



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107107267 A

(43)申请公布日 2017.08.29

(21)申请号 201580072821.9

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

(22)申请日 2015.11.06

代理人 姬利永

(30)优先权数据

62/077,451 2014.11.10 US

(51)Int.Cl.

B23K 26/06(2014.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

B23K 26/38(2014.01)

2017.07.07

C03B 33/02(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2015/059448 2015.11.06

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/077171 EN 2016.05.19

(71)申请人 康宁股份有限公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 A·刘 L·T·马斯特斯

A·M·斯特列尔佐夫

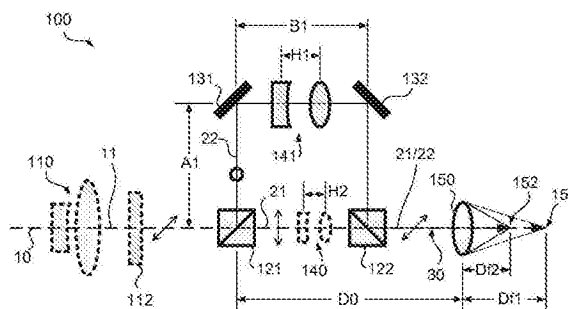
权利要求书3页 说明书20页 附图10页

(54)发明名称

使用多个焦点来进行对透明制品的激光加工

(57)摘要

本文中公开了透明制品以及用于加工透明制品的方法和系统。用于加工透明制品(例如,切割玻璃)的系统可以包括至少一个初始激光器以及至少一个偏振分束器,其中,所述偏振分束器被配置成用于将初始激光束分割成多个激光束,并且其中,所述多个激光束可用于加工透明制品。用于加工透明制品的方法包括使用多个激光束来在所述透明制品中创建至少一个缺陷。



1. 一种方法,包括:

沿着共同路径共线地会聚第一激光束和第二激光束,所述第一激光束的第一焦点和所述第二激光束的第二焦点沿着所述共同路径彼此偏离;

在第一遍中移动所述共线会聚的第一和第二激光束横跨透明制品的至少一部分以便在所述透明制品中在距离所述透明制品的表面与所述第一焦点相对应的第一深度以及在距离所述透明制品的所述表面与所述第二焦点相对应的第二深度处形成第一缺陷串列;

调整所述第一焦点和所述第二焦点中的至少一个焦点;以及

在第二遍中移动所述共线会聚的第一和第二激光束横跨所述透明制品的所述部分以便在所述透明制品中在距离所述透明制品的所述表面与所述第一焦点相对应的第三深度以及距离所述透明制品的所述表面与所述第二焦点相对应的第四深度处形成第二缺陷串列,所述第一缺陷串列与所述第二缺陷串列交错。

2. 如权利要求1所述的方法,进一步包括沿着所述第一和第二缺陷串列分离所述透明制品的步骤。

3. 如权利要求1或权利要求2所述的方法,其中,在与所述第一激光束共线地会聚之前所述第二激光束穿过至少两个透镜,并且调整所述第一和第二焦点包括调整所述至少两个透镜之间的距离。

4. 如以上权利要求中任一项所述的方法,进一步包括:

使用激光器来生成初始激光束,所述初始激光束被配置成用于沿着第一路径投射;

使用偏振分束器来分割所述初始激光束,所述偏振分束器布置在所述第一路径中并且被配置成用于沿着所述第一路径引导所述第一光束并且沿着从所述第一路径发散的所述第二路径引导所述第二激光束。

5. 如权利要求4所述的方法,进一步包括:调整所述初始激光束的偏振角,由此响应于所述调整所述初始激光束的所述偏振角而改变所述第一和第二激光束中的至少一者的功率输出。

6. 如权利要求5所述的方法,其中,所述第一和第二激光束的平均功率由于所述调整所述初始激光束的所述偏振角而更接近于相等。

7. 如以上权利要求中任一项所述的方法,其中,所述第一缺陷串列中的至少一个缺陷被布置成比所述第二缺陷串列中的至少一个缺陷更靠近所述表面。

8. 如以上权利要求中任一项所述的方法,其中,所述第三深度和所述第四深度中的至少一个深度比所述第一深度更远离所述表面。

9. 一种方法,包括:

使用激光器来生成初始激光束,所述初始激光束被配置成用于沿着第一路径投射;

使用偏振分束器来分割所述初始激光束,所述偏振分束器被布置在所述第一路径中以便沿着所述第一路径引导第一激光束并且沿着从所述第一路径发散的所述第二路径引导第二激光束,所述第一激光束具有沿着所述第一路径的第一焦点并且所述第二激光束具有沿着所述第二路径的第二焦点;

使所述第一和第二激光束穿过共同聚焦透镜以便将所述第一和第二激光束聚焦到透明制品上;

移动所述第一和第二激光束横跨所述透明制品以便在所述透明制品中形成第一和第

二缺陷串列,所述第一缺陷串列处于第一横向位置以及距离所述透明制品的表面的第一深度处,所述第二缺陷串列处于与所述第一横向位置偏离的第二横向位置以及距离所述透明制品的所述表面与所述第一深度偏离的第二深度处,所述第一横向位置和所述第一深度与所述第一焦点相对应,并且所述第二横向位置和所述第二深度与所述第二焦点相对应。

10. 根据权利要求9所述的方法,进一步包括沿着所述第一和第二缺陷串列分离所述透明制品的步骤。

11. 如权利要求9或权利要求10所述的方法,其中,所述第一路径和所述第二路径之一与所述初始激光束共线。

12. 如权利要求9至11中任一项所述的方法,进一步包括:调整至少两个第一透镜之间的距离以便沿着所述第二路径调整所述第二焦点的位置。

13. 如权利要求9至12中任一项所述的方法,进一步包括:调整所述初始激光束的偏振角以便调整所述第一和第二激光束中的至少一者的功率输出。

14. 如权利要求9至13中任一项所述的方法,进一步包括:调整镜子的角度以便调整所述第一横向位置与所述第二横向位置之间的距离。

15. 如权利要求9至14中任一项所述的方法,进一步包括:移动所述第一和第二激光束横跨所述透明制品以便在所述透明制品中形成第三和第四缺陷串列,所述第三缺陷串列处于第三横向位置以及距离所述透明制品的所述表面的第三深度处,所述第四缺陷串列处于与所述第三横向位置偏离的第四横向位置以及距离所述透明制品的所述表面与所述第三深度偏离的第四深度处,所述第三横向位置和所述第三深度与所述第一焦点相对应,并且所述第四横向位置和所述第四深度与所述第二焦点相对应。

16. 一种用于加工透明制品的系统,所述系统包括:

激光发射器,所述激光发射器被配置成用于生成初始激光束;

第一偏振分束器,所述第一偏振分束器被配置成用于将所述初始激光束分割成沿着第一路径引导的第一激光束以及沿着从所述第一路径发散的所述第二路径引导的第二激光束,所述第一激光束包括沿着所述第一路径的第一焦点并且所述第二激光束包括沿着所述第二路径的第二焦点;以及

第二偏振分束器,所述第二偏振分束器被配置成用于接收所述第一和第二激光束并且用于将所述第一和第二激光束引导穿过共同聚焦透镜,所述共同聚焦透镜可定位成用于使用所述第一激光束来在所述透明制品中在第一横向位置以及距离所述透明制品的表面的第一深度处生成第一缺陷串列并且用于使用所述第二激光束来在所述透明制品中在第二横向位置以及距离所述透明制品的所述表面的第二深度处生成第二缺陷串列,从而使得所述第一和第二缺陷串列促进沿着所述第一和第二缺陷串列将所述透明制品分离成多于一个部分。

17. 如权利要求16所述的系统,其中,所述第一路径和所述第二路径之一与所述初始激光束共线。

18. 如权利要求16或权利要求17所述的系统,进一步包括至少两个第一透镜,所述至少两个第一透镜沿着所述第二路径布置并且被配置成用于接收所述第二激光束,所述至少两个第一透镜之间的距离可调整用于沿着所述第二路径调整所述第二焦点的位置。

19. 如权利要求16至18中任一项所述的系统,进一步包括至少两个第二透镜,所述至少

两个第二透镜被配置成用于接收所述初始激光束,所述至少两个第二透镜之间的距离可调整用于调整所述第一和第二激光束中的至少一者的功率输出。

20. 如权利要求16至19中任一项所述的系统,进一步包括至少一个镜子,所述至少一个镜子被配置成用于反射所述第二激光束,所述镜子的角度可调整用于调整所述第一横向位置与所述第二横向位置之间的距离。

21. 一种透明制品,包括:

第一外表面;

第二外表面,所述第二外表面与所述第一外表面相反;以及

边缘,所述边缘包括在所述第一外表面与所述第二外表面之间延伸的全厚度,其中,所述边缘是通过划片线形成的,所述划片线用于将所述透明制品与被移除制品分离,所述被移除制品在被分离之前与所述透明制品一体形成,并且所述划片线包括所述划片线之间的最小间隔,所述最小间隔为所述全厚度的至少10%。

22. 如权利要求21所述的透明制品,其中,所述边缘是平面表面,并且所述划片线与所述平面表面布置在共同平面上。

23. 如权利要求21所述的透明制品,其中,所述边缘是非平面表面,并且所述划片线中的至少两条划片线并不彼此布置在共同平面上。

使用多个焦点来进行对透明制品的激光加工

[0001] 本申请要求于2014年11月10日提交的美国申请号62/077451的优先权权益,所述美国申请的内容通过引用以其全文结合在此。

技术领域

[0002] 本公开总体上涉及用于加工透明材料(比如,玻璃)的方法和系统。

背景技术

[0003] 许多应用需要已经经过强化的玻璃,例如,在消费者和商业电子设备(比如,LCD和LED显示器、计算机监视器、自动柜员机(ATM)等)中。用于这种设备的片状玻璃零件通常是使用机械刻划工具或激光器从更大的片中切割的。这些粗切割零件通常经历附加研磨和抛光工艺以便满足特定要求,比如,特定尺寸公差和/或边缘形状。这些工艺不仅很慢且劳动密集,而且不是非常适合于(尤其是)强化玻璃。

[0004] 可使用各种工艺来强化玻璃,包括化学钢化、热钢化和层压。例如,在离子交换强化工艺中,通过浴溶液(如盐浴)中具有相同价态或氧化态的更大离子来替代或交换玻璃的表面层中的离子。层压机械玻璃强化是键合或层压具有不同热膨胀系数(CTE)的多个玻璃层的机制。例如,在三层层压件(即,芯层由两个包覆层围绕)中,与包覆玻璃层的CTE相比,在热键合之后进行的冷却时,芯玻璃层的相对更高CTE使芯玻璃层比包覆玻璃层缩小或收缩得更多。这使芯玻璃层处于拉伸状态,而包覆玻璃层处于压缩状态。包覆玻璃层中的压缩应力抑制在包覆玻璃层中进行的裂缝形成和裂缝扩展,由此与不在压缩应力下的包覆玻璃相比,强化了玻璃层压件。

[0005] 可以使用激光器来加工各种类型的强化和非-强化玻璃。在各种激光加工方法和系统中,可以创建多条划片线以便实现对一片玻璃的期望平滑且均匀划分。所述多条划片线可以通过重复激光头和玻璃结构相对于彼此的移动来实现,这增加了制造工艺的时间和成本。

[0006] 因此,将有利的是,提供用于切割透明材料(例如,强化玻璃)的方法和系统,所述方法和系统提供改善的精度和/或准确度,同时还节省时间且具有成本效益。为了减小制造成本和/或加工时间,另外将有利的是,提供可以至少部分地结合现有系统而起作用以便切割玻璃结构的系统和方法。

发明内容

[0007] 在各个实施例中,本公开涉及用于加工透明材料的系统,所述系统包括:(i)激光发射器,所述激光发射器被配置成用于生成初始激光束;(ii)第一偏振分束器,所述第一偏振分束器被配置成用于将所述初始激光束分割成沿着第一路径引导的第一激光束以及沿着从所述第一路径发散的所述第二路径引导的第二激光束,其中,所述第一激光束包括沿着所述第一路径的第一焦点并且所述第二激光束包括沿着所述第二路径的第二焦点;以及(iii)第二偏振分束器,所述第二偏振分束器被配置成用于接收所述第一和第二激光束并

且被配置成用于将所述第一和第二激光束引导穿过共同聚焦透镜,其中,所述第一激光束被配置成用于在所述透明材料中在所述透明材料的第一横向位置处以及在所述透明材料的所述透明表面中的第一深度处生成第一缺陷串列,其中,所述第二激光束被配置成用于在所述透明材料中在所述透明材料的第二横向位置处以及在所述透明材料的所述表面中的第二深度处生成第二缺陷串列,并且其中,所述第一和第二缺陷串列促进沿着所述第一和第二缺陷串列将所述透明材料分离成多于一个部分。在各个实施例中,所述系统可以包括:第一透镜组,所述第一透镜组沿着所述第二路径布置并且被配置成用于接收所述第二激光束,其中,所述第一透镜组之间的距离沿着所述第二路径确立所述第二焦点的位置;和/或至少两个第二透镜,所述至少两个透镜被配置成用于接收所述初始激光束,其中,调整所述第一透镜组之间的距离改变了所述第一和第二激光束中的至少一者的焦点。另外,至少一个镜子可以被配置成用于反射所述第二激光束,其中,调整所述镜子的角度改变分别与所述第一和第二激光束相对应的所述焦点的所述第一横向位置与所述第二横向位置之间的距离。

[0008] 在各个实施例中,本公开还涉及用于加工透明材料的方法,所述方法包括:(i)沿着共同路径共线地会聚第一激光束和第二激光束,其中,所述第一激光束具有沿着所述共同路径的第一焦点并且所述第二激光束具有沿着所述共同路径的第二焦点,并且所述第一焦点和所述第二焦点彼此偏离;(ii)初始地移动所述共线会聚的第一和第二激光束横跨所述透明材料的表面的一部分,其中,在所述透明材料中在所述透明材料的所述表面中与所述第一焦点相对应的第一深度以及在所述透明材料的所述表面中与所述第二焦点相对应的第二深度处形成第一缺陷串列;(iii)调整所述第一焦点和所述第二焦点中的至少一个焦点;以及(iv)随后横跨所述透明材料的所述表面的所述部分移动所述共线会聚的第一和第二激光束,其中,在所述透明材料中在所述透明材料的所述表面中与所述第一焦点相对应的第三深度以及在所述透明材料的所述表面中与所述第二焦点相对应的第四深度处形成第二缺陷串列,并且其中,所述第一缺陷串列与所述第二缺陷串列交错。

