



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104204720 A

(43) 申请公布日 2014. 12. 10

(21) 申请号 201380015267. 1

(74) 专利代理机构 北京信慧永光知识产权代理有限公司 11290

(22) 申请日 2013. 03. 18

代理人 曹正建 陈桂香

(30) 优先权数据

10-2012-0028938 2012. 03. 21 KR

10-2013-0009059 2013. 01. 28 KR

10-2013-0025964 2013. 03. 12 KR

(51) Int. Cl.

G01B 11/06(2006. 01)

G01B 9/02(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 09. 19

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/KR2013/002175 2013. 03. 18

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/141539 EN 2013. 09. 26

(71) 申请人 韩国标准科学研究院

地址 韩国大田广域市

(72) 发明人 金在完 金钟安 陈宗汉 姜宙植

严泰凤

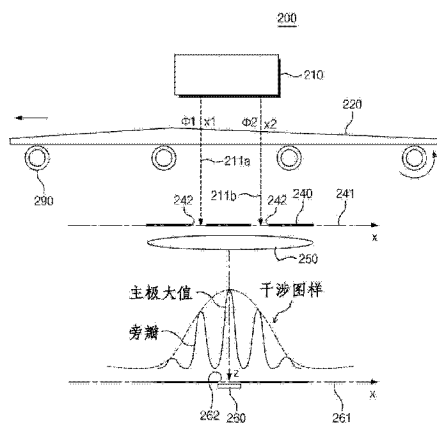
权利要求书3页 说明书20页 附图15页

(54) 发明名称

透明基板监测装置和透明基板监测方法

(57) 摘要

本发明提供了一种透明基板监测装置和透明基板监测方法。所述透明基板监测装置包括：用于发光的发光单元；双狭缝，所述双狭缝布置于在第一方向和第二方向上限定的平面上并且包括在所述第一方向上彼此间隔开以使光能够从中穿过的第一狭缝和第二狭缝，所述第一方向和所述第二方向与入射光的传播方向相交；光学检测单元，所述光学检测单元测量形成在屏幕平面上的干涉图样的强度轮廓或位置；和信号处理单元，所述信号处理单元接收来自所述光学检测单元的信号以计算光学相位差或光程差。



1. 一种透明基板监测装置,其包括:

用于发光的发光单元;

双狭缝,所述双狭缝布置于在第一方向和第二方向上限定的平面上并且包括在所述第一方向上彼此间隔开以允许光从中穿过的第一狭缝和第二狭缝,所述第一方向和所述第二方向与入射光的传播方向相交;

光学检测单元,所述光学检测单元测量由第一光和第二光在屏幕平面上形成的干涉图样的强度轮廓或位置,所述第一光透过布置在所述发光单元与所述双狭缝之间的透明基板的第一位置并穿过所述第一狭缝,所述第二光透过所述透明基板的第二位置并穿过所述第二狭缝;和

信号处理单元,所述信号处理单元接收来自所述光学检测单元的信号以计算由所述透明基板的所述第一位置和所述第二位置造成的光学相位差或光程差。

2. 如权利要求 1 所述的透明基板监测装置,其中,所述信号处理单元使用所述干涉图样在所述第一方向上的移动位置来计算所述光程差。

3. 如权利要求 1 所述的透明基板监测装置,其中,在所述第一方向上移动的所述透明基板是玻璃基板。

4. 如权利要求 1 所述的透明基板监测装置,其中,所述光学检测单元包括位置敏感检测器,

所述透明基板监测装置还包括光圈,所述光圈布置在所述光学检测单元的前方以使所述干涉图样的主极大图样能够从穿过所述光圈,并且

其中,所述位置敏感检测器输出所述主极大图样的中心位置。

5. 如权利要求 1 所述的透明基板监测装置,还包括:

第一光圈和第二光圈,所述第一光圈和所述第二光圈布置在所述光学检测单元的前方并且在所述第一方向上彼此间隔开,

其中,所述光学检测单元包括布置在所述第一光圈后方的第一光学检测单元和布置在所述第二光圈后方的第二检测单元,并且

其中,所述第一光圈与所述第二光圈之间的间隔小于所述干涉图样的主极大图样的宽度。

6. 如权利要求 1 所述的透明基板监测装置,还包括:

光圈,所述光圈布置在所述光学检测单元的前方,

其中,所述光学检测单元包括布置在所述光圈的后方并且在所述第一方向上排列的光学传感器阵列。

7. 如权利要求 1 所述的透明基板监测装置,还包括:

透镜单元,所述透镜单元布置在所述双狭缝与所述光学检测单元之间,

其中,所述光学检测单元布置在所述透镜单元的焦点处。

8. 如权利要求 1 所述的透明基板监测装置,其中,所述发光单元包括:

光源;和

反射组件,所述反射组件用于改变所述光源的输出光的光路并将光路改变的光提供至所述双狭缝。

9. 如权利要求 1 所述的透明基板监测装置,其中,所述发光单元包括:

