



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101932903 A

(43) 申请公布日 2010. 12. 29

(21) 申请号 200880120710. 0

(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 2008. 11. 06

代理人 李玲

(30) 优先权数据

11/983, 464 2007. 11. 09 US

(51) Int. Cl.

G01B 11/02 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

G01B 11/245 (2006. 01)

2010. 06. 09

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2008/012527 2008. 11. 06

(87) PCT申请的公布数据

W02009/061438 EN 2009. 05. 14

(71) 申请人 康宁股份有限公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 X·陈 A·刘 周乃越

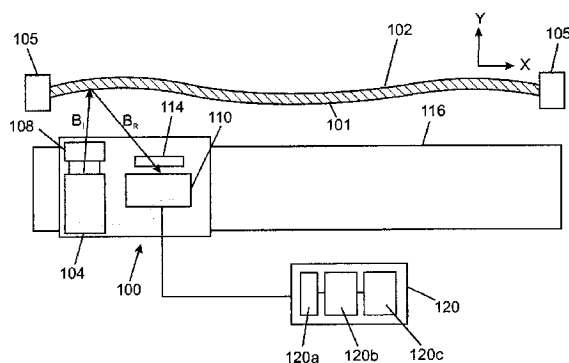
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 9 页

(54) 发明名称

用于测量表面形状轮廓的方法和装置

(57) 摘要

一种用于测量薄材料板的表面的形状轮廓的装置,包括:光源,用于提供被引导至该薄材料板的表面处的光束;线性平移平台,其耦合至光源以使光源在该薄材料板的该表面上方平移,从而该光束在被引导至表面处时入射在表面上的多个位置处,并在多个位置中的每个位置处产生反射光束;位于预定位置处的多个光接收器,用于选择性地截取在多个位置中的每个位置处产生的反射光束;数据采集设备,其被配置成接收关于光源与在截取多个位置中的每个位置处所产生的反射光束的多个光接收器中选定的一个光接收器之间的位置差的信息;以及数据分析设备,其被配置成将位置差信息与薄材料板的表面的形状轮廓相关联。



1. 一种用于测量薄材料板的表面的形状轮廓的装置,包括:

光源,用于提供被引导至所述薄材料板的所述表面处的光束;

线性平移平台,其耦合至所述光源以使所述光源在所述薄材料板的所述表面上方平移,从而所述光束在被引导至所述表面处时入射在所述表面上的多个位置处,并在所述多个位置中的每个位置处产生反射光束;

位于预定位置处的多个光接收器,用于选择性地截取在所述多个位置中的每个位置处产生的所述反射光束;

数据采集设备,其被配置成接收关于所述光源与在截取所述多个位置中的每个位置处所产生的所述反射光束的所述多个光接收器中选定的一个光接收器之间的位置差的信息;以及

数据分析设备,其被配置成将所述位置差信息与所述薄材料板的所述表面的形状轮廓相关联。

2. 如权利要求 1 所述的装置,其特征在于,所述光源所提供的光束为细长形。

3. 如权利要求 2 所述的装置,其特征在于,所述细长光束的长轴垂直于所述光源的所述平移方向。

4. 如权利要求 2 所述的装置,其特征在于,所述细长光束的长宽比至少为 10。

5. 如以上权利要求中的任一项所述的装置,其特征在于,所述光源所提供的光束的宽度等于或小于 3mm。

6. 如以上权利要求中的任一项所述的装置,其特征在于,所述光接收器是光检测器。

7. 如权利要求 6 所述的装置,其特征在于,所述光检测器包含在单个物理装置内。

8. 如以上权利要求中的任一项所述的装置,其特征在于,所述光接收器耦合至所述平移平台,以使它们与所述光源一前一后运动。

9. 如权利要求 1 到 5 中的任一项所述的装置,其特征在于,所述光接收器是耦合至光检测器的多模光纤。

10. 如以上权利要求中的任一项所述的装置,其特征在于,所述光接收器沿所述光源的所述平移方向分布。

11. 如以上权利要求中的任一项所述的装置,其特征在于,所述数据分析设备将所述位置差信息与基本平行于所述光源的平移方向的方向上的所述形状轮廓相关联。

12. 如权利要求 11 所述的装置,其特征在于,所述数据分析设备对 $D_0 + D(x) = y(x) \frac{2y'(x) + \tan \theta_0 (1 - y'^2(x))}{1 - y'^2(x) + 2y'(x) \tan \theta_0}$ 求解 $y(x)$, 其中 $y(x)$ 是所述形状轮廓, $y'(x)$ 是 $y(x)$ 的导数, $D(x) + D_0$ 是所述多个位置中的每个位置处的所截取反射光束与所述入射光束之间的位置差,而 θ_0 是所述光束入射在所述薄材料板的表面上的角度。

13. 如权利要求 11 所述的装置,其特征在于,所述数据分析设备对 $y'(x) = \frac{D(x) + D_0}{2y(x)} - \frac{\tan \theta_0}{2}$ 积分以获得 $y(x)$, 其中 $y(x)$ 是所述形状轮廓, $y'(x)$ 是 $y(x)$ 的导数, $D(x) + D_0$ 是所述多个位置中的每个位置处的所截取反射光束与所述入射光束之间的位置差,而 θ_0 是所述光束入射在所述薄材料板的表面上的角度。

14. 如权利要求 11 所述的装置,其特征在于,所述数据分析设备对

$D'_0 + D'(x) = y(x) \left(\tan(\theta_0) + \frac{2y'(x) + \tan(\theta_0)(1 - y'^2(x))}{1 - y'^2(x) + 2y'(x)\tan\theta_0} \right)$ 求解 $y(x)$, 其中 $y(x)$ 是所述形状轮廓,

$y'(x)$ 是 $y(x)$ 的导数, $D'_0 + D'(x)$ 是所述多个位置中的每个位置处的所截取反射光束与所述入射光束之间的位置差, 而 θ_0 是所述光束入射在所述薄材料板的表面上的角度。

15. 如权利要求 1 或 2 所述的装置, 其特征在于, 还包括光耦合至所述光源的光束成形器, 其中所述光束成形器将所述光源所提供的圆形光束转换成细长光束。

16. 如以上权利要求中的任一项所述的装置, 其特征在于, 还包括光耦合至所述光接收器以用于从所截取的反射光束去除噪声的至少一个窄带通滤波器。

17. 一种用于测量薄材料板的表面的形状轮廓的方法, 包括:

提供入射在所述薄材料板的表面上的光束;

以预定测量方向在所述表面上方基本线性地平移所述入射光束, 以使所述入射光束入射在所述表面上的多个位置, 并在所述多个位置中的每一个位置处产生反射光束;

截取在所述多个位置中的每个位置处产生的所述反射光束;

接收关于所述多个位置中的每个位置处的所截取反射光束与所述入射光束之间的所述位置差的信息; 以及

将所述位置差信息与所述薄材料板的所述表面的所述形状轮廓相关联。

18. 如权利要求 17 所述的方法, 其特征在于, 将所述位置差数据与所述形状轮廓相关联包括对 $D'_0 + D(x) = y(x) \frac{2y'(x) + \tan\theta_0(1 - y'^2(x))}{1 - y'^2(x) + 2y'(x)\tan\theta_0}$ 求解 $y(x)$, 其中 $y(x)$ 是所述形状轮廓,

$y'(x)$ 是 $y(x)$ 的导数, $D(x) + D'_0$ 是所述多个位置中的每个位置处的所截取反射光束与所述入射光束之间的位置差, 而 θ_0 是所述光束入射在所述薄材料板的表面上的角度。

19. 如权利要求 17 或 18 所述的方法, 其特征在于, 所述入射光束被提供为长宽比至少为 10 的细长光束。

20. 一种玻璃制造系统, 包括:

熔融拉制机, 用于形成玻璃薄板; 以及

毗邻所述熔融拉制机的用于测量所述玻璃薄板的表面的形状轮廓的装置, 所述装置包括:

光源, 用于提供被引导至所述薄材料板的所述表面处的光束;

线性平移平台, 其耦合至所述光源以使所述光源在所述薄材料板的所述表面上方平移, 从而所述光束在被引导至所述表面处时入射在所述表面上的多个位置处, 并在所述多个位置中的每个位置处产生反射光束;

位于预定位置处的多个光接收器, 用于选择性地截取在所述多个位置中的每个位置处产生的反射光束;

数据采集设备, 其被配置成接收关于所述光源与在截取所述多个位置中的每个位置处所产生的所述反射光束的所述多个光接收器中选定的一个光接收器之间的位置差的信息; 以及

数据分析设备, 其被配置成将所述位置差信息与所述薄材料板的所述表面的形状轮廓相关联。

用于测量表面形状轮廓的方法和装置

[0001] 相关申请

[0002] 本申请要求 2007 年 11 月 9 日提交的美国专利申请 No. 11/983464 的优先权, 该申请通过引用结合于此。

技术领域

[0003] 本发明一般涉及用于制造薄材料板的方法和装置。更具体地, 本发明涉及用于测量薄材料板的形状轮廓的方法和装置。本发明还涉及在诸如熔融拉制和浮法工艺之类的薄板形成工艺中使用此类测量方法和装置。

