



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110678422 A

(43)申请公布日 2020.01.10

(21)申请号 201880033019.2

(22)申请日 2018.04.24

(30)优先权数据

62/489,705 2017.04.25 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.11.18

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2018/029045 2018.04.24

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/200454 EN 2018.11.01

(71)申请人 康宁公司

地址 美国纽约

(72)发明人 亚历杭德罗·安东尼奥·贝克尔

米歇尔·玛丽-路易丝·弗雷德霍

姆

托马斯·哈克特

艾伯特·罗思·奈伊博尔

塞尔吉奥·津田

(74)专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理

有限公司 11006

代理人 徐金国 吴启超

(51)Int.Cl.

C03B 33/02(2006.01)

B23K 26/00(2014.01)

C03B 33/033(2006.01)

C03B 33/04(2006.01)

C03B 23/02(2006.01)

C03B 23/025(2006.01)

C03B 23/023(2006.01)

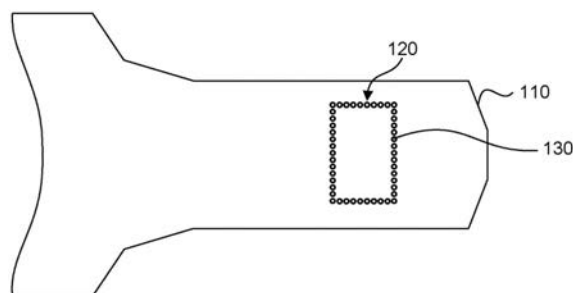
权利要求书2页 说明书18页 附图14页

(54)发明名称

3D激光穿孔热下垂工艺

(57)摘要

在一些实施方式中,一种形成玻璃制品的方法包含以下步骤:用形成多个穿孔的激光沿轮廓穿孔玻璃基板,使得轮廓将玻璃基板的第一部分与玻璃基板的第二部分分离。在穿孔之后,用模具将玻璃基板热成形为非平面形状,并将玻璃基板的第一部分与玻璃基板的第二部分分离。



1. 一种形成玻璃制品的方法,所述方法包含以下步骤:
用形成多个穿孔的激光沿轮廓穿孔玻璃基板,使得所述轮廓将所述玻璃基板的第一部分与所述玻璃基板的第二部分分离;
在穿孔之后:
利用模具将所述玻璃基板热成形为非平面形状;及
将所述玻璃基板的所述第一部分与所述玻璃基板的所述第二部分分离。
2. 如权利要求1所述的方法,其中在分离所述第一部分之后,所述轮廓在所述玻璃制品中形成开口。
3. 如权利要求1和2中任一项所述的方法,进一步包含:在分离之前,通过优先冷却所述第一部分而使所述玻璃基板的所述第一部分相对于所述玻璃基板的所述第二部分收缩。
4. 如权利要求3所述的方法,其中优先冷却所述第一部分包含使所述第一部分与冷却装置接触。
5. 如权利要求3和4中任一项所述的方法,其中优先冷却所述第一部分包含在所述第一部分处引导冷空气。
6. 如权利要求1和2中任一项所述的方法,其中分离包含在将所述玻璃基板的所述第一部分与所述玻璃基板的所述第二部分分离期间施加压力。
7. 如权利要求6所述的方法,其中施加压力用压力施加装置完成,且所述压力施加装置优先冷却所述第一部分。
8. 如权利要求6和7中任一项所述的方法,其中通过拉动施加所述压力。
9. 如权利要求6和7中任一项所述的方法,其中通过推动施加所述压力。
10. 如权利要求1和2中任一项所述的方法,其中将所述玻璃基板的所述第一部分与所述玻璃基板的所述第二部分分离包含将所述玻璃基板的所述第一部分拉离所述模具。
11. 如权利要求10所述的方法,其中将所述玻璃基板的所述第一部分拉离所述模具用抽吸装置完成。
12. 如权利要求1和2中任一项所述的方法,其中将所述玻璃基板的所述第一部分与所述玻璃基板的所述第二部分分离包含将所述玻璃基板的所述第一部分拉入所述模具中的凹槽中。
13. 如权利要求1至5中任一项所述的方法,其中在热成形期间将所述玻璃基板的所述第一部分与所述玻璃基板的所述第二部分分离。
14. 如权利要求1至13中任一项所述的方法,进一步包含:在热成形之后将所述玻璃基板的所述第一部分与所述玻璃基板的所述第二部分分离。
15. 如权利要求1至14中任一项所述的方法,其中所述玻璃基板在所述穿孔期间是平坦的。
16. 如权利要求1至15中任一项所述的方法,其中将所述玻璃基板热成形包含:通过将所述玻璃基板加热到所述玻璃基板在其自重下下垂的温度而将所述玻璃基板热下垂到所述模具中。
17. 如权利要求1至16中任一项所述的方法,进一步包含:
在热成形之前将所述玻璃基板设置在牺牲玻璃基板上;
利用所述模具将所述玻璃基板和所述牺牲玻璃基板热成形为所述非平面形状;

将所述玻璃基板的所述第一部分与所述玻璃基板的所述第二部分分离；及
将所述玻璃基板与所述牺牲玻璃基板分离。

18. 如权利要求1至17中任一项所述的方法，其中在两个相邻穿孔之间的间隔是1 μ m到10 μ m。

19. 如权利要求1至18中任一项所述的方法，其中所述玻璃基板的所述第一部分的形状从由圆形、卵形、矩形和三角形组成的群组中选择。

20. 如权利要求1至19中任一项所述的方法，其中所述玻璃基板具有50 μ m到2mm的厚度。

21. 如权利要求1至20中任一项所述的方法，其中所述穿孔的深度是所述玻璃基板的所述厚度的5%到100%。

22. 如权利要求1至21中任一项所述的方法，其中所述激光是微微秒激光。

23. 一种制品，通过方法而形成，所述方法包含以下步骤：

用形成多个穿孔的激光沿轮廓穿孔玻璃基板，使得所述轮廓将所述玻璃基板的第一部分与所述玻璃基板的第二部分分离；

在穿孔之后：

利用模具将所述玻璃基板热成形为非平面形状；及

将所述玻璃基板的所述第一部分与所述玻璃基板的所述第二部分分离。

24. 一种运载工具内部系统，包含：

底座，包括弯曲表面；及

设置在所述弯曲表面上的如权利要求23所述的所述制品。

25. 如权利要求24所述的运载工具内部系统，其中在分离所述第一部分之后，所述轮廓在所述玻璃基板中形成开口，且所述弯曲表面包含可经由所述开口接取的按钮、旋钮和通风口的任一者。

26. 如权利要求24-25中任一项所述的运载工具内部系统，其中所述底座进一步包含显示器。

27. 如权利要求26所述的运载工具内部系统，其中所述显示器经由所述开口为可见的。

28. 如权利要求26所述的运载工具内部系统，其中所述显示器经由所述第二部分为可见的。

29. 如权利要求24-28中任一项所述的运载工具内部系统，其中所述运载工具是自动车、航海器和飞行器的任一者。

3D激光穿孔热下垂工艺

[0001] 相关申请案的交叉引用

[0002] 本申请案根据35U.S.C.§119要求2017年4月25日提交的美国临时申请案号62/489,705的优先权权益,本案依赖于其内容并且其以引用方式全文并入本文。

技术领域

[0003] 本公开涉及具有开口的弯曲玻璃基板、包括这种玻璃基板的制品及相关工艺。

背景技术

[0004] 在许多背景下希望使用弯曲的玻璃基板。一种此类背景是用作用于弯曲显示器的覆盖玻璃,其可被并入到电器、建筑元件(如,墙壁、窗户、模块化家具、淋浴门、镜子等)、运载工具(如,自动车、飞行器、航海器及类似者)。形成这种弯曲玻璃基板的现有方法(诸如热成形)具有包括光学畸变和表面标记的缺点。自动运载工具正在寻找薄玻璃来覆盖内部控制台和仪表板。正在开发形成这些形状的处理,同时切割内部隔间(即,烟灰缸、咖啡杯支架等)所需的孔。提取出圆形,方形,或矩形任一种的孔特别具有挑战性,特别是以低成本。通常,在玻璃中切割一个孔需要具有3-5轴运动的钻石孔锯和研磨轮。本公开提供了一种高速方法,以在3D下垂工艺期间借助于激光或通过真空及其他热方式任一者来切割和释放孔。

发明内容

[0005] 在一些实施方式中,描述了在弯曲的玻璃基板中包含开口的制品及制造这种制品的方法。

[0006] 在一些实施方式中,一种形成玻璃制品的方法包含:用形成多个穿孔的激光沿轮廓穿孔玻璃基板,使得轮廓将玻璃基板的第一部分与玻璃基板的第二部分分离。在穿孔之后,根据一个或多个实施方式的方法包括:利用模具将玻璃基板热成形为非平面形状,并将玻璃基板的第一部分与玻璃基板的第二部分分离。

[0007] 在一些实施方式中,前述段落的任一者的实施方式可进一步包括:在分离第一部分之后,轮廓在玻璃制品中形成开口。

[0008] 在一些实施方式中,前述段落的任一者的实施方式可进一步包括:在分离之前,通过优先冷却第一部分而使玻璃基板的第一部分相对于玻璃基板的第二部分收缩。

[0009] 在一些实施方式中,前述段落的任何一个的实施方式可进一步包括:优先冷却第一部分包含使第一部分与冷却装置接触。

[0010] 在一些实施方式中,前述段落的任何一个的实施方式可进一步包括:优先冷却第一部分包含在第一部分处引导冷空气。

[0011] 在一些实施方式中,前述段落的任一者的实施方式可进一步包括:分离包含在将玻璃基板的第一部分与玻璃基板的第二部分分离期间施加压力。

[0012] 在一些实施方式中,前述段落的任何一个的实施方式可进一步包括:施加压力用压力施加装置完成,且压力施加装置优先冷却第一部分。

[0013] 在一些实施方式中,前述段落的任一者的实施方式可进一步包括:通过拉动施加压力。

[0014] 在一些实施方式中,前述段落的任何一个的实施方式可进一步包括:通过推动施加压力。

[0015] 在一些实施方式中,前述段落的任何一个的实施方式可进一步包括:将玻璃基板的第一部分与玻璃基板的第二部分分离包含将玻璃基板的第一部分拉离模具。

[0016] 在一些实施方式中,前述段落的任何一个的实施方式可进一步包括:将玻璃基板的第一部分拉离模具用抽吸装置完成。

[0017] 在一些实施方式中,前述段落的任何一个的实施方式可进一步包括:将玻璃基板的第一部分与玻璃基板的第二部分分离包含将玻璃基板的第一部分拉入模具中的凹槽中。

[0018] 在一些实施方式中,前述段落的任一者的实施方式可进一步包括:在热成形期间将玻璃基板的第一部分与玻璃基板的第二部分分离。

[0019] 在一些实施方式中,前述段落的任一者的实施方式可进一步包括:在热成形之后将玻璃基板的第一部分与玻璃基板的第二部分分离。

[0020] 在一些实施方式中,前述段落的任一者的实施方式可进一步包括:在穿孔期间为平坦的玻璃基板。

[0021] 在一些实施方式中,前述段落的任何一个的实施方式可进一步包括:将玻璃基板热成形包含通过将玻璃基板加热到玻璃基板在其自重下下垂的温度而将玻璃基板热下垂到模具中。

[0022] 在一些实施方式中,前述段落的任何一个的实施方式可进一步包括:在热成形之前将玻璃基板设置在牺牲玻璃基板上;利用模具将玻璃基板和牺牲玻璃基板热成形为非平面形状;将玻璃基板的第一部分与玻璃基板的第二部分分离;及将玻璃基板与牺牲玻璃基板分离。

[0023] 在一些实施方式中,前述段落的任一者的实施方式可进一步包含:在两个相邻穿孔之间的间隔从 $1\mu\text{m}$ 到 $10\mu\text{m}$ 。

[0024] 在一些实施方式中,前述段落的任何一个的实施方式可进一步包括:玻璃基板的第一部分的形状从由圆形、卵形、矩形和三角形组成的群组中选择。

[0025] 在一些实施方式中,前述段落的任一者的实施方式可进一步包括:玻璃基板具有 $50\mu\text{m}$ 到 2mm 的厚度。

[0026] 在一些实施方式中,前述段落的任一者的实施方式可进一步包括:穿孔的深度从玻璃基板的厚度的5%到100%。

[0027] 在一些实施方式中,前述段落的任一者的实施方式可进一步包括:微微秒激光。

[0028] 在一些实施方式中,前述段落的任何一个的实施方式可进一步包括:一种制品,通过形成玻璃制品的方法而形成,方法包含以下步骤:用形成多个穿孔的激光沿轮廓穿孔玻璃基板,使得轮廓将玻璃基板的第一部分与玻璃基板的第二部分分离。在穿孔之后,利用模具将玻璃基板热成形为非平面形状,并将玻璃基板的第一部分与玻璃基板的第二部分分离。

[0029] 在一些实施方式中,前述段落的任何一个的实施方式可进一步包括:运载工具内部系统,包含底座,底座包括弯曲表面和设置在弯曲表面上的上述制品。

[0030] 在一些实施方式中,前述段落的任何一个的实施方式可进一步包括:运载工具内部系统,其中在分离第一部分之后,轮廓在玻璃基板中形成开口,且弯曲表面包含可经由开口接取的按钮、旋钮和通风口的任一者。

[0031] 在一些实施方式中,前述段落的任一者的实施方式可进一步包括:运载工具内部系统,其中底座进一步包含显示器。

[0032] 在一些实施方式中,前述段落的任一者的实施方式可进一步包括:运载工具内部系统,其中显示器经由开口为可见的。

[0033] 在一些实施方式中,前述段落的任一者的实施方式可进一步包含:运载工具内部系统,其中显示器经由第二部分为可见的。

[0034] 在一些实施方式中,前述段落的任何一个的实施方式可进一步包括:运载工具内部系统,其中运载工具是自动车、航海器和飞行器的任一者。

附图说明

[0035] 并入于此的附随的图式形成说明书的一部分并显示本公开的实施方式。与实施方式一起,图式进一步用于解释熟悉相关技术者的原理并使相关技术者能够制作和使用所公开的实施方式。这些图式意欲为说明性的,而非限制性的。虽然在这些实施方式的上下文中一般性地描述了本公开,但应理解并非意欲将本公开的范围限制于这些特定实施方式。在图式中,类似的元件符号表示相同或功能类似的元件。