光源；

光纤,所述光纤接收所述光源的输出光；和

准直透镜,所述准直透镜将从所述光纤输出的光转换成准直光并将所述准直光提供给所述双狭缝。

10. 如权利要求 1 所述的透明基板监测装置,其中,所述发光单元包括：

第一光源,所述第一光源发出第一波长的光；

第二光源,所述第二光源发出第二波长的光,所述第二波长不同于所述第一波长；

定向耦合器,所述定向耦合器将所述第一光源的光路与所述第二光源的光路耦合；和

准直透镜,所述准直透镜将所述定向耦合器的输出光提供至所述双狭缝。

11. 如权利要求 10 所述的透明基板监测装置,其中,所述第一光源和所述第二光源以脉冲模式工作,并且

其中,所述第一光源和所述第二光源依次将输出光提供给所述双狭缝。

12. 一种透明基板监测方法,其包括以下步骤：

设置双狭缝,所述双狭缝布置于在第一方向和第二方向上限定的平面上并且包括在所述第一方向上彼此间隔开以允许光从中穿过的第一狭缝和第二狭缝,所述第一方向和所述第二方向与入射光的传播相交；

通过让具有相干性的第一波长的光相继穿过透明基板和所述双狭缝来形成第一干涉图样；

测量由第一光和第二光在屏幕平面上形成的所述第一干涉图样的位置,所述第一光透过布置在所述双狭缝前方的所述透明基板的第一位置并穿过所述第一狭缝,所述第二光透过所述透明基板的第二位置并穿过所述第二狭缝；并且

通过分析所述第一波长的光的所述第一干涉图样的位置来测量由所述透明基板造成的第一相位差。

13. 如权利要求 12 所述的透明基板监测方法,还包括：

在狭缝分隔方向上使所述透明基板移动所述双狭缝的狭缝间隔。

14. 如权利要求 12 所述的透明基板监测方法,还包括：

通过对在之前位置处测量的所述第一相位差求和来计算所述透明基板的第一累积相位差的空间分布。

15. 如权利要求 12 所述的透明基板监测方法,还包括：

通过让具有相干性的第二波长的光相继通过所述透明基板和所述双狭缝来形成第二干涉图样；

通过测量所述第二波长的光的所述第二干涉图样的位置来测量由所述透明基板造成的第二相位差；并且

通过使用所述第一相位差和所述第二相位差来提取出所述基板的所述第一位置与所述第二位置之间的折射率差和厚度差。

16. 如权利要求 15 所述的透明基板监测方法,还包括：

在狭缝分隔方向上使所述透明基板移动所述双狭缝的狭缝间隔。

17. 如权利要求 16 所述的透明基板监测方法,还包括：

通过对在之前位置处测量的所述折射率差求和来提取出折射率差的空间分布,并且通

过对在之前位置处测量的所述厚度差求和来提取厚度差的空间分布。

18. 如权利要求 12 所述的透明基板监测方法,还包括:

在所述双狭缝的后方安装透镜以具有在所述屏幕平面上的焦点。

19. 如权利要求 12 所述的透明基板监测方法,还包括:

在所述屏幕平面上设置光圈以仅允许所述第一干涉图样中的主极大图样从所述光圈中穿过。

20. 一种光学相位差测量装置,其包括:

用于发光的发光单元;

双狭缝,所述双狭缝布置于在第一方向和第二方向上限定的平面上并且包括在所述第一方向上彼此间隔开以允许光从中穿过的第一狭缝和第二狭缝,所述第一方向和所述第二方向与入射光的传播相交;

光学检测单元,所述光学检测单元测量由第一光和第二光在屏幕平面上形成的干涉图样的强度轮廓或位置,所述第一光透过布置在所述发光单元与所述双狭缝之间的测量目标的第一位置并穿过所述第一狭缝,所述第二光透过所述测量目标的第二位置并穿过所述第二狭缝;和

信号处理单元,所述信号处理单元接收来自所述光学检测单元的信号以计算穿过所述透明基板的所述第一位置和所述第二位置的光线的光学相位差。

透明基板监测装置和透明基板监测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种厚度变化测量装置和厚度变化测量方法,更加具体地,涉及一种能够使用双狭缝精确测量厚度变化的厚度变化测量装置和厚度变化测量方法。

[0002] 本发明还涉及一种透明基板监测装置和透明基板监测方法,更加具体地,涉及一种能够使用双狭缝精确监测光程差的变化了的透明基板监测装置和透明基板监测方法。

背景技术

[0003] 由玻璃等制成的基板用于诸如液晶显示器(LCD)或有机发光二极管(OLED)显示器件等平板显示器件。随着最近的朝着更大面积和更高分辨率显示器件的趋势,显示器件中包含的基板的面积变得更大。这样的基板厚度的不均匀性可能对显示器件的图像质量造成不利影响。因此,保持基板的整个表面的均匀厚度是重要的。