[0009] 在各个实施例中,本公开还涉及用于加工透明材料的方法,所述方法包括:(i)使用激光器来生成初始激光束,所述初始激光束被配置成用于沿着第一路径投射;(ii)使用偏振分束器来分割所述初始激光束,所述偏振分束器布置在所述第一路径中,其中,沿着所述第一路径引导第一激光束并且沿着从所述第一路径发散的第二路径引导第二激光束,并且其中,所述第一激光束具有沿着所述第一路径的第一焦点并且所述第二激光束具有沿着所述第二路径的第二焦点;(iii)使所述第一和第二激光束穿过共同聚焦透镜,其中,所述共同聚焦透镜将所述第一和第二激光束聚焦到所述透明材料上;以及(iv)移动所述第一和第二激光束横跨所述透明材料的表面以便在所述透明材料中分别形成第一和第二缺陷串列,其中,所述第一缺陷串列形成于所述透明材料的第一横向位置处以及在所述透明材料的所述表面中的第一深度处,其中,所述第二缺陷串列形成于所述透明材料的与所述第一横向位置偏离的第二横向位置处以及在所述透明材料的所述表面中与所述第一深度偏离的第二深度处,并且其中,所述第一横向位置和所述第一深度与所述第一焦点相对应,并且所述第二横向位置和所述第二深度与所述第二焦点相对应。

[0010] 另外的方法包括:沿着所述第一和第二缺陷串列将所述透明材料分离成多个部分的步骤。

[0011] 本公开的附加特征和优点将在以下具体实施方式中予以阐述,并且部分地对本领域的技术人员而言,根据所述描述,所述特征和优点将非常明显,或者通过实践如所本文中所述的方法(包括以下具体实施方式、权利要求书以及所附附图),所述特征和优点很容易被认识。

[0012] 应当理解的是,前述一般描述和以下具体实施方式呈现了本公开的各个实施例,并且旨在为理解权利要求书的本质和特征提供概要或框架。附图被包括以便提供对本公开的进一步理解,并被结合在本说明书中并构成本说明书的一部分。附图展示了本公开的各个实施例,并且与说明书一起用于解释本公开的原理和操作。

附图说明

[0013] 当结合以下附图阅读以下具体实施方式时,可以最好地理解以下具体实施方式,其中,类似的结构由类似的参考标号指示,并且在附图中:

[0014] 图1是根据本公开的实施例的针对多焦点激光束的示例性光学安排的示意性平面图。

[0015] 图2是根据本公开的另一个实施例的针对多焦点激光束的示例性光学安排的示意性平面图。

[0016] 图3A是根据本公开的实施例的具有多条划片线的示例性透明制品的侧视图图像。

[0017] 图3B是根据本公开的实施例的包括图3A的所述多条划片线的示例性透明制品的示意性透视图。

[0018] 图4是根据本公开的实施例的包括堆叠的划片线对的示例性透明制品的侧视图图像。

[0019] 图5是根据本公开的实施例的包括交错的划片线对的示例性透明制品的侧视图图像。

[0020] 图6是根据本公开的实施例的包括可变划片线间距的示例性透明制品的侧视图图像。

[0021] 图7是根据本公开的实施例的作为透镜间距的函数的垂直划片线间距的图形表示。

[0022] 图8是根据本公开的实施例的对第一和第二激光束的作为波片设置的函数的平均功率进行比较的图形表示。

[0023] 图9A是根据本公开的实施例的包括与在图8的图示中所表示的第一设置组相对应的多条划片线的示例性透明制品的侧视图图像。

[0024] 图9B是根据本公开的实施例的包括与在图8的图示中所表示的第二设置组相对应的多条划片线的示例性透明制品的侧视图图像。

[0025] 图10是根据本公开的实施例的对第一和第二功率路径的作为波片设置的函数的划片线斑点大小进行比较的图形表示。

[0026] 图11是根据本公开的实施例的用于形成具有彼此偏离轴线的多个焦点的激光束的示例性光学安排的示意性平面图。

[0027] 图12A是根据本公开的实施例的用于在示例性透明制品中形成U形边缘的可变划片线的示意性横截面侧视图。

[0028] 图12B是根据本公开的实施例的图12A的沿着可变划片线分离以便形成U形边缘的示例性透明制品的示意性横截面侧视图。

[0029] 图13A至图13D是根据本公开的实施例来形成的不同透明制品边缘形状的示意性横截面视图。

[0030] 图14是根据本公开的实施例的来自具有多条划片线的示例性透明制品的切割边缘的侧视图图像。

具体实施方式

[0031] 本文中公开了用于加工透明材料的方法和系统。所述系统可以包括光学安排,所述光学安排包括激光发射器和至少两个偏振分束器。所述激光发射器可以生成初始激光束。所述两个偏振分束器中的第一偏振分束器可以被配置成用于将所述初始激光束分割成沿着第一路径引导的第一激光束以及沿着从所述第一路径发散的所述第二路径引导的第二激光束。所述第一激光束包括沿着所述第一路径的第一焦点,并且所述第二激光束包括沿着所述第二路径的第二焦点。所述两个偏振分束器中的第二偏振分束器可以被配置成用于接收所述第一和第二激光束并且被配置成用于引导所述第一和第二激光束穿过共同聚焦透镜。所述第一激光束可以被配置成用于在所述透明材料中在其表面下面的第一深度处生成第一缺陷串列。另外,所述第二激光束可以被配置成用于在所述透明材料中在其表面下面的第二深度处生成第二缺陷串列。以此方式,所述第一和第二缺陷串列可以促使沿着所述第一和第二缺陷串列将所述透明材料分离成多于一个部分。

[0032] 如本文中所使用的,术语“激光器(laser)”是指利用能量级之间的原子或分子的自然振荡来生成相干电磁辐射束(本文中被称为激光束,通常在光谱的紫外区域、可见区域或红外区域中)的设备。根据各个实施例,可以将初始激光束分割(即,分离)成多个激光束。

[0033] 如本文中所使用的,术语“共线地会聚(collinearly converging)”是指多于一个激光束集合在一起以便占据或穿过同一直线。

[0034] 如本文中所使用的,术语“焦点(focus point)”及其变体是指射线(如光线、热线或声线)会聚或射线发散或好像发散的点。这包括例如与从另一个点发散或朝着所述另一个点会聚的射线相符的几何边界或其延长部分相交并且在通过镜子进行反射或者通过透镜或光学安排进行折射之后引起射线图像或射线组的点。

[0035] 如本文中所使用的,术语“光具组(optical train)”及其变化形式意指激光束可以行进穿过的光学部件串列。

[0036] 如本文中所使用的,如本文中所使用的术语“透明制品(transparent article)”是指激光束可以穿过的特定物项或物体。具体地,透明物体可以是易碎的,包括但不限于,玻璃、陶瓷、玻璃-陶瓷、晶体材料、聚合物及其组合。本文中所描述的方法可以用于的玻璃实施例包括但不限于玻璃片和玻璃结构以及具体地强化玻璃(例如,化学强化和/或层压玻璃)。应当指出的是,仅为了便于参考,可以关于玻璃而描述实施例,但是实施例应当被理解为同样可用于其他玻璃材料。

[0037] 如本文中所使用的,术语关于激光束相对于正被加工的透明材料的表面的“移动”旨在包括彼此相对地移动或者激光束或者透明材料或者两者。因此,短语“移动第一和第二激光束横跨所述透明材料的表面,从而在透明材料中形成第一和第二缺陷串列”包括激光

束被移动但透明材料保持静止的实施例、透明材料被移动但激光器保持静止的实施例以及透明材料和激光器两者被移动的实施例。

[0038] 如本文中所使用的,术语“缺陷(flaw)”及其变化形式意味着包括透明制品的物理结构或形式中的缺陷或对其的损伤。如本文中所使用的“缺陷串列(series of flaws)”是指前后相继地定位在透明制品中或上的多个缺陷。持续和连续缺陷串列可以形成线(即,狭长标记),所述线可以是直的和/或弯曲的。缺陷可以形成于制品的表面上以及制品的主体部分中(即,在表面下面)。

[0039] 如本文中所使用的,术语“划片线(scribe line)”及其变化形式意指通过刻划或切割制品(比如,玻璃片)的表面来形成的线。根据各个实施例,划片线可以形成于制品的顶表面下面,比如,在透明制品的主体部分中。根据所描述的各个实施例,通过激光加工来形成划片线。根据各个实施例,划片线可以是基本上连续的线或者可以包括不连续的缺陷串列。

[0040] 在玻璃行业内已经广泛采用激光加工来代替机械加工并且为被加工玻璃提供唯一属性。激光加工特别适用于传统机械刻划和折断方法可能无法实现平滑且均匀分离的强化玻璃。在用于玻璃的传统激光加工系统中,激光功率被集中在直接围绕激光束的单个焦点的小区域中。如果功率密度大于被加工玻璃的主体损伤阈值,则这将在所述小区域处创建缺陷。在彼此相对地(或者激光头相对于透明制品移动,或者反之亦然)移动激光束焦点和透明制品时,缺陷将形成划片线,所述划片线可以是直线或与所述运动相对应的其他形状。

[0041] 用于强化和非强化玻璃两者的各种激光分离技术可以用于实现高边缘强度和/或良好边缘质量。所述工艺使用或者创建裂纹/缺陷并经由激光诱导热应力、经由化学键断裂、两种机制(热应力和化学键断裂)的组合来扩展裂纹(即,裂纹扩展方法)或切除来移除或部分移除玻璃材料(即,切除方法)。裂纹扩展方法可以实现相对高的切割速度(例如,>300mm/s)连同期望的边缘质量和强度,但是不可用于实现所有期望边缘形状(比如,外圆角(bull nose)和倒圆角(chamfer))。相比而言,切除方法可以以非常高的精度移除玻璃的微小部分并且因此可以实现特定边缘形状,但是相对缓慢(例如,小于50mm/s的切割速度)。

[0042] 根据各个实施例,示例性方法和系统包括具有多个焦点的单个激光束。这种实施例可以使得能够使用激光头的单个遍来创建多个缺陷或多条划片线。非限制性实施例可以包括具有用于实现束分割和/或操纵的偏振分束器和可变光学透镜的光学系统。以此方式,单个激光束可以在其中被操纵成具有多个焦点。所述多个焦点中的每个焦点可以能够在玻璃中形成缺陷,比如,用于将玻璃分离成多个部分的各种划片线和/或图案,让切割边缘具有预定形状或剖面。

[0043] 例如,来自脉冲激光器的激光束(具有范围为从皮秒到数十纳秒的脉冲持续时间,波长范围为200nm到1600nm)可以被分割成多个束,每个束能够在硬质层压玻璃以及其他玻璃类型(比如但不限于Eagle XG®、Gorilla®玻璃和Willow®玻璃(全部都是纽约康宁市的康宁公司的玻璃产品注册商标))中形成缺陷或划片线。

[0044] 通常,如相比于在许多激光系统(所述激光系统在一些应用中可以提供超过5至10倍于所需功率的功率)中可用的满功率,在玻璃中形成缺陷或划片线所需的功率需求可能相对较低。相应地,本文中所描述的各个实施例可以利用而不是浪费由常规激光器通过将

单个高功率激光束分割成多个低功率激光束来供应的过量功率,每个低功率激光束配置有足够的能量以便在最硬玻璃类型中的某些玻璃类型中创建划片线。

[0045] 典型的激光束发射给定波长的具有高斯性质的横向强度分布 $I(r)$ 的辐射,可以根据等式(1)来表示所述强度分布:

$$I(r) = I_0 \exp\left(-\frac{2r^2}{\omega_0^2}\right) \quad \text{等式 (1)}$$

其中:

I_0 =在激光束中心处在其腰部处的强度;

\exp =指数函数 e^x ;

r =距中心极大值的半径;并且

ω_0 =高斯束最小半径(即,在其腰部处)。

[0046] 使用透镜组,可以将高斯束聚焦至与焦点相关联的小斑点。焦点将与透镜组相距距离 Df ,所述距离与沿着与束腰相关联的束路径的点相关联。当一片玻璃被置于所述小斑点处时,如果来自束的能量超过透明制品的主体损伤阈值,则将生成缺陷。以此方式,如果焦点与透明制品的表面重合,则可能需要超过表面损伤阈值以便生成缺陷。否则,如果焦点在透明制品的表面下面,则需要超过透明制品的与焦点重合的所述区域的主体损伤阈值以便生成缺陷。缺陷的大小将取决于斑点的大小以及所述焦点处的束超过主体损伤阈值多少。可以根据等式(2)来表示距离透镜组的距离 Df :

$$Df = \frac{f}{1 + \left(\frac{\lambda f}{\pi \omega_0^2}\right)^2} \quad \text{等式 (2)}$$

其中:

f =透镜的有效焦距;

λ =波长;并且

$\pi = \text{pi} \sim 3.14156$ 。

对于由两个透镜组成的复合透镜,其有效焦距 $f = f_1 * f_2 / (f_1 + f_2 - H_1)$,其中, f_1 和 f_2 是这两个透镜中的每个透镜的有效焦距; H_1 是这两个透镜之间的距离。以此方式,可以通过改变透镜之间的透镜间隔 H_1 来改变复合透镜的有效焦距。

[0047] 然而,可以根据等式(3)来表示光束发散的半角:

$$\theta = \frac{\lambda}{\pi \omega_0} \quad \text{等式 (3)}$$

[0048] 因此,可以根据等式(4)来重写等式(2):

$$Df = \frac{f}{1 + \theta^2 \left(\frac{2f^2}{\pi \omega_0^2}\right)} \quad \text{等式 (4)}$$

[0049] 以此方式,等式(4)表明发生最小斑点大小的距离 Df 取决于束的发散。相应地,通过改变束的发散,也可以改变距离 Df 。

[0050] 根据一个示例性实施例,可以通过将两个互补透镜(所述互补透镜一起进行动作以便在高斯束行进穿过光具组时稍微修改高斯束的发散)放置在束路径中来改变束的发散。在彼此靠近或远离地移动透镜时,发散改变,并且随后,可以相对于聚焦透镜的焦距而