[0036] 图1A示出了母体玻璃基板。

[0037] 图1B示出了具有矩形激光穿孔图案或轮廓的母体玻璃基板。

[0038] 图1C示出了具有弯曲激光穿孔图案或轮廓的母体玻璃基板。

[0039] 图2A示出了弯曲的玻璃制品-具有开口的母体玻璃基板。

[0040] 图2B示出了从母体玻璃基板分离之后的玻璃块。

[0041] 图3示出了具有激光穿孔图案和穿孔尺寸的母体玻璃基板(放大图)。

[0042] 图4示出了在玻璃基板上的相邻穿孔之间的连结穿孔裂缝(突出示出)的顶视图。

[0043] 图5A至图5C示出了具有不同深度的穿孔的玻璃基板的横截面图。

[0044] 图6A至图6C示出了具有变化的间距尺寸的圆形穿孔。

[0045] 图6D示出了形成矩形轮廓的非圆形穿孔。

[0046] 图7A和图7B示出了使用牺牲玻璃基板的热下垂和释放方法。

[0047] 图8A和图8B示出了没有牺牲玻璃基板的热下垂和释放方法。

[0048] 图9示出了凹模具和分离的玻璃块的横截面图。

[0049] 图10A示出凹模具的顶视图。

[0050] 图10B示出了沿着平面1-1'的凹模具的横截面图,其中顶出销释放块。

[0051] 图11A示出了用真空辅助释放块的凹模具的横截面图。

[0052] 图11B示出了用顶出销以释放块的凹模具的横截面图。

[0053] 图12A示出了用冷却抽吸装置接触块的模具的横截面图。

[0054] 图12B示出了具有冷却抽吸装置的模具的横截面图,冷却抽吸装置将块拉离模具。

[0055] 图12C示出了具有冷却装置以优先冷却块的模具的截面图。

[0056] 图13示出了用于具有开口的3D玻璃制品的激光穿孔和热下垂处理的处理流程图。

[0057] 图14示出了根据一个或多个实施方式的具有运载工具内部系统的运载工具内部的透视图。

具体实施方式

[0058] 消费电子产品的下一波不仅包括软件和硬件创新,而且还包括具有设计和功能吸引力的变化。新产品定期发布并发表,它们中包含三维(3D)玻璃部件的一些形式。一些示例包括弯曲的液晶电视屏幕,弯曲的智慧型手机和可穿戴的小配件(手腕手机、手表等),其可为挠性的或具有弯曲的形状。这些类型的装置中的其他设计元素是已经从传统的平板玻璃盖板变成了不同风格的三维弯曲表面的背盖。自动车内部也采用了弯曲或3D形状的玻璃表面的趋势。这些创新和趋势为这些由玻璃制成的3D部件的制造处理带来了新的挑战,这些部分总是需要耐刮擦和抗冲击。

[0059] 由于大多数生产线被设计成处理平坦的二维部件,形成不同形状的难度已经显著增加。

[0060] 增加从2D转换到3D处理的复杂性的其他改变来自材料观点。在三维部件中,曲线、弯曲和弯折变成机械应力积累的来源,这会在部件被热成形之后对其处理产生很大影响。

[0061] 本申请案描述了用于切割和分离各种形状的模制3D薄透明脆性基板的方法,其特别涉及强化或非强化的玻璃。所述方法允许将3D部件(于此也称为“块”)切割并提取至其最终尺寸,且不需要处理后修整步骤。所述方法可应用于强化(例如,化学离子交换,或热回火)或未强化(原始玻璃)的3D部件。

[0062] 处理以可控制的方式分离部件,具有可忽略的碎屑、最小缺陷以及对保留部件强度的边缘的低的表面下损伤。

[0063] 在一些实施方式中,处理提供各种形状的3D薄透明脆性基板的精确切割和分离。在一个或多个实施方式中,基板可包括玻璃基板。在一个或多个实施方式中,玻璃基板可为可任选地被强化的碱金属铝硅酸盐玻璃(诸如可从康宁公司获得的商标名称为 **Corning® Gorilla®**玻璃的玻璃)。实施方式的方法允许将一个或多个3D部件或具有3D表面的部件切割并提取到其最终尺寸,而不需要处理后修整步骤。

[0064] 在一些实施方式中,利用激光且非常适合于对所选择的激光波长透明的材料。已经使用0.55mm厚的玻璃片(如,具有包括约69mol%SiO₂、约10.3mol%Al₂O₃、约15mol%Na₂O、约5.4mol%MgO和约0.17mol%的SnO₂的标称组成的碱金属铝硅酸盐玻璃)对方法作出验证。

[0065] 在处理中,使用超短脉冲激光在玻璃基板中产生竖直缺陷线。一系列缺陷线产生断层线,断层线描绘形状的期望轮廓并建立裂缝传播的最小阻力的路径,且沿着所述路径将形状从其基板基体分离和分开。激光分离方法可被调整和配置成能够从母体玻璃基板中手动分离,部分分离或完全分离3D形状。

[0066] 在第一步骤中,用超短脉冲激光束照射待处理的物体(如,玻璃基板),超短脉冲激光束已经凝结成具有高能量密度的高深宽比的线焦点,高能量密度穿过玻璃基板的厚度。在高能量密度的体积内,材料经由非线性效应而改质。非线性效应提供了从激光束向玻璃基板传输能量的机制,从而能够形成缺陷线。重要的是要注意如果没有这种高光学强度,就不会触发非线性吸收。在非线性效应的强度阈值以下,玻璃基板对于激光辐射是透明的并

保持其原始状态。通过在期望的线或路径上扫描激光,狭窄的断层线(多个几微米宽的竖直缺陷线)界定了待与玻璃基板分离的部件的周边或形状。

[0067] 在一些实施方式中,脉冲持续时间可在1微微秒至100微微秒的范围中,诸如大于约5微微秒且小于约20微微秒,且重复率可在约1kHz与4MHz之间的范围中,诸如在约10kHz和650kHz之间的范围中。除了以上述重复率的单个脉冲之外,脉冲可以在约1纳秒和约50纳秒之间(例如,10纳秒到30纳秒,诸如约20纳秒)的范围中的持续时间所分离的两个脉冲或更多脉冲(诸如3个脉冲,4个脉冲,5个脉冲,10个脉冲,15个脉冲,20个脉冲或更多个)的突发而产生,且突发重复频率可在约1kHz和约200kHz之间的范围中。脉冲激光束可具有选择的波长,使得玻璃基板在这个波长处是基本上透明的。在玻璃基板处所测得的平均激光功率可大于40 μ 焦耳/mm基板的厚度,例如在40 μ 焦耳/mm基板厚度和1000 μ 焦耳/mm基板厚度之间,或在100 μ 焦耳/mm基板厚度和650 μ 焦耳/mm基板厚度之间。

[0068] 激光束的焦线可具有在0.1mm至10mm之间的范围中的长度,诸如约1mm、约2mm、约3mm、约4mm、约5mm、约6mm、约7mm、约8mm、或约9mm,或长度在约0.1mm和约1mm之间的范围中且平均点直径在约0.1微米和约5微米之间的范围中。孔或缺陷线各自可具有在0.1微米至100微米之间的直径,例如,0.25至5微米。

[0069] 一旦产生了具有竖直缺陷的断层线,可经由以下方式发生分离:1)在断层线上或周围的手动或机械应力;应力或压力应产生将断层线的两侧拉离并破坏仍然接合在一起的区域的拉力;2)使用热源,在断层线周围产生应力区,以使竖直缺陷线处于拉伸状态,并引起部分或全部的自分离,及3)使用冷却源以通过在玻璃基板中引入热梯度而引起拉伸应力。应力导致3D形状从母体玻璃基板分离。在所有情况下,分离还取决于处理参数,诸如激光扫描速度、激光功率、透镜的参数、脉冲宽度、重复率等。

[0070] 根据本公开的用激光切割透明材料也可于此被称为钻孔或激光钻孔或激光处理。这些处理允许部件以可控的方式分离,并具有可忽略的碎屑,最小的缺陷和对边缘的低的表面下损伤,保持玻璃基板或工件的强度。工件是受到于此公开的激光方法的材料或物体,且也可于此称为母体玻璃基板。一个或多个部件或制品可与母体玻璃基板分离。部件或制品可包括(例如)用于具有弯曲表面的电话的玻璃盖或用于自动车内部的玻璃(包括作为自动车内部显示器或仪表板的盖)。

[0071] 本激光方法非常适用于在线性强度状态下对所选的激光波长透明或基本透明的材料。在本公开的上下文内,当材料在激光波长处的吸收小于约10%/mm材料深度或小于约5%/mm材料深度,或小于约2%/mm材料深度,或小于约1%/mm材料深度时,材料或制品对于激光波长基本上是透明。本激光方法可利用玻璃基板材料对线性功率状态(低激光强度(能量密度))的激光波长的透明度。线性强度状态中的透明度减少或防止了对基板的表面的损害以及远离由聚焦激光束所界定的高强度区域的表面下损伤。

[0072] 如于此所使用的,表面下损伤是指根据本公开的与经受激光处理的基板或材料分离的部件的周边表面中的结构缺陷的最大尺寸(如,长度、宽度和直径)。由于结构缺陷从周边表面延伸,因此表面下损伤也可被认为是来自于根据本公开的激光处理而发生的损害距周边表面的最大深度。分离部件的周边表面于此可被称为分离部件的边缘或边缘表面。结构缺陷可能是裂缝或空隙,并代表促使与基板或材料分离的部件的断裂或失效的机械弱点。通过最小化表面下损伤的尺寸,本方法改善了分离部件的结构完整性和机械强度。

[0073] 根据下面描述的方法,在单程中,可使用激光来产生穿过材料的高度受控的完全或部分穿孔,具有非常少($<75\mu\text{m}$,通常 $<50\mu\text{m}$)的表面下损伤和碎屑产生。表面下损伤可限制在深度 $100\mu\text{m}$ 或更小,或在深度 $75\mu\text{m}$ 或更小,或在深度 $60\mu\text{m}$ 或更小,或在深度 $50\mu\text{m}$ 或更小,且切割可能仅产生低碎屑。这与典型地使用点聚焦激光去烧蚀材料形成对比,其中通常需要多程才能完全穿透玻璃厚度,从烧蚀处理形成大量碎屑,且发生更多的表面下损伤 $>100\mu\text{m}$ 及边缘碎裂。

[0074] 因此,利用本发明的方法,可使用一个或多个高能量脉冲或一个或多个高能量脉冲的突发在透明材料中产生微观的,即, ($<2\mu\text{m}$ 和 $>100\text{nm}$ 的直径,且在一些实施方式中, $<0.5\mu\text{m}$ 且 $>100\text{nm}$ 的直径) 细长的缺陷线(于此也称为成穿孔,孔或损伤轨道)。穿孔表示由激光改质的基板材料的区域。激光引发的改质破坏了基板材料的结构并构成机械弱点的位点。结构破坏包括压实、熔化、材料逐出、重新配置和键结断裂。穿孔延伸到基板材料的内部并具有与激光的横截面形状(通常为圆形)一致的横截面形状。穿孔的平均直径可在从 $0.1\mu\text{m}$ 至 $50\mu\text{m}$ 的范围中,或在从 $1\mu\text{m}$ 至 $20\mu\text{m}$ 的范围中,或在从 $2\mu\text{m}$ 至 $10\mu\text{m}$ 的范围中,或在从 $0.1\mu\text{m}$ 至 $5\mu\text{m}$ 的范围中。在一些实施方式中,穿孔是“通孔”,其是从基板材料的顶部延伸到底部的孔或开放通道。在一些实施方式中,穿孔可不是连续开放的通道并可包括通过激光从基板材料逐出的固体材料的区段。逐出的材料阻挡或部分阻挡穿孔所界定的空间。一个或多个开放通道(未被阻挡的区域)可分散在被逐出的材料的区段之间。开放通道的直径可 $<1000\text{nm}$,或 $<500\text{nm}$,或 $<400\text{nm}$,或 $<300\text{nm}$,或在从 10nm 至 750nm 的范围中,或在从 100nm 至 500nm 的范围中。于此所公开的实施方式中围绕孔的材料的破坏或修改区域(如,压实,熔化,或以其他方式改变)优选具有 $<50\mu\text{m}$ (如, $<10\mu\text{m}$)的直径。

[0075] 个别穿孔可以几百千赫的速率(例如,每秒数十万个穿孔)产生。因此,随着在激光源和材料之间的相对运动,这些穿孔可被放置为彼此相邻,且根据需要具有从亚微米到几微米或甚至几十微米的空间间隔。在沿断层线方向的相邻缺陷线之间的距离可(例如)在从 $0.25\mu\text{m}$ 到 $50\mu\text{m}$ 的范围中,或在从 $0.50\mu\text{m}$ 到约 $20\mu\text{m}$ 的范围中,或在从 $0.50\mu\text{m}$ 到约 $15\mu\text{m}$ 的范围中,或在从 $0.50\mu\text{m}$ 至 $10\mu\text{m}$ 的范围中,或在从 $0.50\mu\text{m}$ 至 $3.0\mu\text{m}$ 的范围中,或在从 $3.0\mu\text{m}$ 至 $10\mu\text{m}$ 的范围中。选择空间分离以便于切割。

[0076] 除了线性强度状态中的基板材料的透明度之外,激光源的选择进一步取决于在透明材料中诱导多光子吸收(MPA)的能力。MPA是同时吸收相同或不同频率的多个光子,以便将材料从较低能态(通常是基态)激发到较高能态(激发态)。激发态可为激发的电子状态或离子化状态。在材料的较高能态与较低能态之间的能量差等于两个或更多个光子的能量之和。MPA是一个非线性处理,通常比线性吸收弱几个数量级。它与线性吸收的不同之处在于,MPA的强度取决于光强度的平方或更高的幂,因此使其成为非线性光学处理。在普通光强度下,MPA可忽略不计。如果光强度(能量密度)非常高,诸如在激光源(尤其是脉冲激光源)的焦点区域中,则MPA变得可观并在所述区域内的材料中导致可测量的效果,在所述区域中光源的能量密度足够高。在焦点区域内,能量密度可为足够高的,以导致离子化。

[0077] 在原子级别时,单个原子的离子化具有离散的能量需求。常用于玻璃中的几种元素(如,Si、Na、K)具有相对较低的离子化能量(5eV)。在没有MPA现象的情况下,需要约 248nm 的波长来产生 5eV 时的线性离子化。在有MPA的情况下,在由能量 5eV 分离的状态之间的离子化或激发可用长于 248nm 的波长完成。例如,具有 532nm 的波长的光子具有 2.33eV 的能量,所

以例如在双光子吸收 (TPA) 中, 具有波长 532nm 的两个光子能够引起在能量 4.66eV 分离的状态之间的跃迁。因此, 例如, 原子和键结可在激光束的能量密度足够高的材料的区域中被选择性地激发或离子化, 以诱导具有所需激发能量的一半的激光波长的非线性 TPA。

[0078] MPA 可导致局部重新配置并分离激发的原子或键结与相邻的原子或键结。结构或分子修改产生机械性地削弱材料并使其在施加机械应力或热应力时更容易破裂或断裂的结构缺陷 (上文提及的缺陷线, 损伤线, 或穿孔)。通过控制穿孔的位置, 可精确地界定裂缝出现所沿着的轮廓或路径, 且可实现玻璃基板的精确微加工。由一系列穿孔界定的轮廓可视为断层线并对应于材料中结构弱化的区域。断层线界定了部件与材料分离的优选轮廓, 并控制分离部件的形状。在一个实施方式中, 微加工包括从由激光处理的玻璃基板上分离部件, 其中部件具有由断层线确定的精确界定的形状或周边, 断层线界定透过由激光引起的 MPA 效应而形成的穿孔的封闭轮廓。如于此所使用的, 用词封闭轮廓指的是由激光线形成的穿孔路径, 其中路径在某个位置处与其自身相交。内部轮廓是所形成的形状完全由玻璃基板的外部部分包围而形成的路径。