[0004] 一般而言,反射式厚度测量装置用来测量几纳米(nm)至几十纳米(nm)的厚度变化。反射式厚度测量装置利用从基板的正面反射的光和从基板背面反射的光之间的干涉。然而,大面积的基板可能导致基板在基板厚度测量期间内翘曲。根据基板的翘曲程度,从基板反射的光的路径发生改变,这使得精确地测量基板厚度变得困难。

发明内容

技术问题

[0005] 本发明的实施例提供了能够通过使用双狭缝精确测量测量目标的厚度变化的厚度变化测量装置和厚度变化测量器件。

[0006] 本发明的实施例还提供了这样的透明基板监测装置和透明基板监测方法:上述装置和方法使用双狭缝测量光学相位差,并且通过使透明基板在双狭缝的方向上移动双狭缝的间隔并连接所有的测量位置来提供光学相位差的空间分布。

解决该技术问题的技术方案

[0007] 根据本发明实施例的透明基板监测装置可以包括:用于发光的发光单元;双狭缝,所述双狭缝布置于在第一方向和第二方向上限定的平面上并且包括在所述第一方向上彼此间隔开以允许光从中穿过的第一狭缝和第二狭缝,所述第一方向和所述第二方向与入射光的传播方向相交;光学检测单元,所述光学检测单元测量由第一光和第二光在屏幕平面上形成的干涉图样的强度轮廓或位置,所述第一光透过布置在所述发光单元与所述双狭缝之间的透明基板的第一位置并穿过所述第一狭缝,所述第二光透过所述透明基板的第二位置并穿过所述第二狭缝;和信号处理单元,所述信号处理单元接收来自所述光学检测单元的信号以计算穿过所述透明基板的所述第一位置与所述第二位置的光线的光学相位差或光程差。

[0008] 在本发明的实施例中,所述信号处理单元可以使用所述干涉图样在所述第一方向上的位置来计算所述光程差。

[0009] 在本发明的实施例中,在所述第一方向上移动的所述透明基板是玻璃基板。

[0010] 在本发明的实施例中,所述光学检测单元可以包括位置敏感检测器。所述透明基板监测装置还可以包括光圈,所述光圈布置在所述光学检测单元的前方以使所述干涉图样的主极大图样能够从该光圈中穿过。所述位置敏感检测器可以输出所述主极大图样的中心位置。

[0011] 在本发明的实施例中,所述透明基板监测装置还可以包括第一光圈和第二光圈,所述第一光圈和所述第二光圈布置在所述光学检测单元的前方并在所述第一方向上彼此间隔开。所述光学检测单元可以包括布置在所述第一光圈后方的第一光学检测单元和布置在所述第二光圈后方的第二检测单元。所述第一光圈与所述第二光圈之间的间隔可以小于所述主极大图样的宽度。

[0012] 在本发明的实施例中,所述透明基板监测装置还可以包括光圈,所述光圈布置在所述光学检测单元的前方。所述光学检测单元可以包括布置在所述光圈的后方并且在所述第一方向上排列的光学传感器阵列。

[0013] 在本发明的实施例中,所述透明基板监测装置还可以包括透镜单元,所述透镜单元布置在所述双狭缝与所述光学检测单元之间。所述光学检测单元可以布置在所述透镜单元的焦点处。

[0014] 在本发明的实施例中,所述发光单元可以包括:光源;和反射组件,所述反射组件改变所述光源的输出光的光路并将光路改变的光提供至所述双狭缝。

[0015] 在本发明的实施例中,所述发光单元可以包括:光源;光纤,所述光纤接收所述光源的输出光;和准直透镜,所述准直透镜将从所述光纤输出的光转换成准直光并将所述准直光提供至所述双狭缝。

[0016] 在本发明的实施例中,所述发光单元可以包括:第一光源,所述第一光源发出第一波长的光;第二光源,所述第二光源发出第二波长的光,所述第一波长不同于所述第一波长;定向耦合器,所述定向耦合器将所述第一光源的光路与所述第二光源的光路耦合;和准直透镜,所述准直透镜将所述定向耦合器的输出光提供至所述双狭缝。

[0017] 在本发明的实施例中,所述第一光源和所述第二光源可以以脉冲模式工作。所述第一光源和所述第二光源可以依次将输出光提供至所述双狭缝。

[0018] 根据本发明实施例的透明基板监测方法可以包括:设置双狭缝,所述双狭缝布置于在第一方向和第二方向上限制的平面上并且包括在所述第一方向上彼此间隔开以允许光从中穿过的第一狭缝和第二狭缝,所述第一方向和所述第二方向与入射光的传播相交;通过让具有相干性的第一波长的光相继穿过透明基板和所述双狭缝来形成第一干涉图样;测量由第一光和第二光在屏幕平面上形成的所述第一干涉图样的位置,所述第一光透过布置在所述双狭缝前方的所述透明基板的第一位置并穿过所述第一狭缝,所述第二光透过所述透明基板的第二位置并穿过所述第二狭缝;并且通过分析所述第一波长的光的所述第一干涉图样的位置来测量由所述透明基板造成的第一相位差。

