(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104661974 B
(45)授权公告日 2018.07.03

(21)申请号 201380035076.1
(22)申请日 2013.05.17
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104661974 A
(43)申请公布日 2015.05.27
(30)优先权数据
13/477,391 2012.05.22 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.12.30
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2013/041591 2013.05.17
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2013/176987 EN 2013.11.28
(73)专利权人 康宁股份有限公司
地址 美国纽约州
(72)发明人 J·W·布朗 谢卓成
M·A·约瑟夫二世 白佳燕
(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100
代理人 项丹
(51)Int.Cl.
C03B 33/023(2006.01)
C03B 33/10(2006.01)
(56)对比文件
US 2011/0226832 A1,2011.09.22,
CN 101579854 A,2009.11.18,
TW 201127763 A1,2011.08.16,
审查员 张晓慧

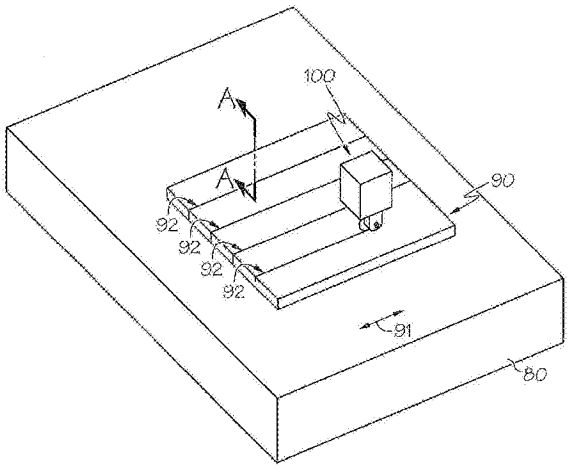
权利要求书2页 说明书9页 附图7页

(54)发明名称

通过机械划线分离强化的玻璃片的方法

(57)摘要

强化的玻璃片进行分离的方法，其包括：将锯齿状划线轮布置在距离玻璃片的第一边缘的间隔开的、并且从玻璃片的顶表面向下偏移的位置，其中所述玻璃片包括层深度DOL的表面压缩层和中心区域。所述方法还包括使得锯齿状划线轮以起始速度、以第一方向移动，使得锯齿状划线轮形成包括延伸进入表面压缩层的表面压痕的裂纹起始位点；将所述锯齿状划线轮以第一方向从起始速度加速至划线速度，以使得划线从玻璃片划刻延伸进入大于DOL的中间裂纹深度；以及在划线到达玻璃片的第二边缘之前，使得锯齿状划线轮以第一方向停下。



CN 104661974 B

1.一种分离强化的玻璃片的方法，该方法包括：

将锯齿状划线轮布置在距离玻璃片的第一边缘的间隔开的、并且从玻璃片的顶表面向下偏移的位置，其中所述玻璃片是离子交换玻璃片，其具有处于压缩应力的第一强化表面层和第二强化表面层以及位于所述第一强化表面层和第二强化表面层之间的中心区域，并且所述第一强化表面层和第二强化表面层从离子交换玻璃片的表面延伸到层深度DOL，所述中心区域处于拉伸应力；

使得锯齿状划线轮以起始速度、以第一方向移动，

以及在使得锯齿状划线轮移动进入玻璃片的第一边缘之后，使得锯齿状划线轮以垂直方向向上移动，从而使得锯齿状划线轮的接触表面接触强化玻璃片的顶表面，从而使得锯齿状划线轮形成包括延伸进入第一强化表面层的表面压痕的裂纹起始位点；

将所述锯齿状划线轮以第一方向从起始速度加速至划线速度，以使得划线从玻璃片划刻延伸进入中间裂纹深度，其中，中间裂纹深度大于DOL且小于脆性深度；

在划线到达玻璃片的第二边缘之前，使得锯齿状划线轮以第一方向停下；

将锯齿状划线轮布置在距离玻璃片的第三边缘的间隔开的、并且从玻璃片的顶表面向下偏移的位置；

使得锯齿状划线轮以横向切割起始速度、以与第一方向横向的第二方向移动，使得锯齿状划线轮形成包括延伸进入第一强化表面层的表面压痕的横向切割裂纹起始位点；以及

将所述锯齿状划线轮以第二方向从横向切割起始速度加速至横向切割划线速度，以使得横向切割划线从玻璃片划刻延伸进入横向切割中间裂纹深度，

其中，在玻璃片上的固定位置，在锯齿状划线轮移动离开所述固定位置之后的时间，划线生长通过中心区域，以及其中，在锯齿状划线轮移动离开固定位置之后，绕着所述固定位置的中心区域内的应力场释放，引发划线生长通过中心区域。

2.一种分离强化的玻璃片的方法，该方法包括：

将锯齿状划线轮布置在距离玻璃片的第一边缘的间隔开的、并且从玻璃片的顶表面向下偏移的位置，其中所述玻璃片是离子交换玻璃片，其具有处于压缩应力的第一强化表面层和第二强化表面层以及位于所述第一强化表面层和第二强化表面层之间的中心区域，并且所述第一强化表面层和第二强化表面层从离子交换玻璃片的表面延伸到层深度DOL，所述中心区域处于拉伸应力；

使得锯齿状划线轮以起始速度、以第一方向移动，

以及在使得锯齿状划线轮移动进入玻璃片的第一边缘之后，使得锯齿状划线轮以垂直方向向上移动，从而使得锯齿状划线轮的接触表面接触强化玻璃片的顶表面，从而使得锯齿状划线轮形成包括延伸进入表面压缩层的表面压痕的裂纹起始位点；

将所述锯齿状划线轮以第一方向从起始速度加速至划线速度，以使得划线从玻璃片划刻延伸进入中间裂纹深度，其中，中间裂纹深度大于DOL且小于脆性深度；

在划线达到玻璃片的第二边缘之前以第一方向停止锯齿状划线轮，其中在划线时间内完成划线，所述划线时间是从锯齿状划线轮接触玻璃片开始测量到锯齿状划线轮停止，并且划线在划线时间之后生长穿过中心区域；

将锯齿状划线轮布置在距离玻璃片的第三边缘的间隔开的、并且从玻璃片的顶表面向下偏移的位置；

使得锯齿状划线轮以横向切割起始速度、以与第一方向横向的第二方向移动，使得锯齿状划线轮形成包括延伸进入表面压缩层的表面压痕的横向切割裂纹起始位点；以及

将所述锯齿状划线轮以第二方向从横向切割起始速度加速至横向切割划线速度，以使得横向切割划线从玻璃片划刻延伸进入横向切割中间裂纹深度，

其中，在玻璃片上的固定位置，在锯齿状划线轮移动离开所述固定位置之后的时间，划线生长通过中心区域，以及其中，在锯齿状划线轮移动离开固定位置之后，绕着所述固定位置的中心区域内的应力场释放，引发划线生长通过中心区域。

3.如权利要求1或2项所述的方法，其特征在于，锯齿状划线轮以第一方向停止，终止偏移距离至少大于锯齿状划线轮的直径，并且位于玻璃片的第二边缘和锯齿状划线轮的停止点之间。

4.如权利要求1或2所述的方法，其特征在于，在锯齿状划线轮加速至划线速度之后，向锯齿状划线轮施加法向力，施加的方向朝向玻璃片的顶表面。

5.如权利要求1或2所述的方法，其特征在于，玻璃片的厚度小于1.5mm。

6.如权利要求1或2所述的方法，其特征在于，锯齿状划线轮向玻璃片施加小于6牛顿的作用力。

7.如权利要求2所述的方法，所述方法还包括在划线时间内向玻璃片中引入残留应力，其中所述残留应力在划线时间之后释放。

通过机械划线分离强化的玻璃片的方法

[0001] 本申请根据35U.S.C.§120，要求2012年5月22日提交的美国申请序列第13/477391号的优先权，本文以该申请为基础并将其全文通过引用结合于此。

[0002] 背景

[0003] 领域

[0004] 本发明一般地涉及通过机械划线分离强化的玻璃片的方法，更具体地，涉及采用机械划线对强化的玻璃片进行分离的单步法。

技术背景

[0005] 玻璃片用于各种工业，包括将玻璃用于覆盖显示器的电子工业。此类应用的例子包括液晶显示器(LCD)和发光二极管(LED)显示器，例如，电脑监视器、电视机和手持式装置。通常来说，以大的片材来生产玻璃，并采用机械划线轮或者激光器来进行划线。在划线之后，向玻璃片施加外部作用力，使得玻璃沿着划线裂开。当玻璃被分成较小的尺寸，玻璃划分物经受进一步加工，包括例如，边缘抛光和/或机械强化过程。