改变发生最小斑点大小的距离 D_f 。

[0051] 图1展示了用于本文中所描述的各种方法的示例性光学安排100的非限制性实施例;然而,设想了各种其他配置并且所述各种其他配置旨在落入本公开的范围,包括但不限于,不同取向、配置、大小和数量的光具组以及不同数量的光具组。光学安排100包括两个单独的光具组,所述光具组包括用于初始地分离并且稍后重新组合初始激光束10的透镜串列、分束器和镜子。一旦初始激光束10被分离成多个束,就可以根据以上所描述的等式1至4来改变所述多个束中的至少一个束的焦点。因此,在重新组合所述多个束时,它们将表现得像具有多个焦点的单个束。

[0052] 通过示例的方式,初始激光束10可以通过激光器(比如,能够输出具有从200nm到1600nm的波长的激光束的紫外激光器)来产生的一般准直束。可选地,可以在将初始激光束10引导到光具组中之前对其进行修改。例如,可选地,可以将初始激光束10引导穿过可以提供可调整的伸缩安排的第一普通透镜组110。例如,第一普通透镜组110可以包括至少两个透镜以便扩展或收缩初始束从而生成具有期望直径的经调整激光束11。否则,在没有第一普通透镜组110的情况下,经调整激光束11将与初始激光束10相同。可选地,经调整激光束11可以被配置成具有线性偏振,但是具有混合和/或任意的初始偏振角。可以将经调整激光束11引导到第一偏振分束器121中。第一偏振分束器121将把来自经调整激光束11的入射光分割成具有正交偏振的两个部分,即,第一激光束21和第二激光束22。另外,第一偏振分束器121的内角将在不同于经调整激光束11但彼此正交(成直角)的第一激光束21和第二激光束22中授予偏振角。

[0053] 例如,如果经调整激光束11具有 45° 的线性偏振(表示为具有双箭头的对角线)并且第一偏振分束器121包括成 45° 角的内部反射层,则第一激光束21可能具有 90° 的线性偏振(表示为具有双箭头的垂直线),而第二激光束22可能具有 0° 的线性偏振(表示为小圆圈,表明进出页面的方向)。可以在与经调整激光束11相同的方向上继续对第一激光束21的引导,而第二激光束22沿着与第一路径正交的第二路径反射。以此方式,根据各个实施例,相比第一激光束21,可以将第二激光束22引导穿过单独的光具组。

[0054] 在各个实施例中,单独的光具组可以包括第一镜子131、第二镜子132以及第一透镜组141。单独的光具组可以具有在第一偏振分束器121与第一镜子之间测量的第一距离 A_1 。可以在第一镜子131中将第二激光束22反射到第一透镜组141中。第一透镜组141可以例如彼此特别匹配并且被配置成彼此间隔开某个透镜间隔 H_1 以便生成特定发散。例如,可以将具有 -100mm 焦距的凹透镜与具有 $+100\text{mm}$ 焦距的凸透镜间隔透镜间隔 H_1 。如相比于第一激光束21,特定发散可以用于向第二激光束22授予不同的焦点。在穿过第一透镜组141之后,第二激光束22可以反射离开第二镜子132,所述第二镜子将第二激光束22往回引导朝向第一激光束21。单独的光具组可以具有在第一镜子131与第二镜子132之间测量的第二距离 B_1 。第一和第二距离 A_1 、 B_1 可能保持不变,即使在透镜间隔 H_1 改变时。可替代地,第一透镜组141可以被定位在单独的光具组中的其他地方,比如,在第一偏振分束器121与第一镜子131之间,或者在第二镜子132与第二偏振分束器122之间。

[0055] 可以引导第一激光束21和第二激光束22以便在第二偏振分束器122处会聚,所述第二偏振分束器用于重新组合第一和第二激光束21、22。以此方式,第一激光束21可以穿过第二偏振分束器122,而不改变方向。可以使第二激光束22在第二偏振分束器122之内反射

以便沿着共同路径30共线地会聚第一激光束21和第二激光束22。第一激光束21和第二激光束22的会聚将修改对应激光束的偏振状态。共线会聚的第一激光束21和第二激光束22可以穿过用于将第一和第二激光束21、22分别集中到第一焦点151和第二焦点152的聚焦透镜150。

[0056] 因此,共线会聚的第一和第二激光束21、22可以表现得像沿着共同路径30但是具有彼此偏离的多个焦点(根据示例性实施例,比如,两个焦点)的单个束。第一焦点151可以与聚焦透镜150具有第一焦距 $Df1$,并且第二焦点152可以与聚焦透镜150具有第二焦距 $Df2$ 。可以根据以上等式(2)和(4)来计算第一和第二焦距 $Df1$ 、 $Df2$ 。通过改变第一透镜组141的设置(这包括透镜间隔 $H1$ 的改变),可以改变第二焦点152(即,移动更靠近或更远离第一焦点151)。

[0057] 下表1-1显示透镜间隔 $H1$ 的改变可以如何改变第二焦距 $Df2$ 以及与所述焦点相对应的斑点半径(即,束腰大小)(所有测量结果以毫米为单位; $A1=40\text{mm}$; $B1=80\text{mm}$)。

表1-1

第二激光束路径		
H1	斑点半径	Df2
4	5.72E-04	1.96
5	5.82E-04	2.075
6	5.92E-04	2.188
7	6.03E-04	2.3
8	6.13E-04	2.42
9	6.25E-04	2.55

[0058] 下表1-2显示距离 $D0$ 的改变如何不改变第一焦距 $Df1$,而改变与所述焦点相对应的斑点半径(即,束腰大小)(所有测量结果以毫米为单位)。

表1-2

第一激光束路径		
D0	斑点半径	Df1
80	5.40E-04	1.56
120	5.38E-04	1.56
160	5.39	1.56

[0059] 相比而言,可选地,主要光具组距离 $D0$ 可以是固定的或者以其他方式保持不变。可以在第一偏振分束器121与聚焦透镜150之间测量主要光具组距离 $D0$ 。可替代地,可以修改主要光具组距离 $D0$,或者可以将附加部件添加到主要光具组中。例如,可以将附加透镜组140置于第一与第二偏振分束器121、122之间。修改附加透镜组140的透镜间隔 $H2$ 可以改变与第一焦点151相关联的第一焦距 $Df1$ 。可替代地或另外地,可以将一个或多个波片包括在光具组的一个或多个部分中以便选择性地改变引导到对应光具组中的功率的量或者总体上改变所有焦点151、152。例如,可以在经调整激光束11进入第一偏振分束器121之前使用波片112来控制第一与第二激光束21、22之间的功率比。

[0060] 作为穿过各种光具组部件的结果,第一和第二激光束21、22可能具有比初始激光束10显著更小的功率。因此,在某些实施例中,可能期望的是,初始激光束10的初始功率水平是充分的,从而使得所述多个激光束(例如,第一和第二激光束21、22)中的每个激光束一旦被共线地会聚就仍具有足够的功率以便超过被加工玻璃的主体损伤阈值。以此方式,可

以使用单个激光束来源来创建具有多个焦点的共线激光束组,所述共线激光束组可以用于使用单个遍来在玻璃中同时创建多个缺陷。

[0061] 图2展示了根据本文中所描述的各个实施例的进一步示例性光学安排200。光学安排200包括四个单独的光具组,所述光具组包括用于将束多次分离并且稍后重新组合所有分离的束的透镜串列、分束器和镜子。一旦束被分离,就可以根据以上所描述的等式1至4来改变所述束中的至少三个束的焦点。因此,在重新组合所述多个束时,它们将表现得像具有多个焦点的单个束。

[0062] 在各个示例性实施例中,光学安排200的第一部分可以类似于以上关于图1而描述的光学安排100。例如,可选地,可以将初始激光束10引导穿过第一普通透镜组110,所述第一普通透镜组可以产生具有期望直径的经调整激光束11并且可以被配置成具有线性偏振,例如,具有混合和/或任意初始偏振角。如果没有使用第一普通透镜组110,则经调整激光束11将与初始激光束10相同。可以将经调整激光束11引导到第一偏振分束器121中,所述第一偏振分束器将把来自经调整激光束11的入射光分割成具有正交偏振的两个部分,即,第一激光束21和第二激光束22。可以在与经调整激光束11相同的方向上继续对第一激光束21的引导,而第二激光束22沿着与第一路径正交的第二路径反射。以此方式,相比第一激光束21,可以将第二激光束22引导穿过单独的光具组。

[0063] 在各个实施例中,光学安排200可以不同于以上关于图1而描述的光学安排100,例如,在经调整激光束11被分割成第一激光束21和第二激光束22之后。通过示例的方式,可以将第一激光束21引导穿过第三偏振分束器123,所述第三偏振分束器将把来自第一激光束21的入射光分割成第三激光束23和第四激光束24。可以在与第一激光束21相同的方向上继续对第三激光束23的引导,而可以沿着与第一路径正交的第三路径反射第四激光束24。以此方式,相比第三激光束23,可以将第四激光束24引导穿过单独的光具组。

[0064] 仍可以将第二激光束22引导穿过第一镜子131,但是然后引导穿过第四偏振分束器124,所述第四偏振分束器将把来自第二激光束22的入射光分割成第五激光束25和第六激光束26。可以在与第二激光束22相同的方向上继续对第五激光束25的引导,而可以沿着与第二路径正交的第四路径反射第六激光束26。以此方式,相比第五激光束25,可以将第六激光束26引导穿过单独的光具组。可以使第五激光束25穿过第一透镜组141以便生成特定发散,从而导致具有唯一焦点的第五激光束25。

[0065] 关于下面两个光具组(根据图2中的取向),可以将第四激光束24引导到第三镜子133中,所述第三镜子可以将第四激光束24反射穿过第二透镜组142。第二透镜组142可以彼此特别匹配并且被配置成彼此间隔某个距离以便生成特定发散。特定发散可以用于向第四激光束24授予唯一焦点。在穿过第二透镜组142之后,第四激光束24可以反射离开第四镜子134,所述第四镜子将第四激光束24往回引导朝向第三激光束23。可以引导第三激光束23和第四激光束24以便在第五偏振分束器125处会聚,所述第五偏振分束器用于重新组合第三和第四激光束23、24。以此方式,第三激光束23可以穿过第五偏振分束器125,而不改变方向。可以使第四激光束24在第五偏振分束器125之内反射以便沿着共同路径共线地会聚第三激光束23和第四激光束24。第三激光束23和第四激光束24的会聚将修改对应激光束的偏振状态。

[0066] 关于上面两个光具组(根据图2中的取向),可以将第六激光束26引导到第五镜子

135中,所述第五镜子可以将第六激光束26反射穿过第二透镜组143。第三透镜组143可以彼此特别匹配并且被配置成彼此间隔开某个距离以便生成特定发散。特定发散可以用于向第六激光束26授予唯一焦点。在穿过第三透镜组143之后,第六激光束26可以反射离开第六镜子136,所述第六镜子将第六激光束26往回引导朝向第五激光束25。可以引导第五激光束25和第六激光束26以便在第六偏振分束器126处会聚,所述第六偏振分束器用于重新组合第五和第六激光束25、26。以此方式,第五激光束25可以穿过第六偏振分束器126,而不改变方向。可以使第六激光束26在第六偏振分束器126之内反射以便沿着共同路径共线地会聚第五激光束25和第六激光束26。第五激光束25和第六激光束26的会聚将修改对应激光束的偏振状态。

[0067] 可选地,在第三偏振分束器123与第五偏振分束器125之间,第三激光束23可以穿过第四透镜组144以便在第三激光束23与第四激光束24重新组合之前改变第三激光束的焦点。

[0068] 可以引导第三和第四激光束23、24以及第五和第六激光束25、26以便在第二偏振分束器122处会聚,所述第二偏振分束器用于重新组合第三、第四、第五和第六激光束23、24、25、26。以此方式,第三和第四激光束23、24可以穿过第二偏振分束器122,而不改变方向。可以使第五和第六激光束25、26反射离开第二镜子132并在第二偏振分束器122之内反射以便沿着共同路径共线地会聚第三和第四激光束23、24以及第五和第六激光束25、26。第三、第四、第五和第六激光束23、24、25、26的会聚将修改对应激光束的偏振状态。共线会聚的第三、第四、第五和第六激光束23、24、25、26可以穿过用于将所述束分别集中到第一焦点151、第二焦点152、第三焦点153和第四焦点154的聚焦透镜150。

[0069] 因此,共线会聚的第三、第四、第五和第六激光束23、24、25、26可以表现得像沿着共同路径的但是具有彼此偏离的多个焦点(即,至少四个焦点)的单个束。第一、第二、第三和第四焦点151、152、153、154中的每个焦点可以布置成与聚焦透镜150相距不同距离,即,分别地,第一、第二、第三和第四焦距 Df_1 、 Df_2 、 Df_3 、 Df_4 。根据各个示例性实施例,通过改变第一透镜组141的设置(这包括透镜间隔 H_1 (例如,图1)的改变),可以改变第二焦点152(即,移动更靠近或更远离第一焦点151)。

[0070] 在重新组合经分离的部分之前将激光束分割两次的过程可能导致并非全都具有相同偏振角的第三、第四、第五和第六激光束23、24、25、26。因此,可选地,第一、第二、第三和第四偏振旋转器161、162、163、164可以用于确保共线会聚的第三、第四、第五和第六激光束23、24、25、26全都具有相同的偏振角。

[0071] 例如,离开第一偏振分束器121的第一激光束21可能具有 90° 的线性偏振,但是在穿过第一偏振旋转器161之后,可能具有 45° 的线性偏振。以此方式,当第一激光束21进入第三偏振分束器123时,线性偏振角与在经调整激光束11进入第一偏振分束器121时相同。因此,通过在每个激光束第二次被分割之前并且在重新组合第二次分离的激光束之后将偏振旋转器置于光具组中,共线会聚的第三、第四、第五和第六激光束23、24、25、26可能具有相同的偏振角。因此,第一偏振旋转器161可以布置在第一偏振分束器121与第三偏振分束器123之间;第二偏振旋转器162可以布置在第五偏振分束器125与第二偏振分束器122之间;第三偏振旋转器163可以布置在第一偏振分束器121与第四偏振分束器124之间;并且第四偏振旋转器164可以布置在第六偏振分束器126与第二偏振分束器122之间。以此方式,当被