[0019] 在本发明的实施例中,所述透明基板监测方法还可以包括:在狭缝分隔方向上使所述透明基板移动所述双狭缝的狭缝间隔。

[0020] 在本发明的实施例中,所述透明基板监测方法还可以包括:通过对在之前位置处测量的所述第一相位差求和来计算所述透明基板的第一累积相位差的空间分布。

[0021] 在本发明的实施例中,所述透明基板监测方法还可以包括:通过让具有相干性的

第二波长的光相继通过所述透明基板和所述双狭缝来形成第二干涉图样；通过测量所述第二波长的光的所述第二图样的位置来测量由所述透明基板造成的第二相位差；并且通过使用所述第一相位差和所述第二相位差来提取出所述透明基板的所述第一位置与所述第二位置之间的折射率差和厚度差。

[0022] 在本发明的实施例中，所述透明基板监测方法还可以包括：在狭缝分隔方向上使所述透明基板移动所述双狭缝的狭缝间隔。

[0023] 在本发明的实施例中，所述透明基板监测方法还可以包括：通过对在之前位置处测量的所述折射率差求和来提取折射率差的空间分布，并且通过对在之前位置处测量的所述厚度差求和来提取厚度差的空间分布。

[0024] 在本发明的实施例中，所述透明基板监测方法还可以包括：在所述双狭缝的后方安装透镜以具有在所述屏幕平面上的焦点。

[0025] 在本发明的实施例中，所述透明基板监测方法还可以包括：在所述屏幕平面上设置光圈以仅允许所述第一干涉图样中的主极大图样从所述光圈中穿过。

[0026] 根据本发明实施例的光学相位差测量装置可以包括：用于发光的发光单元；双狭缝，其布置于在第一方向和第二方向上限定的平面上并且包括在所述第一方向上彼此间隔开以允许光从中穿过的第一狭缝和第二狭缝，所述第一方向和所述第二方向与入射光的传播相交；光学检测单元，其测量由第一光和第二光在屏幕平面上形成的干涉图样的强度轮廓或位置，所述第一光透过布置在所述发光单元与所述双狭缝之间的测量目标的第一位置并穿过所述第一狭缝，所述第二光透过所述测量目标的第二位置并穿过所述第二狭缝；和信号处理单元，所述信号处理单元接收来自所述光学检测单元的信号以计算穿过所述透明基板的所述第一位置和所述第二位置的光线的光学相位差。

[0027] 根据本发明实施例的厚度变化测量装置可以包括：用于发光的发光单元；双狭缝，所述双狭缝包括在与光的传播方向相交的方向上彼此间隔开的第一开口和第二开口；测量目标，所述测量目标布置在所述发光单元与所述双狭缝之间以使能够透过；光学位置检测单元，所述光学位置检测单元接收由穿过所述第一开口和所述第二开口的光生成的干涉光以检测干涉图样的位置变化；和信号处理单元，所述信号处理单元接收来自所述光学位置检测单元的信号以计算所述测量目标的厚度变化。

[0028] 在本发明的实施例中，所述干涉光的强度可以根据所述测量目标的与所述第一开口相对应的第一区域的厚度和所述测量目标的与所述第二开口相对应的第二区域的厚度之间的差值而变化。

[0029] 在本发明的实施例中，所述厚度变化测量装置还包括移动控制单元，所述移动控制单元使所述测量目标在与从所述发光单元发出的光的传播方向相交的方向上移动。

[0030] 在本发明的实施例中，所述厚度变化测量装置还可以包括正透镜，所述正透镜布置在所述双狭缝与所述光学位置检测单元之间。

[0031] 在本发明的实施例中，所述厚度变化测量装置还可以包括光学组件，所述光学组件布置在所述发光单元与所述测量目标之间并将从所述发光单元发出的光转换成平行光。

[0032] 在本发明的实施例中，所述光学位置检测单元可以包括第一光学检测器和第二光学检测器。所述第一光学检测器和所述第二光学检测器可以布置在与光的传播方向相交的方向上以使所述第一光学检测器和所述第二光学检测器与干涉光强度最大的位置间隔相

同的距离。

[0033] 根据本发明实施例的厚度变化测量方法可以包括：布置透光的测量目标以及允许光从中穿过并包括彼此间隔开的第一开口和第二开口的双狭缝；发出光以使光相继通过所述测量目标和所述双狭缝；并且令光学位置检测单元接收由穿过所述第一开口和第二开口的光产生的干涉光；并且接收来自所述光学位置检测单元的信号以计算所述测量目标的厚度变化。