[0006] 已经证实根据常规方法对玻璃进行加工是繁琐的。当通过施加作用力使得玻璃沿着划线裂开时，施加的作用力倾向于破坏玻璃部件，这可能增加废料率。此外，对于化学强化的玻璃，在划线之后将玻璃部件引入化学强化过程中降低了产率，因为相比于对较大的玻璃片进行加工，较小的玻璃部件要求增加操作者的干预。

[0007] 因此，需要通过机械划线对强化的玻璃片进行分离的方法。

[0008] 概述

[0009] 根据各个实施方式，对强化的玻璃片进行分离的方法包括：将锯齿状划线轮布置在距离玻璃片的第一边缘的间隔开的、并且从玻璃片的顶表面向下偏移的位置，其中所述玻璃片是具有处于压缩应力的第一强化表面层和第二强化表面层的离子交换玻璃片。第一和第二强化表面层从离子交换玻璃片的表面延伸到层深度DOL，并且第一强化表面层和第二强化表面层之间的中心区域处于拉伸应力。所述方法还包括使得锯齿状划线轮以起始速度、以第一方向移动，使得锯齿状划线轮形成包括延伸进入第一强化表面层的表面压痕的裂纹起始位点；将所述锯齿状划线轮以第一方向从起始速度加速至划线速度，以使得划线从玻璃片划刻延伸进入大于DOL的中间裂纹深度；以及在划线到达玻璃片的第二边缘之前，使得锯齿状划线轮以第一方向停下。所述方法还包括将锯齿状划线轮布置在距离玻璃片的第三边缘的间隔开的、并且从玻璃片的顶表面向下偏移的位置；使得锯齿状划线轮以横向切割起始速度、以与第一方向横向的第二方向移动，使得锯齿状划线轮形成包括延伸进入第一强化表面层的表面压痕的横向切割裂纹起始位点；以及将所述锯齿状划线轮以第二方向从横向切割起始速度加速至横向切割划线速度，以使得横向切割划线从玻璃片划刻延伸进入横向切割中间裂纹深度。

[0010] 根据其他实施方式，对强化的玻璃片进行分离的方法包括：将锯齿状划线轮布置在距离玻璃片的第一边缘的间隔开的、并且从玻璃片的顶表面向下偏移的位置，其中所述玻璃片是具有处于压缩应力的第一强化表面层和第二强化表面层的离子交换玻璃片。第一

和第二强化表面层从离子交换玻璃片的表面延伸到层深度DOL，并且第一强化表面层和第二强化表面层之间的中心区域处于拉伸应力。所述方法还包括使得锯齿状划线轮以起始速度、以第一方向移动，使得锯齿状划线轮形成包括延伸进入第一强化表面层的表面压痕的裂纹起始位点；将所述锯齿状划线轮以第一方向从起始速度加速至划线速度，以使得划线从玻璃片划刻延伸进入大于DOL的中间裂纹深度；以及在划线到达玻璃片的第二边缘之前，使得锯齿状划线轮以第一方向停下。在划线时间内完成划线，所述划线时间是从锯齿状划线轮接触玻璃片开始测量到锯齿状划线轮停止，并且划线在划线时间之后生长穿过中心区域。所述方法还包括将锯齿状划线轮布置在距离玻璃片的第三边缘的间隔开的、并且从玻璃片的顶表面向下偏移的位置；使得锯齿状划线轮以横向切割起始速度、以与第一方向横向的第二方向移动，使得锯齿状划线轮形成包括延伸进入第一强化表面层的表面压痕的横向裂纹起始位点；以及将所述锯齿状划线轮以第二方向从横向切割起始速度加速至横向切割划线速度，以使得横向切割划线从玻璃片划刻延伸进入横向切割中间裂纹深度。

[0011] 根据其他实施方式，对强化的玻璃片进行划线的方法包括：将锯齿状划线轮布置在距离玻璃片的第一边缘的间隔开的、并且从玻璃片的顶表面向下偏移的位置，其中所述玻璃片包括表面压缩层深度DOL和中心区域。所述方法还包括使得锯齿状划线轮以起始速度、以第一方向移动，使得锯齿状划线轮形成包括延伸进入表面压缩层的表面压痕的裂纹起始位点；将所述锯齿状划线轮以第一方向从起始速度加速至划线速度，以使得划线从玻璃片划刻延伸进入大于DOL的中间裂纹深度；以及在划线到达玻璃片的第二边缘之前，使得锯齿状划线轮以第一方向停下。在划线时间内完成划线，所述划线时间是从锯齿状划线轮接触玻璃片开始测量到锯齿状划线轮停止，并且划线在划线时间之后生长穿过中心区域。

[0012] 在以下的详细描述中提出了本文中描述的实施方式的其他特征和优点，其中的部分特征和优点对本领域的技术人员而言，根据所作描述就容易看出，或者通过实施包括以下详细描述、权利要求书以及附图在内的本文所述的本发明而被认识。

[0013] 应理解，前面的一般性描述和以下的详细描述介绍了各种实施方式，用来提供理解要求保护的主题的性质和特性的总体评述或框架。包括的附图提供了对各种实施方式的进一步的理解，附图被结合在本说明书中并构成说明书的一部分。附图以图示形式说明了本文所述的各种实施方式，并与说明书一起用来解释要求保护的主题的原理和操作。

[0014] 附图简要说明

[0015] 图1示意性显示根据本文所示或所述的一个或多个实施方式，以第一方向对玻璃片进行机械划线的划线机制的透视图；

[0016] 图2示意性显示根据本文所示或所述的一个或多个实施方式，以第二方向对玻璃片进行机械划线的划线机制的透视图；

[0017] 图3示意性显示根据本文所示或所述的一个或多个实施方式，对玻璃片进行机械划线的划线机制的前视图；

[0018] 图4示意性显示根据本文所示或所述的一个或多个实施方式，图3的锯齿状划线轮沿线B-B的右侧截面图；

[0019] 图5示意性显示根据本文所示或所述的一个或多个实施方式，图1的机械划线过程沿线A-A的右侧截面图；

[0020] 图6示意性显示根据本文所示或所述的一个或多个实施方式，在图5所示的时间之

后的时间段的边缘破裂模式期间的图1的机械划线过程沿线A-A的右侧截面图；

[0021] 图7示意性显示根据本文所示或所述的一个或多个实施方式，在图6所示的时间之后的时间段的图1的机械划线过程沿线A-A的右侧截面图；

[0022] 图8示意性显示根据本文所示或所述的一个或多个实施方式，在图7所示的时间之后的时间段的图1的机械划线过程沿线A-A的右侧截面图；

[0023] 图9示意性显示根据本文所示或所述的一个或多个实施方式，在图8所示的时间之后的时间段的图1的机械划线过程沿线A-A的右侧截面图；

[0024] 图10示意性显示根据本文所示或所述的一个或多个实施方式，对玻璃片进行机械划线过程的俯视图；以及

[0025] 图11示意性显示根据本文所示或所述的一个或多个实施方式，将玻璃片分离成多个玻璃制品的机械划线过程的俯视图。

[0026] 发明详述

[0027] 下面详细参考通过机械划线对强化的玻璃片进行分离的方法的实施方式，这些实施方式的例子在附图中示出。只要有可能，在所有附图中使用相同的附图标记来表示相同或类似的部分。图1和2显示通过机械划线对强化的玻璃片进行分离的方法的一个实施方式。将机械划线器(此处为锯齿状划线轮)初始地布置在远离强化的玻璃片的边缘，并且其以形成裂纹起始位点的边缘破裂模式向玻璃片移动。机械划线器加速并沿着强化的玻璃片移动，并在到达玻璃片的第二边缘之前停止。当机械划线器沿着强化的玻璃片移动时，机械划线器形成划线，该划线延伸通过玻璃的厚度为中间裂纹距离。划线继续生长通过玻璃片的厚度形成通体裂纹(through-body crack)，并且还包括维持玻璃片的部分结构刚性的未分离的部分。然后将机械划线器布置成以与第一方向横向的第二方向对强化的玻璃片进行划线，形成横向切割划线，以及当横向切割划线生长通过玻璃片的厚度时，使得强化的玻璃片分成多个玻璃制品。下面将具体结合附图，更详细地描述对强化的玻璃进行分离的方法。