重新组合时,第三、第四、第五和第六激光束23、24、25、26的偏振状态将是向量相加组合。

[0072] 可以使用一个或多个可选波片来控制组合激光束的偏振。例如,四分之一波片(未示出)可以包括在第二偏振分束器122与聚焦透镜150之间以便将组合的第三、第四、第五和第六激光束23、24、25、26转换成各自具有圆偏振。圆偏振可以更一致地将功率从组合的第三、第四、第五和第六激光束23、24、25、26转移至透明材料,从而形成更可靠的缺陷或缺陷串列。可替代地或另外地,可以将一个或多个波片包括在光具组的一个或多个部分中以便选择性地改变引导到对应光具组中的功率的量。例如,可以在经调整激光束11进入第一偏振分束器121之前使用波片112来控制第一与第二激光束21、22之间的功率比。

[0073] 通过包括附加光具组部件,通过光学安排200产生的第三、第四、第五和第六激光束23、24、25、26可能具有显著减小的功率。因此,可以根据各个实施例而将光学安排200中的初始激光束10的初始功率水平选择为是充足的以便确保第三、第四、第五和第六激光束23、24、25、26中的每个激光束一旦被共线地聚合就仍具有足够的功率以便超过被加工玻璃的主体损伤阈值。以此方式,可以使用单个激光束来源来创建具有多个焦点的共线激光束组,所述共线激光束组可以用于使用单个遍来在玻璃中同时创建单独的划片线。另外,使用关于光学安排200而公开的技术,可以形成仅受限于总激光功率以及所涉及的光学器件的功率损伤阈值的多于四个共线焦点。

[0074] 图3A展示了由根据本公开的非限制性实施例的光学安排加工的示例性透明制品300的侧视图图像。具体地,图3A示出了在透明制品300中可见的四个单独的缺陷330、335、340、345,所述缺陷是使用在每一遍A、B、C中具有不同设置的光学安排100(图1)通过三个单独遍A、B、C来形成的。示例性透明制品300是层压玻璃。具有输出波长355nm的紫外激光器用于生成缺陷330、335、340、345。具体地,激光器是以120kHz进行操作并且为所述多个激光束(即,图1中的21和22)中的每个激光束产生平均1.2瓦特功率的脉冲激光器,当这两个激光束被重新组合时,总功率为共约2.3瓦特。总功率可以将由于穿过光具组的各种部件而产生的损耗考虑在内。单独的激光束的焦点被间隔开大约350 μm 。示例性透明制品300安装在真空吸盘中,所述真空吸盘本身安装在两个平移台上。为了生成缺陷330、335、340、345,使示例性透明制品300在三个单独遍A、B、C中相对于产生初始激光束的激光头以100mm/sec的速度平移。

[0075] 在透明制品300中创建第一和第二缺陷330、335之前,存在这样一种担心:因为第二缺陷335直接位于第一缺陷330下面,所以由第一缺陷330产生的损伤将干扰创建第二缺陷335的焦点位置。以此方式,认为的是,因为第一缺陷330布置在激光束来源于第二缺陷335本身的位置之间,所以第一缺陷330可能使形成第二缺陷335的第二焦点位置散焦。然而,图3A中所示出的结果显示出第一缺陷330对第二缺陷335的很少干扰或无干扰。具体地,第一缺陷330的大小与同时形成的第二缺陷335大致相同。作为比较,第三缺陷345和第四缺陷340分别在单独遍B、C中形成,但是类似地具有大致相同的大小。

[0076] 图3B展示了来自图3A的示例性透明制品的示意性表示。如所示出的,缺陷330、335、340、345中的每个缺陷以在y方向上延伸的串列重复。根据各个实施例,使用遍A、B、C中的每个遍,可以将激光垂直地引导到顶表面305中以便在表面下面创建缺陷,并且可以在y方向上在顶表面305上移动,从而在相同深度处创建缺陷330、335、340、345中的每个缺陷的串列。缺陷330、335、340、345中的每个缺陷的串列与顶表面305下面(即,在透明制品300的

主体部分中)用于切割透明制品300的划片线相对应。

[0077] 在图3A和图3B中,在透明制品300的左侧的第一缺陷对包括第一缺陷330和第二缺陷335。第一和第二缺陷330、335是作为以下操作的结果而形成的:作为第一遍A的一部分使用引导到透明物体300的顶表面305中的共线会聚的第一和第二激光束(例如,21、22)来将示范性光学安排100(图1)付诸实践。第一和第二缺陷330、335同时创建,而第三缺陷345和第四缺陷340彼此分离地并且与第一和第二缺陷330、335两者分离地创建。第一激光束(例如,图1中的21)的第一焦点(例如,图1中的151)与顶表面305下面的第一深度d1重合。而且,第二激光束(例如,图1中的22)的第二焦点(例如,图1中的152)与顶表面305下面的第二深度d2重合。以此方式,第一缺陷330与第二缺陷335偏离一定偏离距离z,但是第一和第二缺陷330、335垂直地对准。偏离距离z对应于光学安排中的第一透镜组(例如,141)的特定透镜间隔(例如,H1)。

[0078] 在图3A和图3B中,在透明制品300右侧的第三缺陷345和第四缺陷340作为以下操作的结果而单独形成:将示范性光学安排100(图1)付诸实践,但是一次仅使用这两个光具组之一。例如,作为第二遍B的一部分,可以阻挡第一激光束(例如,21)以便自己将第二激光束(例如,22)引导到透明制品300的顶表面305中从而产生第三缺陷345。另外,作为第三遍C的一部分,可以阻挡第二激光束(例如,22)以便允许第一激光束(例如,21)自己进入透明制品300的顶表面305从而产生第四缺陷340。

[0079] 根据各个实施例,可以以各种方式来阻挡激光束。例如,可以在第一偏振分束器之前将附加透镜组(例如,图1中的140)引入到激光束路径中。然后,通过使用所述附加透镜组来改变初始激光束的偏振角,可以限制或阻挡第一和第二激光束之一。以此方式,可以选择性地修改进入第一偏振分束器(例如,121)的激光束(例如,图1中的经调整激光束11)的偏振角以便限制将输入激光束的功率的什么部分引导至这两个光具组中的每个光具组。作为进一步示范性实施例,可以在第一或第二激光束路径之一中选择性地使用附加镜子来将所选激光束重新引导出光具组,从而使得其不到达聚焦透镜150。已知用于阻挡激光束的其他方式还旨在包括在本公开的范围之内。

[0080] 图4展示了由根据本公开的示例性和非限制性实施例的光学安排加工的透明制品400的侧视图图像。具体地,图4示出了在透明制品400上的垂直线上方的两个单独遍D、E的结果。每个遍D、E涉及激光头在y方向上在透明制品400上的垂直平移(进入或离开页面)。两个遍D、E使用示范性光学安排100(图1)连同激光头产生具有多个焦点的共线会聚的第一和第二激光束。然而,激光头(例如,聚焦透镜150)与透明制品的顶表面405之间的不同间隔用于每个遍D、E。z高度是激光头与透明制品的顶表面405之间的距离。

[0081] 第一遍D产生这两个最低(根据图4中的取向)缺陷,即,第一缺陷430和第二缺陷435。第一和第二缺陷430、435是作为以下操作的结果而同时形成的:作为第一遍D的一部分使用引导到透明物体400的顶表面405中的共线会聚的第一和第二激光束(例如,21、22)来将示范性光学安排100(图1)付诸实践。第一激光束(例如,图1中的21)的第一焦点(例如,图1中的151)与顶表面405下面的第一深度d1重合。而且,第二激光束(例如,图1中的22)的第二焦点(例如,图1中的152)与顶表面405下面的第二深度d2重合。以此方式,第一缺陷430与第二缺陷435偏离一定偏离距离z,但是第一和第二缺陷430、435垂直地对准。偏离距离z对应于光学安排中的第一透镜组(例如,141)的特定透镜间隔(例如,H1)。

[0082] 第二遍E产生这两个上部(根据图4中的取向)缺陷,即,第三缺陷440和第四缺陷445。第三和第四缺陷440、445是作为以下操作的结果而同时形成的:作为第二遍E的一部分使用共线会聚的第一和第二激光束(例如,21、22)来将示例性光学安排100(图1)付诸实践。相比第一遍D,针对第二遍E,增大了激光头与顶表面405之间的距离。因此,在第二遍E时,第一激光束的第一焦点与顶表面405下面的第三深度d3重合。而且,在第二遍E时,第二激光束的第二焦点与顶表面405下面的第四深度d4重合。以此方式,第三缺陷440与第四缺陷445偏离与第一和第二缺陷430、435相同的偏离距离z。另外,像第一和第二缺陷430、435一样,第三和第四缺陷440、445垂直地对准。由于使用光学安排中的第一透镜组的相同设置(即,间隔距离),在第一遍D与第二遍E之间的偏离距离z不变。

[0083] 所产生的所述多个缺陷,即,第一、第二、第三和第四缺陷430、435、440、445显示在多个遍中使用激光头来创建的多条划片线可以垂直地堆叠。然而,由于在下部缺陷对(第一和第二缺陷430、435)之后产生上部缺陷对(第三和第四缺陷440、445),所以未预料第一与第二遍D、E之间的干扰。以此方式,将划片线对堆叠类似于使用多个遍利用单焦点激光束来堆叠单一划片线。

[0084] 图5展示了由根据本公开的非限制性实施例的光学安排加工的透明制品500的侧视图图像。具体地,图5示出了在透明制品500上的垂直线上方的两个单独遍F、G的结果。相比于在透明制品400(图4)上的遍D、E,遍F、G与成对缺陷的安排交错。每个遍F、G仍涉及激光头在y方向上在透明制品500上的垂直平移(进入或离开页面)。两个遍F、G使用光学安排100(图1)连同激光头产生具有多个焦点的共线会聚的第一和第二激光束。另外,类似于以上关于图4而描述的实施例,共同z高度用于每个遍F、G。

[0085] 第一遍F产生第一缺陷530和第二缺陷535。第一和第二缺陷530、535是作为以下操作的结果而同时形成的:作为第一遍F的一部分使用引导到透明物体500的顶表面505中的共线会聚的第一和第二激光束(例如,21、22)来将示例性光学安排100(图1)付诸实践。第一激光束(例如,图1中的21)的第一焦点(例如,图1中的151)与顶表面405下面的第一深度d1重合。而且,第二激光束(例如,图1中的22)的第二焦点(例如,图1中的152)与顶表面405下面的第二深度d2重合。以此方式,第一缺陷530与第二缺陷535偏离一定偏离距离z,但是第一和第二缺陷530、535垂直地对准。偏离距离z对应于光学安排中的第一透镜组(例如,141)的特定透镜间隔(例如,H1)。

[0086] 第二遍G产生第三缺陷540和第四缺陷545。第三和第四缺陷540、545是作为以下操作的结果而同时形成的:作为第二遍G的一部分使用共线会聚的第一和第二激光束(例如,21、22)来将示例性光学安排100(图1)付诸实践。相比第一遍F,针对第二遍G,增大了激光头与顶表面505之间的距离。因此,在第二遍G时,第一激光束的第一焦点与顶表面505下面的第三深度d3重合。而且,在第二遍G时,第二激光束的第二焦点与顶表面505下面的第四深度d4重合。以此方式,第三缺陷540与第四缺陷545偏离与第一和第二缺陷530、535相同的偏离距离z。另外,像第一和第二缺陷530、535一样,第三和第四缺陷540、545垂直地对准。由于使用光学安排中的第一透镜组的相同设置(即,间隔距离),在第一遍F与第二遍G之间的偏离距离z不变。

[0087] 根据至少某些示例性实施例,所产生的所述多个缺陷,即,第一、第二、第三和第四缺陷530、535、540、545显示在多个遍中使用激光头来创建的多条划片线不仅可以垂直地堆

叠,而且还可以在彼此不干扰的情况下交错(即,以交替序列来安排)。具体地,在第二遍G时产生第三缺陷540,而不论事先在所述位置处的并且直接布置在第三缺陷540的位置上方的第一和第二缺陷530、535如何。类似地,也在第二遍G时在已经在第一遍F时创建的第一和第二缺陷530、535之间产生第四缺陷545。因为预料了重叠缺陷之间的干扰,所以交错安排产生出乎意料的结果。使划片线交错的能力可以通过减小所需遍的数量来增大创建多条划片线的效率。除了通过改变第一透镜组的透镜间隔(例如,H1)来改变激光头的z高度之外,还可以使用每个遍来改变偏离距离z。划片线的交错安排可用于加工不同厚度的玻璃工件。另外,交错安排可以用于微调划片线相对于被加工的增强或层压透明制品的应力分布的精确位置。

[0088] 图6展示了由根据本公开的非限制性实施例的示例性光学安排加工的透明制品600的侧视图图像。具体地,图6示出了使用如由三个单独的遍H、I、J所显示的可变间隔来产生多条划片线的能力。

[0089] 第一遍H产生这两个最左边的(根据图6中的取向)缺陷,即,第一缺陷630和第二缺陷635。第一和第二缺陷630、635是作为以下操作的结果而同时形成的:作为第一遍H的一部分使用引导到透明物体600的顶表面605中的共线会聚的第一和第二激光束(例如,21、22)来将示例性光学安排100(图1)付诸实践。第一激光束(例如,图1中的21)的第一焦点(例如,图1中的151)与顶表面605下面的第一深度d1重合。而且,第二激光束(例如,图1中的22)的第二焦点(例如,图1中的152)与顶表面605下面的第二深度d2重合。以此方式,第一缺陷630与第二缺陷635偏离第一偏离距离z1,但是第一和第二缺陷630、635垂直地对准。第一偏离距离z1对应于光学安排中的第一透镜组(例如,141)的第一间隔距离。

[0090] 第二遍I产生这两个中心(根据图6中的取向)缺陷,即,第三缺陷640和第四缺陷645。第一激光束维持第一焦点,所述第一焦点和与第一遍H相同的在顶表面605下面的第一深度d1重合。相比而言,第二激光束的第三焦点与顶表面605下面的第三深度d3重合。以此方式,第三缺陷640与第四缺陷645偏离第二偏离距离z2,但是第三和第四缺陷640、645垂直地对准。第二偏离距离z2对应于光学安排中的第一透镜组的第二间隔距离。