[0034] 在本发明的实施例中，所述测量目标可以在与所述发光单元发出的光的传播方向相交的方向上移动。

[0035] 在本发明的实施例中，正透镜可以布置在所述双狭缝与所述光学位置检测单元之间以使穿过所述双狭缝的光聚焦。

[0036] 在本发明的实施例中，光学组件布置在所述发光单元与所述测量目标之间以将所述发光单元发出的光转换成平行光。

[0037] 在本发明的实施例中，令光学位置检测单元接收干涉光可以包括：由包括第一光学检测器和第二光学检测器的光学位置检测单元接收干涉光，所述第一光学检测器和所述第二光学检测器布置在与光的传播方向相交的方向上来使它们与干涉光强度最大的位置间隔相同的距离。

本发明的有效效果

[0038] 通过上述的厚度变化测量装置和厚度变化测量方法，能够精确测量测量目标的厚度变化并且能够测量测量目标的整个表面的厚度变化的形势。

[0039] 根据本发明实施例的透明基板监测装置能够抗振动地测量光学相位差。

[0040] 根据本发明实施例的透明基板监测装置能够通过使用两个波长将光学相位差分离成折射率和厚度。

附图说明

[0041] 参照附图及随附的详细说明，本发明将变得更加显然。通过示例的方式而非通过限制的方式提供本文中所描述的实施例，其中，相似得参考符号表示相同或相似的元件。附图未必按照比例绘制，而是将重点放在图示本发明的方面。

[0042] 图 1 是关于本发明实施例的厚度变化测量装置的透视图。

[0043] 图 2 是图示了通过双狭缝的光的干涉图样的曲线图。

[0044] 图 3 是通过放大图 2 的 A 区域而图示了干涉光的强度变化的曲线图。

[0045] 图 4 是图示了根据图 1 的厚度变化测量装置中的相位差的信号变化的曲线图。

[0046] 图 5 是图示了使用图 1 的根据实施例的厚度变化测量装置的厚度变化测量方法的步骤的流程图。

[0047] 图 6A 图示了根据本发明实施例的透明基板监测装置。

[0048] 图 6B 是图 6A 的透明基板监测装置的立体图。

[0049] 图 7A 图示了当图 6 的透明基板监测装置中存在相位差时的干涉图样。

[0050] 图 7B 示出了依赖于时间的干涉图样移动量。

[0051] 图 7C 将取决于时间的干涉图样移动量显示为依赖于位置的光学相位差。

[0052] 图 7D 示出了对图 7C 的光学相位差进行求和的结果。

- [0053] 图 8 图示了根据本发明另一个实施例的透明基板监测装置。
- [0054] 图 9 图示了根据本发明又一个实施例的透明基板监测装置。
- [0055] 图 10 图示了根据本发明再一个实施例的透明基板监测装置。
- [0056] 图 11 是图 10 的透明基板监测装置的时序图。
- [0057] 图 12 图示了根据本发明实施例的透明基板监测方法。
- [0058] 图 13 示出了使用图 12 的方法而获得的结果。
- [0059] 图 14 是图示了根据本发明实施例的透明基板监测方法的流程图。
- [0060] 图 15 是图示了根据本发明另一个实施例的透明基板监测方法的流程图。
- [0061] 图 16 是示出了根据本发明实施例的光程差测量结果的曲线图。

具体实施方式

[0062] 根据本发明的实施例,如果透明基板的厚度不均匀,那么通过透明基板的光的光程长度就发生变化。因此,通过玻璃的光的相位差发生在各自的位置处。为了测量相位差,把从光源发射出的光束转换为平行光并使它们通过透明基板。通过透明基板的光束射在具有狭缝间隔“a”的双狭缝上。通过双狭缝的光被衍射以在屏幕平面上形成干涉条纹,该屏幕平面上布置有光学检测单元。如果不存在由双狭缝的各光程造成的相位差,则干涉条纹的最大峰值位于双狭缝的中心。如果存在由双狭缝的各光程造成的相位差,那么位于双狭缝中心的干涉条纹的最大峰值在 x 轴方向,即,狭缝间隔方向上垂直移动。因此,如果使用光学检测单元来测量干涉条纹的峰值点的位置如何变化,就能够知道透明基板的两个位置处的厚度差。

[0063] 此外,通过折射率和厚度(或距离)的相乘来表达使用双狭缝测量的光程差。需要额外的测量来从光程差中分离出关于折射率和厚度的信息。如果以不同的两个波长测量同一位置的光程差,就可以获得厚度差和折射率差。

[0064] 现在将在下文中参照附图更加全面地说明本发明,在附图中示出了本发明的优选实施例。然而,本发明可以以许多不同的形式来呈现且不应该被理解为限于本文中所述的实施例。确切地说,提供这些实施例以使得本公开将是彻底和完整的,并将本发明的范围完全地传达给本领域技术人员。在附图中,为了清楚图示,放大了元件或组件。在全文中,相似的符号表示相似的元件。

