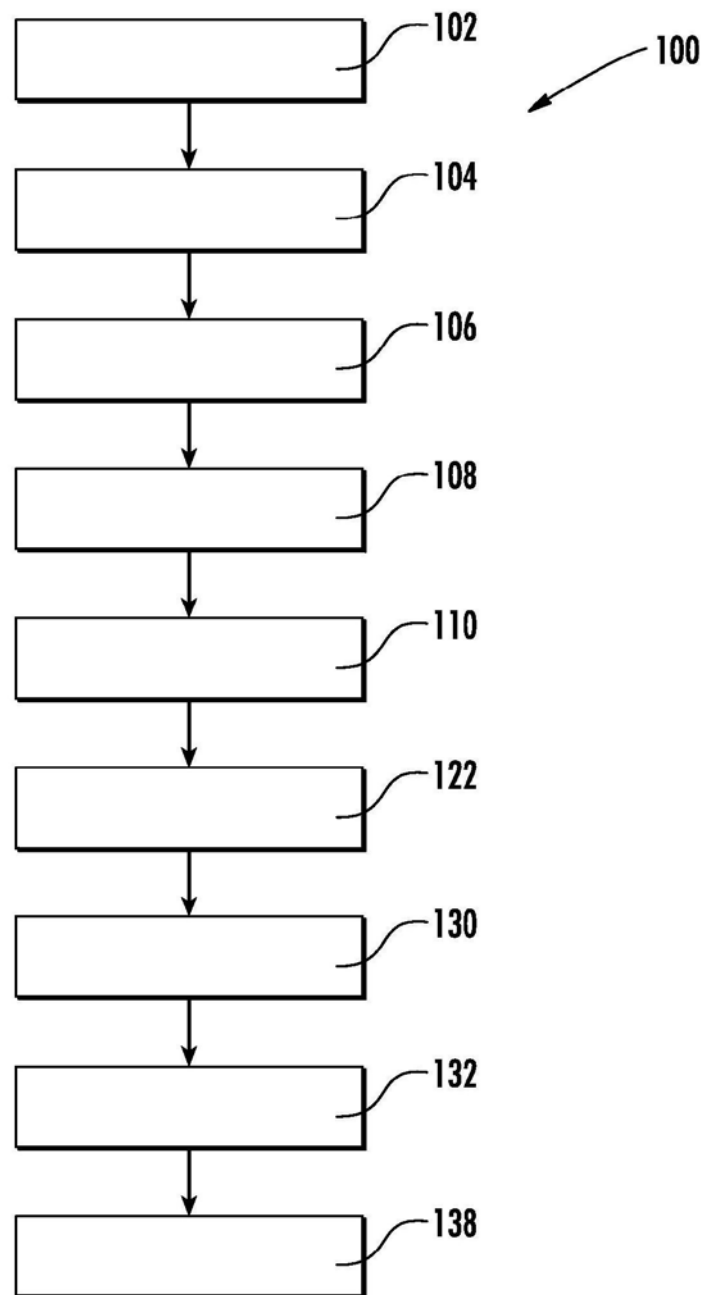


图4

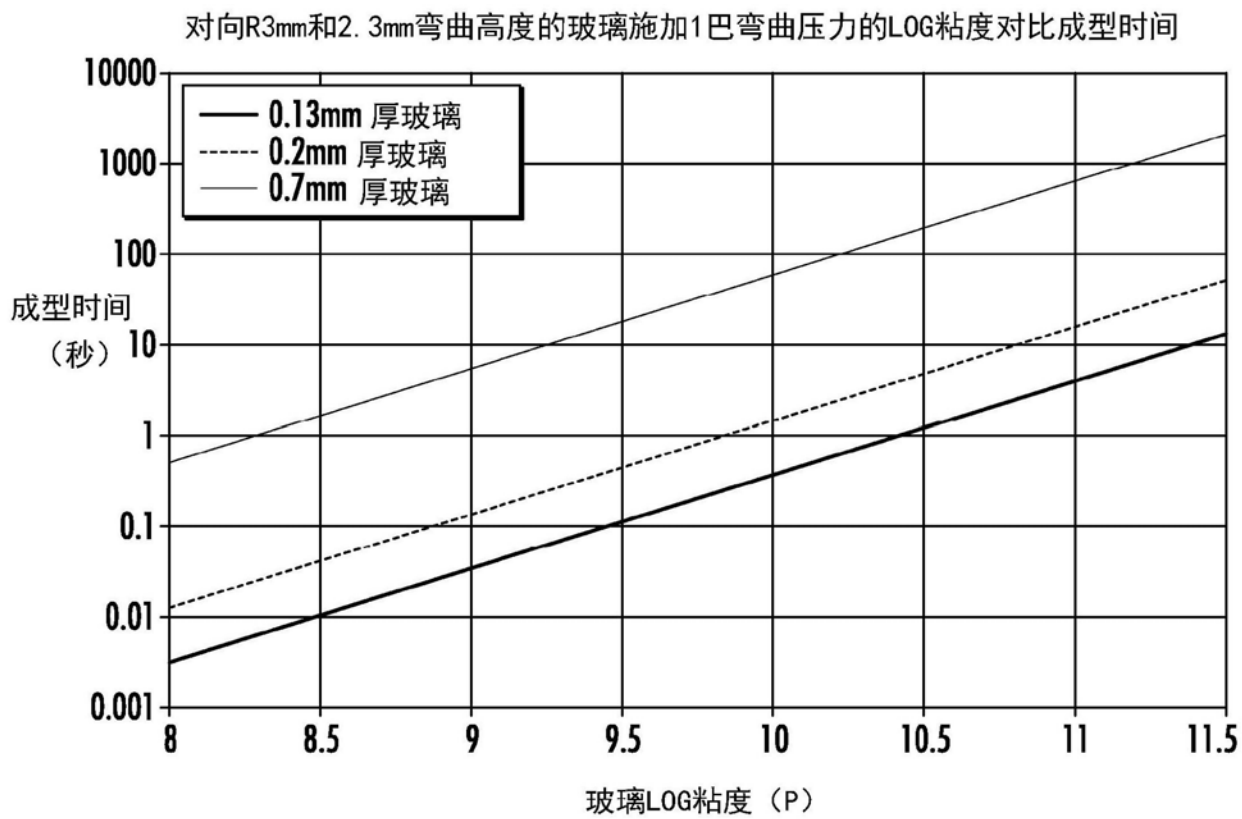


图5