[0004] 背景

[0005] 诸如用于制造大平板显示器或可切割以制造诸如有源电子器件、光伏器件以及生物序列之类的其他器件的具有非常平坦表面的大材料板难以制造和处理。作为示例, 已知诸如举例而言授权给 Dockerty 的美国专利 No. 3, 338, 696 和 3, 682, 609 中所述的熔融拉制工艺能在不增加诸如研磨和抛光之类的后成形修整工序成本的情况下得到具有优良平坦度和表面光滑度的薄材料板。然而, 已经发现成形区中的薄板运动能不利地影响薄板中的应力水平和应力变化, 这可能导致最终产品中的畸变。成形区中的薄板运动可至少部分地归因于熔融拉制机底部处或拉制结束时 (BOD) 的薄板处理和分离工艺。例如, 用于在 BOD 处分离薄板的当前机械工艺涉及利用硬或刚性装置进行薄板接触、薄板划刻以及薄板弯曲, 所有这些都导致薄板运动。所形成的薄材料板越大, 薄板运动对薄板中的应力水平及其变化的影响越显著。影响薄材料板畸变的因素在其他薄板成形和后成形工艺中可能采取不同的形式。为了制造具有非常平坦表面的大薄板, 使这些因素最少是重要的。在理想情况下, 用于使这些因素最小化的方案应当考虑薄材料板的形状轮廓。如果此类信息在薄板成形或后成形工艺期间容易获得, 则好处。

发明内容

[0006] 在一个方面中, 一种用于测量薄材料板的表面的形状轮廓的装置包括光源, 该光源用于提供要引导至薄材料板的表面处的光束。该装置还包括耦合至该光源用于在薄材料板的表面上方平移该光源的线性平移平台, 从而光束在被引导至表面处时入射在表面上的多个位置处, 并在多个位置中的每个位置处产生反射光束。该装置还包括位于预定位置处的多个光接收器, 用于选择性地截取在多个位置中的每个位置处产生的反射光束。该装置还包括数据采集设备, 该数据采集设备被配置成接收关于光源与在截取多个位置中的每个位置处所产生的反射光束的多个光检测器中选定的一个光检测器之间的位置差的信息。该装置还包括数据分析设备, 该数据分析设备被配置成将位置差信息与薄材料板的表面的形状轮廓相关联。

[0007] 在一个实施例中, 上述装置的光源所提供的光束为细长形。在一个实施例中, 该细长光束的长轴垂直于光源的平移方向。在一个实施例中, 细长光束的长宽比至少为 10。

[0008] 在一个实施例中, 上述装置的光源所提供的光束的宽度等于或小于 3mm。在另一实

施例中,该光源所提供的光束的宽度等于或小于 0.5mm。

[0009] 在一个实施例中,上述装置的光接收器是光检测器。在一个实施例中,光检测器被包含在单个物理装置中。在一个实施例中,光检测器耦合至平移平台,以使它们与光源一前一后移动。

[0010] 在一个实施例中,上述装置的光接收器是耦合至光检测器的多模光纤。

[0011] 在一个实施例中,该装置的光接收器沿光源的平移方向分布。在一个实施例中,光接收器以一维阵列排列。在一个实施例中,光接收器以二维阵列排列。在一个实施例中,光接收器沿光源的平移方向交错。

[0012] 在一个实施例中,上述装置的数据分析设备对

$$D_0 + D(x) = y(x) \frac{2y'(x) + \tan \theta_0 (1 - y'^2(x))}{1 - y'^2(x) + 2y'(x) \tan \theta_0} \text{ 求解 } y(x), \text{ 其中 } y(x) \text{ 是形状轮廓, } y'(x) \text{ 是 } y(x)$$

的导数, $D(x) + D_0$ 是多个位置中的每个位置处的所截取反射光束与入射光束之间的位置差,而 θ_0 是该光束入射在薄材料板的表面上的角度。

[0013] 在一个实施例中,上述装置的数据分析设备对 $y'(x) = \frac{D(x) + D_0}{2y(x)} - \frac{\tan \theta_0}{2}$ 积分以获

得 $y(x)$, 其中 $y(x)$ 是形状轮廓, $y'(x)$ 是 $y(x)$ 的导数, $D(x) + D_0$ 是多个位置中的每个位置处的所截取反射光束与入射光束之间的位置差,而 θ_0 是该光束入射在薄材料板的表面上的角度。

[0014] 在另一实施例中,上述装置的数据分析设备对

$$D'_0 + D'(x) = y(x) \left(\tan(\theta_0) + \frac{2y'(x) + \tan(\theta_0)(1 - y'^2(x))}{1 - y'^2(x) + 2y'(x) \tan \theta_0} \right) \text{ 求解 } y(x), \text{ 其中 } y(x) \text{ 是形状轮廓,}$$

$y'(x)$ 是 $y(x)$ 的导数, $D'_0 + D'(x)$ 是多个位置中的每个位置处的所截取反射光束与入射光束之间的位置差,而 θ_0 是该光束入射在薄材料板的表面上的角度。

[0015] 在一个实施例中,上述装置还包括光耦合至光源的光束成形器,其中光束成形器将光源所提供的圆形光束转换成细长光束。

[0016] 在一个实施例,上述装置还包括光耦合至光接收器的至少一个窄带通滤波器,用于从所截取的反射光束去除噪声。

[0017] 在另一方面中,一种用于测量薄材料板的表面的形状轮廓的方法包括提供入射在薄材料板的表面上的光束。该方法包括以预定测量方向在表面上方基本线性地平移入射光束,从而该入射光束入射在表面上的多个位置处,并在多个位置中的每一个处产生反射光束。该方法还包括截取多个位置中的每个位置处产生的反射光束、接收关于多个位置中的每个位置处的所截取的反射光束与入射光束之间的位置差的信息、以及将该位置信息与薄材料板的表面的形状轮廓相关联。

[0018] 在一个实施例中,将位置差数据与形状轮廓相关联包括对

$$D_0 + D(x) = y(x) \frac{2y'(x) + \tan \theta_0 (1 - y'^2(x))}{1 - y'^2(x) + 2y'(x) \tan \theta_0} \text{ 求解 } y(x), \text{ 其中 } y(x) \text{ 是形状轮廓, } y'(x) \text{ 是 } y(x)$$

的导数, $D(x) + D_0$ 是多个位置中的每个位置处的所截取反射光束与入射光束之间的位置差,而 θ_0 是该光束入射在薄材料板的表面上的角度。

[0019] 在另一实施例中,将位置差数据与形状轮廓相关联包括对 $y'(x) = \frac{D(x) + D_0}{2y(x)} - \frac{\tan \theta_0}{2}$ 积分以获得 $y(x)$, 其中 $y(x)$ 是形状轮廓, $y'(x)$ 是 $y(x)$ 的导数, $D(x) + D_0$ 是多个位置中的每个位置处的所截取反射光束与入射光束之间的位置差, 而 θ_0 是该光束入射在薄材料板的表面上的角度。

[0020] 在又一实施例中,将位置差数据与形状轮廓相关联包括对 $D'_0 + D'(x) = y(x) \left(\tan(\theta_0) + \frac{2y'(x) + \tan(\theta_0)(1 - y'^2(x))}{1 - y'^2(x) + 2y'(x)\tan \theta_0} \right)$ 求解 $y(x)$, 其中 $y(x)$ 是形状轮廓, $y'(x)$ 是 $y(x)$ 的导数, $D(x) + D_0$ 是多个位置中的每个位置处的所截取反射光束与入射光束之间的位置差, 而 θ_0 是该光束入射在薄材料板的表面上的角度。

[0021] 在一个实施例中,以上方法中所述的入射光束被提供为长宽比至少为 10 的细长光束。

[0022] 在另一方面中,一种玻璃制造系统包括用于形成玻璃薄板的熔融拉制机和毗邻该熔融拉制机的如上所述装置,该装置用于测量玻璃薄板的表面的形状轮廓。

附图说明

[0023] 以下描述的附图示出了本发明的典型实施例,且不应被认为限制本发明的范围,因为本发明可允许其他等效实施例。这些附图不一定按比例,而且这些附图的某些特征和某些视图可能为了清楚和简明而在尺度或示意图上放大。