[0028] 本文所用术语“脆性深度”指的是缺陷延伸进入玻璃片的深度，该深度导致玻璃充满能量地碎裂成许多小碎片，而没有进一步施加作用力。

[0029] 化学强化的玻璃片主要是沿其厚度具有工程应力分布的玻璃基片，在化学强化过程中，玻璃片的表面部分经受高水平的压缩应力，而内部经受拉伸应力。采用为分离大玻璃片(例如用于LCD显示器基材的那些)开发的技术来给此类玻璃片划线时，通常导致玻璃产生裂纹。根据理论，当对离子交换的化学强化玻璃制品施加足以克服表面压缩应力和引起具有拉伸应力的制品内部产生中间裂纹的划线力时，裂纹会不受控制地扩展，导致制品自发破裂。但是，根据本文所揭示的实施方式，采用具有合适几何特点的锯齿状划线轮引发受控的机械损伤，这种机械损伤克服残余表面压缩应力，而不引起不合乎希望的玻璃片的分离或破裂。

[0030] 参见图1，将强化的玻璃片90放置在桌80上。强化的玻璃片90可以是与桌80基本上接触的。但是，由于玻璃片90中的变化，玻璃片90的部分可能与支撑桌80是间隔开的。显示将划线机制100放置在靠近玻璃片90，使得划线机制100形成以第一方向91延伸的多条划线92。当在玻璃片91中以第一方向91形成多条划线92之后，对划线机制100进行布置以在与第一方向91是横向的第二方向93上形成多条横向切割划线94，如图2所示。

[0031] 现参见图3和4，显示了一部分的划线机制100。划线机制100包括锯齿状划线轮

110，该锯齿状划线轮110布置成从划线头120的支撑结构122向远处延伸。锯齿状划线轮110包括多个从接触表面112向内延伸的锯齿114。通过在轮尖角118处会聚的两个外周表面116、117形成接触表面112。锯齿状划线轮110可由各种适合在玻璃片90中产生缺陷的材料制造。此类材料的例子包括但不限于，碳化钨和合成烧结金刚石。

[0032] 基于玻璃片90的组成和强度，各种构造的锯齿状划线轮110可适用于在玻璃片90中形成划线92和横线切割划线94。此类锯齿状划线轮110可以是市售可得的，例如但不限于，购自日本大阪三菱金刚石工业有限公司(Mitsuboshi Diamond Industrial Co., Ltd.Of Osaka,Japan)的“Micro Penett”划线轮。在一个示例性实施方式中，锯齿状划线轮110是由多晶金刚石制造的并具有沿着接触表面112估算的约2mm的外直径，约110度的轮尖角118以及绕着外直径的约360个锯齿114，其中锯齿114的底部和接触面112的顶部之间的径向距离约为3μm。

[0033] 再次参见图3，划线机制100包括沿着台架系统124布置的划线头120。划线头120将锯齿状划线轮110布置在靠近玻璃片90，使得锯齿状划线轮110接触玻璃片。将锯齿状划线轮110安装在划线头120中，使得当锯齿状划线轮110的接触表面122与玻璃片90接触时，锯齿状划线轮110绕着其中心线自由转动。划线头120包括施力机制126，该施力机制126控制锯齿状划线轮110保持抵靠住玻璃片90的作用力。施力机制126可以改变当形成单条划线92时施加到锯齿状划线轮110的作用力。施力机制126可使用各种施力方法来控制施加到锯齿状划线轮110的作用力，包括但不限于，本领域已知的气动致动器、弹簧补偿器以及伺服致动器。

[0034] 划线机制110的台架系统124使得划线头120以一定的速度和方向沿着玻璃片90移动，以在玻璃片90中形成划线92和横向切割划线94。当持续移动划线头120以形成单条划线92的时候，可以增加或降低台架系统124移动划线头120的速度。

[0035] 现参见图5-9，显示使用划线机制100中的锯齿状划线轮110形成化学92的过程。本文所述的机械划线法用于对由强化玻璃制造的玻璃片90进行划线。可以通过离子交换过程对玻璃片90进行化学强化，以产生都经受内部压缩应力的第一强化表面层142和第二强化表面层144。经受内部拉伸应力的中心区域146将第一和第二强化表面层142、144相互分开。第一和第二强化表面层142、144延伸到层深度DOL。出于描述目的，本文所述的玻璃片90的布置使得第二强化表面层144与支撑桌80接触，将第一强化表面层142布置作为顶表面96。

[0036] 参见图5，布置划线头120，使得在时间t_0时，锯齿状划线轮110以划线方向128偏离玻璃片90。锯齿状划线轮110也在垂直方向上与玻璃片90的顶表面96偏离。锯齿状划线轮110的底部与玻璃片90的顶表面96之间的垂直距离限定为切口深度140。在一些实施方式中，切口深度140设定为玻璃片90的厚度的约20-25％。例如，当划线的玻璃片90具有约0.5毫米的厚度时，布置锯齿状划线轮110使得锯齿状划线轮110的最下方位置的接触表面112位于玻璃片90的顶表面96下方约0.1-0.125毫米。

[0037] 划线机制100的台架系统124(图5-9中未示出)使得划线头120朝向玻璃片90移动，使得锯齿状划线轮110在时间t_0之后的时间t_1接触玻璃片90的第一边缘98，如图6所示。当锯齿状划线轮110的接触表面112接触玻璃片90的第一边缘98并沿着玻璃片90的顶表面96移动时，通过施力机制126施加作用力，使得锯齿状划线轮110垂直地从切口深度140朝向玻璃片90的顶表面96移动。在一些实施方式中，在划线过程中，通过施力机制126使得施加到锯

齿状划线轮110的法向力保持恒定。例如，可以将法向力保持在约3-6牛顿。

[0038] 划线头120以起始速度、以划线方向128纵向地沿着玻璃片90的顶表面96移动接合距离129(图7)。起始速度慢于划线速度，这将在下文更详细地描述。在一些实施方式中，划线头120移动的速度约为2倍的锯齿状划线轮110的直径/秒至约为10倍的锯齿状划线轮110的直径/秒。例如，对于直径约为3毫米的锯齿状划线轮110，划线头120移动的起始速度约为6毫米/秒至约为30毫米/秒。在一些实施方式中，接合距离129约为2倍的锯齿状划线轮110的直径至约为4倍的锯齿状划线轮110的直径。例如，当使用直径为3毫米的锯齿状划线轮110时，接合距离129约为6-12毫米。

[0039] 使得锯齿状划线轮110移动进入玻璃片90的第一边缘98并使得锯齿状划线轮110垂直地向上移动，从而使得接触表面112接触玻璃片90的顶表面96在本文中被称作进入玻璃片90的起始裂纹的“边缘破裂”模式。边缘破裂模式在玻璃片90的顶表面96中形成裂纹起始位点130。

[0040] 现参见图7，显示在时间t_1之后的时间t_2，划线头120的位置使得锯齿状划线轮110与玻璃片90的顶表面96接触，并且与玻璃片90的第一边缘98间隔开。如所示，玻璃片90靠近第一边缘98的部分展现出从第一边缘98和顶表面96延伸的裂纹起始位点130。该裂纹起始位点130延伸通过靠近顶表面96的玻璃片90的第一强化层。一旦锯齿状划线轮110已经移动到使得接触表面112接触玻璃片90的顶表面96的垂直位置(参见图3)，则将划线头120从边缘破裂模式所展现的起始速度加速至划线速度。在一些实施方式中，划线速度约为50倍的锯齿状划线轮110的直径/秒至约为100倍的锯齿状划线轮110的直径/秒。例如，对于直径约为3毫米的锯齿状划线轮110，划线速度约为150毫米/秒至约为300毫米/秒。划线头120使得锯齿状划线轮110加速并使得锯齿状划线轮110沿着玻璃片90移动，从而使得锯齿状划线轮110形成划线92。划线92延伸进入玻璃片90到达中间裂纹深度148，使得中间裂纹深度148大于玻璃片90的层深度。在锯齿状划线轮110布置在靠近给定的固定位置(或者“感兴趣的局部区域”)的时间间隔，划线92的中间裂纹深度148小于玻璃片90的脆性深度，所述脆性深度是玻璃片90自发地碎裂并倾向于以远离划线92的朝向破裂成碎片的深度。

[0041] 锯齿状划线轮110的接触表面112将表面压痕150的图案引入玻璃片90的顶表面96中。表面压痕150的尺寸和间距对应锯齿状划线轮110的接触表面112和锯齿114。当锯齿状划线轮110沿着玻璃片90的顶表面96移动时，锯齿状划线轮110在玻璃片90中引入引应力场。应力场在玻璃片90接触锯齿状划线轮110的接触表面112的区域中最高(参见图3和4)，这导致玻璃片90中的表面压痕150。应力场沿着玻璃片90的顶表面96在表面压痕150和远离表面压痕150的位置之间消散，并进入玻璃片90的深度。应力场引起划线92从玻璃片90的顶表面96形成至中间裂纹深度148。通过控制使得锯齿状划线轮110保持抵靠住玻璃片90的顶表面96的作用力，可以控制锯齿状划线轮110产生的表面压痕150的深度，使得划线92形成至所需的中间裂纹深度148。