[0079] 在一个或多个实施方式中, 激光是超短脉冲激光 (脉冲持续时间在 100 微微秒或更短) 且可以脉冲模式或突发模式操作。在脉冲模式下, 一系列名义上相同的单脉冲从激光发射并被引导至基板。在脉冲模式下, 激光的重复率由在脉冲之间的时间间隔决定。在突发模式下, 从激光发射脉冲的突发, 其中每个突发包括两个或更多个 (振幅相等或不同的) 脉冲。在突发模式中, 突发内的脉冲由第一时间间隔 (其界定突发的脉冲重复率) 而分离且突发通过第二时间间隔 (其界定突发重复率) 而分离, 其中第二时间间隔通常比第一时间间隔长得多。如于此所使用的 (无论在脉冲模式还是突发模式的背景中), 时间间隔指的是在脉冲或突发的相应部分之间的时间差 (如, 前沿到前沿, 峰到峰, 或后沿到后沿)。脉冲和突发重复率通过激光的设计而控制, 且通常可通过调整激光的操作条件在限制内进行调整。典型的脉冲和突发重复率在 kHz 到 MHz 的范围中。

[0080] 激光脉冲持续时间 (脉冲模式中或突发模式中的突发内的脉冲) 可为 10^{-10} 秒或更少, 或 10^{-11} 秒或更少, 或 10^{-12} 秒或更少, 或 10^{-13} 秒或更少。在于此描述的示例性实施方式中, 激光脉冲持续时间大于 10^{-15} 秒。

[0081] 实施方式的处理的一个特征是由超短脉冲激光所产生的缺陷线的高深宽比。高深宽比允许产生从基板材料的顶表面延伸到底表面的缺陷线。本发明的方法还允许形成在基板材料内延伸到受控深度的缺陷线。缺陷线可由单脉冲或单脉冲突发产生, 且如果需要的话, 可使用附加脉冲或突发来增加受影响区域的延伸 (如, 深度和宽度)。

[0082] 线焦点的产生可通过将高斯激光束发送到轴锥透镜来执行, 在这种情况下, 产生被称为高斯贝塞尔光束的光束轮廓。与高斯光束相比, 此类光束绕射得更慢 (如, 可保持数百微米或毫米范围中的单微米光斑尺寸, 而不是几十微米或更小)。因此, 与仅使用高斯光束相比, 焦点的深度或与材料的强烈相互作用的长度可能大得多。也可使用其他形式或缓慢绕射或非绕射光束, 诸如艾里光束。

[0083] 在一些情况下, 所产生的断层线不足以自发地将部件与基板材料分离, 并且次要步骤可能是必需的。例如, 如果需要的话, 可使用第二激光来产生热应力以分离它。在 0.55mm 厚的化学强化的碱金属铝硅酸盐玻璃基板的情况下, 可在产生缺陷线之后实现分离, 例如, 通过施加机械力或通过使用热源 (如, 红外激光, 例如, CO₂ 激光), 以产生热应力并

沿着断层线迫使部件与基板材料分离。另一种选择是使用红外激光来启动分离,并接着手动完成分离。任选的红外激光分离可通过发射10.6微米的聚焦连续波(cw)激光并通过控制其占空比来调节功率而实现。使用焦点变化(即,散焦直至并包括聚焦光斑尺寸的程度)以通过改变光斑尺寸来改变感应热应力。散焦激光束包括那些产生大于激光波长大小的最小绕射受限光斑尺寸的光斑尺寸的激光束。例如,对于CO₂激光而言,可使用2mm至20mm,或2mm至12mm,或约7mm,或约2mm及/或约20mm的散焦光斑尺寸($1/e^2$ 直径),例如,其绕射受限光斑尺寸在发射波长为10.6微米的情况下要小得多。

[0084] 有几种方法来产生缺陷线。形成焦线或线焦点的光学方法可采用多种形式,使用环形激光束和球面透镜,轴锥透镜,绕射元件,或其他方法来形成高强度的线性区域。激光的类型(微微秒、飞秒等)和波长(红外线、绿色、紫外线等)也可改变,只要经由非线性光学效应(例如,非线性吸收,多光子吸收)达到足够的光强度使焦点区域内的基板材料产生破裂,而产生基板材料的破裂。

[0085] 在本申请中,使用超短脉冲激光以一致的、可控制的和可重复的方式产生高深宽比的竖直缺陷线。以下和在2014年1月14日提交的美国申请案号14/154,525中描述了能够产生这种竖直缺陷线的光学装置的细节,其全部内容以引用方式并入,如同于此完全阐述一样。这个概念的实质是在光学透镜组件中使用轴锥透镜元件,以使用超短(微微秒或飞秒持续时间)贝塞尔光束来产生高深宽比无锥形微通道的区域。换句话说,轴锥透镜将激光束会聚在基板材料中的圆柱形和高深宽比(长的长度和小的直径)的高强度区域中。由于聚光激光束产生的高强度,激光的电磁场与基板材料发生非线性相互作用,且激光能量被转移到基板上,以形成成为断层线的组成部分的缺陷。然而,重要的是要认识到,在玻璃基板中激光能量强度不高的区域(如,基板表面,围绕中心会聚线的基板的体积)中,基板对于激光是透明的,且没有用于将能量从激光转移到基板的机构。结果,当激光强度低于非线性阈值时,玻璃基板没有发生任何反应。

[0086] 在一些实施方式中,制品可包括提供为片材的玻璃基板。在成形为此描述的制品的一些实施方式之后,玻璃可被加强。例如,玻璃基板可通过热强化、化学强化及机械强化的任一种,或通过它们的组合而进行强化。在一些实施方式中,强化玻璃基板具有从其基板的表面延伸至压缩应力深度(或压缩应力层或DOL的深度)的压缩应力(CS)层。压缩深度是压缩应力转换为拉伸应力的深度。玻璃基板内呈现拉伸应力的区域通常被称为中心拉伸或CT层。

[0087] 任何合适的材料都可用于玻璃基板。用以形成于此所述制品的玻璃基板可为非晶形的或结晶的。就这一点而言,用词“玻璃”的使用是通用的,且意欲涵盖超过严格非晶形的材料。根据一些实施方式的非晶形玻璃基板可选自钠钙玻璃、碱金属铝硅酸盐玻璃、含碱硼硅酸盐玻璃和碱金属铝硼硅酸盐玻璃。结晶玻璃基板的示例可包括玻璃陶瓷,蓝宝石或尖晶石。玻璃陶瓷的示例包括Li₂O-Al₂O₃-SiO₂系统(即LAS-系统)玻璃陶瓷、MgO-Al₂O₃-SiO₂系统(即MAS-系统)玻璃陶瓷、包括莫来石、尖晶石、 α -石英、 β -石英固溶体、花岗岩、二硅酸锂、 β -锂辉石、霞石和氧化铝的任一种或多种的晶相的陶瓷玻璃。

[0088] 如于此所提到的,热下垂是一种处理,其中玻璃基板被可控地加热到一定温度,使得玻璃基板变得可变形并且在其自身重量下下垂,直到其接触模具并呈现其形状。这个温度可根据成分、尺寸、形状、微结构、预处理和处理后处置等而变化。

[0089] 在热下垂处理期间以受控速率加热玻璃基板的温度斜坡轮廓可影响将3D形状从母体玻璃基板分离出来的容易性和时机。加热玻璃基板的速率决定了引入的内部热应力,这又导致缺陷线的穿孔裂缝传播,并与来自相邻缺陷线的穿孔裂缝连接。连接的穿孔裂缝提供了对裂缝传播阻力最小的路径,且有助于由轮廓界定的玻璃基板的区域的破裂或分离。

[0090] 如于此所提及的,热成形是包括模具中的玻璃基板的热下垂和冷却以形成弯曲的3D玻璃制品的方法。冷却玻璃基板的速率可用受控冷却机构(诸如热电偶,恒温器,或其他控制装置)小心地控制。

[0091] 于此描述的一些实施方式具有以下列出的许多优点的至少一个:

[0092] i. 处理产量-与传统的核心钻孔和研磨处理相比,内部薄玻璃部件的激光穿孔和下垂分离处理速度非常快。激光穿孔处理在20秒内发生,而传统的修整将是5分钟。

[0093] ii. 在最终尺寸下完全分离和提取3D模制玻璃部件-所提出的方法允许完全切割和提取任意形状(单个或多个)的模制玻璃部件。

[0094] iii. 减少表面下损伤-传统的核心钻孔会导致更多的应力和更深的(2X)的表面下裂缝,这会导致产品不合格率高于经受激光切割处理者。由于在激光与材料之间的超短脉冲相互作用,几乎不存在热相互作用,且因此具有最小的可能导致在表面处和表面区域中的不当的应力和微裂缝的热影响区。另外,例如,将激光束会聚成3D玻璃形状的光学器件在基板的表面上产生直径通常为2至5微米的缺陷线。

[0095] iv. 产品品质-所提出的方法生产具有相同齐平表面的高品质分离部件。

[0096] v. 处理清洁度-上述方法能够以干净和受控的方式分离/切割3D玻璃形状。使用传统的烧蚀或热激光处理是非常具有挑战性的,因为它们倾向于触发热影响区域,热影响区域引起微裂缝并将玻璃或其他基板碎裂成几个较小的碎屑。激光脉冲的特性以及与所公开的方法的材料的引起的相互作用可避免所有这些问题,因为它们发生在非常短的时间范围中,且因为基板材料对激光辐射的透明度使得引起的热效应最小化。由于缺陷线是在物体内部产生的,因此在切割步骤期间碎屑和颗粒物质的存在实际上被消除了。如果存在由于产生的缺陷线而产生的任何微粒,微粒将被良好容纳,直到部件分离。例如,在于此所述的基于激光的方法切割和分离的表面的颗粒可具有小于约3微米的平均直径。

[0097] vi. 设计灵活性-目前的激光处理方法允许遵循许多形式和形状而切割/分离玻璃和其他基板。可使用于此所述的方法切割紧密的半径(如,<2mm或<5mm),从而允许弯曲的边缘。此外,由于缺陷线强烈地控制任何裂缝传播的位置,这个方法对切割的空间位置给予很好的控制,并允许切割和分离小至几百微米的结构和特征。处理还能够在堆迭的玻璃面板上产生竖直缺陷线。它要求材料对激光波长基本上是透明的,对于这里使用的激光波长(1064nm)下的3D玻璃形状就是这种情况。

[0098] vii. 消除处理步骤-制造部件(如,从进入的玻璃面板任意成形的玻璃板)到最终尺寸和形状的处理涉及几个步骤,包括切割面板、切割成尺寸、修整和边缘成形、减薄部件至它们的目标厚度、抛光且甚至在某些情况下进行化学强化。消除这些步骤的任一步骤将会在处理时间和资本支出方面改善制造成本。所提出的方法可通过(例如)减少碎屑和边缘缺陷的产生来减少步骤的数量,从而潜在地消除对洗涤站和干燥站的需求。此外,例如,可通过将样品直接切割成其最终尺寸、形状和厚度来减少步骤的数量,从而消除修整线的需

求。

[0099] 与形成弯曲的3D玻璃制品有关的另外的公开内容可在Marjanovic等人的标题为“Processing 3D Shaped Transparent Brittle Substrate”的US2015/0166394A1中找到；其公开内容以引用方式全文并入。

[0100] 图式不需要按比例绘制。为了更好地说明概念，各种图式的不同部分可能具有相对于其他部分未按比例绘制的部分。

[0101] 图1A示出了母体玻璃基板110的顶视图。母体玻璃基板可被强化或未被强化、为非晶形的或结晶的且在入射激光波长范围或可见波长范围中为光学透明的或几乎透明的。

[0102] 在一些实施方式中，母体玻璃基板110可具有20 μ m、50 μ m、100 μ m、200 μ m、300 μ m、400 μ m、500 μ m、750 μ m、1mm、2mm、3mm、5mm、7mm、10mm、15mm，或具有任何这两个值作为端点的任何范围。可使用其他厚度。例如，玻璃基板110可具有从约50 μ m至约2mm、从约50 μ m至约4mm及从约50 μ m至约6mm的范围中的厚度。

[0103] 在一些实施方式中，母体玻璃基板110可具有矩形、圆形、三角形或它们的任何组合。

[0104] 在一些实施方式中，母体玻璃基板110在穿孔期间是平面。

[0105] 图1B和图1C示出了具有穿孔图案或轮廓120的母体玻璃基板110。在一些实施方式中，轮廓120具有待与母体玻璃基板110分离的3D部件的期望形状。轮廓120可具有矩形(如图1B所示)、弯曲形(如图1C所示)、圆形或其组合的任何形状。

[0106] 如于此所使用的，穿孔是指通过引导在玻璃基板上的激光束而形成至少竖直缺陷线或穿孔130在玻璃基板的厚度中。

[0107] 在一些实施方式中，穿孔图案也被称为由激光束形成的轮廓120，其中穿孔路径在某个位置与其自身相交。一系列竖直缺陷线或穿孔130产生轮廓120，轮廓120描绘所期望的形状，并建立裂缝传播阻力最小的路径，沿着所述路径将形状从母体玻璃基板分离和分开。

[0108] 图2A和图2B示出了具有开口的最终弯曲3D玻璃制品的3D视图200，开口是通过将玻璃基板的第一部分220(也称为“块”)与玻璃基板的第二部分210分离而产生的。穿孔图案或轮廓120界定了玻璃基板的第一部分220的形状和边界。

[0109] 在一些实施方式中，如于此所提到的，“开口”被界定为母体玻璃材料的缺失区域，其在所有侧面上由玻璃基板的第二部分210界定。

[0110] 在一些实施方式中，轮廓120在第一部分220分离之后在玻璃基板的第二部分210中形成开口230。

[0111] 图3显示了具有轮廓120的玻璃基板的顶视图300以及一系列竖直缺陷线或穿孔130的放大视图。为了便于说明和解释的目的，穿孔130被显示为具有圆形横截面。图3中所示的尺寸包括：

[0112] i. 穿孔尺寸(L) - 是沿轮廓120的方向的穿孔的尺寸。在圆形穿孔排列成直线的情况下，穿孔尺寸的这个定义对应于穿孔130的直径。分离距离(d) - 是沿着轮廓120的方向存在于两个相邻穿孔130的圆周上的两个最近点之间的固体玻璃材料的长度。

[0113] ii. 间距(P) - 是沿着轮廓120的方向的两个相邻穿孔130的中心点之间的距离。在一些实施方式中，其中沿着轮廓的方向的所有穿孔均为圆形并具有相等的直径，间距也可界定为分隔距离(d)和穿孔尺寸(L)之和。

[0114] 图4显示了由激光束引起的在每个穿孔位置处的一系列穿孔130和径向穿孔裂缝410的顶视图。基板110中的穿孔裂缝410可被认为是微裂缝且通常起源于穿孔圆周上的任何给定点。穿孔裂缝410可被视为机械地削弱玻璃基板110并使其在机械应力或热应力下更容易破裂或断裂的结构缺陷。

[0115] 基于激光能量、持续时间、扫描率、强度等,可在玻璃基板中形成不同长度和深度的微裂缝或穿孔裂缝410的网络。径向穿孔裂缝410可在两个相邻穿孔130之间连结,从而产生用于裂缝传播的最小阻力的连续路径,如由图4中的连结420所示。沿着轮廓120的连结420界定待与玻璃基板的第二部分210分离的玻璃基板的第一部分220的形状和边界。径向穿孔裂缝410可为平面的或非平面的。平面径向穿孔裂缝沿着玻璃基板的给定平面而延伸,且非平面径向穿孔裂缝沿着穿过玻璃基板的厚度的多个平面而延伸。