[0091] 第三遍J产生这两个最右边的(根据图6中取向)缺陷,即,第五缺陷650和第六缺陷655。再次,第一激光束维持第一焦点,所述第一焦点和与第一和第二遍H、I相同的在顶表面605下面的第一深度d1重合。相比而言,第二激光束的第四焦点与顶表面605下面的第四深度d4重合。以此方式,第五缺陷650与第六缺陷655偏离第三偏离距离z3,但是第五和第六缺陷650、655垂直地对准。第三偏离距离z3对应于光学安排中的第一透镜组的第三间隔距离。

[0092] 图7展示了根据各个示例性实施例的如相比于透镜间隔距离的在划片线之间的相对垂直间距的图形表示。y轴(即,垂直)与以毫米为单位来测量的划片线间距相对应。x轴(即,水平)与也以毫米为单位来测量的透镜间隔(例如,图1中的H1)相对应。因此,在图7的图示中描绘了五种不同透镜设置的结果。所述设置中的第一设置(最左边)未使用透镜之间的任何间距并且然而实现几乎0.4mm的划片线间距。相比而言,所述设置中的最后一个设置(最右边)使用透镜之间的2mm间距,并且实现划片线之间超过1.0mm的间距。

[0093] 图8展示了根据各个示例性实施例的由与第一和第二激光束相关联的每个光具组路径输出的平均功率的图形表示。可选地,可以使用一个或多个波片(例如,关于图1和图2而描述的112)来改变第一和第二激光束的功率输出。可以提供附加半波片组以便在两个光

具组之间进行选择功率平衡。平衡第一和第二激光束的功率可以确保每条划片线具有相同的有效损伤(即,创建相同大小的缺陷)。可替代地,可以故意地使相对功率输出失衡,从而使得一条划片线具有比另一条划片线更多或更少的有效损伤。

[0094] 在图8中,垂直轴表示向对应第一和第二激光束21、22供应的以瓦特数 P_y 为单位的功率水平。水平轴表示用于限制和/或阻挡到第一和第二激光束21、22中的任一激光束的功率的所述一个或多个波片(例如,112)的旋转角设置。在图示中,附加半波片组的旋转角的范围为从 230° 到 290° 。对于根据本文中所描述的各个实施例来选择的特定光学安排,这些角可能是唯一的。

[0095] 在图示上的示例性第一标记对(最左边)与小于 240° 的旋转角相关联并且反应具有大约2.3W的功率水平的第一激光束21以及具有几乎为0的功率水平的第二激光束22。在图示上的第一标记对可以与共线会聚的第一和第二激光束21、22在玻璃(例如,图9中的透明制品900)上方的用于生成缺陷的第一遍K相关联。

[0096] 在图示上的示例性第二标记对(从左边数第二对)与大约 242° 的旋转角相关联并且反应具有低于2.3W的功率水平的第一激光束21以及具有大约0.1W的功率水平的第二激光束22。在图示上的第二标记对可以与共线会聚的第一和第二激光束21、22在透明制品上方的用于生成缺陷的第二路径L相关联。

[0097] 类似地,在图示上的示例性第三标记对(从左边数第三对)与差不多 250° 的旋转角相关联并且反应具有大约2.0W的功率水平的第一激光束21以及具有大约0.4W的功率水平的第二激光束22。在图示上的第三标记对可以与共线会聚的第一和第二激光束21、22在透明制品上方的用于生成缺陷的第三遍M相关联。

[0098] 在 260° 与 270° 的旋转角之间的某个地方,功率平衡在第一激光束21与第二激光束22之间变化。例如,在图示上的示例性最后一个标记对(最右边)与大约 290° 的旋转角相关联并且反应具有大约为0的功率水平的第一激光束21以及具有大约2.3W的功率水平的第二激光束22。最后一个标记对可以与共线会聚的第一和第二激光束21、22在透明制品上方的第六路径P相关联。

[0099] 在图示上的示例性倒数第二标记对(从右边数第二对)与大约 283° 的旋转角相关联并且反应具有大约0.1W的功率水平的第一激光束以及具有低于2.3W的功率水平的第二激光束22。在图示上的倒数第二标记对可以与共线会聚的第一和第二激光束21、22在透明制品上方的第五路径O相关联。

[0100] 类似地,在图示上的示例性倒数第三标记对(从右边数第三对)与大约 272° 的旋转角相关联并且反应具有大约1.0W的功率水平的第一激光束以及具有大约1.3W的功率水平的第二激光束22。在图示上的倒数第三标记对可以与共线会聚的第一和第二激光束21、22在透明制品上方的第四遍N相关联。

[0101] 图9A和图9B展示了由根据本公开的非-限制性实施例的示例性光学安排加工的样本层压透明制品900的侧视图图像。图9A示出了使用与第一、第二和第三遍K、L、M相关联的半波片设置来生成的五个缺陷。第一缺陷930是由激光束(例如,图1的21)在第一遍K中形成的。所示出的损伤反应了第一激光束的高功率设置。另外,由于第二激光束以如关于图8而描述的几乎为0的功率水平进行操作,所以从第二激光束(例如,图1中的22)中未注意到任何损伤。第二缺陷940和第三缺陷945是分别由第一和第二激光束在第二遍L中形成的。由第

一激光束21生成的第二缺陷940在尺寸上稍微减小,并且第二激光束现在具有足够高的功率水平以便生成第三缺陷945。第三遍M允许第一激光束产生第四缺陷950并且允许第二激光束产生第五缺陷955。

[0102] 图9B包括使用与第四、第五和第六遍N、O、P相关联的半波片设置来在透明制品900的不同部分上生成的五个附加缺陷。第六缺陷960是由第一激光束(例如,图1中的21)在第四遍N中形成的,而第七缺陷965也是在第四遍N中但是由第二激光束(比如,图1中的22)形成的。如所看到的,通过第四遍N,更多功率被引导至第二激光束,这反应为以第七缺陷965的更大大小(如相比第六缺陷960)。第八缺陷970和第九缺陷975是分别由第一和第二激光束在第五遍O中形成的。由第一激光束生成的第八缺陷970在尺寸上进一步减小,并且第九缺陷975在尺寸上进一步增大。最后,第六遍P允许第二激光束产生第十缺陷985,并且可以看到第一激光束未产生缺陷。在第六遍中所示出的损伤反应了第二第一激光束的高功率设置。另外,由于第一激光束以如关于图8而描述的几乎为0的功率水平进行操作,所以从第一激光束中未注意到任何损伤。

[0103] 图10展示了在针对各种功率平衡组合的每条划片线中引起的损伤的估计程度的图形表示。垂直轴表示以微米(μm)为单位的斑点大小,反应了由对应第一和第二激光束21、22在透明制品上引起的损伤的大小。水平轴表示所述一个或多个波片(例如,112)的与关于图8而描述的那些旋转角类似的旋转角设置。当所述一个或多个波片被设置为低于 250° 时,第二激光束22未被指示为引起显著缺陷(即,零斑点大小)。然而,在 250° 偏振角以下,第一激光束21产生其最高损伤程度。

[0104] 例如,大约 235° 的偏振角设置与产生大小几乎为 $150\mu\text{m}$ 的斑点的第二激光束21相对应。图10显示了由第一激光束21生成的斑点大小与波片的偏振角的增大成反比地减小。相比而言,由第二激光束22生成的斑点大小随着波片的偏振角的增大而增大。大约 250° 的偏振角设置与在第二激光束22产生直径为大约 $15\mu\text{m}$ 的可见斑点时相对应。在大约 265° 的偏振角设置下,由第一和第二激光束21、22引起的斑点大小会聚为大约相同的大小($40\mu\text{m}$)。另外,在超过 265° 的偏振角设置的情况下,第二激光束22继续在透明制品中生成更大大小的斑点。

[0105] 出乎意料地,如在图10中的图示中所看到的,与第一和第二激光束21、22相关联的斑点大小损伤不对称。换言之,在旋转角范围内,第一激光束21始终比第二激光束22生成更大的斑点大小。另外,第二激光束22生成难以估计的缺陷,这在图示中未清晰地反映。

[0106] 图11展示了示例性光学安排1100的进一步非限制性实施例,所述光学安排包括被配置成处于不同深度(即,在透明制品的表面中的位置)但是还彼此偏离轴线的两个焦点。光学安排1100包括两个单独的光具组,所述光具组包括用于将束多次分离并且稍后将它们重新组合(但是彼此稍微偏离轴线)的透镜串列、分束器和镜子。一旦初始激光束10被分割成两个部分,就可以根据以上所描述的等式1至4来改变这两个部分中的至少一个部分的焦点。因此,当初始激光束的第一和第二部分一起恢复时,它们将具有不同的焦点。另外,通过修改所述部分之一的角度,所述部分的焦点将不与另一个部分轴向地对准(即,偏离轴线)。

[0107] 可选地,光学安排1100可以包括以上关于光学安排100(图1)而描述的所有相同元件,但是在以下方面可能不同:其生成彼此偏离轴线的第二激光束41和第二激光束42。第二激光束41仍包括被布置成与聚焦透镜150相距第一焦距 Df_1 的第一焦点151,并且第二激光

束42仍包括被布置成与同一共同聚焦透镜150相距第二焦距 Df_2 的第二焦点155。然而,除了第一焦距 Df_1 不同于第二焦距 Df_2 之外,第二焦点155与第一激光束41的轴线横向偏离。以此方式,第一和第二激光束41、42的不同焦点彼此偏离轴线,并且可以被配置成与被加工的透明材料(比如,透明制品)之内的不同深度重合。

[0108] 光学安排1100可以通过以稍微大于或小于 45° 的角度 α 来重新定位第二镜子132从而实现偏离轴线配置。第二镜子132的这种角度改变使第二激光束42以不同的角度(例如,非-正交于第一激光束41)进入第二偏振分束器122,所述第二偏振分束器在与第一激光束41类似的方向上但是沿着稍微偏离轴重新引导第二激光束42。以此方式,在使第一激光束41和第二激光束42在第二偏振分束器122处会聚的同时,它们的偏离轴配置使这两个束在离开第二偏振分束器122之后发散。因此,第一和第二激光束41、42并不像在其他示例性实施例中那样精确地共线会聚。

[0109] 在又进一步示例性实施例中,光学安排1100可以通过以 45° 角来定位第二镜子132(但是与第二偏振分束器122稍微不对准)从而实现偏离轴线配置,从而使得与第一激光束41平行但稍微偏离地重新引导第二激光束42。可替代地,稍微旋转第一镜子131或倾斜偏振分束器121可以实现相同的期望偏离轴线性能。

[0110] 可替代地,可以将一个或多个波片包括在光具组的一个或多个部分中以便选择性地改变引导到对应光具组中的功率的量或者总体上改变焦点151、155。例如,可以在经调整激光束11进入第一偏振分束器121之前使用波片112来控制第一与第二激光束41、42之间的功率比。

[0111] 图12A展示了加工透明制品1200的三个偏离轴线的多焦点激光束对的非限制性实施例。第一激光束对包括第一激光束51和第二激光束52。第一和第二激光束51、52可以彼此共线地会聚,但具有偏离焦点。例如,第一激光束51包括第一焦点151,并且第二激光束52包括与第一焦点151偏离的第二焦点152,其中,第一和第二焦点151、152沿同一轴线形成一条直线。

[0112] 另外,第二激光束对包括第三激光束53和第四激光束54。第三和第四激光束53、54可以彼此共线地会聚,但具有偏离焦点。例如,第三激光束53包括第三焦点251,并且第四激光束54包括与第三焦点251偏离的第四焦点252,其中,第三和第四焦点251、252沿同一轴线形成一条直线。

[0113] 类似地,第三激光束对包括第五激光束55和第六激光束56。第五和第六激光束55、56可以彼此共线地会聚,但具有偏离焦点。例如,第五激光束55包括第五焦点351,并且第六激光束56包括与第一焦点351偏离的第六焦点352,其中,第五和第六焦点351、352沿同一轴线形成一条直线。

[0114] 通过将这三个激光束对51、52;53、54;以及55、56聚焦到透明制品1200上,可以在与焦点151、152、251、252、351、352重合的位置中生成缺陷。在至少某些实施例中,可以期望在创建针对非线性切口的划片线时使用更低的激光功率水平以便避免基本上偏离预期切割路径的裂缝或缺陷扩展。

[0115] 这三个激光束对51、52;53、54;以及55、56无需同时生成。这三个对中的每个对可由分割成两个部分的单个初始激光束形成。如此,第一和第二激光束可以是具有多个遍的相同激光束,从而使得第三激光束与第一激光束相对应并且第四激光束与第二激光束相对

应等。因此,在透明制品1200上彼此横向偏离的三个遍的情况下,这六个不同焦点151、152、251、252、351、352可以引导在透明制品1200处。

[0116] 可替代地,这三个激光束对51、52;53、54;以及55、56可由分割成六个部分的单个初始激光束形成。可以例如类似于将激光束分割成四个部分的示例性光学安排200(图2)的方式(但是将两个附加偏振分束器添加到示例性光学安排200的配置中以便将激光束分割成六个部分)来完成这一点。另外,可以引导这三个激光束对51、52;53、54;以及55、56中的单独对以便跟随不需要在最终共同偏振分束器处相交或会聚的单独光具组。作为进一步示例性实施例,使用光学安排1100的偏离轴线配置,可以实现具有各种横向位置并且各自具有不同深度的这六个不同焦点151、152、251、252、351、352。

[0117] 图12B展示了通过沿着遵循由焦点(即,151、152、251、252、351、352)以连接点的方式创建的缺陷的划片线分离图12A中所示出的透明制品1200来形成的第一玻璃部分1201和第二透明制品部分1202。对第一和第二玻璃部分1201、1202的分离创建了U形边缘1210,而不是简单的直线切割边缘。U形边缘1210是可以根据本文中的各个实施例来形成的非平面表面的示例。

[0118] 图13A至图13D展示了可以通过根据本文中所描述的示例性实施例的各种加工玻璃的方法来实现的许多示例性边缘形状。例如,图13A展示了包括成角度的边缘切口1311的透明制品1301,所述边缘切口可以使用具有所述实施例之一或其组合的特征的光学安排来实现。可选地,成角度的边缘切口1311可以使用针对透明制品1301的共线会聚的多焦点光学安排100、200(图1、图2)以及与成角度的边缘切口1311的角度相匹配的微小角度来实现。可替代地,成角度的边缘切口1311可以使用偏离轴线的多焦点光学安排1100(图11)来实现。