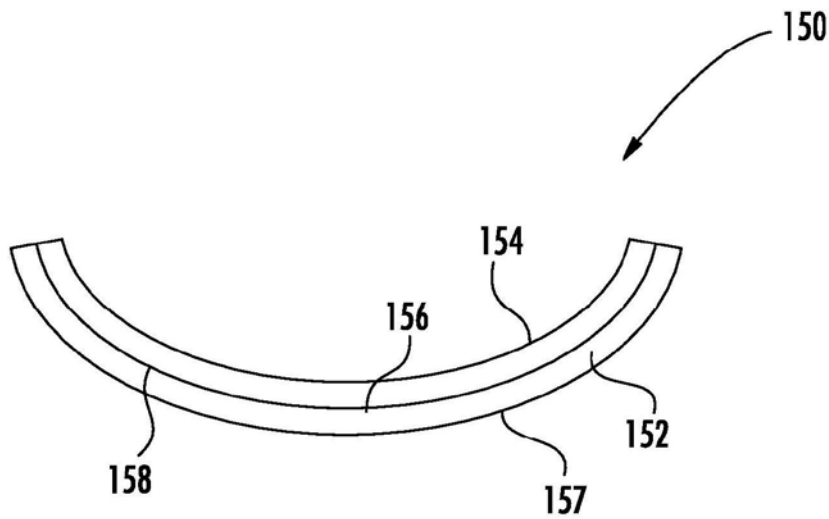


图6

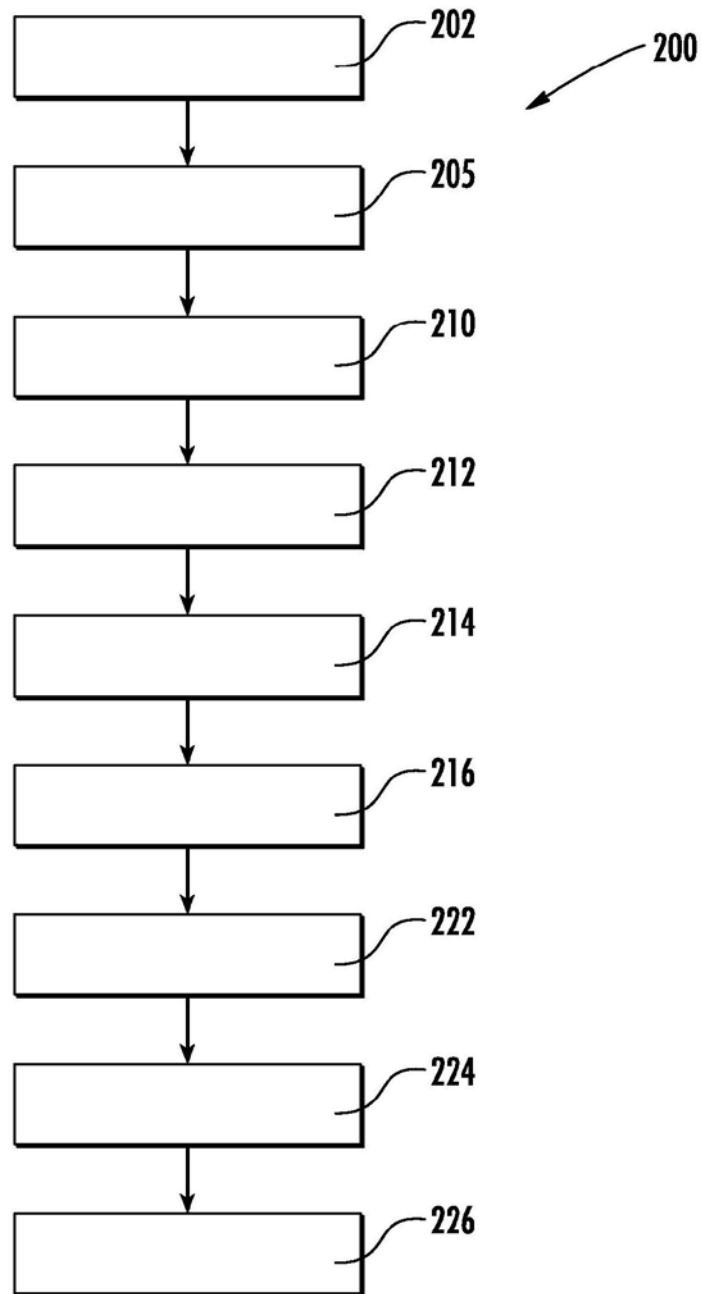


图7