[0116] 径向穿孔裂缝损伤的量可能影响在热下垂处理期间玻璃基板的第一部分220的分离时机。甚至在热下垂处理之前,更深的径向穿孔裂缝将导致分离。太小的径向穿孔裂缝将根本不会分离。优化径向穿孔裂缝损伤的关键在于在热下垂处理的正确时间处延长径向裂缝。

[0117] 图5A至图5C示出了具有变化的穿孔130的深度D的玻璃基板110的横截面图500。穿孔130延伸到玻璃基板110的内部并具有与激光束的横截面形状(通常为圆形)一致的横截面形状。在一些实施方式中,穿孔130是“通孔”,其是从玻璃基板110的顶部延伸到底部的孔或开放通道,如图5C所示。在一些实施方式中,穿孔可能不是连续开放的通道,且可包括通过激光束从玻璃基板材料逐出到不同深度的固体材料的部分,如图5A和图5B所示。

[0118] 在一些实施方式中,缺陷线或穿孔130进入玻璃基板的内部的深度(D)为玻璃基板的总厚度的0.1%,玻璃基板的总厚度的5%,玻璃基板的总厚度的10%,玻璃基板的总厚度的20%,玻璃基板的总厚度的40%,玻璃基板的总厚度的60%,玻璃基板的总厚度的80%,玻璃基板的总厚度的100%,或具有任何这两个值作为端点的任何范围。

[0119] 图6A至图6C示出沿着示例性矩形轮廓120的圆形(示例性)穿孔的间距(P)的各种排列。沿着轮廓120分离玻璃基板的第一部分的容易性和时机还可由穿孔的间距(P)确定。

[0120] 在一些实施方式中,穿孔130的间距(P)可为优化的距离632,如图6A所示。

[0121] 在一些实施方式中,穿孔130的间距(P)可更大634,如图6B所示。较大的间距634可能会延迟分离,或由于裂缝不能传播并连接以形成连结420,所以根本不会发生分离。

[0122] 在一些实施方式中,穿孔130的间距(P)可更小636,如图6C所示。较小的间距634可能导致在热下垂处理之前发生分离,由于来自两个相邻穿孔的穿孔裂缝可能容易地连结而形成可能发生分离的结构缺陷的连续路径。

[0123] 在一些实施方式中,穿孔130或非圆形穿孔132的间距(P)为0.25 μm 、0.5 μm 、1 μm 、2 μm 、3 μm 、4 μm 、5 μm 、7 μm 、10 μm 、15 μm 、20 μm 、30 μm 、50 μm 、100 μm ,或具有任何这两个值作为端点的任何范围。

[0124] 在一些实施方式中,沿着轮廓的方向,在穿孔130或非圆形穿孔132的圆周上的两个最近点之间的分离距离(d)或空间是0.1 μm 、0.25 μm 、0.5 μm 、1 μm 、2 μm 、3 μm 、4 μm 、5 μm 、7 μm 、10 μm 、15 μm 、20 μm 、30 μm 、50 μm ,或具有任何这两个值作为端点的任何范围。

[0125] 在一些实施方式中,分隔距离(d)在1 μm 至3 μm 、3 μm 至4 μm 、4 μm 至6 μm 、6 μm 至8 μm 、8 μm 至10 μm 、10 μm 至15 μm 的范围中。

[0126] 在一些实施方式中,穿孔尺寸(L)或穿孔130的平均直径为 $0.1\mu\text{m}$ 、 $0.2\mu\text{m}$ 、 $0.5\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m}$ 、 $2\mu\text{m}$ 、 $5\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 、 $20\mu\text{m}$ 、 $30\mu\text{m}$ 、 $40\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$ 、 $100\mu\text{m}$ 、或具有任何这两个值作为端点的任何范围。

[0127] 在一些实施方式中,玻璃基板的第一部分的形状为圆形、椭圆形、矩形、三角形或其组合。

[0128] 在一些实施方式中,穿孔具有非圆形横截面132和间距638,如图6D所示。非圆形横截面还可包括卵形、椭圆长方形、椭圆形、三角形、矩形或它们的任何组合。

[0129] 在一些实施方式中,轮廓120可由变化的横截面、间距、分离距离和穿孔尺寸,或其组合的一系列穿孔形成,以产生玻璃基板的第一部分220的期望3D形状。

[0130] 图7A示出了放置在非平面模具750上的激光穿孔玻璃基板710和牺牲玻璃基板710的组件的横截面图。还描绘了在形成轮廓120的母体玻璃基板上的激光穿孔的横截面视图。

[0131] 在一些实施方式中,玻璃基板710设置在牺牲玻璃基板720上。牺牲玻璃基板720优选地与玻璃基板710具有相同的尺寸和相同的材料,以最小化或消除在热下垂或冷却处理步骤期间由于热膨胀系数不匹配而产生的应力。

[0132] 在一些实施方式中,玻璃基板710可在设置在牺牲玻璃基板720上之前被激光穿孔。牺牲玻璃基板720和激光穿孔玻璃基板710可在放入模具中之前组装。或者,可在将牺牲玻璃基板720放置在模具750中之后,将穿孔玻璃基板710设置在牺牲玻璃基板720上。

[0133] 在一些实施方式中,玻璃基板710可在设置在牺牲玻璃基板720上之后但在放入模具750之前被激光穿孔。可调整激光穿孔处理参数以控制穿孔深度D,使得牺牲层玻璃基板720不会被激光束损坏或烧蚀,同时在母体玻璃基板710中实现期望的穿孔深度D。

[0134] 在一些实施方式中,牺牲玻璃基板720和玻璃基板710的组件被加热到使得玻璃基板和牺牲玻璃基板中的玻璃材料的黏度为 10^7 泊, 10^8 泊, 10^9 泊, 10^{10} 泊, 10^{11} 泊, 10^{12} 泊, 10^{13} 泊,或具有任何这两个值作为端点的任何范围。可使用其他黏度。

[0135] 在一些实施方式中,玻璃基板和牺牲玻璃基板中的玻璃材料的黏度在 10^8 至 10^{12} 泊的范围中。

[0136] 图7B示出将激光穿孔玻璃基板710和牺牲玻璃基板720的组件热下垂,且在与玻璃基板710分离之后,将类似于玻璃基板的第一部分220的块730拉离模具750。

[0137] 牺牲玻璃基板的使用具有几个优点,其中一些列在下面:

[0138] i. 防止玻璃基板的第一部分过早脱落。

[0139] ii. 充当支撑结构以避免母体玻璃基板的优先扭结。

[0140] iii. 强化模具的寿命,模具的更换或重新修整可能会很昂贵。

[0141] iv. 保护模具表面免受生成的碎屑影响。

[0142] v. 保留模具的原始表面以避免最终产品的结构和表面缺陷。

[0143] 图8A示出了直接放置在模具750上而没有牺牲玻璃基板的玻璃基板710的横截面图800。图8B示出了将玻璃基板710热下垂到模具750中,并在从玻璃基板710分离之后将块730拉离模具750。

[0144] 在一些实施方式中,玻璃基板的第一部分220在热成形期间与玻璃基板的第二部分210分离。在两个相邻穿孔130之间的分离距离(d)可能会影响玻璃基板的第一部分220与玻璃基板的第二部分210的分离。如果分离距离(d)太小,通常 $<3\mu\text{m}$,即使在热下垂之前也可

能发生分离。另一方面,如果分离距离(d)太大,通常 $>6\mu\text{m}$,则分离可能花费太长时间或根本不会发生。分离距离(d)的最佳范围通常为 $4\text{--}6\mu\text{m}$,其中分离可能在热下垂处理开始时发生。

[0145] 在一些实施方式中,通过施加压力,玻璃基板的第一部分220与玻璃基板的第二部分210分离。施加压力由压力施加装置完成。施加以分离玻璃基板的第一部分220与玻璃基板的第二部分210分离的压力可为正压或负压。在一些实施方式中,用于将玻璃基板的第一部分220与玻璃基板的第二部分210分离的压力可通过推动或拉动来施加。

[0146] 在一些实施方式中,将玻璃基板的第一部分220与玻璃基板的第二部分210分离包含将玻璃基板的第一部分220(类似于块730)拉离模具750,如图8B所示。

[0147] 在一些实施方式中将块730(类似于玻璃基板的第一部分220)拉离模具可通过抽吸装置来完成。抽吸装置可为利用真空产生抽吸的装置。真空可通过机械的机制、电池操作的机制、电子的机制或它们的任何组合来产生。在一些实施方式中,抽吸装置在与玻璃基板的第一部分接触的一端处具有吸盘或尖端。在真空下,通过抽吸或在抽吸装置的尖端与玻璃基板的第一部分之间的负压来保持块730。

[0148] 在一些实施方式中,将玻璃基板的第一部分与玻璃基板的第二部分分离包含将玻璃基板的第一部分拉入单凹槽模具950中的凹槽940中,如图9的图式900所示。为了说明的清楚,虚线区域以放大的图式表示。模具950可具有一部分切口以产生凹槽940,使得块730(类似于玻璃基板的第一部分)可在从玻璃基板710分离之后被拉入凹槽940中。

[0149] 在一些实施方式中,通过将玻璃基板的第一部分推离模具而将玻璃基板的第一部分与玻璃基板的第二部分分离。

[0150] 图10A示出了具有布置成矩形形状的多个凹槽1040的示例性多凹槽模具1050的顶视图1000。图10B中示出沿着1-1'平面的模具1050的横截面图。

[0151] 图10B示出了从玻璃基板710的第二部分分离块730的“从模具推离”方法。模具可基于最终产品的设计而设计为具有单个凹槽(诸如单凹槽模具950),或多个凹槽(诸如多凹槽模具1050)。可使用在与玻璃基板中的开口230的位置对应的位置处具有凹槽的多凹槽模具1050来形成最终3D弯曲玻璃制品。

[0152] 在一些实施方式中,模具1050中的凹槽1040可被认为是可通过包括钻孔(drilling)、CNC处理、激光钻孔、钻孔(boring)或其他合适技术的各种方法产生的空腔。

[0153] 在一些实施方式中,可使用包括压力施加腔室1060和(多个)顶出销1070的压力施加装置1080将块730从模具1050推开以与玻璃基板710分离。

[0154] 在一些实施方式中,(多个)顶出销1070是可延伸且可缩回的。(多个)顶出销1070可在热下垂处理或热成形处理期间缩回。在将第一部分从玻璃基板710的第二部分分离之后,(多个)顶出销1070可延伸通过模具的厚度朝向玻璃基板,以推动块730远离模具1050。

[0155] 在一些实施方式中,压力施加装置1080的操作机制可为液压的、气动的、电子的、机械的或其组合。在一些实施方式中,压力施加装置1080是便携式独立单元或是电池操作或电力操作的手持单元。

[0156] 在一些实施方式中,(多个)顶出销1070可具有圆形、矩形、三角形横截面,或其组合。

[0157] 在一些实施方式中,(多个)顶出销1070可由选自金属、陶瓷、聚合物、玻璃(多个)或其组合的材料制成。

[0158] 图11A示出了将块730与玻璃基板710分离的“拉入模具中”方法。可经由真空腔室1160施加压力。在真空下,可在冷却处理期间通过拉入冷却模具1150中的凹槽1140中而将块730与玻璃基板710分离。真空可在冷却处理期间仅施加到块730,导致块730以比玻璃基板710的其余部分更快的速率冷却。差异冷却速率导致块730的尺寸收缩并变形成凹形,延伸径向穿孔裂缝,使得在相邻穿孔的穿孔裂缝之间形成连结。连结的穿孔裂缝可形成表示在玻璃基板710中的结构弱点的连续连结420,其允许沿着连结的穿孔裂缝的路径发生分离。

[0159] 在一些实施方式中,可在热下垂之前形成玻璃基板中的相邻穿孔的穿孔裂缝410之间的连结420。如果在热下垂之前形成的连接未导致可从玻璃基板的第二部分210干净地滑出的玻璃基板的第一部分220(类似于块730),在热下垂期间仍可能发生分离。例如,连结可能具有一些粗糙度,在热成形之前阻止分离。

[0160] 在一些实施方式中,真空腔室1160可为机械式、电子式、泵操作的,或电池操作的手持式真空装置。一旦块730被分离并被拉入冷却模具1150的凹槽1140中,则块730可被拉出模具。

[0161] 图11B示出了将玻璃基板的第一部分220与玻璃基板的第二部分210分离的“推入模具中”方法。压力施加腔室1060和顶出销1070也可用以将块730推到凹槽1140中。

[0162] 在一些实施方式中,玻璃基板的第一部分在从玻璃基板的第二部分分离之前被优先冷却以缩小尺寸。在玻璃基板的第一部分和第二部分之间的热梯度在玻璃基板中引起拉伸应力并强化裂缝传播。

[0163] 在一些实施方式中,优先冷却玻璃基板的第一部分的速率可能影响分离时机、容易性和最终产品中的结构缺陷。优先冷却块730的速率可为每分钟20℃,每分钟40℃,每分钟60℃,每分钟100℃,每分钟200℃,或具有任何这两个值作为端点的任何范围,或具有这些值作为下 endpoint 但没有上限的开放式范围。可使用其他速率。

[0164] 图12A至图12C示出了从玻璃基板710分离块730的“从模具中拉出”方法。图12A示出了与块730接触的冷却和压力施加装置1260。在一些实施方式中,冷却装置和压力施加装置是分离的装置,且可单独或结合使用以将块730与玻璃基板710分离。

[0165] 在一些实施方式中,优先地冷却玻璃基板的第一部分通过使第一部分与冷却装置接触来完成。压力施加装置也可用作冷却装置以冷却玻璃基板的第一部分。冷却和压力施加装置1260可为水冷或气冷真空装置。

[0166] 在一些实施方式中,冷却和压力施加装置1260与块730接触的尖端的尺寸小于块730的尺寸。

[0167] 在一些实施方式中,压力施加腔室1060(图式中未示出)可在其末端的相对端上附接到冷却和压力施加装置1260,以协助将块730拉离远离模具。

[0168] 图12B示出了被冷却和压力施加装置1260经由吸力而保持,同时被拉离模具1250的被分离块730。在一些实施方式中,冷却和压力施加装置1260可将块730推入在模具1250中的凹槽中(未示出)。

[0169] 在一些实施方式中,在分离块730之前,优先冷却支撑玻璃基板的第一部分的模具的区域。模具1250可通过使冷却剂再循环穿过模具的厚度而被优先冷却(未在图12A至图12C中示出)。再循环冷却剂可为液体、气体或溶剂、热交换流体或它们的任何组合。

[0170] 在一些实施方式中,冷空气流1280可经由冷却装置1270被引导到玻璃基板的第一部分。冷却装置1270可被保持在玻璃基板的第一部分(类似于块730)附近,以便优先冷却块730。在玻璃基板710的第一部分和第二部分之间的热梯度引起拉伸应力,导致穿孔裂缝410延伸,从而形成沿着轮廓连接裂缝的连结420,以导致块730与玻璃基板710完全分离。