[0119] 图13B展示了包括直边缘1321连同截短转角1322的透明制品1302。图13C展示了包括圆形(即,外圆角)边缘切口1331的透明制品1302。图13D展示了包括直边缘1341连同圆形转角1342的透明制品1304。

[0120] 本文中所公开的系统和方法可以用于成形具有各种厚度的透明制品。本文中所公开的技术和特定光学安排可以用于生成具有不同且变化的焦点的激光束。另外,可以根据各个实施例来改变和/或变化焦点之间的间距。进一步地,可以选择性地修改从初始激光束分离的所述多个激光束之间的功率平衡以便改变在透明制品内生成的一个或多个缺陷的大小。各个实施例从单个初始激光束产生多个激光束,其中,所述多个激光束在方向上彼此独立。各个实施例可以通过减小形成用于分离透明制品的划痕线的遍数来增大切割透明制品的加工速度。仍进一步地,各个实施例可以用于实现非线性的和/或包括唯一定制形状的切割玻璃边缘形状。

[0121] 图14展示了由根据本公开的非-限制性实施例的示例性光学安排加工的示例性层压透明制品1400切割边缘的图像。透明制品1400包括顶表面1405(即,第一外表面)、底表面1410(即,第二外表面)以及切割边缘,所述切割边缘在顶表面1405与底表面1410之间的整个厚度T上延伸。切割边缘是通过与切割边缘的平面表面一起布置在共同平面上的两条划片线1430、1435来形成的。使用光学安排100(图1)利用单个遍来形成这两条划片线1430、1435。这两条划片线1430、1435反应由与多个焦点共线组合的第一和第二激光束产生的损伤。来自第一激光束的第一焦点将由持续和连续缺陷串列产生的第一划片线1430创建为顶表面1405下面的第一距离d1处的水平线。来自第二激光束的第二焦点将由持续和连续缺陷

串列产生的第二划片线1435创建为顶表面1405下面的第二距离 d_2 处的水平线。另外,第一和第二划片线1430、1435彼此偏离距离 z_1 。第一和第二划片线1430、1435用于通过将透明制品1400与被移除制品分离来形成透明制品1400的切割边缘,所述被移除制品在被分离之前与透明制品1400一体形成。根据各个实施例,第一与第二划片线之间的最小间隔为全厚度 T 的至少10%,例如,如在图14中所展示的约全厚度 T 的25%,所述间隔对于分离透明制品1400有效。

[0122] 根据本文中的各个实施例来加工的透明制品的边缘属性不同于现有玻璃加工技术。具体地,可以在透明制品之内形成至少两条划片线,其之间的间隔等于或大于透明制品的厚度的10%。这使得能够在仍提供对透明制品的有效分离的同时形成更少的划片线。以此方式,可以在不需要划片线的重叠以及如相比于当代技术的在划片线之间的进一步间距的情况下分离透明制品。以此方式,沿着将成为玻璃的切割边缘的物体的划片线的总面积可以小于边缘面积的70%或者优选地小于边缘面积的60%或者更优选地小于边缘面积的50%。另外,对于非平坦边缘(即,外圆或倒圆边缘),可以使用比现有玻璃加工技术更少的划片线来实现切割边缘。根据本文中的各个实施例来形成的划片线在分离之前在透明制品之内引起应力。应力的累积可能足以将裂纹扩展到相邻划片线并且最终分离透明制品。因此,根据各个实施例来形成的划片线可以比当代技术更快速地且使用更少划片线地形成切割边缘。

[0123] 非限制性示例性透明制品包括但不限于单张玻璃、单个堆叠中的多张玻璃、玻璃-玻璃层压结构以及玻璃-聚合物层压结构。

[0124] 将理解的是,所公开的各个实施例可以涉及结合所述特定实施例而描述的特定特征、元件或步骤。还将理解的是,尽管关于一个具体实施例而描述了这些特定特征、元件或步骤中的任何一者,但是其可以以各种未展示的组合或排列互换或与替代实施例相组合。例如,关于图11而描述的偏离轴线的这两个焦点可以结合到关于图2而描述的使一个或多个焦点与其他焦点偏离轴线的四焦点安排中。

[0125] 还应理解的是,除非明确指出是相反的,否则如本文中所使用的术语“所述(the)”、“一个(a)”或“一个(an)”是指“至少一个”,并且不应限于“仅一个”。同样,“多个(plurality)”旨在表示“多于一个(more than one)”。如此,“多个激光束(plurality of laser beams)”包括两个或更多个激光束等。

[0126] 在本文中,范围可以表示为从“约(about)”一个特定值和/或到“约”另一个特定值。当表达这种范围时,示例包括从一个特定值和/或到另一个特定值。类似地,当通过使用先行词“约”来将值表示为近似值时,应当理解的是所述特定值形成了另一方面。将进一步理解的是,所述范围中的每个范围的端点既相对于另一个端点又独立于另一个端点都是有效的。

[0127] 如本文中所使用的术语“基本(substantial)”、“基本上(substantially)”及其变化形式旨在指出所描述的特征等于或近似等于值或描述。例如,“基本上直的(substantially straight)”边缘旨在指示直的或近似直的边缘。此外,如以上所定义的,“基本上相似(substantially similar)”旨在表示两个值相等或近似相等。

[0128] 除非另有明确说明,否则不旨在将本文中所阐述的任何方法解释为要求以特定顺序执行其步骤。相应地,在方法(包括方法权利要求)实际上不叙述其步骤遵循的顺序或者

所述方法未另外具体地陈述为遵循顺序或描述步骤被限制于特定顺序的情况下,绝不旨在推断任何特定的顺序。

[0129] 尽管可以使用过渡短语“包括 (comprising)”来公开特定实施例的各种特征、元件或步骤,但是应当理解的是,暗示了替代性实施例处,包括可以使用过渡短语“由…组成 (consisting)”或“基本上由…组成 (consistingessentially of)”来描述的替代实施例。因此,例如,包括A+B+C的系统的暗示替代实施例包括系统由A+B+C组成的实施例以及系统基本上由A+B+C组成的实施例。

[0130] 对于本领域的技术人员显而易见的是,在不脱离本公开的精神和范围的情况下,可以对本公开进行各种修改和变化。由于本领域的技术人员可以想到包括本公开的精神和实质的所公开的实施例的修改组合、子组合和变化形式,所以本公开应当被解释为包括所附权利要求及其等同物的范围内的一切。