[0024] 图 1 是薄材料板的立体图。

[0025] 图 2 示出大玻璃薄板中常见的形状轮廓。

[0026] 图 3 是用于测量薄材料板的表面的形状轮廓的装置的俯视图。

[0027] 图 4 示出具有定位在光源之上的分布式检测器阵列的图 3 的装置。

[0028] 图 5 示出具有作为检测器元件的光纤的图 4 的分布式检测器阵列。

[0029] 图 6 示出具有定位在光源之下的分布式检测器阵列的图 3 的装置。

[0030] 图 7A 和 7B 示出用于与图 3 的装置一起使用的二维检测器阵列。

[0031] 图 8A 和 8B 示出利用图 3 的装置测量薄材料板的表面的形状轮廓的过程。

[0032] 图 9 是描述利用图 3 的装置测量的反射光束相对于由光源位置确定的基准点的位置差异的曲线图。

[0033] 图 10 是描述图 9 的基准玻璃薄板的表面的测得形状轮廓的曲线图。

[0034] 图 11 是将如图 10 的基准玻璃薄板的测得形状轮廓与预测的形状轮廓进行比较的曲线图。

[0035] 图 12A 和 12B 示出利用图 4、5 或 6 的装置测量薄材料板的表面的形状轮廓的过程。

[0036] 图 13 示出与图 3 的装置组合的熔融拉制机。

[0037] 详细描述

[0038] 现在将参照如附图中所示的几个优选实施例来详细描述本发明。在描述优选实施例时,阐述了许多具体细节以便于提供对本发明的透彻理解。然而,对本领域技术人员将显而易见的是,没有这些具体细节中的某些或全部也可实施本发明。在其它实例中,并未对公知特征和 / 或工艺步骤进行详细描述以免不必要地混淆本发明。此外,相似或相同的附图

标记用于标识共同或相似的元件。

[0039] 图 1 描绘了具有待测量形状轮廓的表面 101 的薄材料板 102。图 1 中所示的形状轮廓是任意的。薄材料板 102 可由适用于期望应用的任何合适材料制成,只要表面 101 能反射光束。可用于薄材料板 102 的材料示例包括玻璃、玻璃-陶瓷以及塑料。这些材料可具有致使薄材料板 102 适于透射或检测光的光学性质。设置了 XYZ 坐标系,其中薄材料板 102 的第一维度沿 X 轴,薄材料板 102 的第二维度沿 Y 轴,而薄材料板 102 的第三维度沿 Z 轴,其中 X、Y 以及 Z 轴正交。作为示例,薄材料板 100 的第一维度可以是薄材料板 102 的宽度,薄材料板 102 的第二维度可以是薄材料板 102 的厚度,而薄材料板 102 的第三维度可以是薄材料板 102 的长度。在一个示例中,诸如可用于制造大平板显示器之类的大片薄材料板可具有超过 2000mm 的至少一个维度,例如宽度或长度。在另一个示例中,诸如可用于制造大平板显示器之类的大片薄材料板具有从 2300mm、2550mm、2800mm 以及 3200mm 中选择的至少一个维度,例如宽度或长度。图 2 示出在具有 2300mm 总宽度的玻璃板的 XY 平面中观测到的形状轮廓的实际示例。形状轮廓 A 是钟形的。形状轮廓 B 是 S 形的。形状轮廓 C 是 M 形的。

[0040] 图 3 示出用于测量薄材料板的表面的形状轮廓的装置 100 的俯视图。在图 3 中,装置 100 被描绘为处于测量薄材料板 102 的表面 101 的形状轮廓的位置。装置 100 包括与薄材料板 102 的表面 101 成大致相对关系的光源 104。光源 104 提供被引导至薄材料板 102 的表面 101 处的光束 B_1 。光源 104 可包括或不包括产生该光束的有源部件。当产生该光束的有源部件在光源 104 远程时,光源 104 可包括诸如透镜、反射镜以及光纤之类的光学耦合至该有源部件的一个或多个无源部件,以将光束引导至表面 101 处。即使有源部件在本地,光源 104 也可包括一个或多个无源部件。不论有源部件在本地还是远程,都可使用无源部件来对有源部件所产生的光束执行多种功能。在一个示例中,无源部件可调节有源部件的输出形状以获得具有所需大小和能量分布的光束。在另一示例中,诸如分束器之类的无源部件可将有源部件的输出分成多个光束,从而允许光源 104 提供被引导至薄材料板 102 的表面 101 处的多个光束。在一个示例中,光源 104 包括激光二极管。该激光二极管可以是经准直的激光二极管、光纤耦合的激光二极管、或光谱线宽小于 50nm 的光源。激光二极管可在连续波下工作,或可为脉冲式。光源 104 可提供波长在从 400nm 到 1600nm 范围内的一个或多个光束。

[0041] 光源 104 安装或耦合至提供至少一个方向上的线性运动的线性平移平台或线性滑块 116。平移平台 116 可以是能提供沿单个轴或沿多个轴的线性运动的平移平台。平移平台 116 能提供增量线性运动,以允许对形状轮廓测量过程进行更好控制。平移平台 116 定位成与薄材料板 102 的表面 101 成大致相对关系,从而光源 104 可在表面 101 上即沿 X 轴线性平移。平移平台 116 可包括当光源 104 在表面 101 上方线性平移时提供光源 104 的位置信息的能力。或者,位置传感器(未示出)可安装在平移平台 116 或光源 104 上,以用于提供此类位置信息。当光源 104 在表面 101 上方平移时,光源 104 提供光束 B_1 ,该光束 B_1 被引导至薄材料板 102 的表面 101 处。因此,当光源 104 在表面 101 上方移动时,光束 B_1 照射到表面 101 的多个位置处。在各个位置,光束 B_1 以相对于光源 104 的平移方向的预定角度入射在表面 101 上。该预定角度可由来自光源 104 的光束的发射角设定。

[0042] 装置 100 可包括定位于光源 104 所提供的光束的路径中的光束成形器 108。光束

成形器 108 可耦合至光源 104 的输出端口,如图 3 所示。或者,光束成形器 108 可作为无源部件纳入光源 104 中。光束成形器 108 将圆形光束扩展成诸如基本线性光束、细长椭圆光束、细长矩形光束之类的细长光束及其变型。在一个示例中,细长光束的长轴沿 Z 轴,即沿与光源 104 的平移方向垂直的方向。光束成形器 108 可放置在旋转平台上,以在需要时将细长光束的长轴与 Z 轴对齐。将细长光束的长轴与 Z 轴对齐允许对薄材料板 102 的表面 101 沿 Z 轴的曲率变化不敏感的检测方案。在一个示例中,细长光束的长宽比等于或大于 10。在另一示例中,细长光束的长宽比等于或大于 100。在又一示例中,细长光束的长宽比等于或大于 1000。光束成形器 108 还可将圆形光束扩展成十字形光束,该十字形光束具有两个正交方向上的伸长,以允许两个正交方向上的有效形状轮廓测量方案。

[0043] 在一个示例中,耦合至光源 104 或设置为光源 104 的部件的光束成形器 108 是其表面具有特殊微结构的光漫射器,该特殊微结构通过改变光束各段的相位将输入光束重新定向,光漫射器诸如可从阿拉巴马州亨茨维尔市的 MEMS Optical Inc. 买到的光漫射器。使漫射器生效的结构称为散射中心。这些是将输入光线引导至不同方向的基本表面单元。大面积上的数百万个散射中心的簇集组合以提供漫射器的散射性质。典型的散射中心是微透镜元件。为实现高于 90% 的转换效率,各个散射中心分别被设计成实现特定光控任务。当表面结构以及散射中心的统计分布被仔细设计并制造时,圆形光束可被转换成线性光束或十字形光束,如上所述。

[0044] 装置 100 包括用于检测和截取各个反射光束 B_r 的光检测器组件 110。在图 3 中所示示例中,光检测器组件 110 包括置于单个物理器件中的多个光接收器(未分别示出)。在一个示例中,光接收器是光检测器。检测器组件 110 还可包括诸如透镜之类的用于将光聚焦在光检测器上的一个或多个光学元件。此类检测器组件 110 的一个示例是具有 CCD 阵列的相机。在图 3 中所示示例中,光检测器组件 110 被安装或耦合至毗邻光源 104 的平移平台 116。在该设置中,检测器组件 110 与光源 104 一前一后地行进,以检测和截取来自薄材料板 102 的表面 101 的反射光束。窄带通滤波器 114 耦合至检测器组件 110 或毗邻检测器组件 110 定位,以便于其在检测器组件 110 截取反射光束之前截取反射光束。窄带通滤波器 114 去除/减少由于来自反射光束的背景照明引起的噪声,从而改善检测器组件 110 所进行的测量的质量。作为示例,窄带通滤波器可滤出可见和 IR 范围内的光。窄带通滤波器 114 与检测器组件 110 一起行进,以在检测器组件 110 的各个位置处执行噪声去除/减少。窄带通滤波器 114 也可被设置为检测器组件 110 的一个部件。

[0045] 图 4 示出其中检测器组件 110 是具有多个独立光接收器 111 的分布式阵列的示例。在一个示例中,独立光接收器 111 是独立光检测器。独立检测器 111 沿与光源 104 的平移方向基本平行的路径分布。在一个示例中,独立检测器 111 是静态的,且不与光源 104 一起运动。在该设置中,各个个体检测器检测并截取来自薄材料板 102 的表面 101 的某个范围的反射光束。各个检测器可以是小尺寸(例如尺寸为 1mm 量级)的自持检测器。或者,如图 5 所示,检测器组件 110 可以是具有多个光接收器 113 的分布式阵列,其中每个光接收器 113 是将光导向后端的光检测器 115 的多模光纤 113 的一部分。在图 4 中,各个个体检测器 111 可设置有如上所述的窄带通滤波器,以用于去除/减少由来自反射光束的背景照明引起的噪声。在图 5 中,多模光纤 113 可提供所需滤波功能。