[0065] 图 1 是关于本发明实施例的厚度变化测量装置的透视图。

[0066] 如图 1 所示,关于本发明实施例的厚度变化测量装置包括发出光的发光单元 10、具有第一开口 31 和第二开口 32(发光单元 10 发出的光穿过这两个开口)的双狭缝 30、布置在发光单元 10 与双狭缝之间以使光能够透过的待测对象(以下被称为“测量目标”)20、接收由穿过双狭缝 30 的光产生的干涉光以产生信号的光学位置检测单元 40 以及接收光学位置检测单元 40 的信号以计算测量目标 20 的厚度变化的信号处理单元 80。

[0067] 发光单元 10 发射用来测量测量目标 20 的厚度变化的光。该光具有相干性。发光单元 10 可以被实施为激光光源。发光单元 10 可以是以单一波长发射激光的激光器或以两个不同波长发射激光的两个激光器。

[0068] 双狭缝 30 在与发光单元 10 发射的光传播的方向相交的方向上延伸。双狭缝 30 具有第一开口 31 和第二开口 32,第一开口 31 和第二开口 32 在与从发光单元 10 发出的光

传播的方向相交的方向上彼此被间隔开,以使光能够透过。

[0069] 测量目标 20 被布置在双狭缝 30 与发光单元 10 之间。测量目标 20 是发光单元 10 发出的光能够穿过的透光材料。

[0070] 在发光单元 10 与测量目标 20 之间可以布置有光学组件 15。光学组件 15 可以是将从发光单元 10 发出的光转换为平行光的准直器并且包括两个不同焦距的正透镜。

[0071] 发光单元 10 发出的光穿过测量目标 20。穿过测量目标 20 之后,光分别穿过开口 31 和 32。光在穿过开口 31 和 32 的同时被衍射。衍射光彼此结合而产生干涉光。

[0072] 图 2 所示的预定干涉图样形成虚拟屏幕表面 60 上,虚拟屏幕表面 60 被布置为与双狭缝 30 间隔开。当测量目标 20 移动时,选出一个或多个干涉图样来测量干涉图样的移动量。光学位置检测单元 40 被配置在虚拟屏幕表面 60 上并收集干涉光以测量干涉信号的位置变化量。光学位置检测单元 40 包括第一光学检测器 41 和第二光学检测器 42。通过选择在测量目标 20 不存在的状态下由穿过第一开口 31 和第二开口 32 的光产生的干涉图样中的一个干涉图样,使第一光学检测器 41 和第二光学检测器 42 被布置为在与光传播方向相交的方向上与干涉光的最大强度位置间隔相同的距离。

[0073] 光学位置检测单元 40 可以包括多个光电二极管,每个光电二极管具有形成有光圈的正面。

[0074] 然而,本发明不限于此,且光学位置检测单元 40 可以包括光电二极管阵列或电荷耦合二极管 (CCD)。

[0075] 在双狭缝 30 与光学位置检测单元 40 之间可以布置有正透镜 50,且光学位置检测单元 40 可以被布置在与正透镜 50 的焦距相对应的区域内。

[0076] 测量目标 20 可以被布置为在与发光单元 10 发出的光的传播方向相交的方向上在发光单元 10 与双狭缝 30 之间是可移动的。通过连接至汽缸 92 的端部的加压组件 93 对测量目标 20 加压,汽缸 92 被驱动组件 91 灵活地移动。因此,测量目标 20 可以在与发光单元 10 的光传播方向相交的方向上移动。

[0077] 驱动组件 91 可以电连接至移动控制单元 90 且可以被移动控制单元 90 施加的控制信号操作以使测量目标 20 能够以恒定的速度移动。

[0078] 图 2 是图示了通过双狭缝的光的干涉图样的曲线图。

[0079] 图 2 示出了当穿过双狭缝 30 的第一开口 31 和第二开口 32 的光因为去除了图 1 中的测量目标 20 或测量目标 20 的第一区域的厚度 t_1 等于测量目标 20 的第二区域的厚度 t_2 而具有相同相位时,形成在虚拟屏幕表面 60 上的干涉图样。

[0080] 在图 2 中, θ 表示表明了形成在虚拟屏幕表面 60 上的干涉图样的位置的角度,并且与偏离将双狭缝 30 的中心与虚拟屏幕表面 60 连接起来的垂直线的角度相对应。在图 2 的曲线图中,光强 $I(\theta)$ 由下面的方程式 (1) 表示。当 θ 是 0 时,干涉光的强度是最大的。

[0081] 光位置检测单元 40 的第一光学检测器 41 和第二光学检测器 42 被布置为与干涉光的强度最大值位置 (在该位置处, θ 对应于 0 或 π) 间隔相同的距离。