[0042] 现参见图8，在时间t_2之后的时间t_3，划线头120继续使得锯齿状划线轮110沿着玻璃片90的顶表面96移动，直到锯齿状划线轮110接近玻璃片90与第一边缘98相对的第二边缘99。当锯齿状划线轮110接近第二边缘99时，划线头120停止，施力机制126解除来自锯齿状划线轮110的作用力。在一些实施方式中，在玻璃片90的第二边缘99与锯齿状划线轮110的停止点之间的终止距离127(图9)至少为锯齿状划线轮110的1倍直径。例如，当使用直径

为3毫米的锯齿状划线轮110时，终止距离127至少为3毫米。形成单条划线92的时间段(从锯齿状划线轮110使得玻璃片90发生边缘开裂开始到在终止距离127时通过锯齿状划线轮110从玻璃片90去除作用力结束)限定为划线时间。

[0043] 如图9所示，在时间t_3之后的时间t_4，划线头120使得锯齿状划线轮110从玻璃片90的顶表面96垂直地移动离开，使得接触表面112不再与玻璃片90接触。通过使得锯齿状划线轮110在与玻璃片90的第二边缘99间隔开的终止距离127停止，玻璃片90靠近第二边缘99的部分保持未经划线，因此玻璃片90靠近第二边缘99的部分保持结构完整性用于加工或后续划线操作。但是，在划线时间之后，划线92继续生长通过玻璃片90的厚度。

[0044] 当锯齿状划线轮110移动离开玻璃片90中感兴趣的局部区域时，随着玻璃片90靠近划线92的区域中的应力场释放，应力场中的残留应力随着时间消散。应力场的消散可归因于在形成表面压痕150之后玻璃片90中的应力的重新分布。随着锯齿状划线轮110从感兴趣的局部区域移动离开，玻璃片90中的应力场可重新分布，使得划线92继续生长通过玻璃片90的厚度，沿着形成划线92的路径形成通体裂纹95。通体裂纹95终止于玻璃片90位置靠近玻璃片90的第二边缘99的未分离的部分97。未分离的部分97对应于玻璃片位置靠近第二部分99的部分，其在上文所述的划线操作中没有被划线。

[0045] 现参见图10，划线机制100使得锯齿状划线轮110沿着玻璃片90移动多次，从而使得锯齿状划线轮110以第一方向91形成相应的多条划线92。多条划线92继续生长通过玻璃片90的厚度，从而它们形成相应的多个通体裂纹95，玻璃片90的未分离的部分将所述多条通体裂纹95与第二边缘99间隔开。以在玻璃片90中以第一方向91形成划线92的所需数量，划线机制100使得锯齿状划线轮110移动到靠近第三边缘198的位置。类似于上文所述的方法，将锯齿状划线轮110布置在低于玻璃片90的顶表面96的垂直位置。划线机制100将划线头120朝向玻璃片90移动，使得锯齿状划线轮110以边缘破裂模式接触玻璃片90的第三边缘198，以在第三边缘198引发横向切割裂纹起始位点230。划线机制100使得锯齿状划线轮110以横向切割起始速度朝向第三边缘198移动。当锯齿状划线轮110接触玻璃片90的第三边缘198时，允许锯齿状划线轮110垂直向上移动，使得锯齿状划线轮110接触玻璃片90的顶表面96。横向切割裂纹起始位点230包括由锯齿状划线轮110形成的表面压痕，所述表面压痕延伸进入玻璃片90的第一强化表面层142，如图7和8所示的那样。

[0046] 再次参见图10，划线头120的布置使得锯齿状划线轮110接触玻璃片90的顶表面96，将锯齿状划线轮110以第二方向93加速至横向切割划线速度，以朝向第四边缘199在玻璃片90上划线横向切割划线94。横向切割划线94延伸进入玻璃片90到横向切割中间裂纹深度，该横向切割中间裂纹深度比玻璃片90的第一强化表面层142深，类似于图7和8的中间裂纹深度148。在一些实施方式中，横向切割划线94延伸穿过玻璃片90的一部分。在其他实施方式中，横向切割划线94从第三边缘198到第四边缘199，延伸穿过整个玻璃片90。根据终端用途，可在玻璃片90上形成多条横向切割划线94。

[0047] 现参见图10和11，在锯齿状划线轮110移动离开感兴趣的局部区域之后，各条横向切割划线94继续生长通过玻璃片90的厚度，使得横向切割划线94形成通过玻璃片90的通体裂纹。随着横向切割划线94生长通过玻璃片90的厚度，玻璃片90沿着通体裂纹95，在对应划线92和横向切割划线94的位置分开。通过根据上文所述的方法对玻璃片90进行划线，将玻璃片90分成多个玻璃制品160a-u，每个玻璃制品具有由相邻划线92和横向切割划线94之间

的间距决定的尺寸和形状。

[0048] 可从玻璃片90分离玻璃制品160，而不向玻璃片90施加额外的作用力以沿着划线92和横向切割划线94进行分离。此外，可以按照玻璃制品160进行划线的顺序，从玻璃片90依次分离玻璃制品160。例如，在玻璃制品160f-j之前从玻璃片90分离玻璃制品160a-e，然后从玻璃片90分离玻璃制品160f-j，然后从玻璃片90分离玻璃制品160k-160o，然后从玻璃片90分离玻璃制品160p-160u。

[0049] 上文所述的方法用于对强化的玻璃片90进行机械划线。玻璃片90可形成自碱性铝硅酸盐玻璃组合物。在一个实施方式中，碱性铝硅酸盐玻璃包含：约64-68摩尔%的SiO_2；约12-16摩尔%的Na_2O；约8-12摩尔%的Al_2O_3；0摩尔%至约3摩尔%的B_2O_3；约2-5摩尔%的K_2O；约4-6摩尔%的MgO；以及0摩尔%至约5摩尔%的CaO，其中66摩尔%≤$SiO_2+B_2O_3+CaO$≤69摩尔%；$Na_2O+K_2O+B_2O_3+MgO+CaO+SrO$>10摩尔%；5摩尔%≤$MgO+CaO+SrO$≤8摩尔%；$(Na_2O+B_2O_3)-Al_2O_3$≥2摩尔%；2摩尔%≤$Na_2O-Al_2O_3$≤6摩尔%；以及4摩尔%≤$(Na_2O+K_2O)-Al_2O_3$≤10摩尔%。

[0050] 在另一个实施方式中，碱性铝硅酸盐玻璃包含：约60-70摩尔%的SiO_2；约6-14摩尔%的Al_2O_3；0摩尔%至约15摩尔%的B_2O_3；0摩尔%至约15摩尔%的Li_2O；0摩尔%至约20摩尔%的Na_2O；0摩尔%至约10摩尔%的K_2O；0摩尔%至约8摩尔%的MgO；0摩尔%至约10摩尔%的CaO；0摩尔%至约5摩尔%的ZrO_2；0摩尔%至约1摩尔%的SnO_2；0摩尔%至约1摩尔%的CeO_2；小于约50ppm的As_2O_3；以及小于约50ppm的Sb_2O_3；其中12摩尔%≤$Li_2O+Na_2O+K_2O$≤20摩尔%且0摩尔%≤$MgO+CaO$≤10摩尔%。

[0051] 在另一个实施方式中，碱性铝硅酸盐玻璃包含SiO_2和Na_2O，其中所述玻璃具有粘度为35千泊(kpoise)时的温度T_{35kp}，锆石分解形成ZrO_2和SiO_2的温度$T_{分解}$高于T_{35kp}。在一些实施方式中，碱性铝硅酸盐玻璃包含：约61-75摩尔%的SiO_2；约7-15摩尔%的Al_2O_3；0摩尔%至约12摩尔%的B_2O_3；约9-21摩尔%的Na_2O；0摩尔%至约4摩尔%的K_2O；0摩尔%至约7摩尔%的MgO；以及0摩尔%至约3摩尔%的CaO。

[0052] 在另一个实施方式中，碱性铝硅酸盐玻璃包含至少50摩尔%的SiO_2以及至少一种选自碱金属氧化物和碱土金属氧化物的改性剂，其中[(Al_2O_3(摩尔%)+B_2O_3(摩尔%))/(Σ碱金属改性剂(摩尔%))]>1。在一些实施方式中，碱性铝硅酸盐玻璃包含：50至约72摩尔%的SiO_2；约9-17摩尔%的Al_2O_3；约2-12摩尔%的B_2O_3；约8-16摩尔%的Na_2O；以及0至约4摩尔%的K_2O。