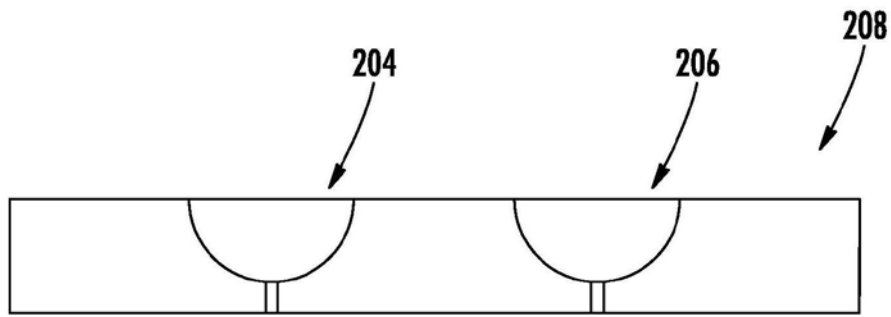


图8

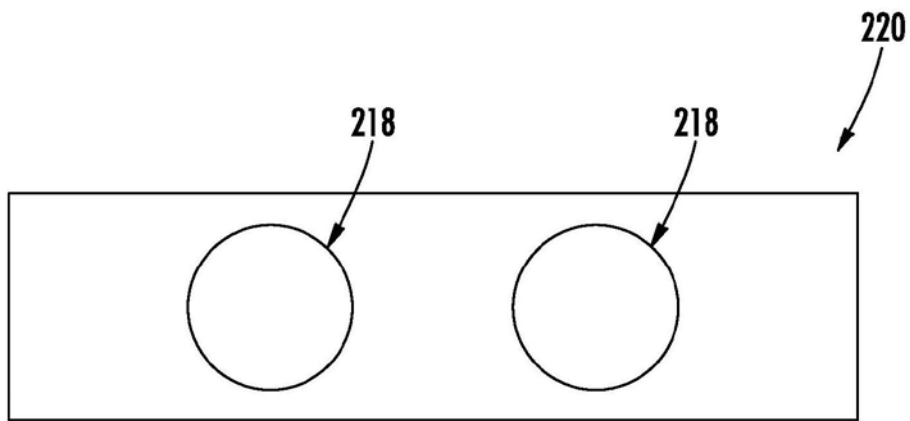


图9