[0082] 方程式 (1)

$$I(\theta) = 4I_0 \left(\frac{\sin^2 \beta}{\beta^2} \right) \cos^2 \alpha$$

[0083] 在方程式 (1) 中, I_0 代表从光源发出的光的强度、 α 代表下面的方程式 (2) 的值

且 β 代表下面的方程式 (3)。

[0084] 方程式 (2)

$$\alpha = \frac{ka}{2} \sin \theta$$

[0085] 方程式 (3)

$$\beta = \frac{kb}{2} \sin \theta$$

[0086] 在方程式 (2) 和 (3) 中,“a”代表双狭缝 30 的第一开口 31 与第二开口 32 之间的距离、“b”表示双狭缝 30 的第一开口 31 和第二开口 32 各自的宽度并且“k”对应于 $2\pi/\lambda$ (λ 是使用的光的波长)。

[0087] 图 2 所示的曲线对应于当穿过双狭缝的第一开口 31 和第二开口 32 的光具有相同相位时的曲线。然而,如图 1 所示,当第一区域厚度 t_1 和第二区域厚度 t_2 不同的测量目标 20 被布置在双狭缝 30 与发光单元 10 之间以造成穿过第一开口 31 和第二开口 32 的光之间的相位差时,干涉光可能改变形成在虚拟屏幕表面 60 上的干涉图样的形式。

[0088] 图 3 是通过放大图 2 的 A 区域而图示了干涉光的强度变化的曲线图。

[0089] 如图 1 所示,测量目标 20 的与双狭缝 30 的第一开口 31 相对应的第一区域 21 的厚度 t_1 可以不同于测量目标 20 的与双狭缝 30 的第二开口 32 相对应的第二区域 22 的厚度 t_2 。在第一区域 21 和第二区域 22 的厚度不同的情况下,通过第一开口 31 和第二开口 32 的光的相位可能彼此不同。

[0090] 图 3 图示了由第一开口 31 和第二开口 32 之间的光的相位差造成的干涉图样变化。

[0091] 第一光学检测器 41 和第二光学检测器 42 被布置为与当不存在测量目标 20 或通过双狭缝 30 的第一开口 31 和第二开口 32 的光之间不存在相位差时的干涉光的强度最大值位置间隔相同的距离 Z_0 。因此,当穿过第一开口 31 和第二开口 32 的光之间不存在相位差时,相同强度的干涉光 100a 和 100b 根据干涉图样 100 分别射在第一光学检测器 41 和第二光学检测器 42 上。

[0092] 然而,如图 3(a) 所示,如果由于测量目标 20 的厚度变化而使衍射光的干涉图样转变为右移动图样 101,那么就使得射在第一光学检测器 41 上的干涉光的强度 101b 小于射在第二光学检测器 42 上的干涉光的强度 101a。

[0093] 此外,如图 3(b) 所示,如果由于测量目标 20 的厚度变化而使衍射光的干涉图样转变为左移动图样 102,那么就使得射在第一光学检测器 41 上的干涉光的强度 102b 大于射在第二光学检测器 42 上的干涉光的强度 102a。

[0094] 当第一开口 31 处的光与第二开口 32 处的光之间的相位差是 ϕ_0 时,可以由下面的方程式 (4) 来表达表明第一光学检测器 41 和第二光学检测器 42 处的干涉光的电场 E 的信号。

[0095] 方程式 (4)

$$\begin{aligned}
 E &= bc \left(\frac{\sin\left(\beta - \frac{b}{2a}\phi_0\right)}{\beta - \frac{b}{2a}\phi_0} \right) \left[\sin(\omega t - kR) + \sin(\omega t - kR + 2\alpha - \phi_0) \right] \\
 &= 2bc \left(\frac{\sin\left(\beta - \frac{b}{2a}\phi_0\right)}{\beta - \frac{b}{2a}\phi_0} \right) \cos\left(\alpha - \frac{\phi_0}{2}\right) \sin\left(\omega t - kR + \alpha - \frac{\phi_0}{2}\right)
 \end{aligned}$$

[0096] 在方程式 (4) 中, ϕ_0 代表到达图 1 中的第一开口 31 的光与第二开口 32 的光之间的相位差、“c”代表考虑到反射或损耗的常数、“R”代表从双狭缝 30 到虚拟屏幕表面 60 的距离、“ ω ”代表光的角频率、“b”代表狭缝的宽度、“k”代表光的波数、“t”代表时间。在图 1 中, 当布置测量目标 20 以产生穿过双狭缝 30 的第一开口 31 和第二开口 32 的光之间的相位差时, 可以由下面的方程式 (5) 来表达将干涉图样形成在虚拟屏幕表面 60 上的干涉光的强度。

[0097] 方程式 (5)

$$I(\theta) = 4I_0 \left(\frac{\sin^2\left(\beta - \frac{\phi_0}{2}\right)}{\left(\beta - \frac{\phi_0}{2}\right)^2} \right) \cos^2\left(\alpha - \frac{\phi_0}{2}\right)$$

[0098] 从方程式 (5) 将理解的是, 干涉图样 (条纹图样) 随着 ϕ_0 的值的增加而向右或向左移动, ϕ_0 是到达第一开口 31 的光与到达第二开口 32 的光之间的相位差。