[0053] 在另一个实施方式中，碱性铝硅酸盐玻璃包含SiO_2、Al_2O_3、P_2O_5以及至少一种碱金属氧化物(R_2O)，其中0.75≤[(P_2O_5(摩尔%)+R_2O(摩尔%))/M_2O_3(摩尔%)]≤1.2，其中$M_2O_3=Al_2O_3+B_2O_3$。在一些实施方式中，碱性铝硅酸盐玻璃包含：约40-70摩尔%的SiO_2；0至约28摩尔%的B_2O_3；0至约28摩尔%的Al_2O_3；约1-14摩尔%的P_2O_5；以及约12-16摩尔%的R_2O；以及在某些实施方式中，约40-64摩尔%的SiO_2；0至约8摩尔%的B_2O_3；约16-28摩尔%的Al_2O_3；约2-12%的P_2O_5；以及约12-16摩尔%的R_2O。

[0054] 在其他实施方式中，碱性铝硅酸盐玻璃包含至少约4摩尔%的P_2O_5，其中(M_2O_3(摩尔%)/R_xO(摩尔%))<1，其中$M_2O_3=Al_2O_3+B_2O_3$，并且其中，R_xO是碱性铝硅酸盐玻璃中存在的单价和二价阳离子氧化物的总和。在一些实施方式中，单价和二价阳离子氧化物选自下组：Li_2O、Na_2O、K_2O、Rb_2O、Cs_2O、MgO、CaO、SrO、BaO和ZnO。在一些实施方式中，玻璃包含0摩尔%的

B_2O_3。

[0055] 在其他实施方式中，碱性铝硅酸盐玻璃包含至少约50摩尔％的SiO_2以及至少约11摩尔％的Na_2O，并且压缩应力至少约900MPa。在一些实施方式中，玻璃还包含Al_2O_3，以及B_2O_3、K_2O、MgO和ZnO中的至少一种，其中$-340+27.1\cdot Al_2O_3-28.7\cdot B_2O_3+15.6\cdot Na_2O-61.4\cdot K_2O+8.1\cdot (MgO+ZnO)\geq 0$摩尔％。在特定实施方式中，玻璃包含约7-26摩尔％的Al_2O_3；0至约9摩尔％的B_2O_3；约11-25摩尔％的Na_2O；0至约2.5摩尔％的K_2O；0至约8.5摩尔％的MgO；以及0至约1.5摩尔％的CaO。

[0056] 在一些实施方式中，上文所述的碱性铝硅酸盐玻璃基本不含(即含有0摩尔％的)锂、硼、钡、锶、铋、锑和砷中的至少一种。

[0057] 在一些实施方式中，上文所述的碱性铝硅酸盐玻璃可以通过本领域已知的工艺下拉，所述工艺是例如狭缝拉制法、熔合拉制法、再拉制法等，所述碱性铝硅酸盐玻璃的液相线粘度至少为130千泊。

[0058] 如上文所述，在一个实施方式中，通过离子交换过程对玻璃片90进行化学强化，在该离子交换过程中，用具有相同价态或氧化态的较大的离子代替玻璃表面层中的离子。在一个具体实施方式中，表面层中的离子以及较大的离子是一价碱金属阳离子，例如Li^+(当玻璃中存在的时候)、Na^+、K^+、Rb^+和Cs^+。或者，表面层中的一价阳离子可以被除了碱金属阳离子以外的一价阳离子，例如Ag^+、Tl^+或者Cu^+等代替。

[0059] 离子交换过程在玻璃基材的表面产生压缩应力。这些压缩应力在玻璃基材的表面下方延伸至特定深度，称作层深度。压缩应力被拉伸应力层(称作中心张力)平衡，使得玻璃基材中的净应力为零。在玻璃基材的表面形成压缩应力使得玻璃是坚固的并且耐受机械破坏，因此减轻玻璃基材的灾难性失效，使得裂纹不延伸通过层深度。

[0060] 在一个实施方式中，通过离子交换对玻璃片90进行化学强化，其中，当把玻璃片90放入离子交换浴中时，靠近玻璃表面的较小的钠离子被较大的钾离子替代。用较大的钾离子替代较小的钠离子导致在玻璃片90的表面中建立起压缩应力层。

[0061] 在本文所述的实施方式中，通过强化在玻璃片90中建立的压缩应力和层深度足以改善玻璃片90的损伤容限同时还有助于进一步加工(例如抛光或者进一步机械加工)而没有向玻璃制品中引入裂纹的风险。在一个实施方式中，压缩应力可以约为200-1000MPa。在其他实施方式中，压缩应力可以约为500-800MPa。在其他实施方式中，压缩应力可以约为650-900MPa。在一个实施方式中，层深度可以约为10-80微米。在另一个实施方式中，层深度可以约为30-60微米。在另一个实施方式中，层深度可以约为40-60微米。

[0062] 根据上文所述的方法加工的玻璃片采用机械划线工艺进行划线。机械划线工艺采用锯齿状划线轮在玻璃片中形成划线和横向切割划线，其延伸到玻璃片中的中间裂纹深度。当锯齿状划线轮移动离开时，划线延伸通过玻璃片的厚度，从而形成不抵达玻璃片的远边缘的通体裂纹。锯齿状划线轮以第二方向类似地移动穿过玻璃片以形成横向切割划线，所述第二方向与第一方向是横向的。无需进一步施加作用力将玻璃片分离成多个玻璃制品，所述多个玻璃制品的尺寸是根据相邻划线和横向切割划线之间的间距确定的。

实施例

[0063] 根据上文所述的方法对化学强化的玻璃片进行机械划线和分离。玻璃片是康宁

IOX-FS玻璃，其具有0.55毫米的厚度、30μm厚的表面压缩层以及750MPa的表面压缩应力水平，以及33MPa的计算的片中心张力。将玻璃片切成较小的玻璃制品，每个具有50毫米x50毫米的尺寸。根据本文所述的方法，采用商业砂轮玻璃切割机(即购自德国美因兹MDI浅盐湖先进加工公司的MP系列玻璃切割机)，对各玻璃片进行机械划线。用于对玻璃片的表面进行划线的锯齿状划线轮也是购自MDI浅盐湖的Micro Penett 360-3/110°/D2.0T 0.65H0.8。

[0064] 为了在玻璃片中提供裂纹起始位点，通过将锯齿状划线轮放置在距离玻璃片约5毫米的位置，切口深度为低于玻璃片的顶表面0.15毫米，使得锯齿状划线轮进行边缘破裂。锯齿状划线轮以5毫米/秒的起始速度进行移动，对玻璃片进行边缘破裂，距离为从边缘起约5毫米。锯齿状划线轮加速至约250毫米/秒的划线速度，以在玻璃片的大部分上形成划线，机械压力为0.03、0.04、0.05和0.06MPa。所述机械压力分别对应于通过锯齿状划线轮施加到玻璃片上的3、4、5和6牛顿的法向负荷。锯齿状划线轮使得所述锯齿状划线轮沿着玻璃片的移动在距离边缘约为所述锯齿状划线轮直径的3倍处或者约为6毫米处终止。

[0065] 采用相同的机械和锯齿状划线轮对玻璃片进行横向切割。形成横向切割划线的横线切割起始位点的边缘破裂模式的参数与划线的起始位点一致。但是，横向切割划线速度约为划线速度的93％，或者约为232毫米/秒。

[0066] 当向锯齿状划线轮施加5牛顿的法向负荷时，观察到机械划线之后的玻璃制品的自分离的最佳结果。

[0067] 应注意，本文可用词语“基本上”和“约”表示可由任何定量比较、数值、测量或其它表示方法造成的内在不确定性。在本文中还使用这些术语表示数量的表示值可以与所述的参比值有一定的偏离程度，但是不会导致审议的主题的基本功能改变。

[0068] 虽然本文已经显示和描述了特定的实施方式，但是应理解的是，可以进行各种其他变化或改进，而不会背离所要求保护的主题的精神和范围。此外，尽管本文描述了要求保护的主题内容的各种方面，这些方面无需结合使用。因此，所附权利要求旨在覆盖要求保护的主题内容范围内的所有这些改变和改进。