[0171] 在一些实施方式中,一旦与玻璃基板710完全分离,压力施加装置或压力施加腔室可附接到冷却装置1270以推动或拉动玻璃基板的第一部分离开或进入模具1250中。

[0172] 图13示出了用于具有开口的3D玻璃制品的激光穿孔和热下垂处理的示例性处理流程图。执行以下步骤:

[0173] 步骤1310:用激光沿轮廓120穿孔玻璃基板110;

[0174] 步骤1320:在穿孔之后,用模具750将玻璃基板热成形为非平面形状;及

[0175] 步骤1330:沿着轮廓120将玻璃基板的第一部分220与玻璃基板的第二部分210分离。

[0176] 在一些实施方式中,沿轮廓120穿孔玻璃基板110将玻璃基板的第一部分220与玻璃基板的第二部分210分离或描绘出。

[0177] 在一些实施方式中,沿轮廓120将玻璃基板的第一部分220与玻璃基板的第二部分210分离可在利用模具750将玻璃基板热成形为非平面形状之前,期间或之后发生。图13示出作为示例的处理流程图,其中在将玻璃基板热成形为非平面形状之后执行从玻璃基板的第二部分分离第一部分。

[0178] 在一些实施方式中,不需要且不执行相对于玻璃基板的第二部分210而优先冷却玻璃基板的第一部分220。例如,在热成形之后发生在玻璃基板冷却之后发生的温度变化足以导致玻璃基板的第一部分220相对于玻璃基板的第二部分210的分离。

[0179] 图14是根据一个或多个实施方式的具有运载工具内部系统的运载工具内部的透视图。

[0180] 图14示出了包括运载工具内部系统1420、1440、1460的三个不同实施方式的示例性运载工具内部1400。运载工具内部系统1420包括中央控制台底座1422,中央控制台底座1422具有弯曲表面1424,弯曲表面1424包括弯曲显示器1426。运载工具内部系统1440包括仪表板底座1442,仪表板底座1442具有弯曲表面1444,弯曲表面1444包括弯曲显示器1446。仪表板底座1442通常包括仪表板1448,仪表板1448还可包括弯曲显示器。运载工具内部系统1460包括仪表板方向盘底座1462,仪表板方向盘底座1462具有弯曲表面1464和弯曲显示器1466。在一个或多个实施方式中,运载工具内部系统可包括底座,底座是扶手、中柱、座椅靠背、地板、头枕、门板或包括弯曲表面的运载工具的内部的任何部分。

[0181] 于此描述的弯曲显示器的实施方式可在运载工具内部系统1420、1440和1460的每一个中可互换地使用。

[0182] 本公开的方面(1)涉及一种形成玻璃制品的方法,方法包含以下步骤:用形成多个穿孔的激光沿轮廓穿孔玻璃基板,使得轮廓将玻璃基板的第一部分与玻璃基板的第二部分分离;在穿孔之后:利用模具将玻璃基板热成形为非平面形状;及将玻璃基板的第一部分与玻璃基板的第二部分分离。

[0183] 本公开的方面(2)涉及如方面(1)所述的方法,其中在分离第一部分之后,轮廓在玻璃制品中形成开口。

[0184] 本公开的方面(3)涉及如方面(1)或方面(2)所述的方法,进一步包含:在分离之前,通过优先冷却第一部分而使玻璃基板的第一部分相对于玻璃基板的第二部分收缩。

[0185] 本公开的方面(4)涉及如方面(3)所述的方法,其中优先冷却第一部分包含使第一部分与冷却装置接触。

[0186] 本公开的方面(5)涉及如方面(3)或方面(4)所述的方法,其中优先冷却第一部分包含在第一部分处引导冷空气。

[0187] 本公开的方面(6)涉及如方面(1)或方面(2)所述的方法,其中分离包含在将玻璃基板的第一部分与玻璃基板的第二部分分离期间施加压力。

[0188] 本公开的方面(7)涉及如方面(6)所述的方法,其中施加压力用压力施加装置完成,且压力施加装置优先冷却第一部分。

[0189] 本公开的方面(8)涉及如方面(6)或方面(7)所述的方法,其中通过拉动施加压力。

[0190] 本公开的方面(9)涉及如方面(6)或方面(7)所述的方法,其中通过推动施加压力。

[0191] 本公开的方面(10)涉及如方面(1)或方面(2)所述的方法,其中将玻璃基板的第一部分与玻璃基板的第二部分分离包含将玻璃基板的第一部分拉离模具。

[0192] 本公开的方面(11)涉及如方面(10)所述的方法,其中将玻璃基板的第一部分拉离模具用抽吸装置完成。

[0193] 本公开的方面(12)涉及如方面(1)或方面(2)所述的方法,其中将玻璃基板的第一部分与玻璃基板的第二部分分离包含将玻璃基板的第一部分拉入模具中的凹槽中。

[0194] 本公开的方面(13)涉及如方面(1)至(5)中任一方面所述的方法,其中在热成形期间将玻璃基板的第一部分与玻璃基板的第二部分分离。

[0195] 本公开的方面(14)涉及如方面(1)至(13)中任一方面所述的方法,进一步包含:在热成形之后将玻璃基板的第一部分与玻璃基板的第二部分分离。

[0196] 本公开的方面(15)涉及如方面(1)至(14)中任一方面所述的方法,其中玻璃基板在穿孔期间是平坦的。

[0197] 本公开的方面(16)涉及如方面(1)至(15)中任一方面所述的方法,其中将玻璃基板热成形包含:通过将玻璃基板加热到玻璃基板在其自重下下垂的温度而将玻璃基板热下垂到模具中。

[0198] 本公开的方面(17)涉及如方面(1)至(16)中任一方面所述的方法,进一步包含:在热成形之前将玻璃基板设置在牺牲玻璃基板上;利用模具将玻璃基板和牺牲玻璃基板热成形为非平面形状;将玻璃基板的第一部分与玻璃基板的第二部分分离;及将玻璃基板与牺牲玻璃基板分离。

[0199] 本公开的方面(18)涉及如方面(1)至(17)中任一方面所述的方法,其中在两个相邻穿孔之间的间隔从 $1\mu\text{m}$ 到 $10\mu\text{m}$ 。

[0200] 本公开的方面(19)涉及如方面(1)至(18)中任一方面所述的方法,其中玻璃基板的第一部分的形状从由圆形、卵形、矩形和三角形组成的群组中选择。

[0201] 本公开的方面(20)涉及如方面(1)至(19)中任一方面所述的方法,其中玻璃基板具有 $50\mu\text{m}$ 到 2mm 的厚度。

[0202] 本公开的方面(21)涉及如方面(1)至(20)中任一方面所述的方法,其中穿孔的深度是玻璃基板的厚度的5%到100%。

[0203] 本公开的方面 (22) 涉及如方面 (1) 至 (21) 中任一方面所述的方法, 其中激光是微微秒激光。

[0204] 本公开的方面 (23) 涉及一种制品, 制品通过包含以下步骤的方法形成: 用形成多个穿孔的激光沿轮廓穿孔玻璃基板, 使得轮廓将玻璃基板的第一部分与玻璃基板的第二部分分离; 在穿孔之后: 利用模具将玻璃基板热成形为非平面形状; 及将玻璃基板的第一部分与玻璃基板的第二部分分离。

[0205] 本公开的方面 (24) 涉及一种运载工具内部系统, 包含: 包括弯曲表面的底座; 及设置在弯曲表面上的如权利要求 23 所述的制品。

[0206] 本公开的方面 (25) 涉及如方面 (24) 所述的运载工具内部系统, 其中在第一部分分离之后, 轮廓在玻璃基板中形成开口, 且弯曲表面包含可经由开口接取的按钮、旋钮和通风口的任一者。

[0207] 本公开的方面 (26) 涉及如方面 (24) 或方面 (25) 所述的运载工具内部系统, 其中底座进一步包含显示器。

[0208] 本公开的方面 (27) 涉及如方面 (26) 所述的运载工具内部系统, 其中显示器经由开口为可见的。

[0209] 本公开的方面 (28) 涉及如方面 (26) 所述的运载工具内部系统, 其中显示器经由第二部分为可见的。

[0210] 本公开的方面 (29) 涉及如方面 (24) 至 (28) 中任一方面所述的运载工具内部系统, 其中运载工具是自动车、航海器和飞行器的任何一个。

[0211] 于此参考附随的图式中所示的实施方式详细描述本公开的实施方式, 其中类似的元件符号用以表示相同或功能相似的元件。对“一个实施方式”、“实施方式”、“一些实施方式”、“在某些实施方式中”等的引用指示所描述的实施方式可包括特定的特征、结构或特性, 但是每个实施方式可能不一定包括特定的特征、结构或特性。而且, 此类片语不一定是指相同的实施方式。此外, 当结合实施方式描述特定特征、结构或特性时, 无论有没有明确描述, 认为结合其它实施方式影响这种特征、结构或特性是熟悉本领域者的知识内。

[0212] 于此列举的数值范围包括上限值和下限值, 除非在特定情况下另有说明, 否则范围意欲包括其端点及所述范围内的所有整数和分数。当界定范围时, 权利要求的范围不限于所列举的特定值。此外, 当数量、浓度或其他值或参数给定为一个范围、一个或多个优选范围, 或优选上限值和优选下限值的列表时, 应所述理解为具体公开了由任何范围上限或优选值及任何范围下限或优选值的任何对所形成的范围, 不管这些对是否被单独公开。最后, 当用词“约”用于描述范围的值或端点时, 应理解公开内容包括所提及的具体值或端点。无论范围的数值或端点是否记载“约”, 范围的数值或端点都意欲包括两个实施方式: 一个由“约”修饰者, 另一个未由“约”修饰者。

[0213] 如于此所用, 用词“约”意指量、尺寸、配方、参数和其它数量和特性不是且不必是精确的, 但是可根据需要而为大约及/或更大或更小、反映公差、转换因子、四舍五入、测量误差及类似者及熟悉本领域者已知的其他因素。

[0214] 如于此所使用的, “包含”是开放式过渡片语。过渡片语“包含”之后的元件列表是非排他性列表, 使得除了列表中具体列举的元件之外的元件也可存在。

[0215] 如于此所使用的用词“或”是包含性的; 更具体而言, 片语“A或B”意指“A, B, 或A和B

两者”。例如，排他性的“或”于此通过诸如“A或B任一者”和“A或B之一者”的用词来指定。

[0216] 用以描述元件或部件的不定冠词“一 (a)”和“一 (an)”意味着存在这些元件或部件中的一个或至少一个。尽管这些冠词通常被采用来表示修饰后的名词是单数名词，但是除非在特定情况下另外说明，否则于此使用的冠词“一 (a)”和“一 (an)”也包括复数。类似地，于此所用的定冠词“所述 (the)”也表示修饰后的名词可为单数或复数，再次地，除非在特定情况中另有说明。

[0217] 用词“其中”被用作开放式过渡片语，以引入结构的一系列特征的叙述。

[0218] 这些示例是对本公开的说明，但不是限制。在本领域中通常遇到且对熟悉本领域者显而易见的各种条件和参数的其它合适的修改和适应落在本公开的精神和范围中。

[0219] 尽管于此已经描述了各种实施方式，但是它们仅以举例方式呈现，而不是限制。基于于此呈现的教导和指导，显而易见的是，适应和修改意在落于所公开的实施方式的等效元件的含义和范围中。因此，对于熟悉本领域者来说显而易见的是，在不背离本公开的精神和范围的情况下，可对于此公开的实施方式进行形式和细节上的各种改变。于此呈现的实施方式的元件不一定相互排斥，而是可互换以满足熟悉本领域者将理解的各种需求。

[0220] 将理解于此使用的片语或用词是为了描述的目的而不是限制的目的。本公开的广度和范围不应受任何上述示例性实施方式限制，而应仅根据以下的申请专利范围及其等效元件来界定。