[0046] 在图 4 和 5 中所示的示例中,分布式检测器/接收器阵列 110 定位于光源 104 上

方。在图 6 中,分布式检测器/接收器阵列 110 定位于光源 104 下方。一般而言,可使用允许在沿光源 104 的平移方向的各个所需位置处检测和截取反射光束的分布式检测器/接收器阵列 110 的任何排列。如图 4、5 以及 6 所示,分布式检测器/接收器阵列 110 实现可缩放的形状轮廓测量系统。可沿光源 104 的平移方向或行进路径设置所需多个独立的检测器,以检测和截取反射光束。而且,分布式检测器/接收器阵列 110 不一定限于如图 4、5 以及 6 所示的一维阵列。例如,图 7A 示出了包括交错排列的多行检测器 121 的二维阵列 119。检测器 121 也可以是非交错排列。图 7B 示出了具有多模光纤 123 的二维阵列 119,其中多模光纤可连接至如上所述的后端检测器。如图 7A 和 7B 所示的二维检测器阵列可沿光源 104 的行进路径或平移方向定位,以检测和截取来自薄材料板 102 的表面 101 的反射光束。

[0047] 在一个示例中,装置 100 的分辨率被定义为沿 Y 轴或与光源 104 的平移方向垂直的方向的最小可检测位置差异。该分辨率由检测器组件 110 的检测器的分辨率以及沿 X 轴或光源 104 的平移方向的检测器上的反射光束的光束大小即光束宽度确定。附加的透镜或光学部件可用于使检测器上的光束尽可能小。检测器组件 110 中的检测器/接收器的大小可被选择成小于光束大小,以实现与光束大小相似的器件分辨率。同时,薄材料板 102 的表面 101 上沿 Z 轴的光束大小应当足够长,以使沿 Z 轴的最大运动不会使光束移出检测范围。如上所述,这可通过在 Z 方向上或在与光源 104 的平移方向垂直的方向上拉长光源 104 所提供的光束来实现。在一个示例中,沿 X 轴的光束大小或宽度等于或小于 3mm。在另一示例中,沿 X 轴的光束大小或宽度等于或小于 2mm。在又一示例中,沿 X 轴的光束大小或宽度等于或小于 1mm。在再一示例中,沿 X 轴的光束大小或宽度等于或小于 0.5mm。在一个示例中,细长光束的长宽比至少为 10。在另一示例中,细长光束的长宽比等于或大于 100。在又一示例中,细长光束的长宽比等于或大于 1000。检测器组件 110 中的检测器的大小或间距应当小于光束宽度。

[0048] 装置 100 还包括数据采集系统 120,该数据采集系统 120 接收或记录与关联于检测器组件 110 的检测器/接收器检测和截取反射光束时的位置有关的信息以及与光源 104 提供入射光束时的位置有关的信息。该位置信息可统称为反射光束数据。该数据采集系统 120 可包括用于与检测器组件 110 和平移平台 116 或耦合至平移平台 116 或光源 104 的位置传感器通信的输入/输出接口 120a。数据采集系统 120 还可包括用于记录反射光束数据的数据采集设备 120b。数据采集系统 120 还可包括用于处理反射光束数据的数据分析设备 120c。数据分析设备 120c 可以是执行与处理反射光束数据有关的指令的数据处理器。对反射光束数据的处理可包括将反射光束数据与玻璃薄板 102 的形状轮廓相关联。对反射光束数据的处理还可包括从反射光束数据去除噪声。在分布式检测器阵列用作检测器组件 110 的情况下,数据采集系统 120 在独立检测器之间自动切换,以收集针对薄材料板 102 的表面 101 上的位置范围的反射光束数据。该数据采集系统 120 还可将来自独立检测器的不同数据组织到一起,以允许确定薄材料板的表面的完整形状轮廓。现在将描述可由数据分析设备 120c 实现的用于将反射光束数据与形状轮廓相关联的过程。

[0049] 图 8A 是用于利用移动光源和包括置于单个物理器件中的多个检测器的移动检测器组件来测量薄材料板的表面的形状轮廓的过程的示意图。在图 8A 中, $y(x)$ 表示 XY 平面中的薄材料板的表面的形状轮廓。此外, θ_0 表示光束 B_1 入射在薄材料板的表面上的角度,其中 θ_0 相对于位置 x 处的玻璃薄板的法线 N 测得。如果该光束从光源的发射角为已知,则

θ_0 。也将已知。利用该命名法,反射光束 BR 在位置 x 处与薄材料板的表面的法线成 $2\theta + \theta_0$ 角。为方便起见,光源附近的基准点可选择成记录所截取的反射激光束与入射光束之间的位置差 $D(x)$ 。然则各个位置 x 处的绝对位置差将会是位置差 $D(x)$ 和基准点与 x 之间的偏移 D_0 之和,即 $D(x) + D_0$ 。 $D(x) + D_0$ 表示光束从光源发射的点与相应光束被光源的各个位置 x 处的检测器截取和检测的点之间的位置差。

[0050] 该位置差与薄材料板的表面的形状轮廓之间的关系可表示为:

$$[0051] \quad D_0 + D(x) = y(x) \tan(2\theta + \theta_0) \quad (1)$$

[0052] 或

$$[0053] \quad D_0 + D(x) = y(x) \frac{2y'(x) + \tan \theta_0 (1 - y'^2(x))}{1 - y'^2(x) + 2y'(x) \tan \theta_0} \quad (2)$$

[0054] 其中 $y'(x) = \tan \theta$ 和 $y'(x)$ 是薄板轮廓 $y(x)$ 的导数。方程 (2) 是描述测得位置差与形状轮廓 $y(x)$ 之间关系的精确微分方程。在大多数情况下, $y'(x)$ 是小量,因此当展开方程 (1) 时二阶分量可忽略,从而允许方程 (2) 简化如下:

$$[0055] \quad y'(x) = \frac{D(x) + D_0}{2y(x)} - \frac{\tan \theta_0}{2} \quad (3)$$

[0056] 或者

$$[0057] \quad y'(x) = \frac{D(x) + D_0}{2y(x)} - \frac{C_0}{2} \quad (4)$$

[0058] 其中 $C_0 = \tan \theta_0$ 。

[0059] 在方程 (4) 中,需要 D_0 、 C_0 、以及初始位置处的形状轮廓 $y(x_0)$ 以便于从测得位置差 $D(x)$ 恢复形状轮廓 $y(x)$ 。该系统可预先校准以确定这些参数。存在实施该预先校准的多种方法。一种直接方法是基于 D_0 和 C_0 的实际物理意义测量它们,即分别是本地坐标系与绝对坐标系之间的偏移和入射角的正切函数 $\tan(\theta_0)$ 。另一方法是通过将薄材料板牢固附连至 XY 平面中具有已知形状轮廓的基准条。该基准条和薄材料板被安装在将要进行形状轮廓测量的机器上。附连至基准条的薄材料板的表面的形状轮廓从成像平面直接测量。还测量当光束扫过薄材料板时的位置差 $D(x)$ 。在一个示例中,使用了具有钟形的基准条和由玻璃制成的薄材料板。图 8A 示出作为 X 轴上的位置的函数的位置差 $D(x)$ 。图 9 示出了测得的形状轮廓 $y(x)$ 。根据图 9, $y(x_0)$ 已知。然而, D_0 和 C_0 未知。为确定 D_0 和 C_0 , 使用了测得 $y(x)$ 与根据方程 (4) 的预测 $y(x)$ 之间的最佳拟合分析。求得 D_0 为 12.837775, 而 C_0 为 0.165464。利用校准就绪数据,薄材料板的表面的形状轮廓通过对方程 (4) 积分来预测。直接测得的形状轮廓与预测形状轮廓的比较在图 10 中示出。直接测得形状轮廓与预测形状轮廓之间的最大偏差约为 1mm。高度一致证实所提出方案的可行性。为 D_0 和 C_0 计算出的值能确定任何薄材料板的表面的形状轮廓,只要用于确定该形状轮廓的设定与计算 D_0 和 C_0 时的设定相同。用于确定参数 D_0 、 C_0 以及 $y(x_0)$ 的替代方法包括标识与 D_0 、 C_0 以及 $y(x_0)$ 有关的至少三个独立条件并求解它们。

[0060] 参照图 8B,在另一示例中,测量光束 (B_L) 在薄材料板的表面处发射的点 Q 与相应的反射光束 (B_R) 被截取和检测的点 R 之间的位置差或距离以揭示薄材料板的表面的形状轮廓是方便的。在该示例中, Q 与 R 之间的位置差可表示为:

$$[0061] \quad D'_0 + D'(x) = y(x) (\tan(\theta_0) + \tan(2\theta + \theta_0)) \quad (5)$$

[0062] 或

$$[0063] \quad D'_0 + D'(x) = y(x) \left(\tan(\theta_0) + \frac{2y'(x) + \tan(\theta_0)(1 - y'^2(x))}{1 - y'^2(x) + 2y'(x) \tan \theta_0} \right) \quad (6)$$