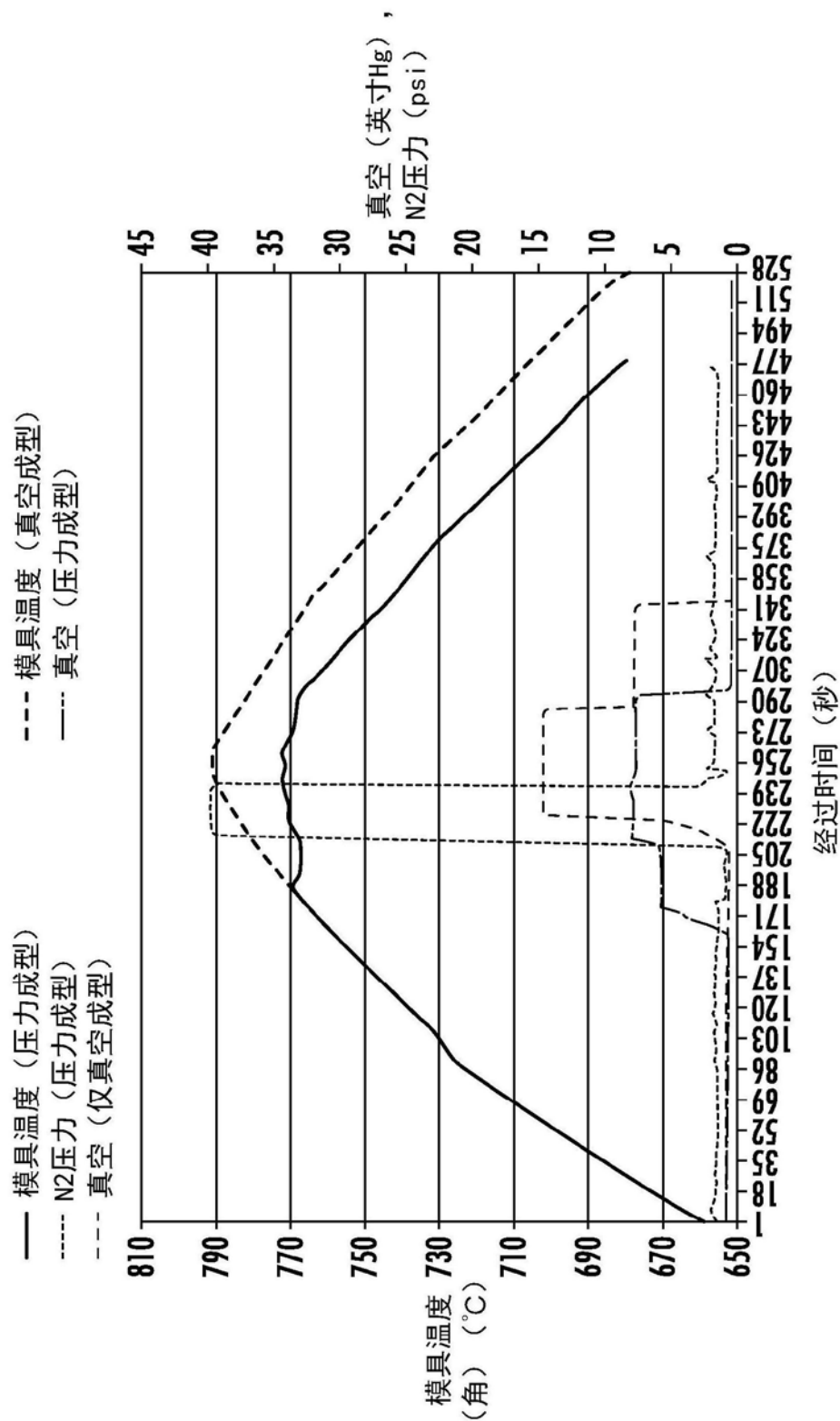


图10

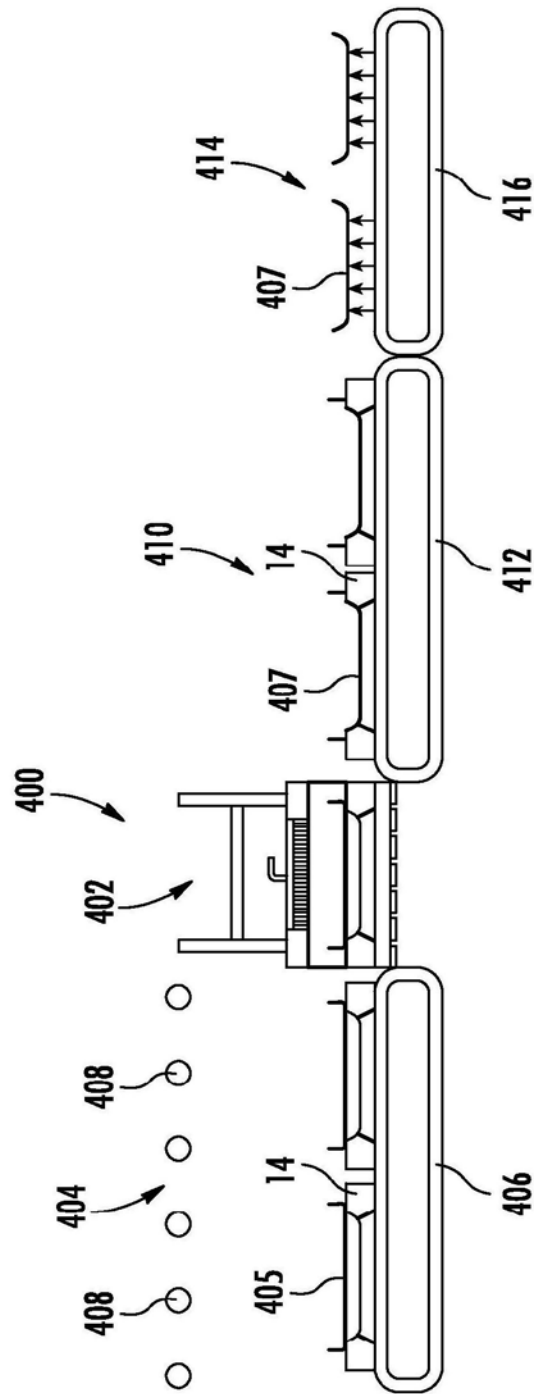


图11