100

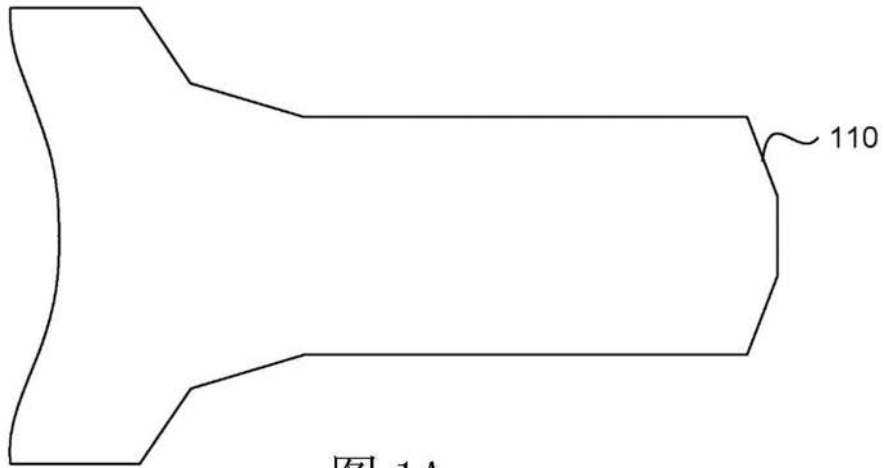


图 1A

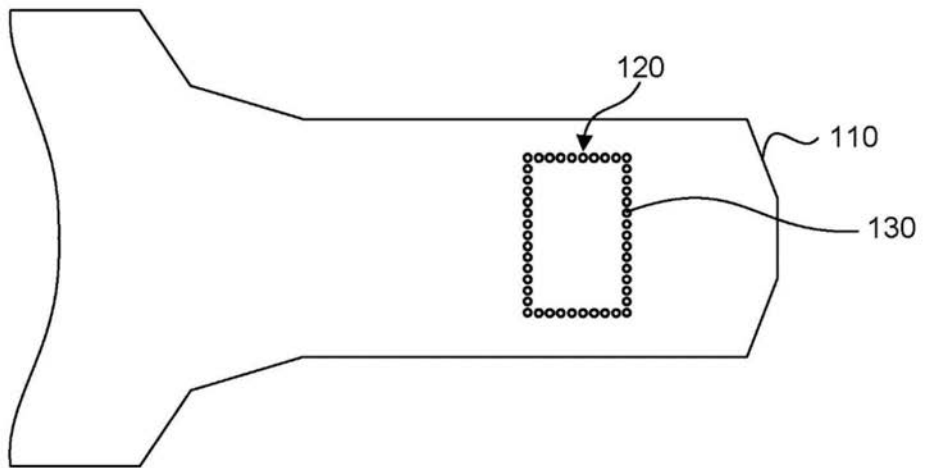


图 1B

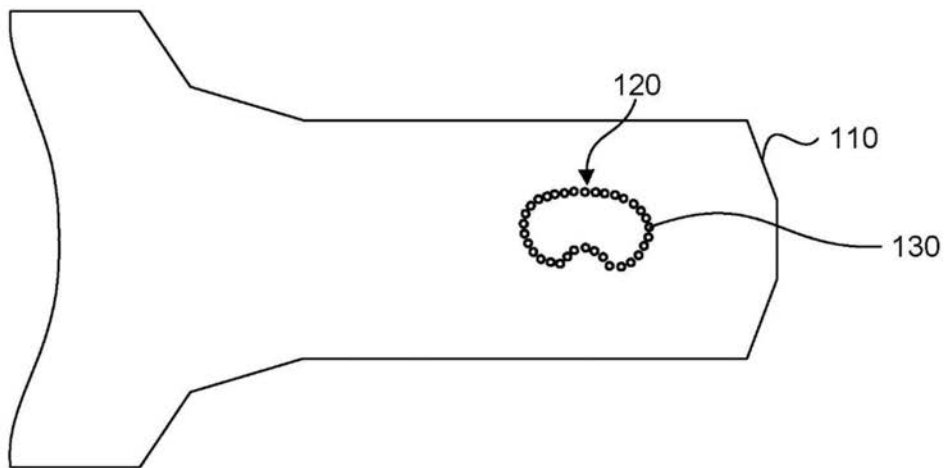


图 1C

200

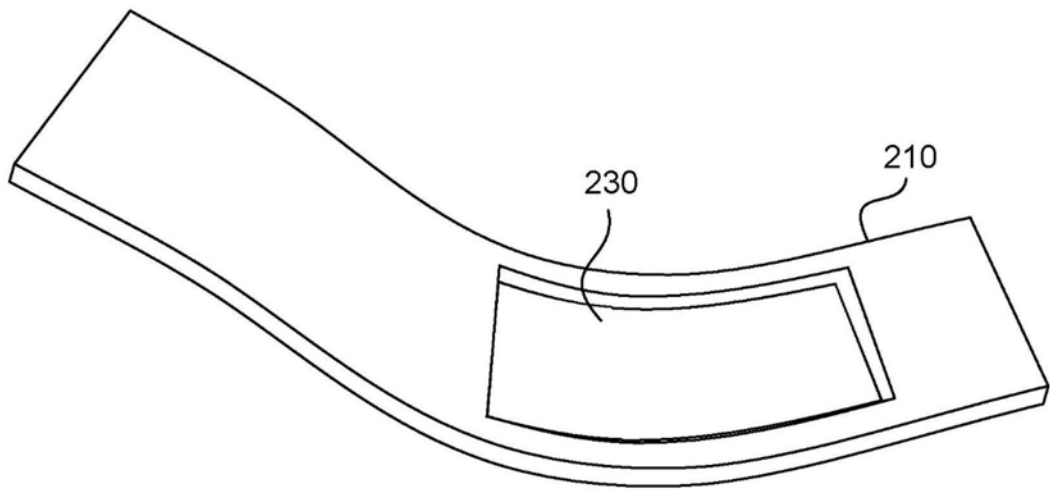


图 2A

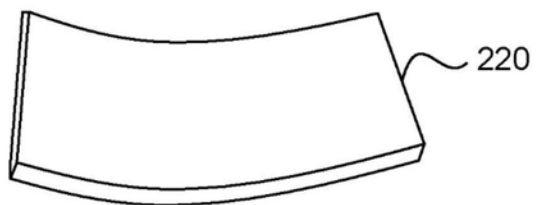


图 2B

300

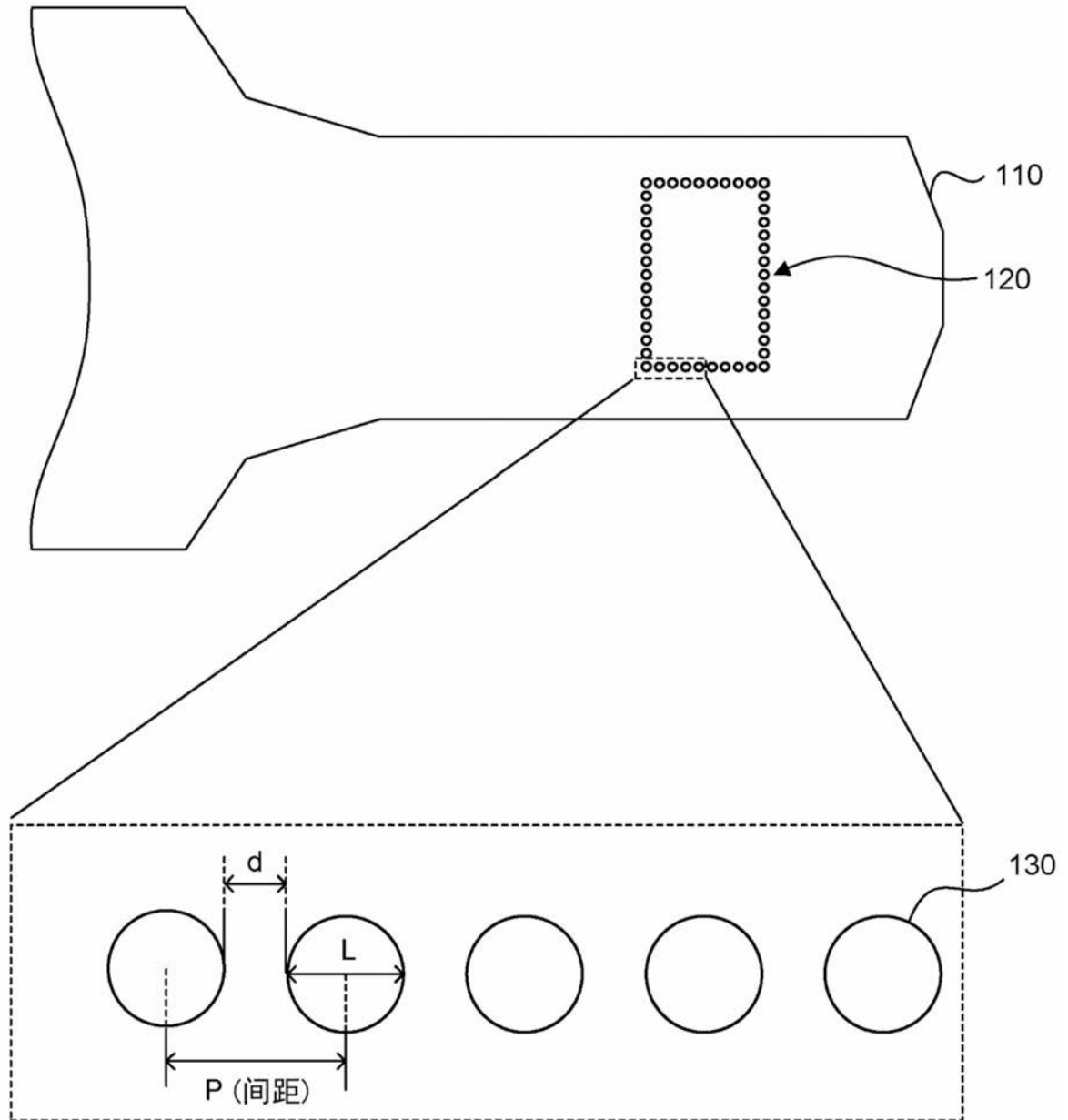


图3

400

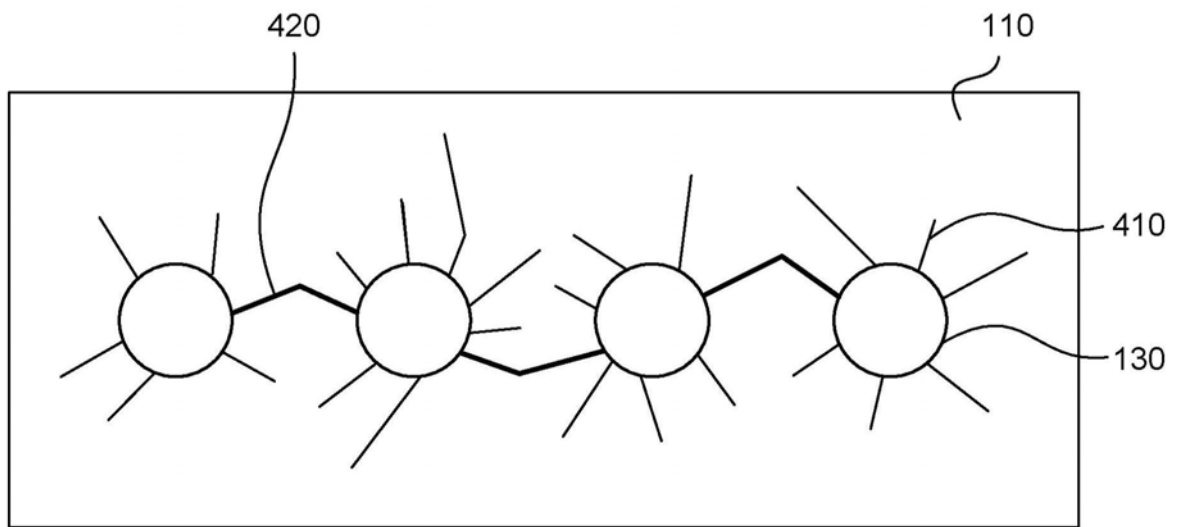


图4

500

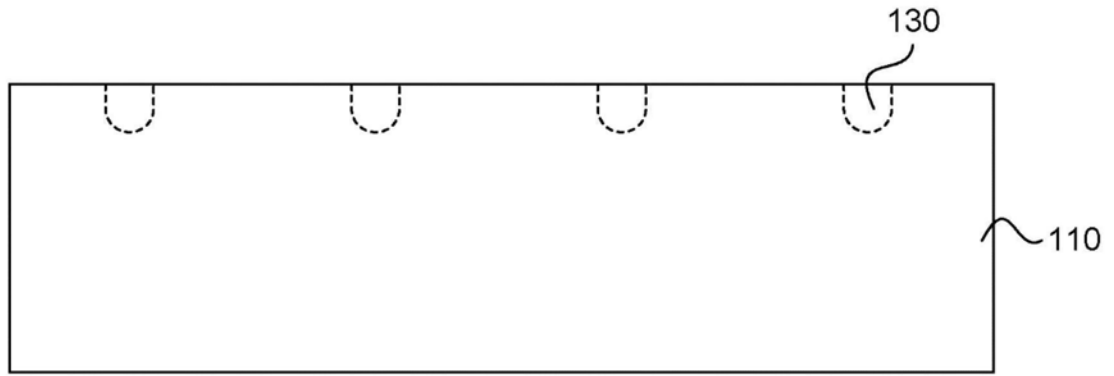


图 5A

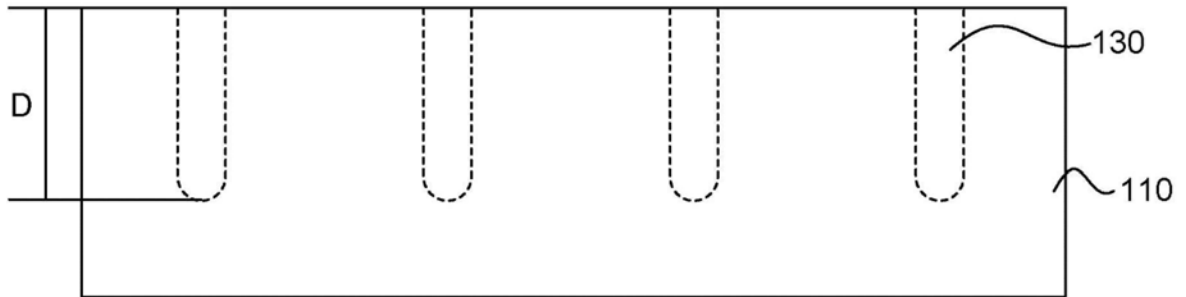


图 5B