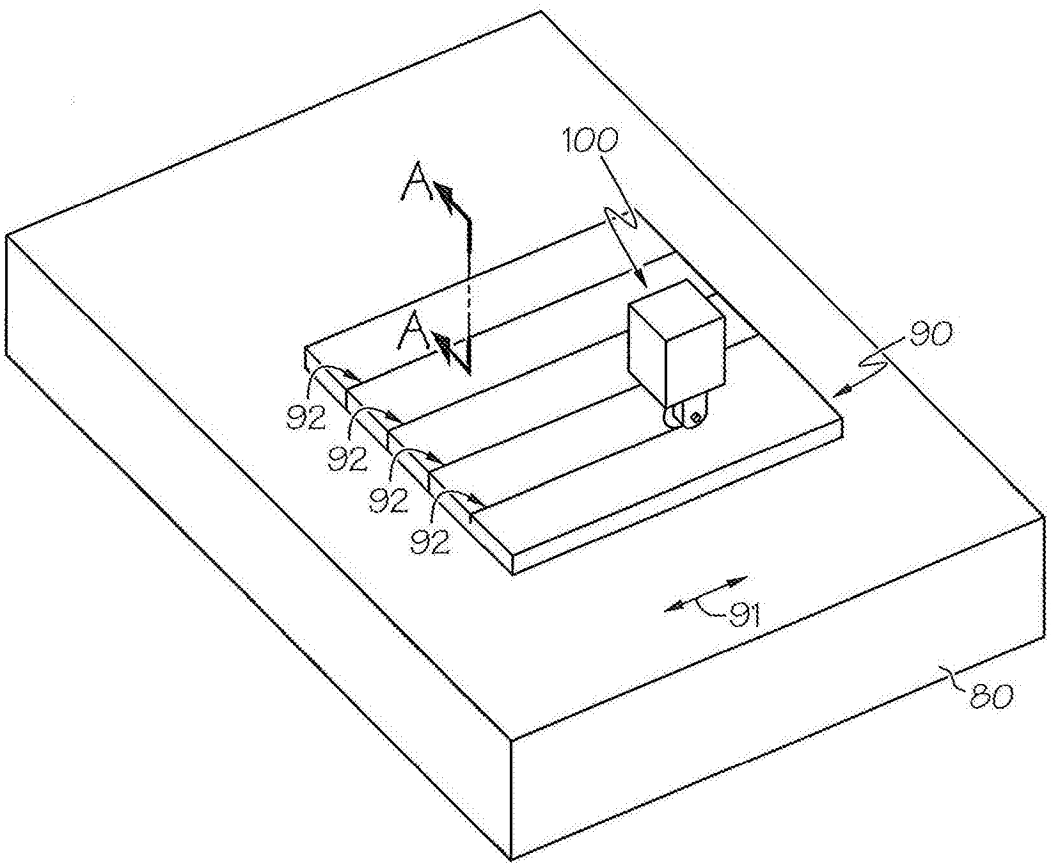


图1

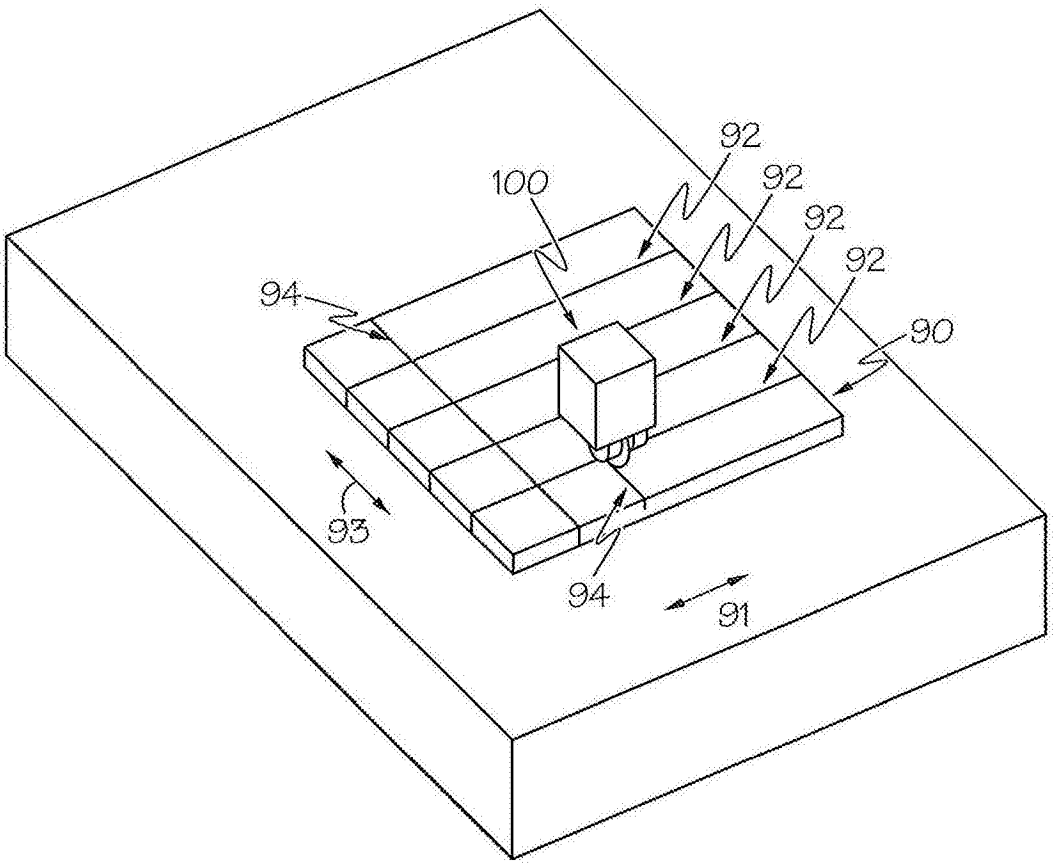


图2

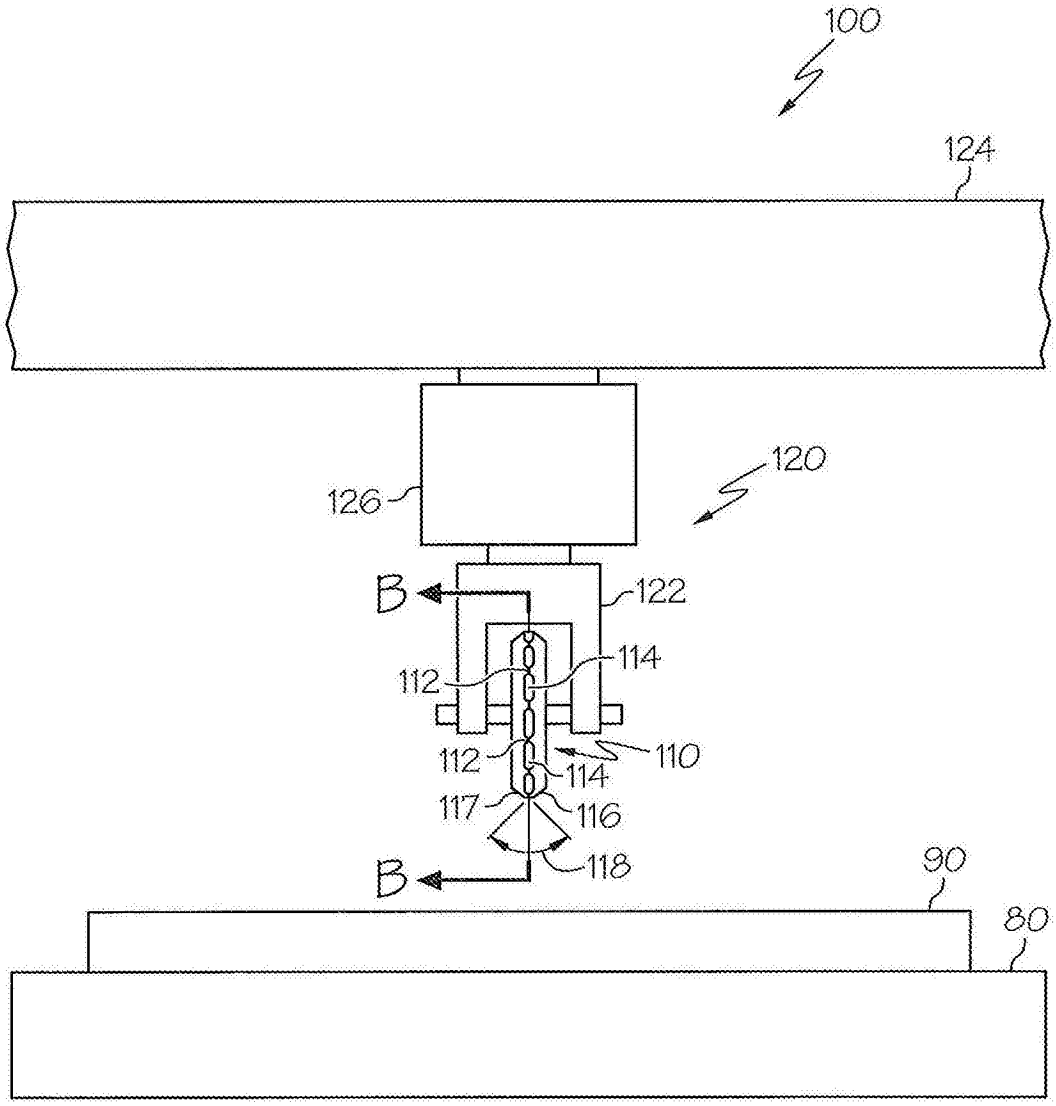


图3

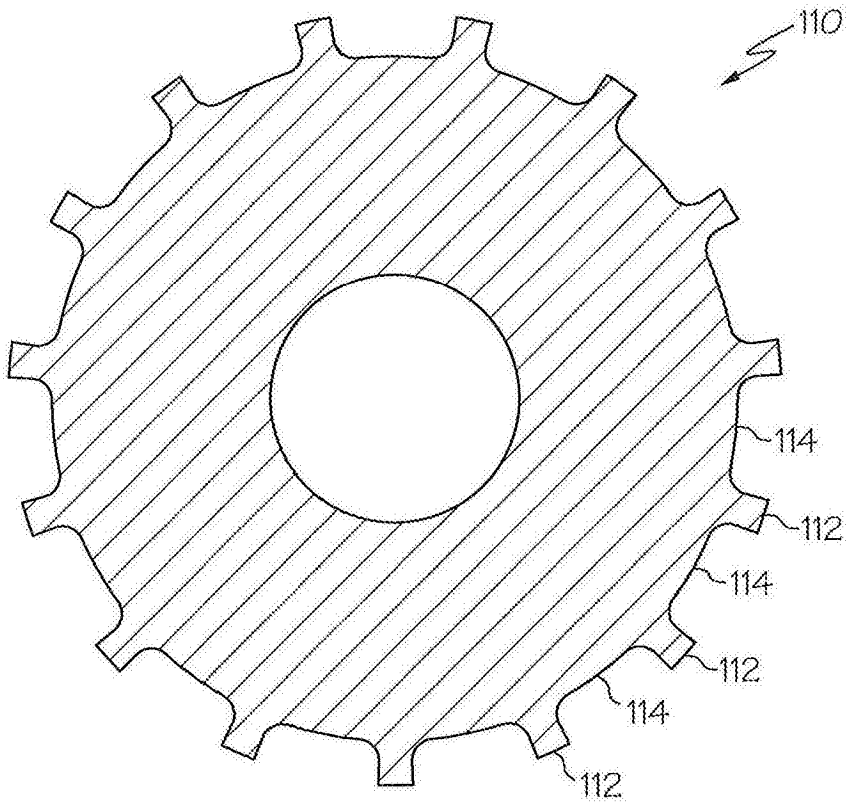

110
114
112
114
112
114
112

图4

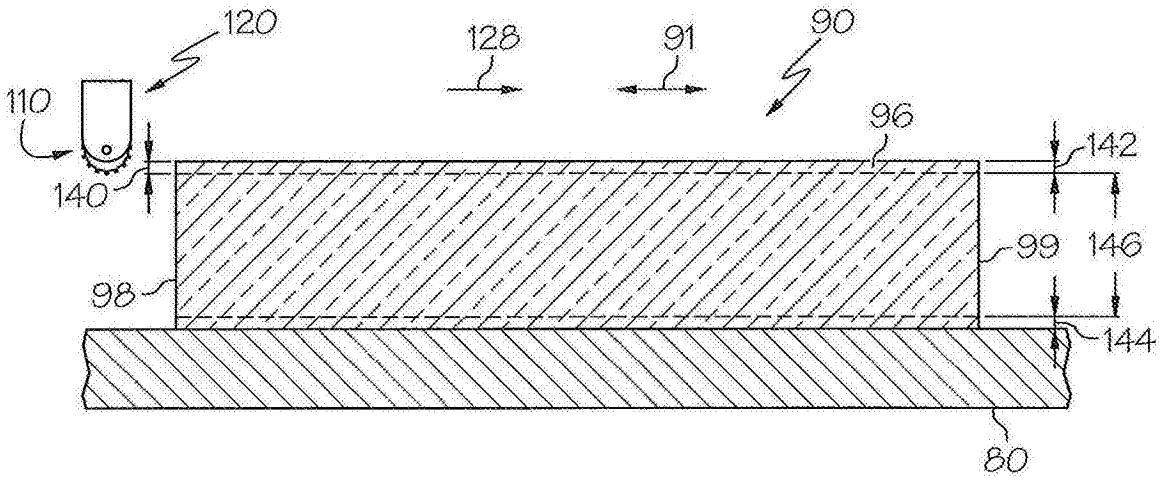

120
128
91
90
110
96
142
140
99
146
98
144
80

图5