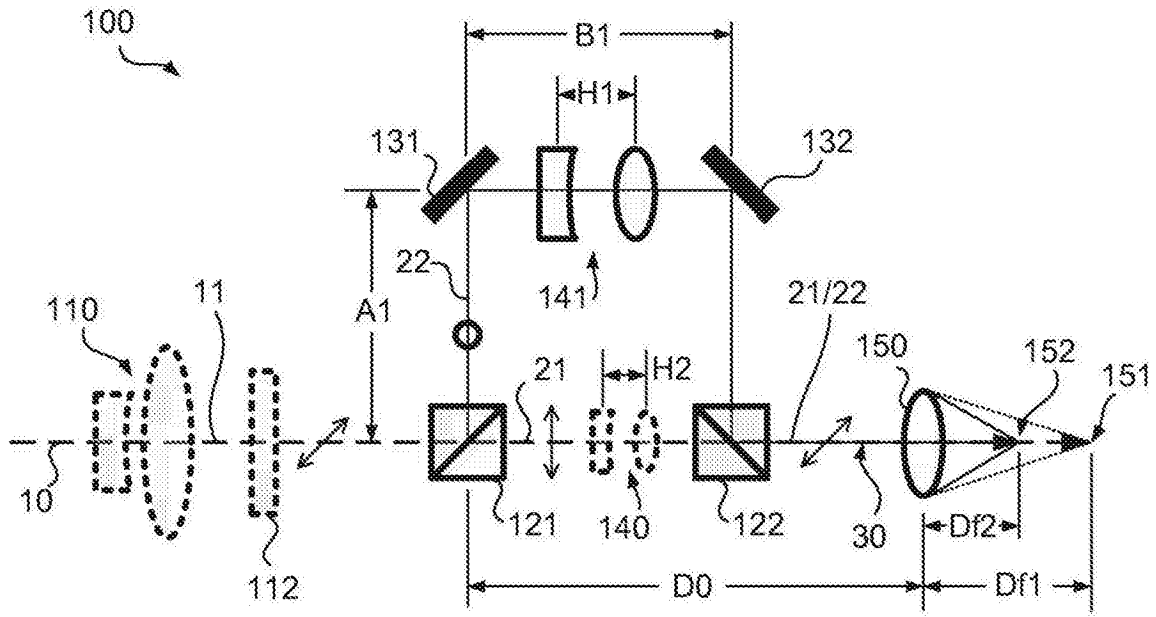


图1

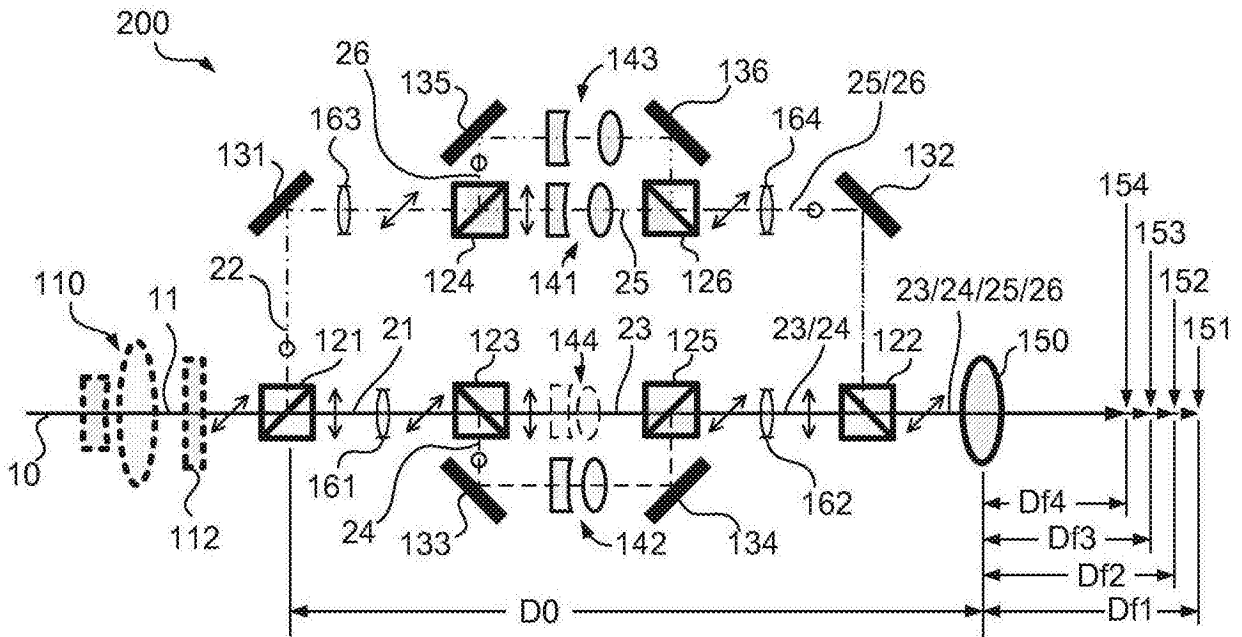


图2

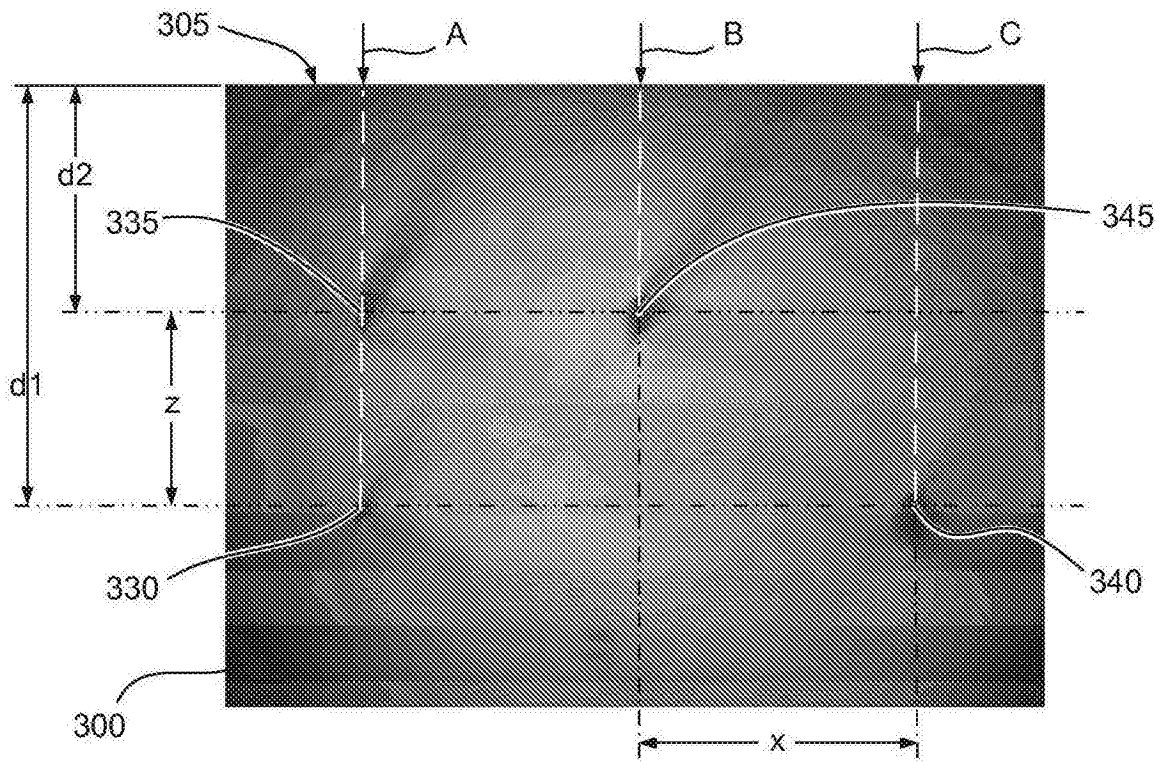


图3A

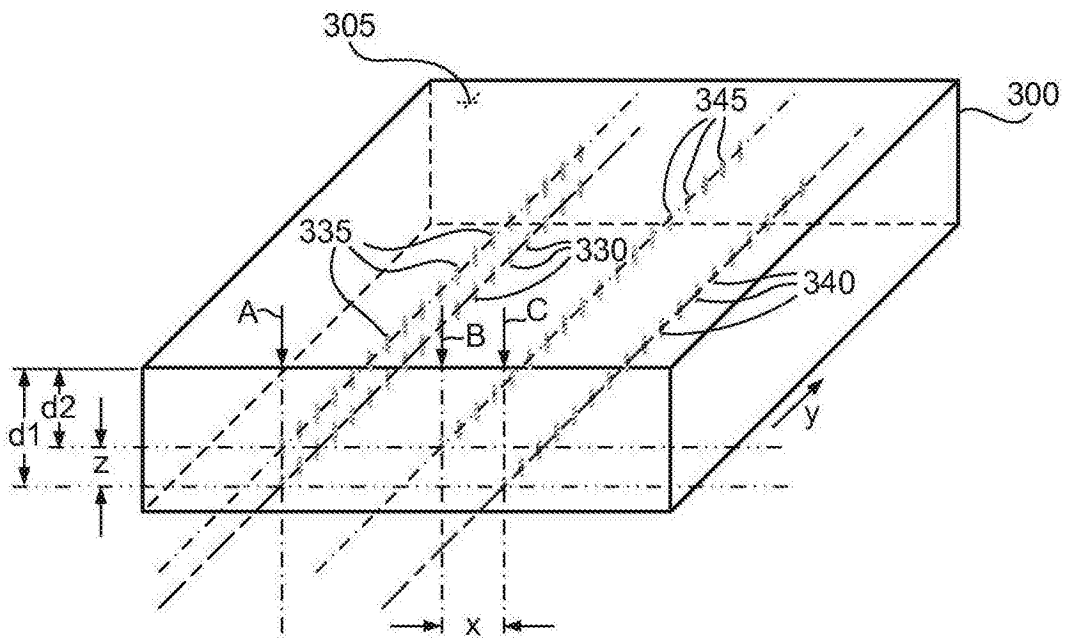


图3B

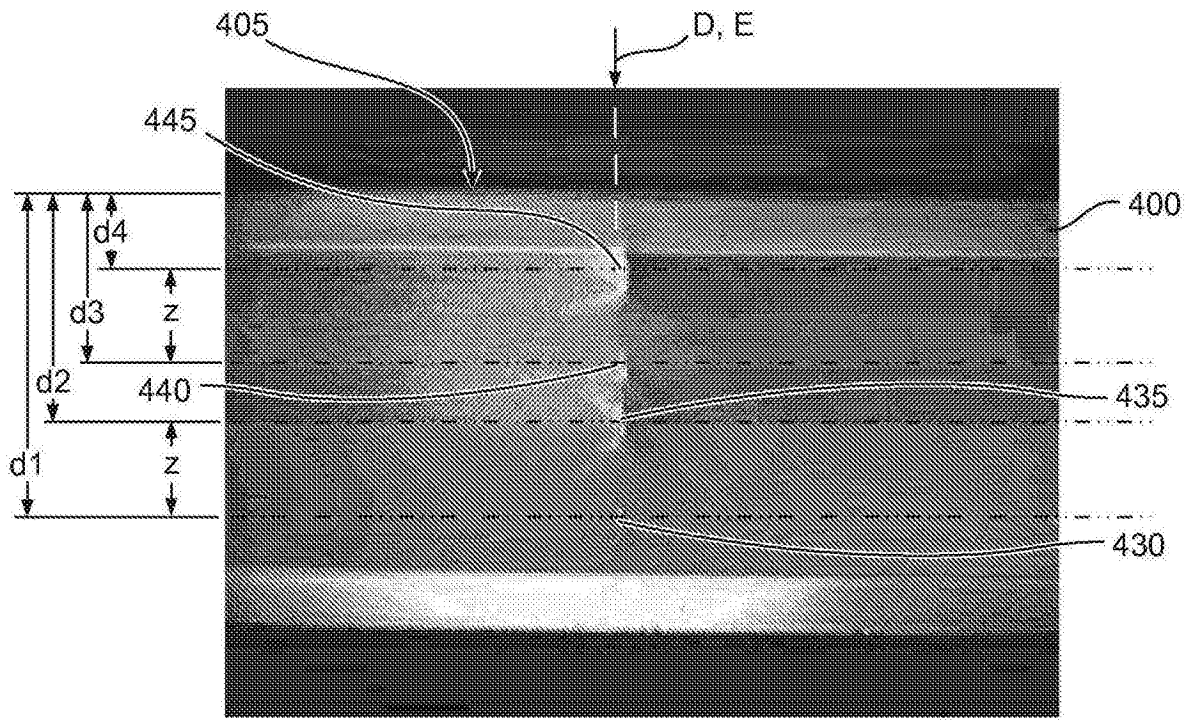


图4

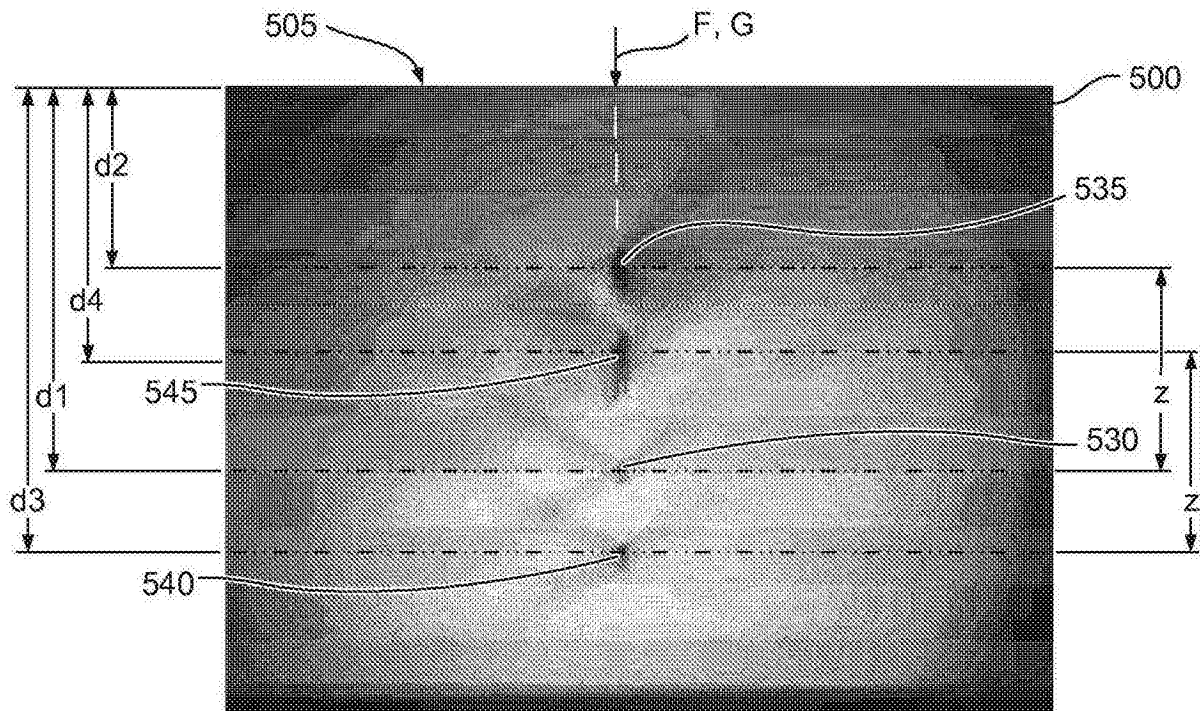


图5

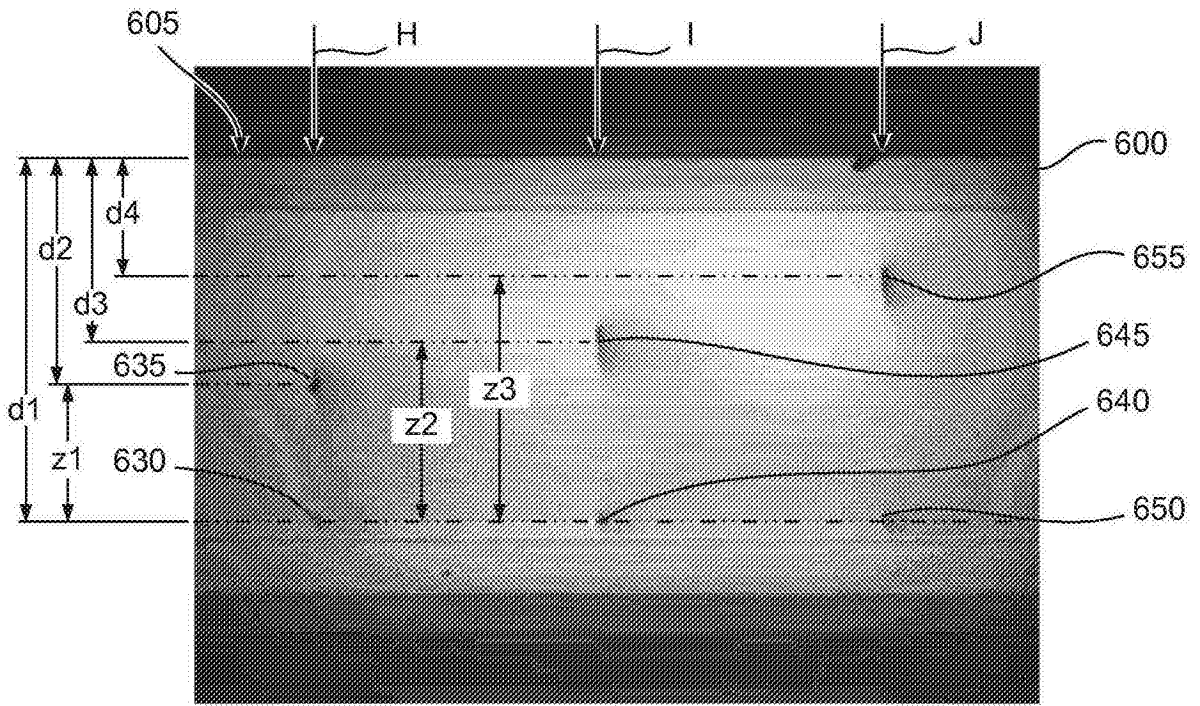


图6

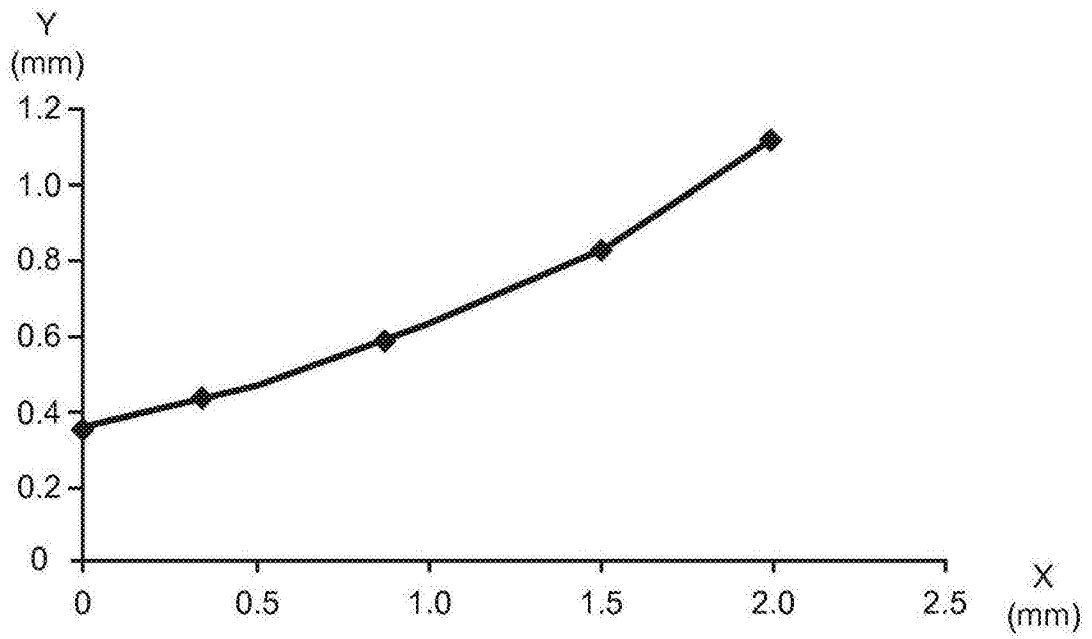


图7

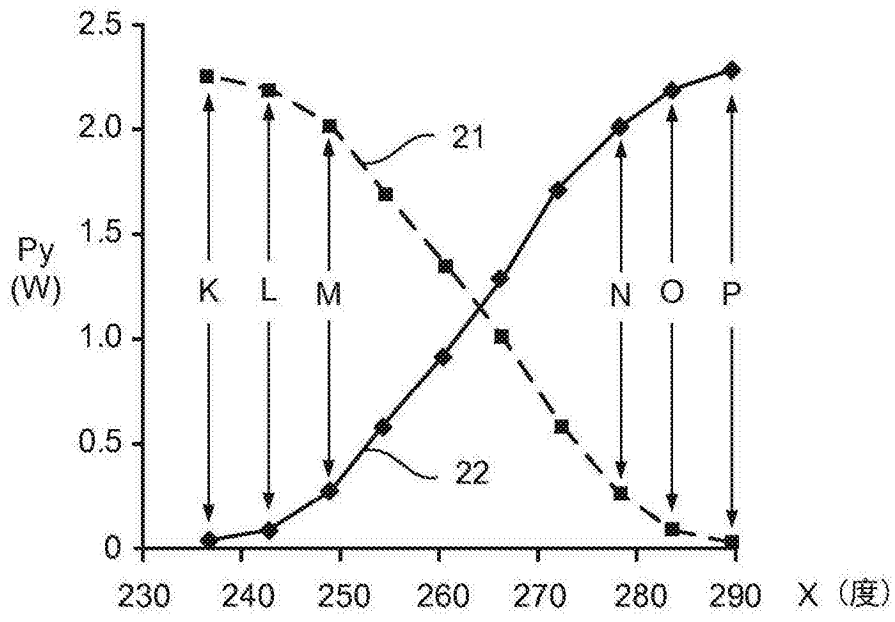


图8

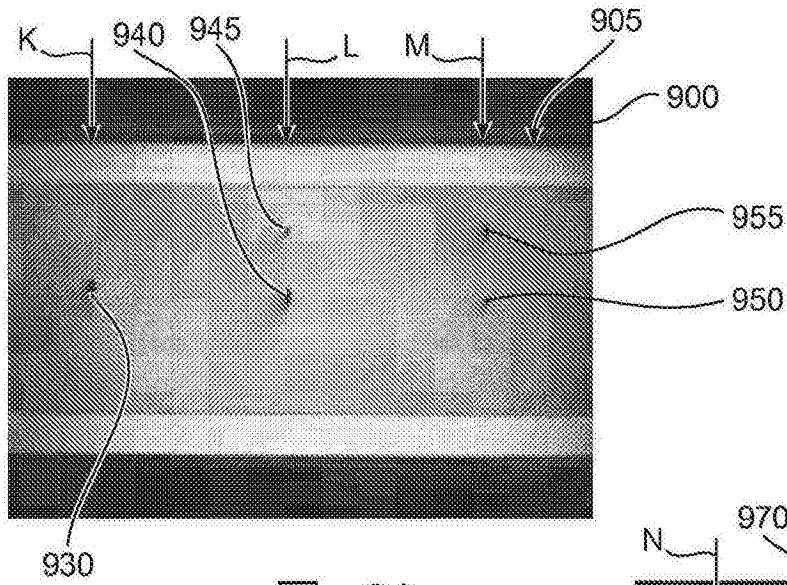


图 9A