[0064] 薄材料板的形状轮廓可通过利用初始条件 $y(x_0)$ 和预校准参数 D'_0 和 $\tan(\theta_0)$ 来对方程 (6) 积分而揭示。

[0065] 图 12A 是利用移动光源和沿该移动光源的行进路径或平移方向分布的多个静止光检测器 / 接收器来测量薄材料板的表面的形状轮廓的示意图。位于沿 X 轴的不同位置处的多个静止光检测器 / 接收器用于检测反射光束与光源的相对位置。该形状轮廓通过采集多个检测器处的反射光束位置而获得。各个检测器 / 接收器仅具有一个检测器 / 接收器元件, 而且当反射光束到达时被照亮。一旦检测器 / 接收器检测到反射光束, 数据采集系统即定位光源的位置。例如, 当反射光束被位于 P_d 处的检测器 / 接收器检测到时, 数据采集设备将光源位置定位于 $P(x, y)$, 从而它们之差为 $D(x) + D_0$ 。相似地, 在点 $P_n(x_n, y_n)$ 处, 该差为 $D_n(x_n) + D_0$ 。在收集薄材料板的整个表面上的差值之后, 形状轮廓可利用上述方法进行计算。以与图 8B 中所述方式相似的方式, 如图 12B 所示, 测量光束 (B_t) 在薄材料板的表面处发射的点 P_s 与相应的反射光束 (B_r) 被检测 / 接收的点 P_d 之间的位置差以揭示薄材料板的表面的形状轮廓是方便的。

[0066] 再次参照图 3, 一种用于线上测量薄材料板 102 的表面 101 的形状轮廓的方法包括将装置 100 定位于沿薄材料板 102 的所需位置处。光源 104 被操作成使其提供入射在薄材料板 102 的表面 101 上的光束。线性平移平台 116 被操作以移动光源 104, 从而该入射光束在薄材料板 102 的表面 101 上基本线性地扫过。入射光可以任何所需角度照射薄材料板 102 的表面 101。当入射光束在薄材料板 102 的表面 101 上扫过时, 光检测器 110 检测从薄材料板 102 的表面 101 反射的光束。数据采集系统 120 收集反射光束数据, 如上所述。然后数据采集系统 120 将反射光束数据与薄材料板 102 的表面 101 的形状轮廓相关联。

[0067] 装置 100 可用于薄材料板的表面的形状轮廓的线上和线下测量。在一个示例中, 该装置用于对通过熔融拉制工艺制造的薄材料板的线上测量。在该示例中, 如图 13 所示, 熔融玻璃或其它粘性材料 130 流入熔融管 132, 并在熔融管 132 两侧向下溢出以形成在通道 136 中被接收的薄板状流 134。通道 136 由并列排列的一对细长引导构件 138 限定。该通道 136 可以是垂直的, 或可具有其他取向, 例如水平或倾斜。沿引导构件 138 排列的辊 140 紧夹薄板状流 134 的侧边缘, 并将薄板状流 134 拉制成薄材料板 102。熔融管 132、引导构件 138、辊 140 以及通道 136 可以是熔融拉制机的一部分。装置 100 可在通道 136 的底部或沿通道 136 设置, 以确定薄材料板 102 的形状轮廓。装置 100 可用于在薄材料板 102 静止或被拉制时确定薄材料板 102 的表面的形状轮廓。

[0068] 装置 100 可用作用于分离薄材料板 102 的系统的一部分。用于分离薄材料板 102 的系统可以是基于行进砧法 (travel anvil method) 的系统。在此方法中, 划刻设备 (未示出) 安装在行进托架 (未示出) 上, 并横跨薄材料板 102 的宽度平移, 以划刻薄材料板 102。前缘设备 (nose device) (未示出) 通常用于对抗划刻装置的力。在薄材料板 102 的表面的形状轮廓可经由装置 100 得到的情况下, 该形状轮廓可用于控制划刻装置和刀尖装置向薄材料板传递多少力, 以使薄板运动最少。

[0069] 上述描述集中于利用单个光源和多个检测器 / 接收器来获得薄材料板的表面的形状轮廓。多个光源 / 检测器单元的组合可用于增强该系统的功能。在这种情况下,各个光源 / 检测器组合可具有相对窄的动态范围但具有较高分辨率,而来自各个组合的测量可组织到一起以获得薄材料板的完整形状轮廓。相比于沿 X 轴,多个光源 / 检测器组合也可沿 Z 轴安装,以发现玻璃薄板轮廓沿 Z 轴的变化。其他变化包括适当调节向待测薄材料板的表面提供光束的光源的初始入射角。