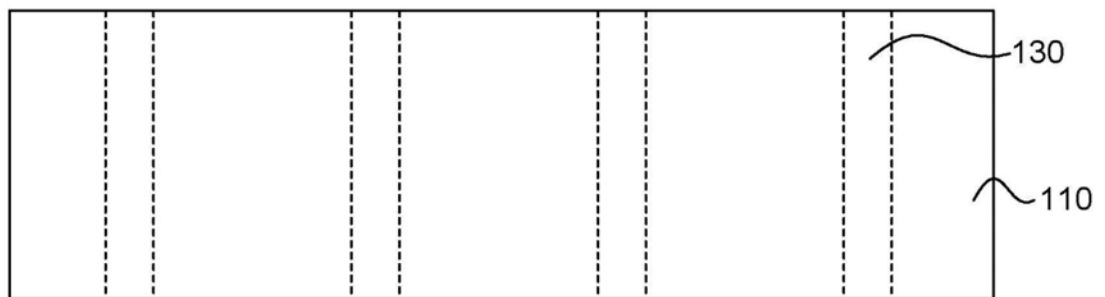


图 5C

600

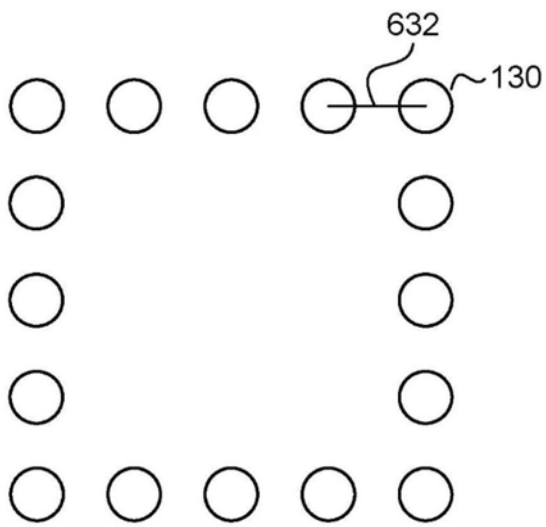


图 6A

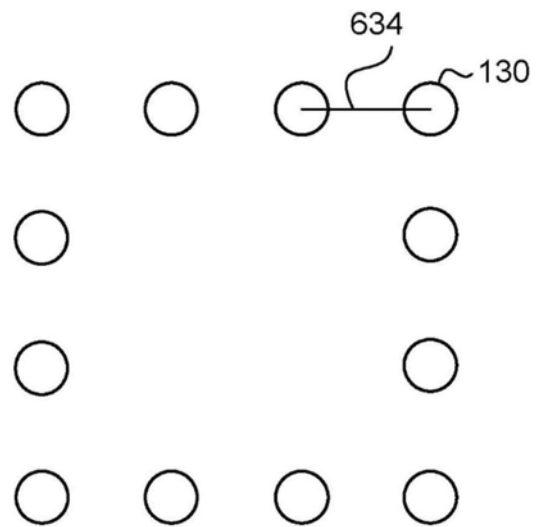


图 6B

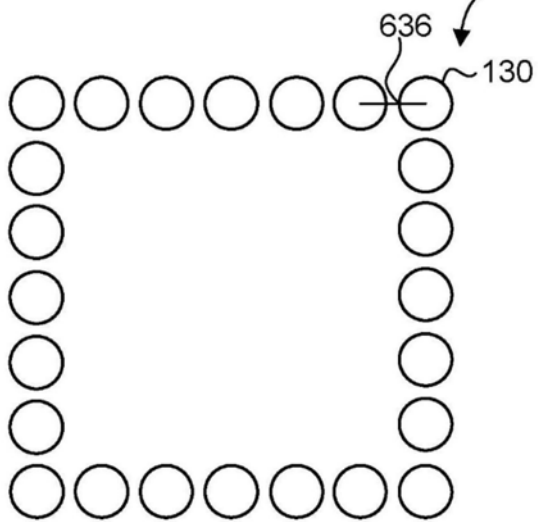


图 6C

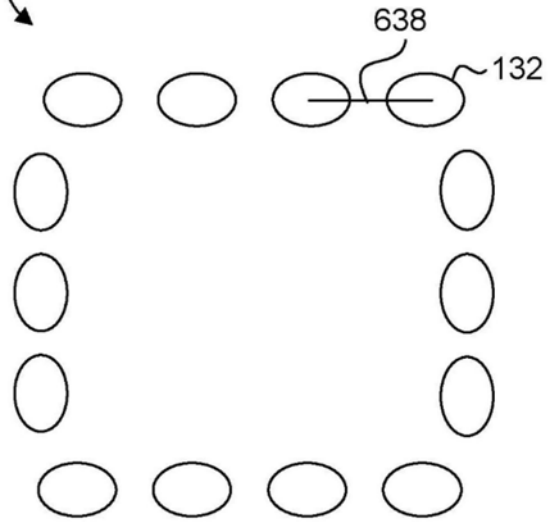


图 6D

700

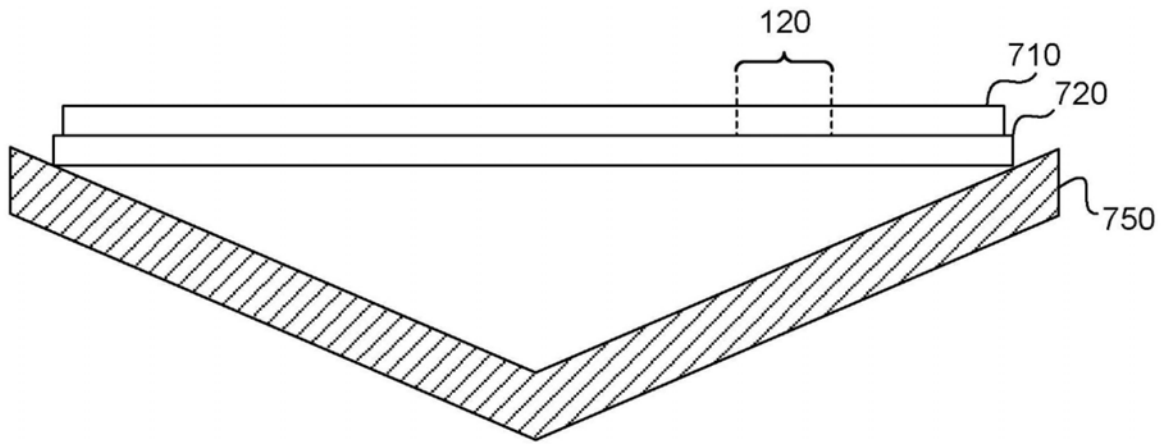


图 7A

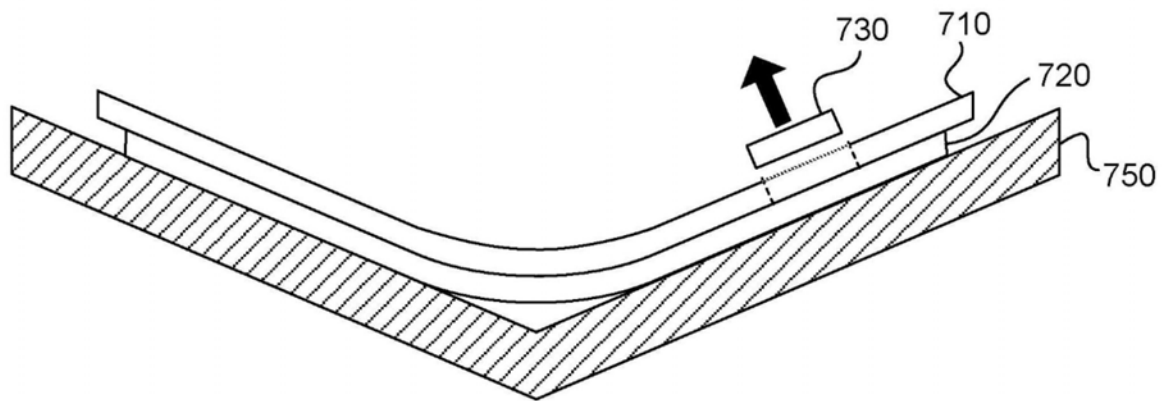


图 7B

800

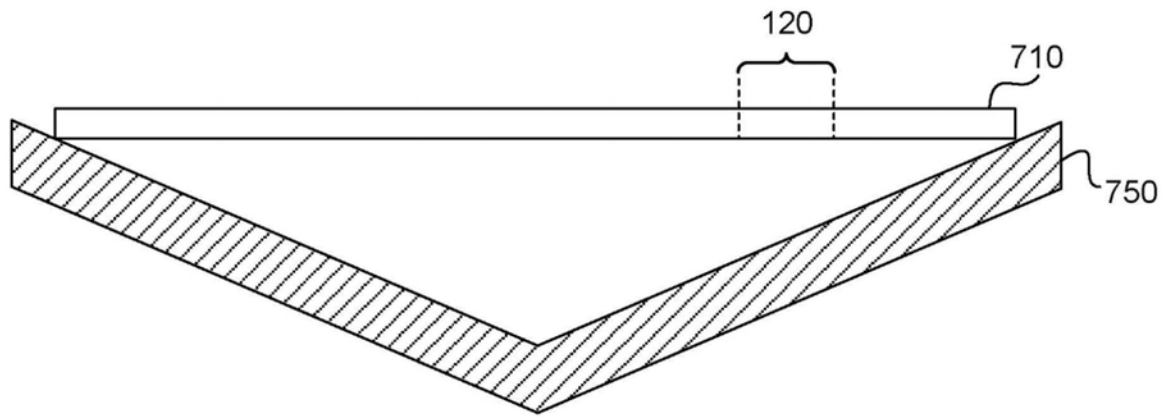


图 8A

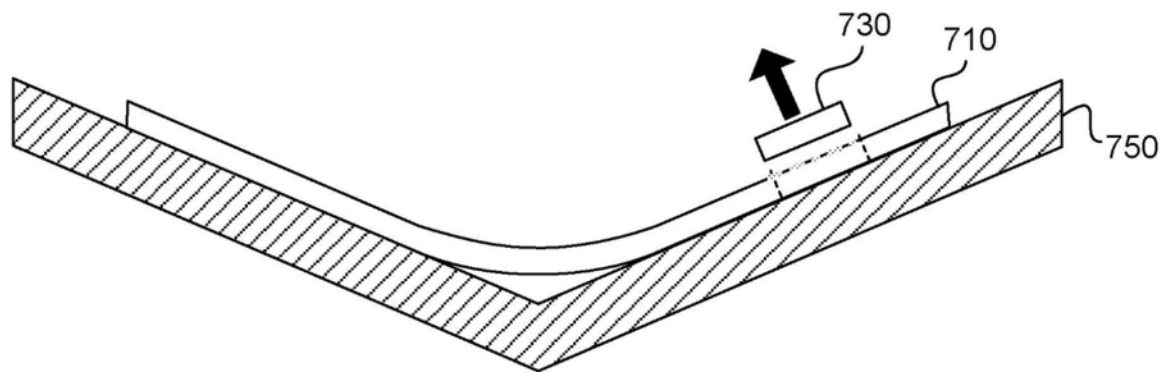


图 8B

900

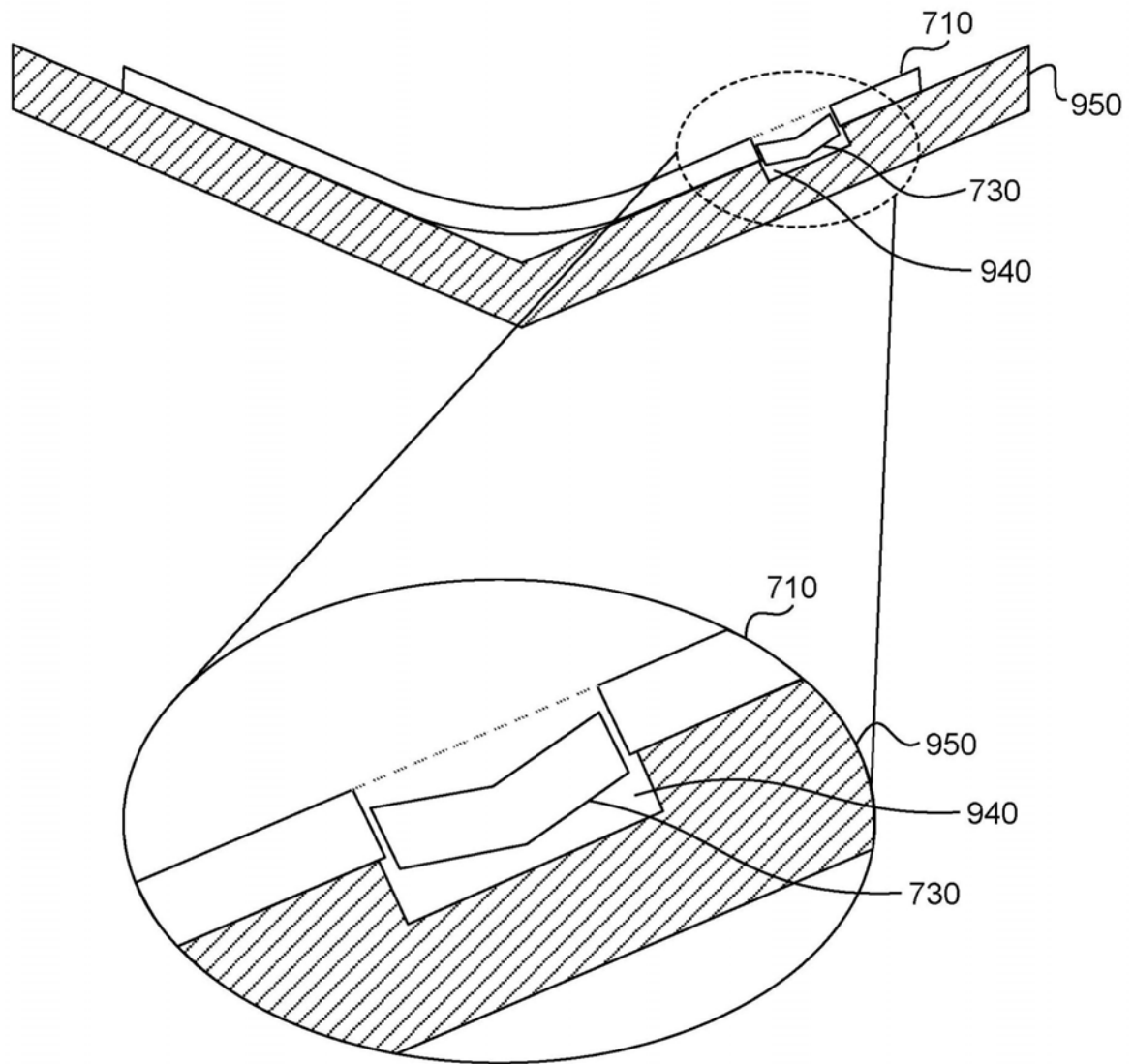