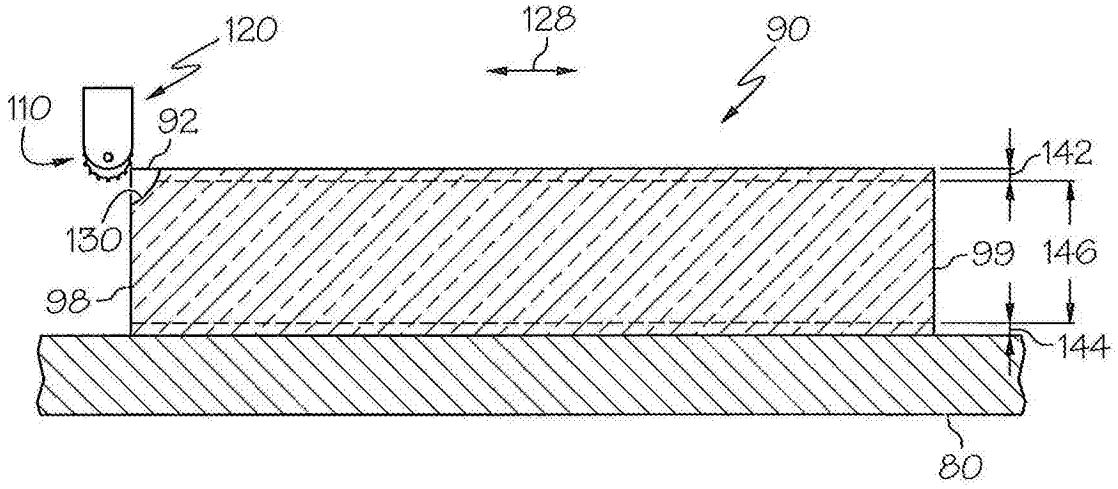

120
128
90
110
92
142
130
99
146
98
144
80

图6

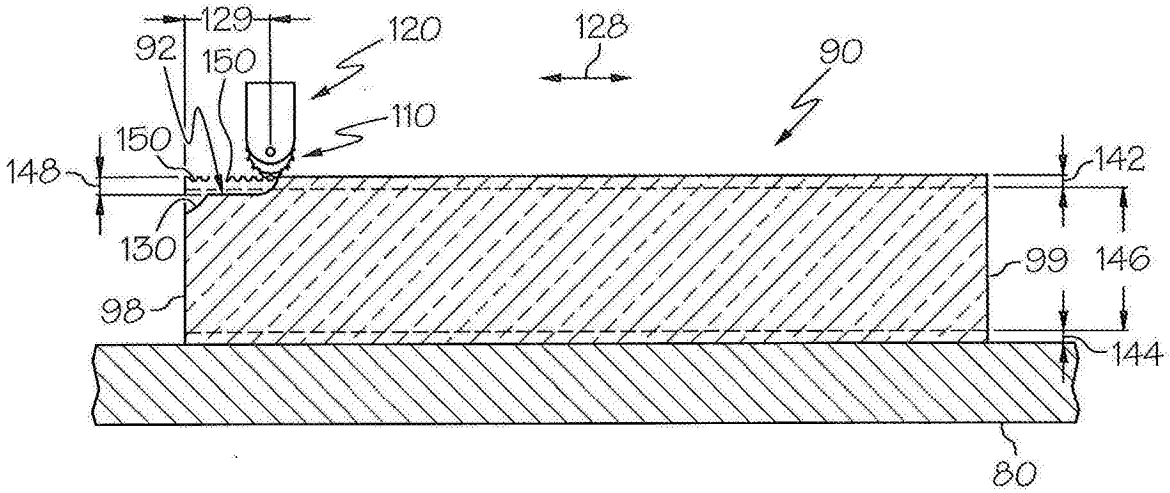

129
120
128
92
150
90
110
150
148
142
130
99
146
98
144
80

图7

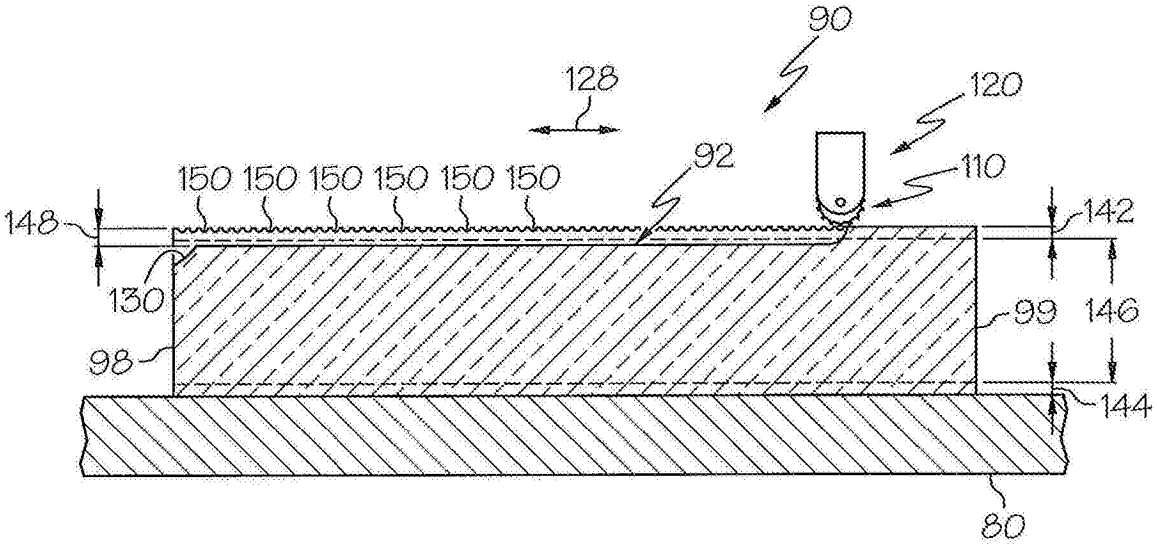

90
128
120
110
92
150 150 150 150 150 150
148
142
130
99
146
98
144
80

图8

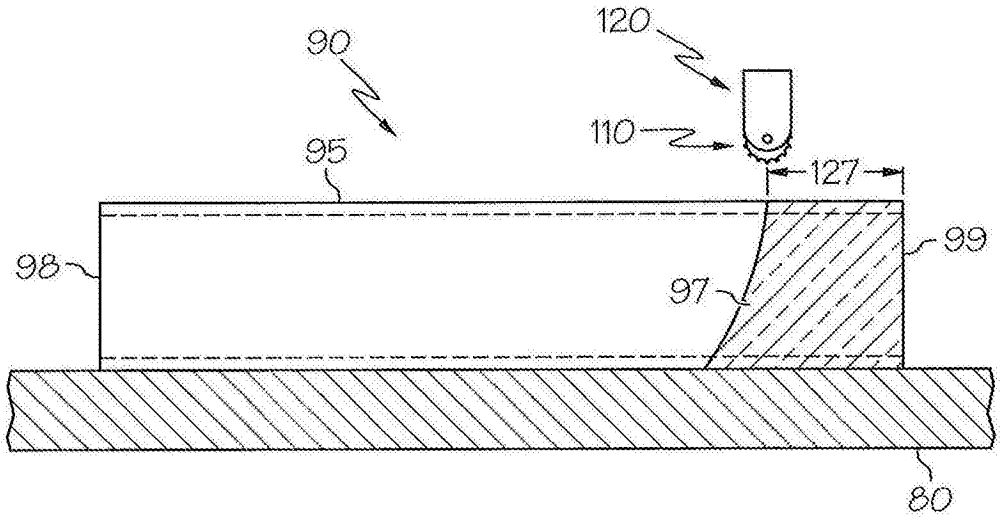