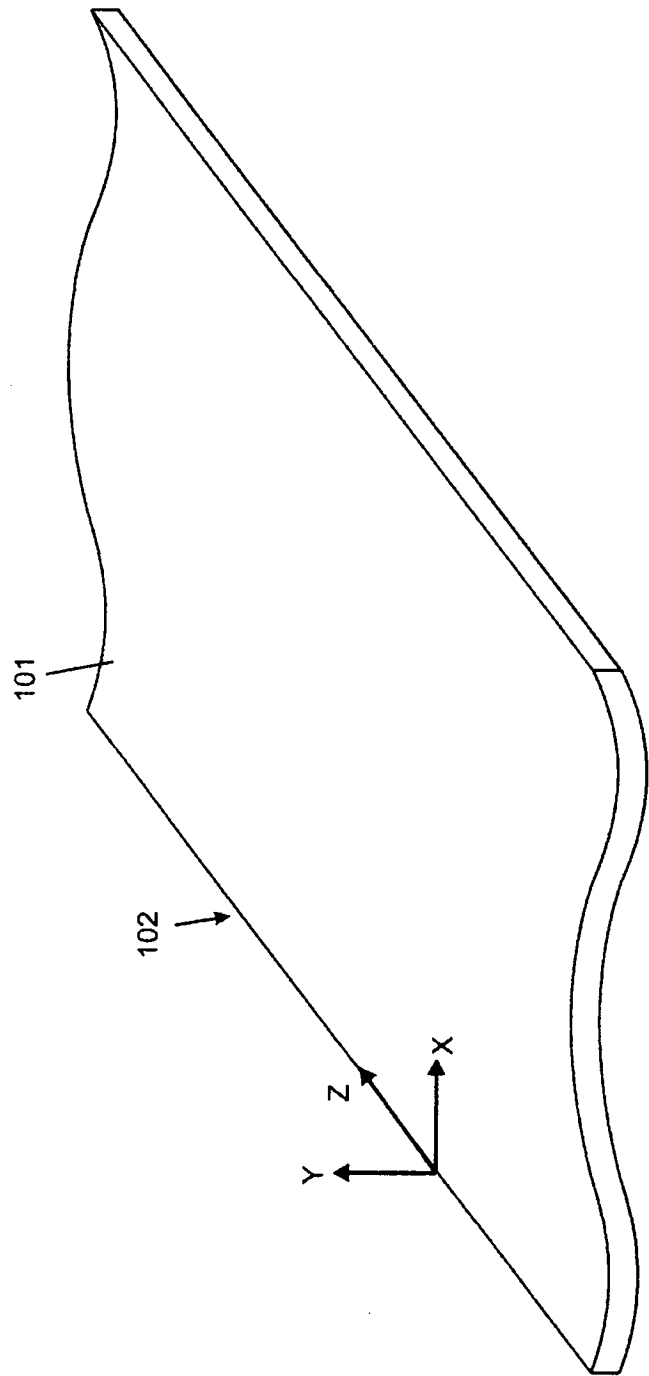


图 1

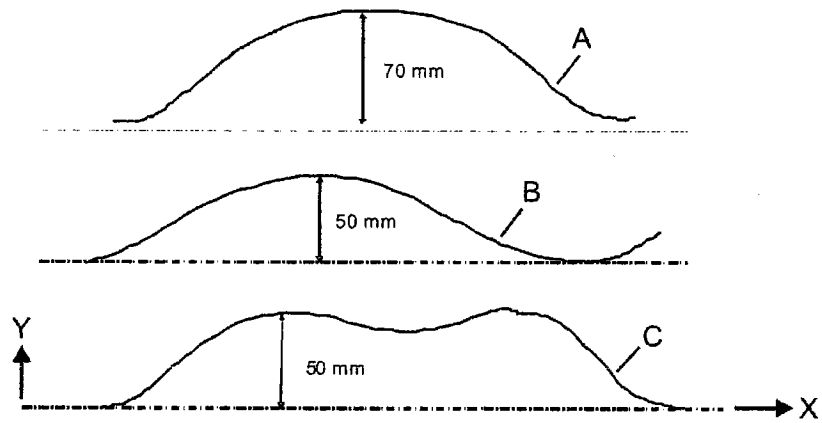


图 2

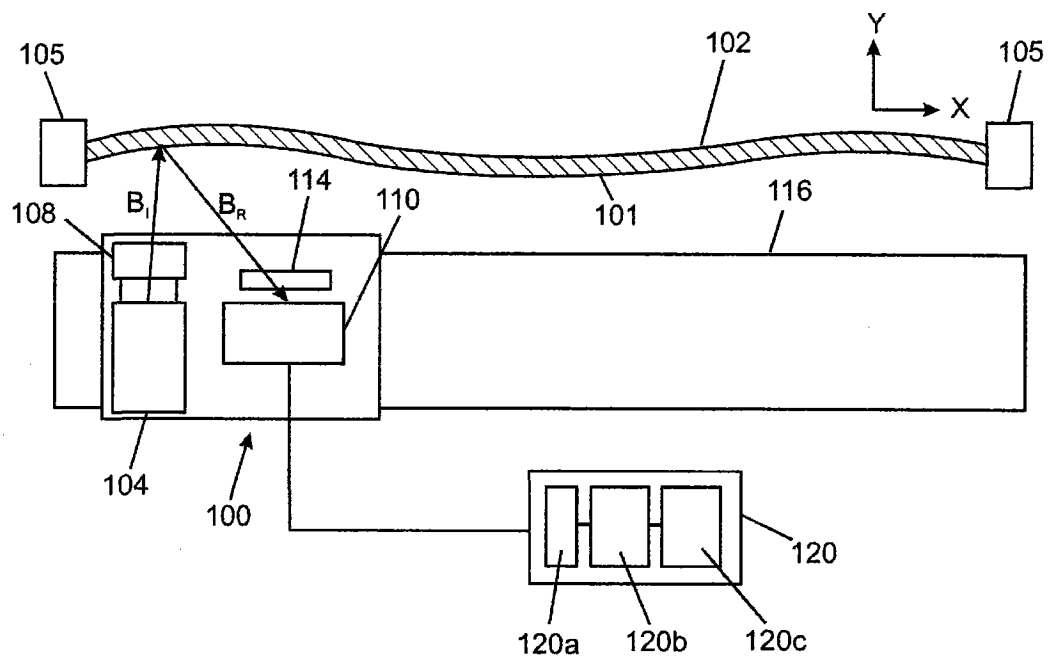


图 3

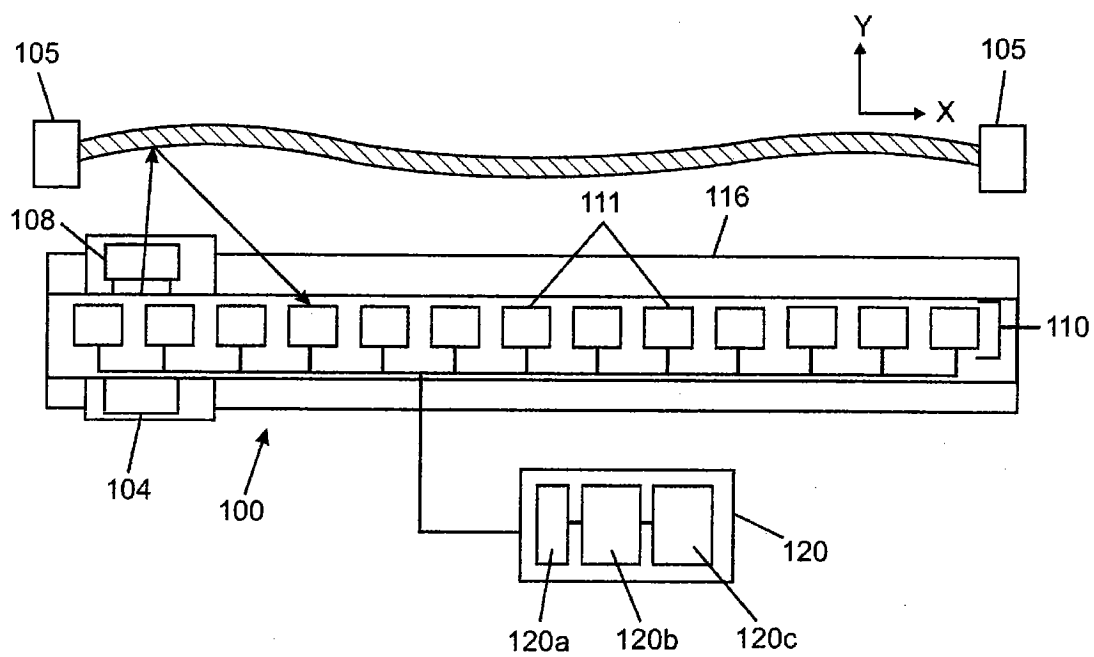


图 4

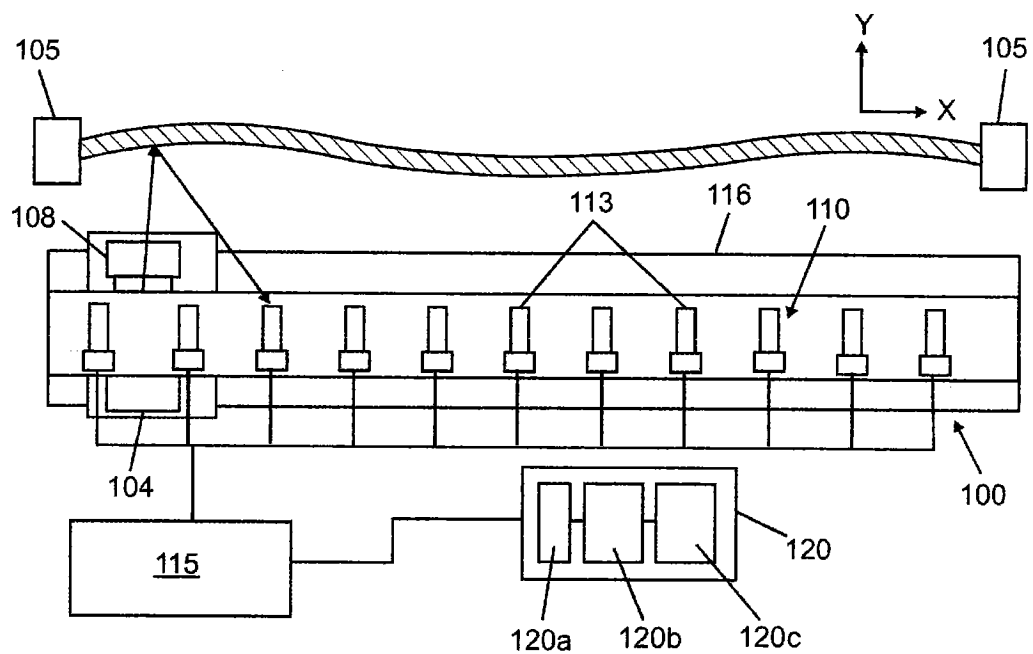


图 5