图9

1000

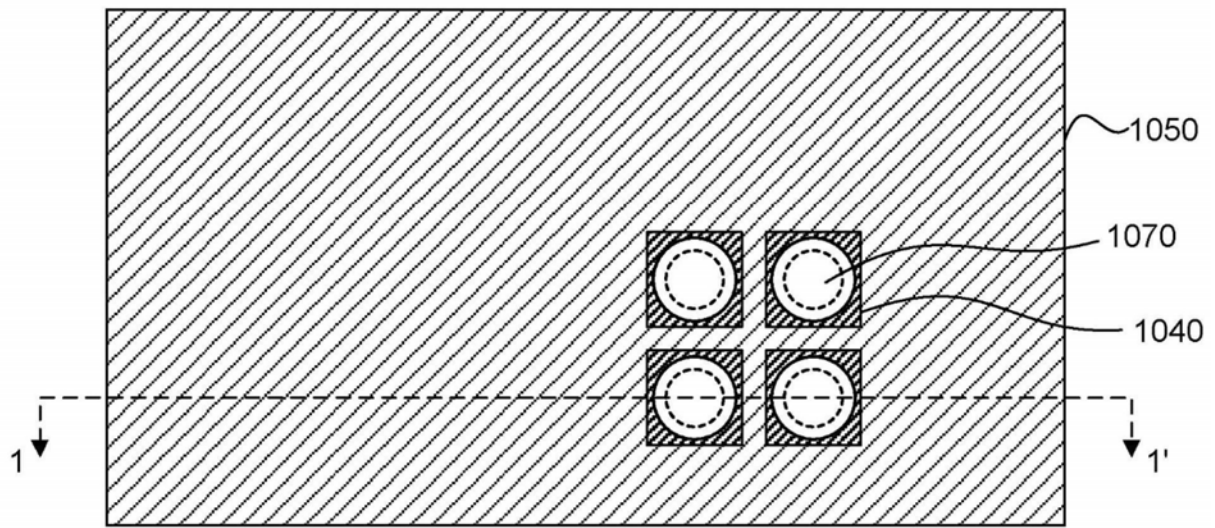


图 10A

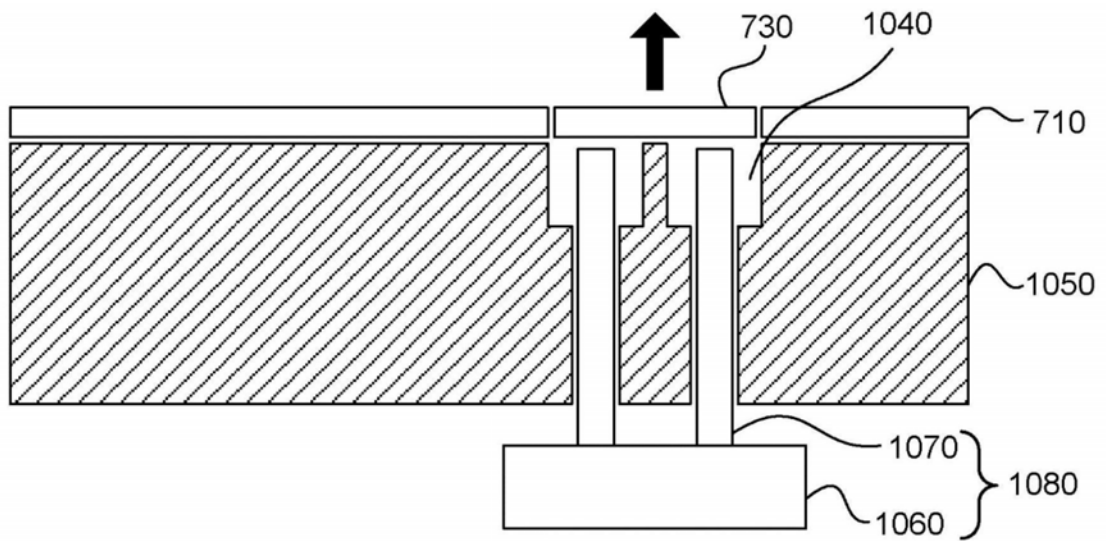


图 10B

1100

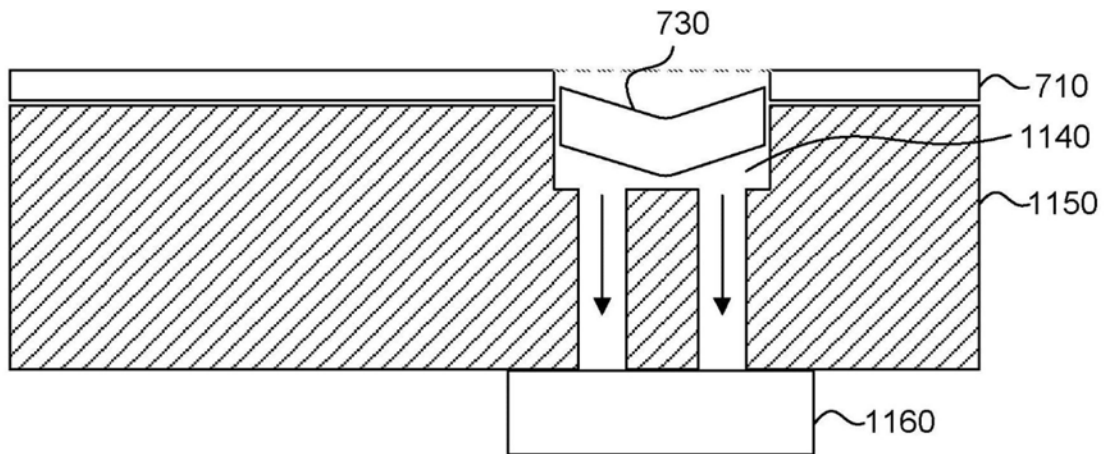


图 11A

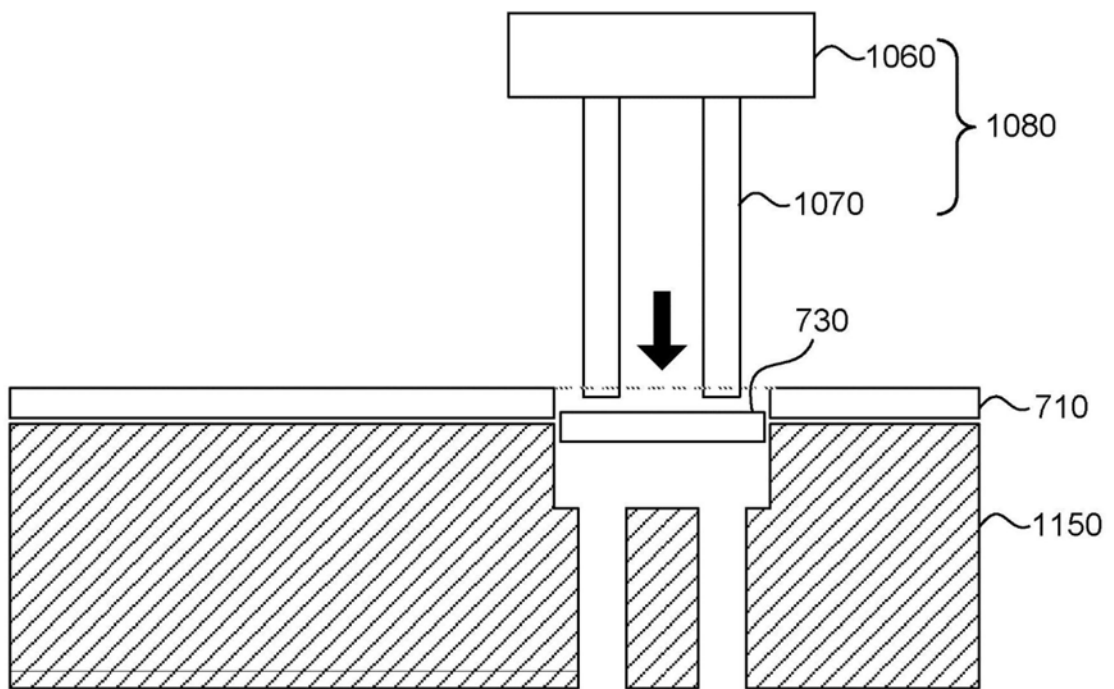


图 11B

1200

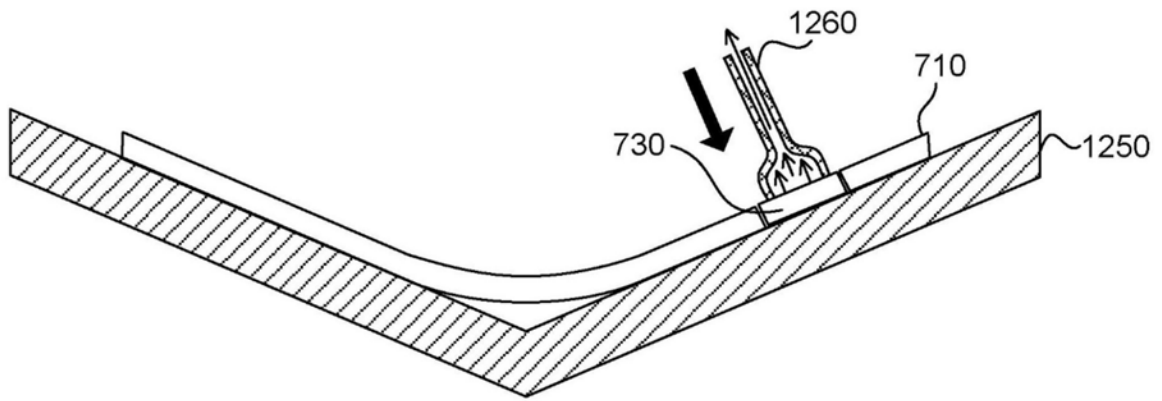


图 12A

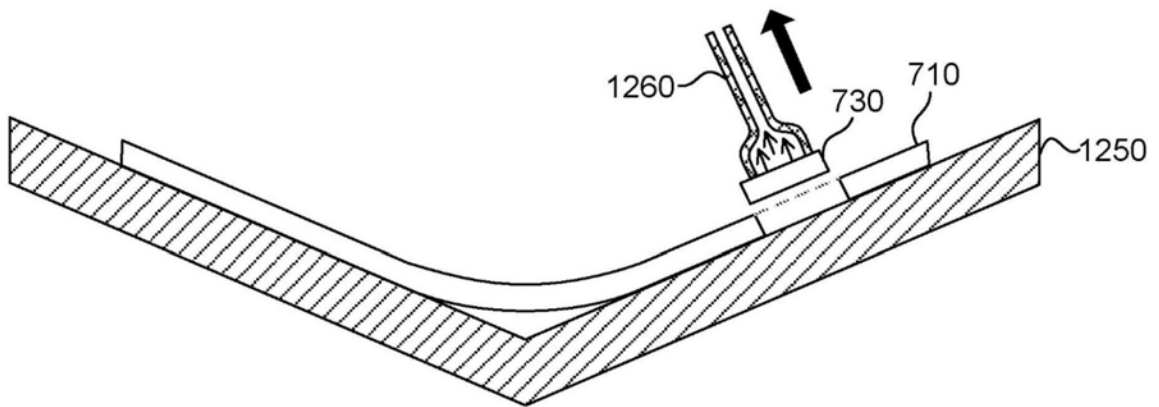


图 12B

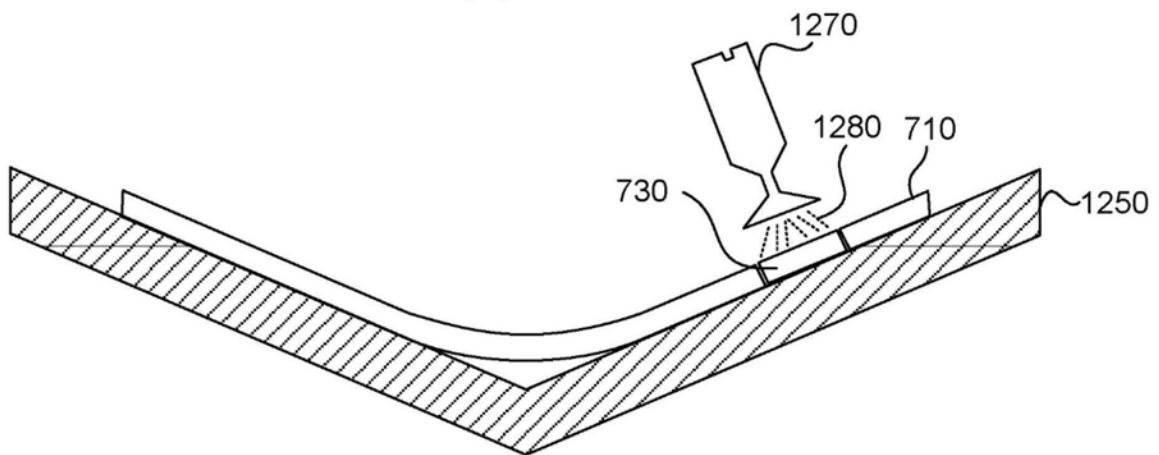


图 12C

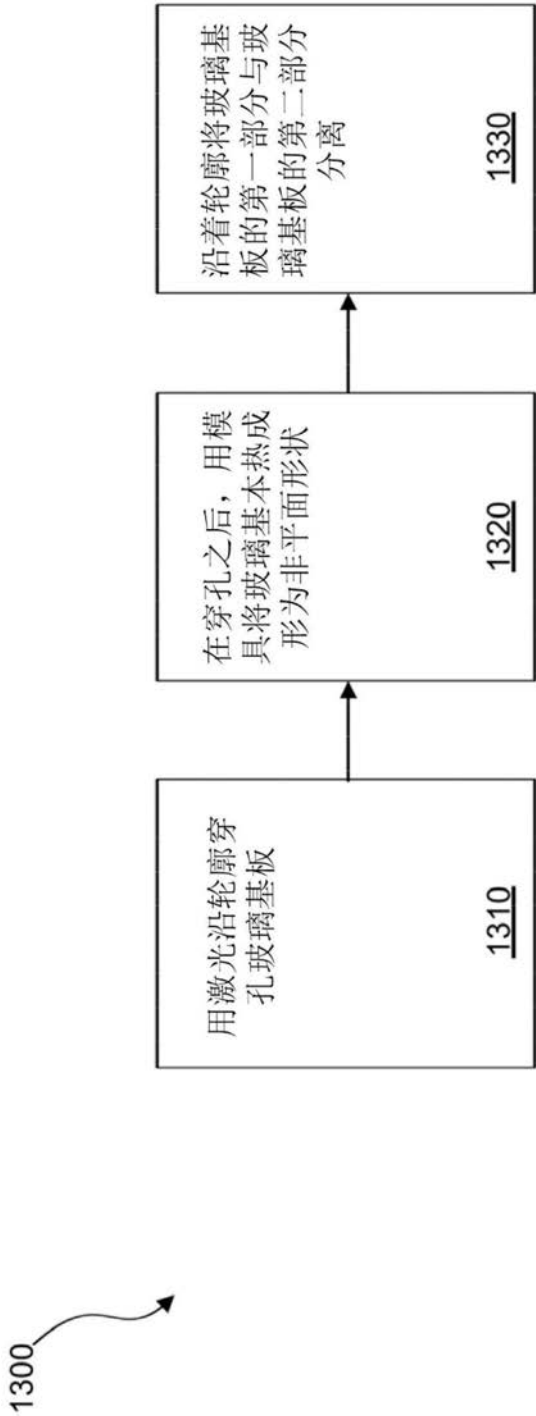


图13

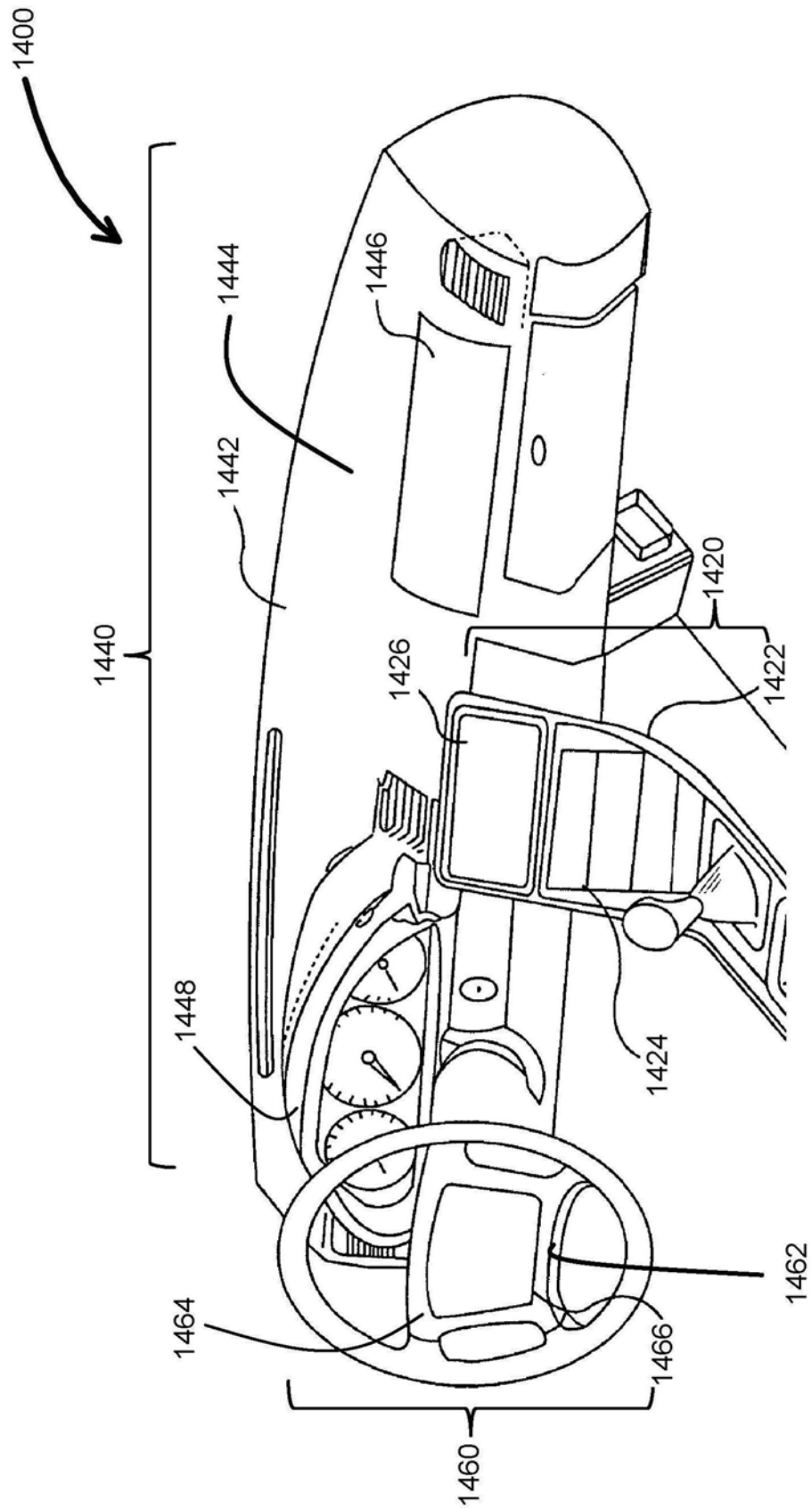


图14