120
90
110
95
127
98
99
97
80

图9

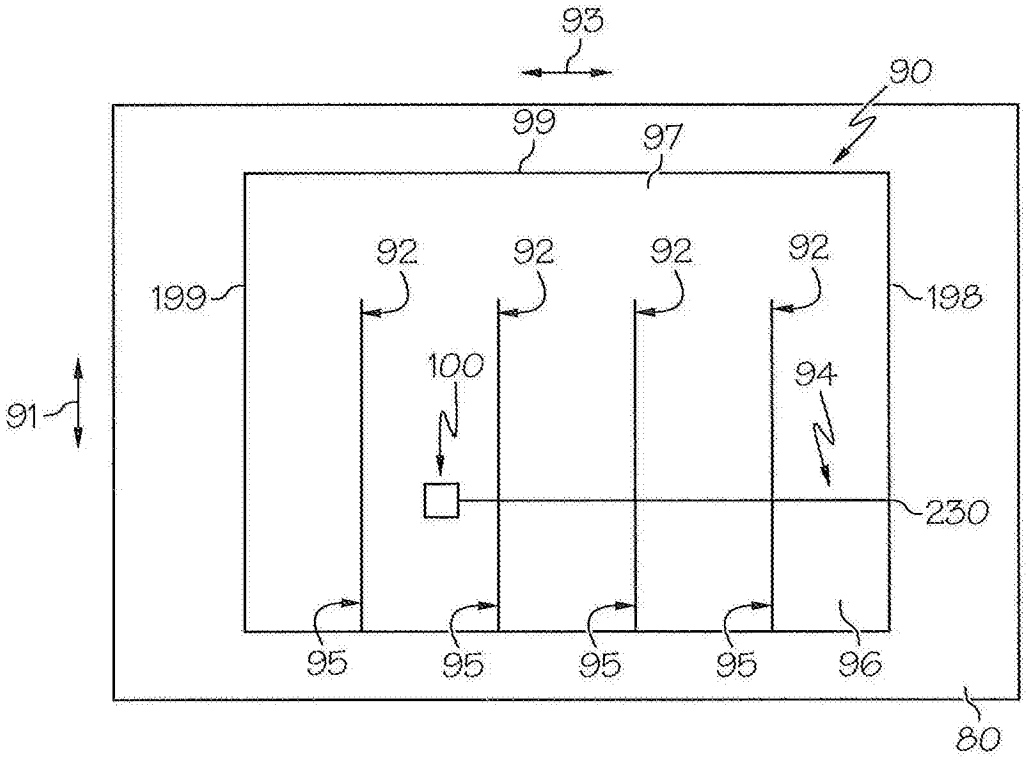

93
90
99
97
92
92
92
92
199
198
100
94
91
230
95
95
95
95
96
80

图10

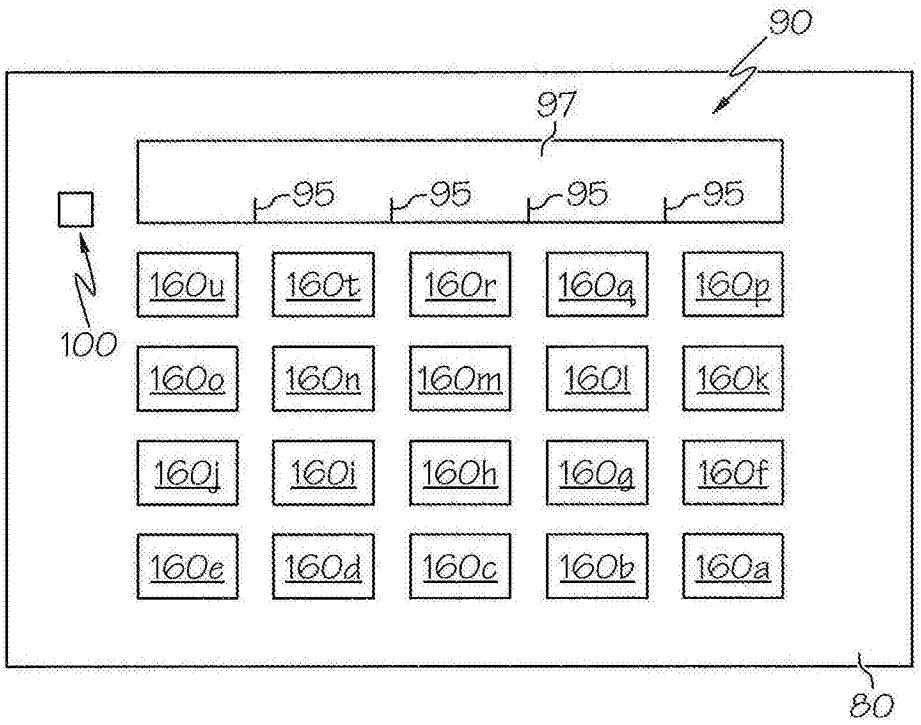

90
97
95
95
95
95
100
160u
160t
160r
160q
160p
160o
160n
160m
160l
160k
160j
160i
160h
160g
160f
160e
160d
160c
160b
160a
80

图11