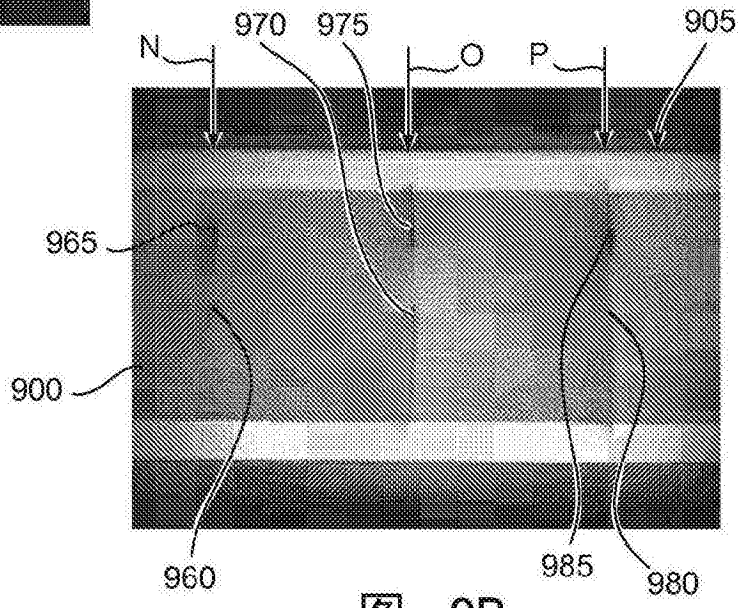


图 9B

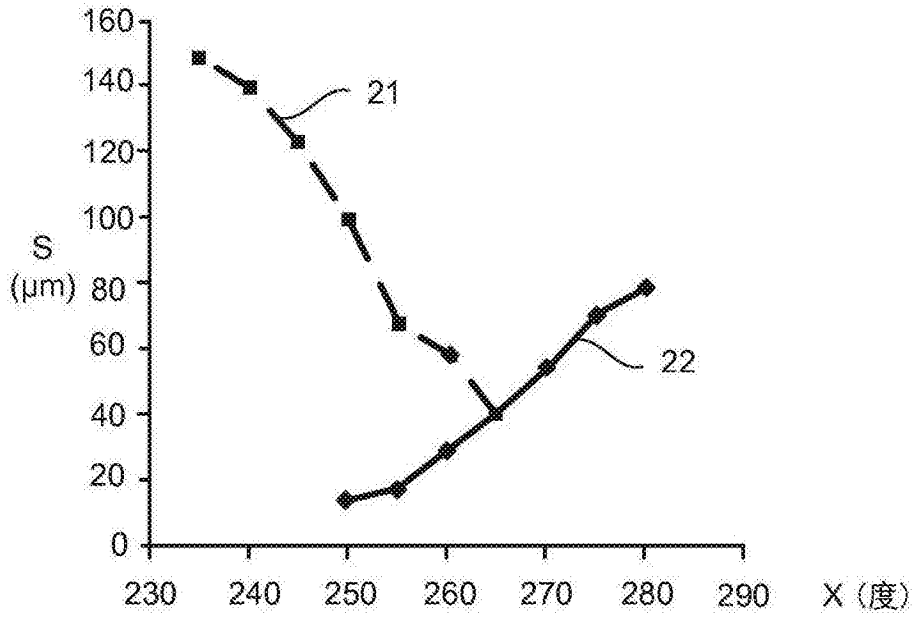


图10

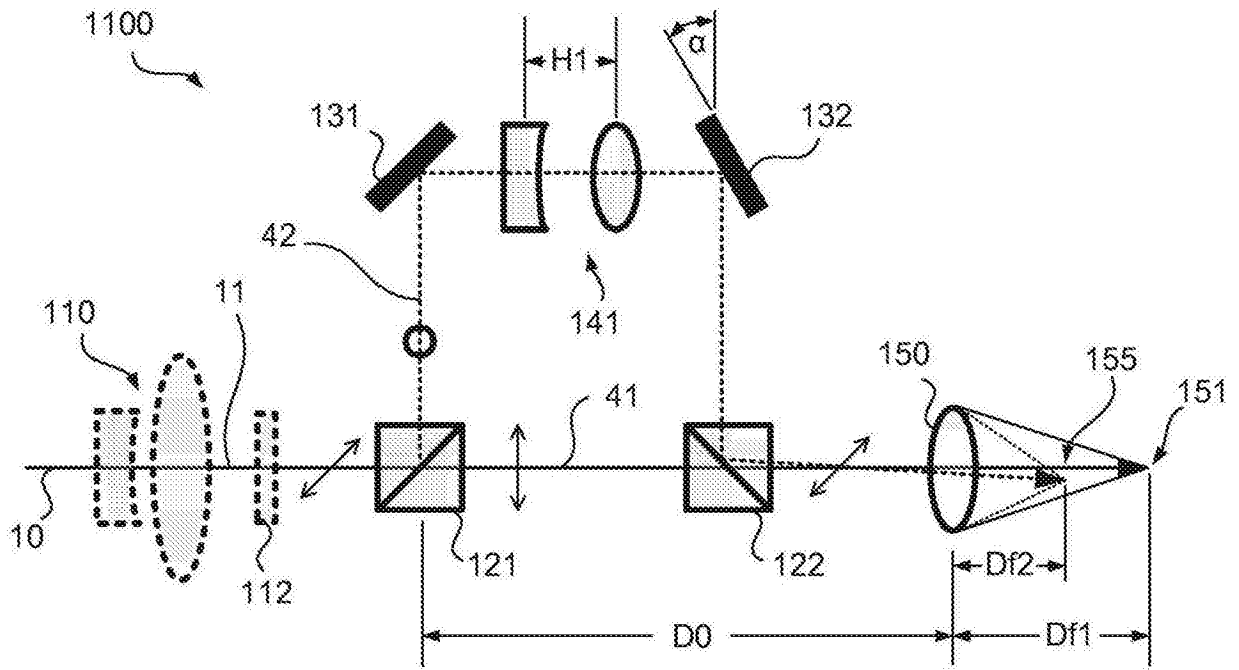


图11

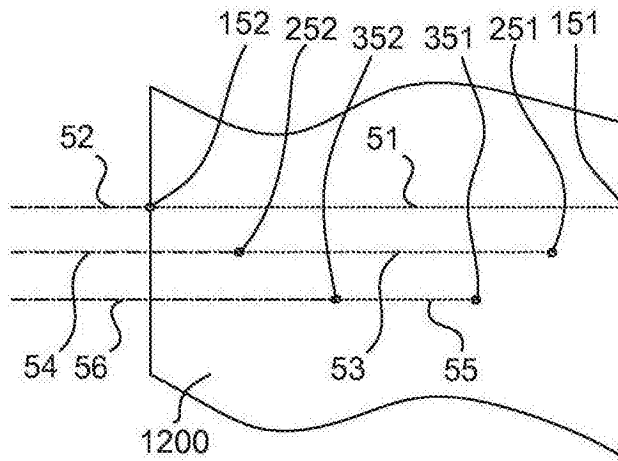


图12A

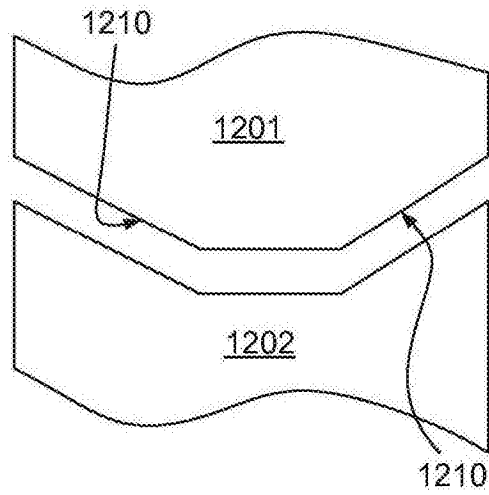


图12B

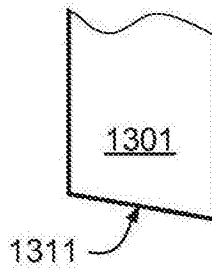


图13A

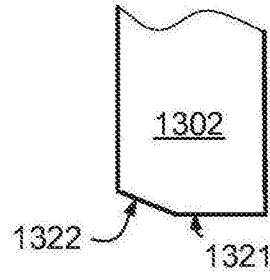


图13B

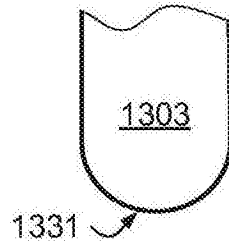


图13C

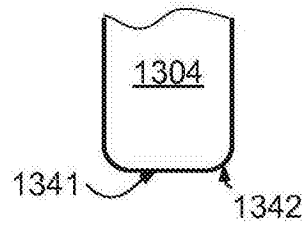


图13D

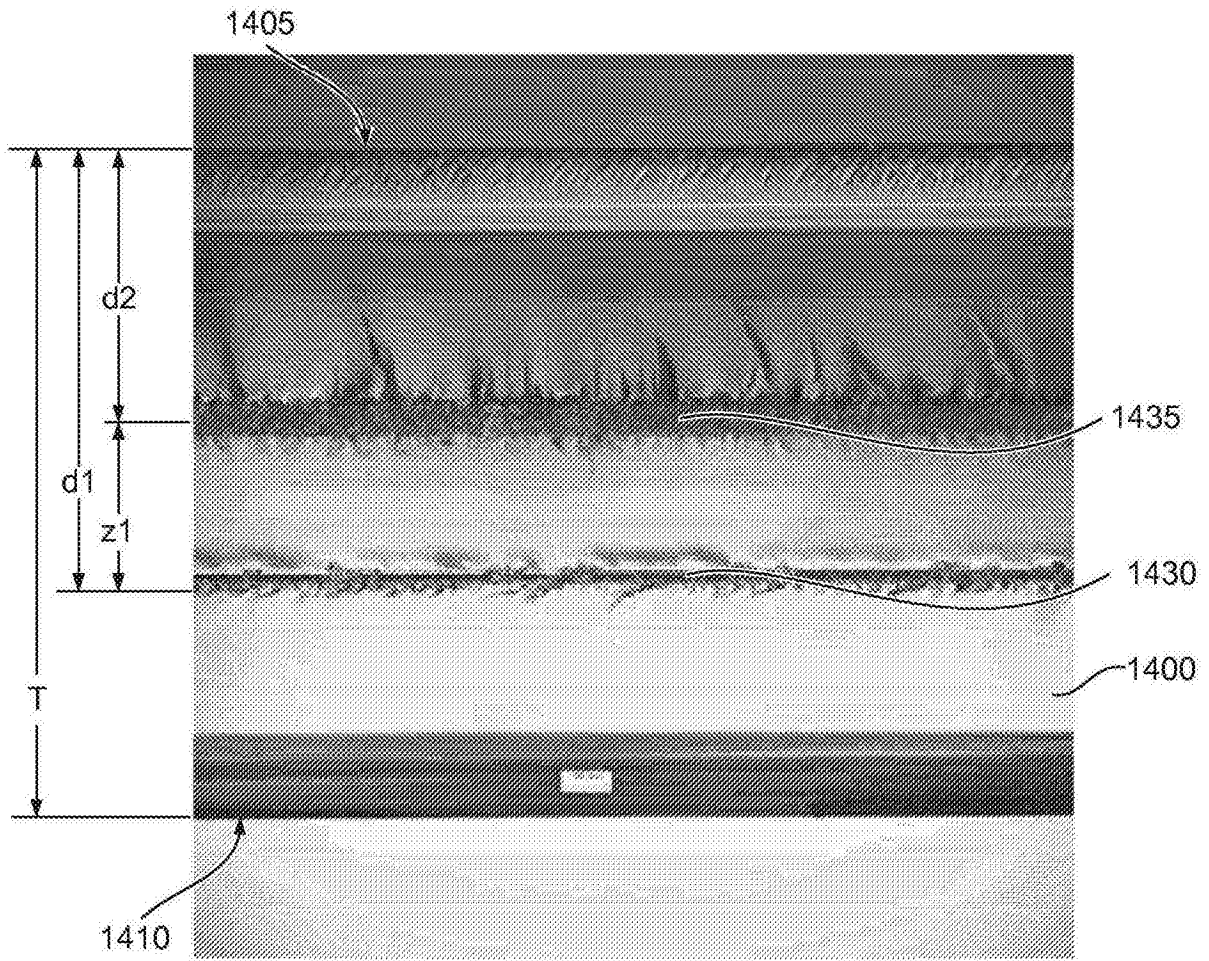


图14