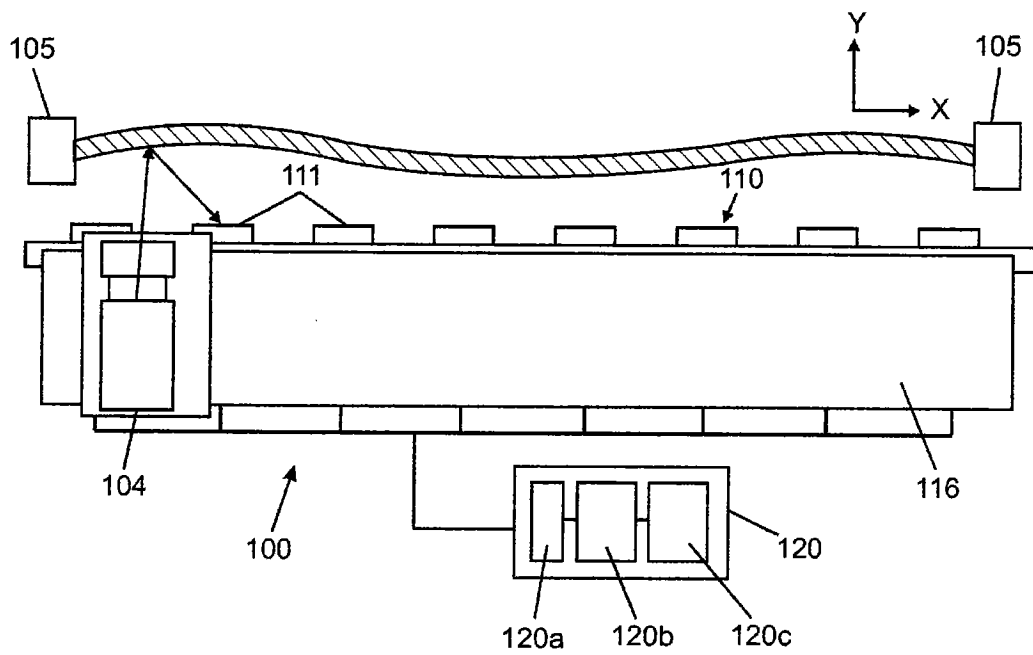


图 6

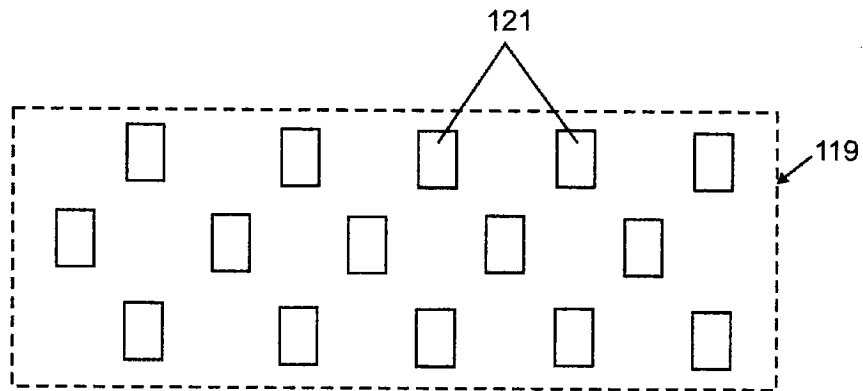


图 7A

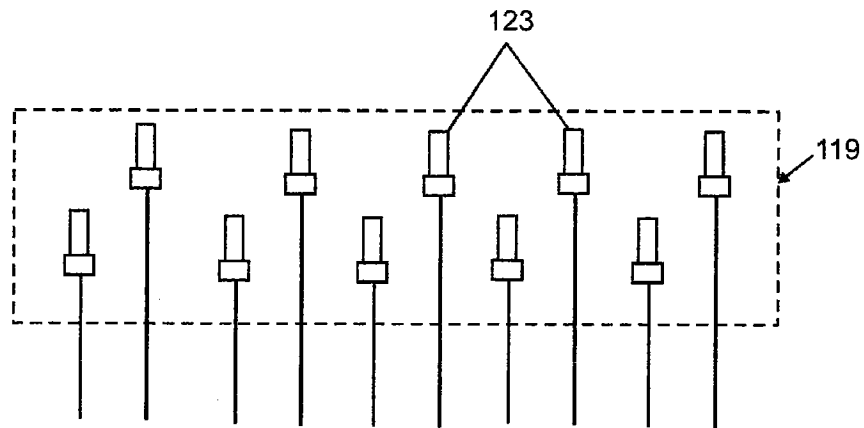


图 7B

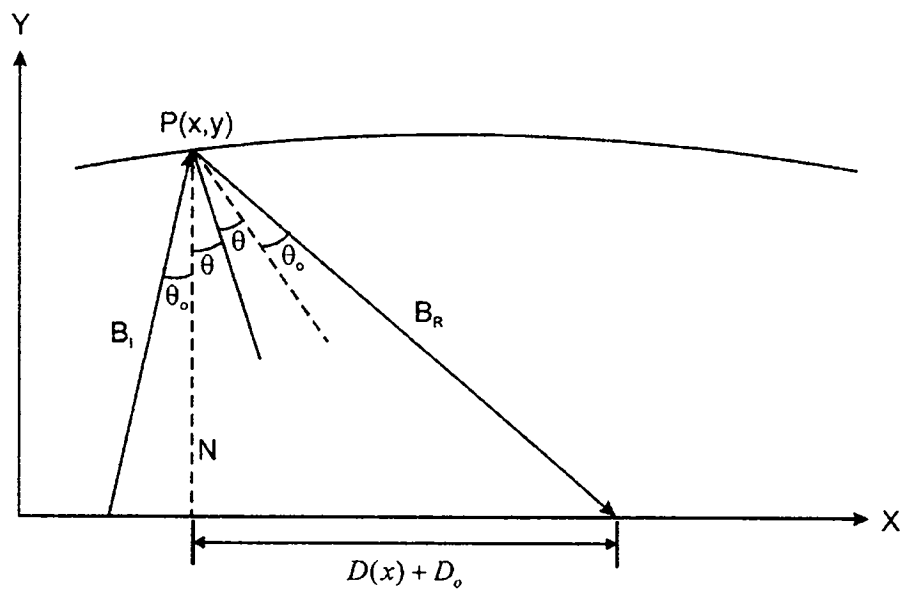


图 8A

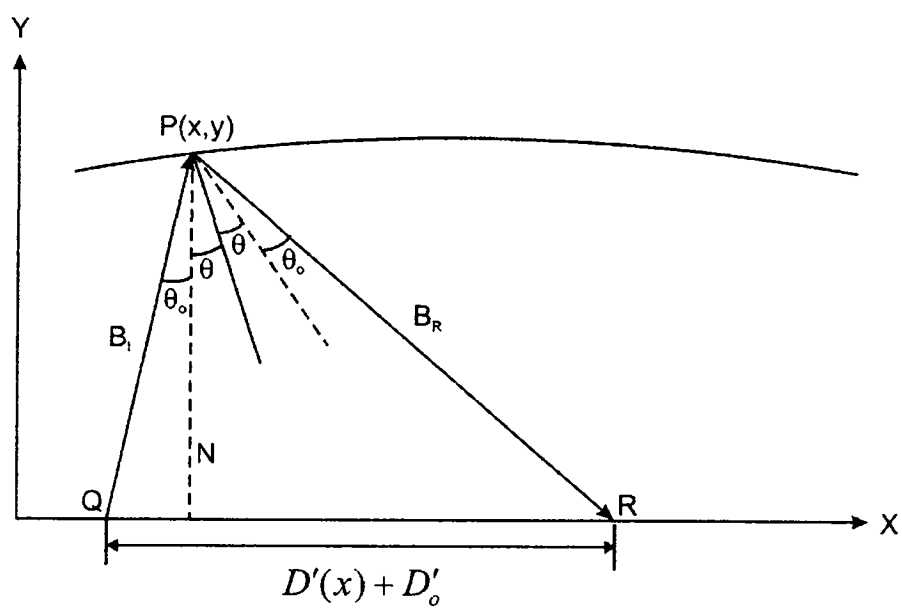


图 8B

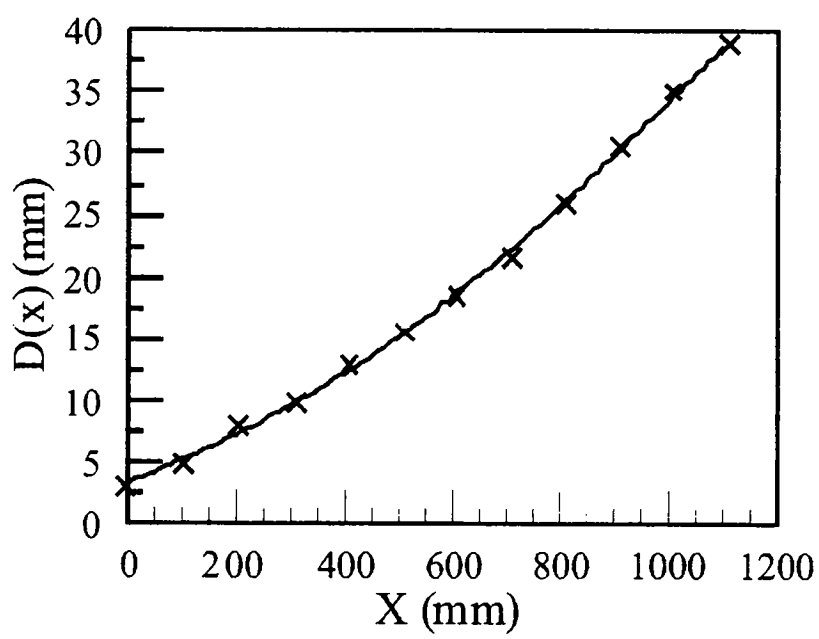