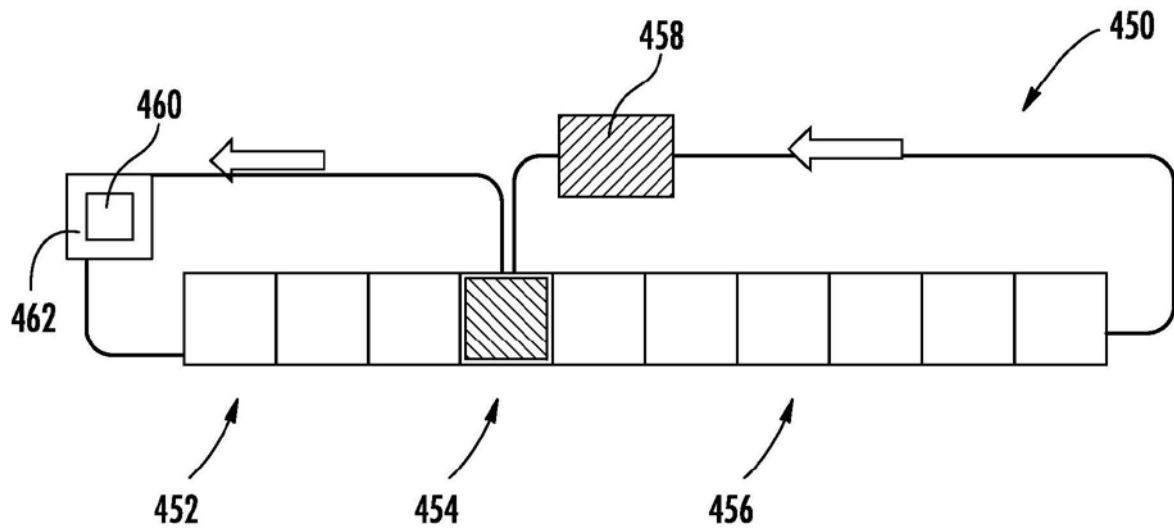


图12

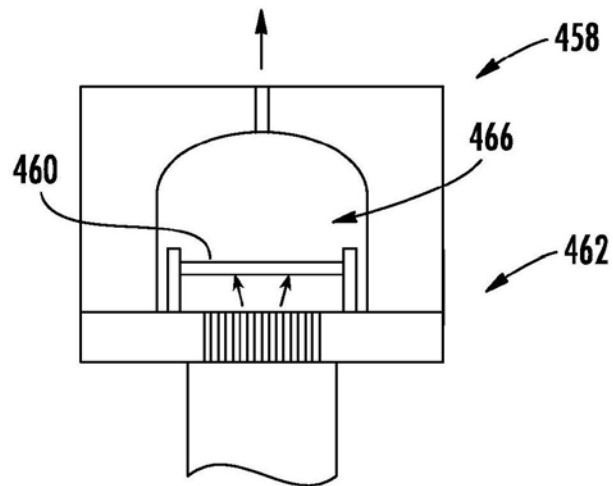


图13