图 9

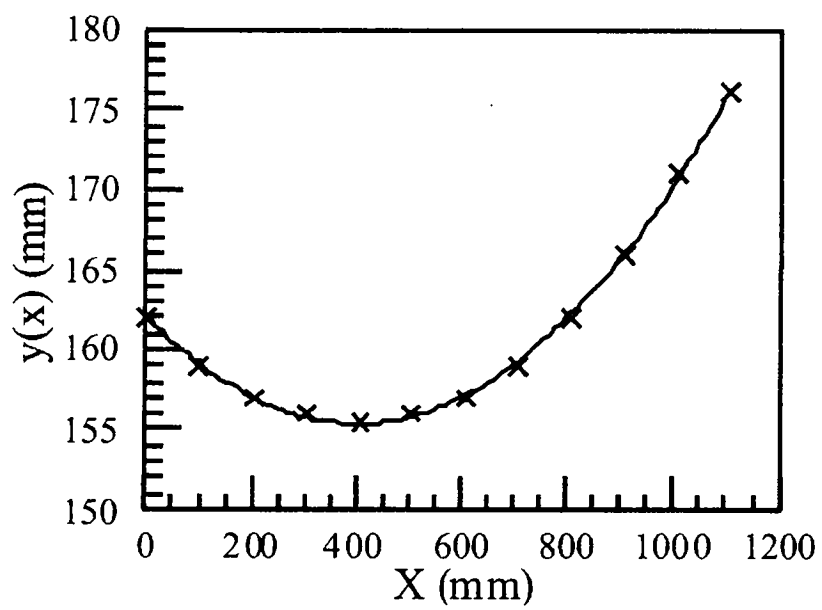


图 10

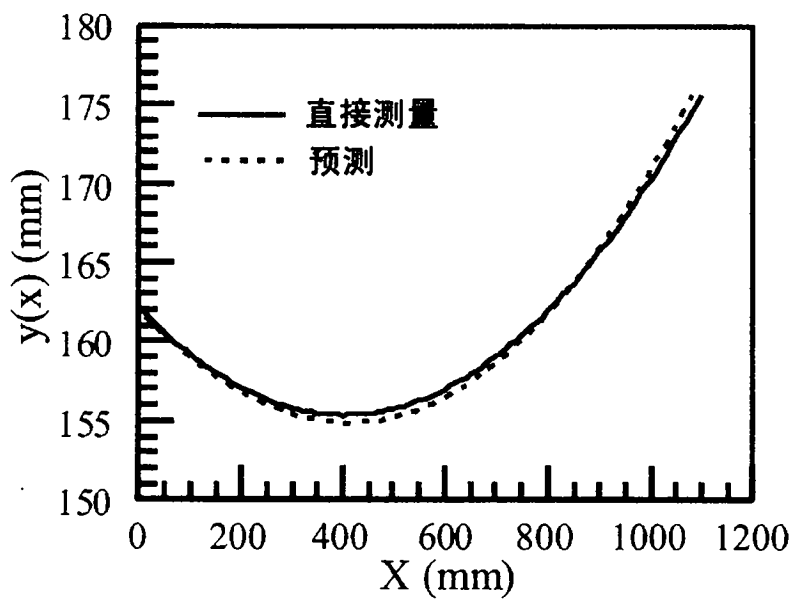


图 11

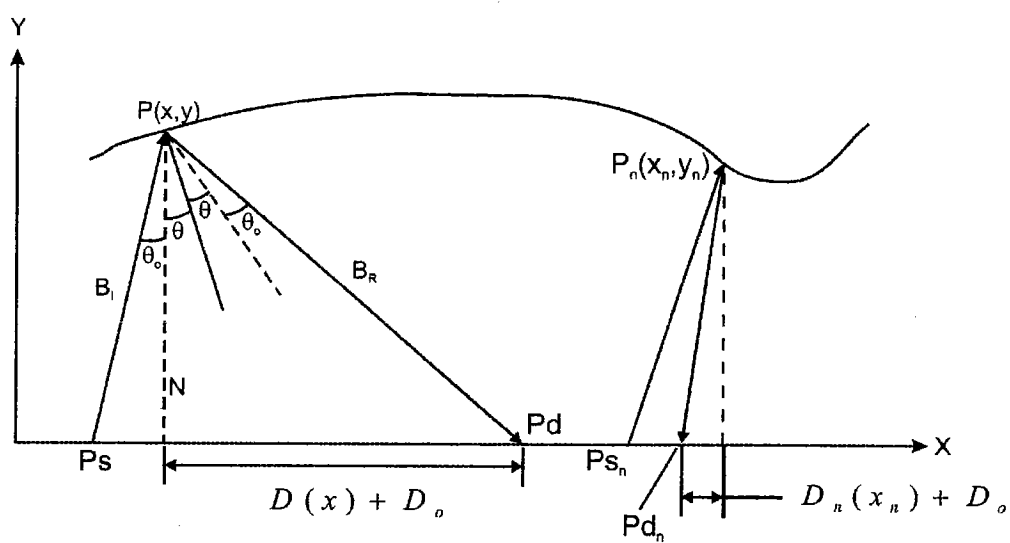


图 12A

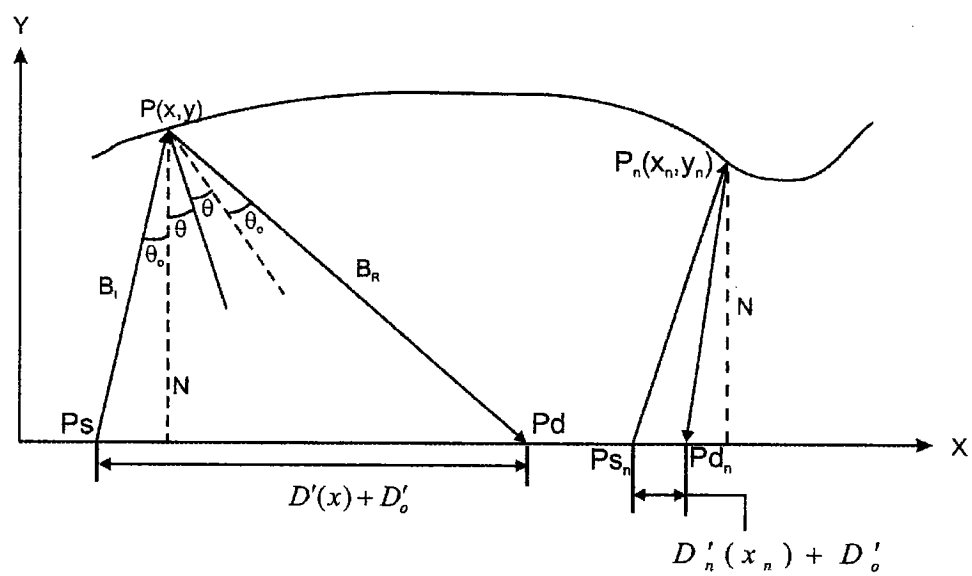


图 12B

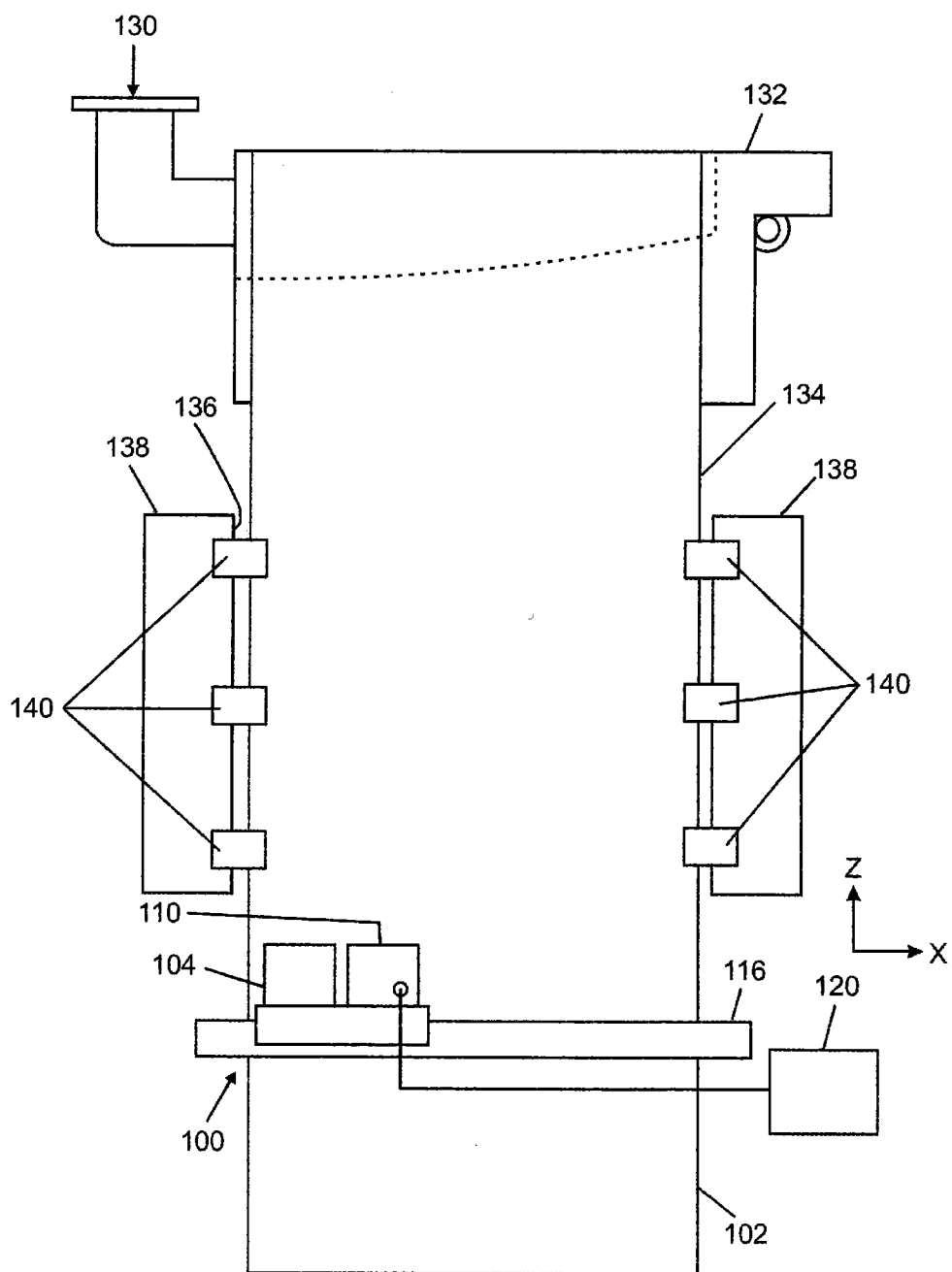


图 13