[0099] 可以使用方程式 (5) 推导出下面的方程式 (6) 以根据双狭缝 30 的第一开口 31 和第二开口 32 处的光的相位差来获得第一光学检测器 41 与第二光学检测器 42 之间的信号差。

[0100] 方程式 (6)

$$\begin{aligned}
 V(\phi_0) &= V(\theta, \phi_0) - V(-\theta, \phi_0) \\
 &= A \left| \cos^2\left(\frac{ka}{2} \sin \theta - \frac{\phi_0}{2}\right) - \cos^2\left(-\frac{ka}{2} \sin \theta - \frac{\phi_0}{2}\right) \right|
 \end{aligned}$$

[0101] 在方程式 (6) 中, “A”代表考虑到光学检测器的增益的 I-V 转换常数。

[0102] 图 4 是图示了取决于图 1 的厚度变化测量装置的相位差的信号变化的曲线图。

[0103] 图 4 示出了取决于双狭缝 30 的第一开口 31 和第二开口 32 处的光之间的相位差 ϕ_0 的第一光学检测器 41 和第二光学检测器 42 之间的信号差 $V(\phi_0)$ 。

[0104] 当第一光学检测器 41 和第二光学检测器 42 之间的信号差是 V 且第一开口 31 处的光和第二开口 32 处的光之间的相位差是 ϕ_0 时, 可以由下面的方程式 (7) 来表达信号差 $V(\phi_0)$ 。

[0105] 方程式 (7)

$$V(\phi_0) = V(\theta, \phi_0) - V(-\theta, \phi_0) \approx A \left[\cos^2 \left(\frac{ka}{2} \times \frac{z_0}{F} - \frac{\phi_0}{2} \right) - \cos^2 \left(-\frac{ka}{2} \times \frac{z_0}{F} - \frac{\phi_0}{2} \right) \right]$$

[0106] 在方程式 (7) 中, “a” 代表第一开口 31 和第二开口 32 的距离, “k” 对应于 $2\pi/\lambda$ (λ 是使用的光的波长), “ z_0 ” 对应于第一光学检测器 41 和第二光学检测器 42 之间的距离的一半, “F” 表示透镜的焦距且方程式 (6) 和 (7) 中的 “A” 等于方程式 (8)。

[0107] 方程式 (8)

$$A = 4I_0 \left(\frac{\sin^2 \left(\beta - \frac{\phi_0}{2} \right)}{\left(\beta - \frac{\phi_0}{2} \right)^2} \right)$$

[0108] 可以从第一光学检测器 41 与第二光学检测器 42 之间的信号差计算出第一开口 31 处的光与第二开口 32 处的光的相位差 ϕ_0 。可以从相位差 ϕ_0 计算出测量目标 20 的第一区域厚度 t_1 与第二区域厚度 t_2 之间的差值。

[0109] 在这里, ϕ_0 是 $2(n-1)\pi/\lambda(t_1-t_2)$ 并且 “n” 表示测量目标的折射率。

[0110] 如图 1 所示, 当通过放大器 70 把第一光学检测器 41 的信号和第二光学检测器 42 的信号施加到信号处理单元 80 时, 信号处理单元 80 可以计算测量目标 20 的厚度变化。因此, 信号处理单元 80 可以处理第一光学检测器 41 的信号和第二光学检测器 42 的信号的差异以精确测量测量目标 20 的厚度变化。因此, 可以理解测量目标 20 的表面处的厚度变化的图样。

[0111] 图 5 是图示了使用图 1 的根据实施例的厚度变化测量装置的厚度变化测量方法的步骤的流程图。

[0112] 图 1 所示的厚度变化测量方法包括: 布置光从中穿过的测量目标和双狭缝 (S110)、使光依次照射至测量目标和双狭缝 (S120)、使用光位置检测单元接收穿过双狭缝的干涉光 (S130), 并且通过接收来自光位置检测单元的信号计算测量目标的厚度变化 (S140)。可以由连接至图 1 所示的厚度变化测量装置的发光单元 10、信号处理单元 80 和移动控制单元 90 以控制各个元件的操作的计算机进行厚度变化测量方法的步骤 S110 至 S140。此外, 在将厚度变化测量方法的步骤 S110 至 S140 写为在计算机上可执行的程序之后, 可以分别将厚度变化测量方法的步骤 S110 至 S140 记录在非易失性记录介质中。

[0113] 现在将在下面详细说明根据本发明实施例的透明基板监测装置和透明基板监测方法。

[0114] 以高温制造玻璃基板并使之冷却至保持处于固态。通过驱动组件传送玻璃基板或塑料基板。所述驱动组件可以是传送辊。需要研究玻璃基板的诸如厚度和折射率等等物理特性。在薄膜或杂质沉积在透明基板或玻璃基板上的情况下, 需要用于监测透明基板的方法。

[0115] 透明基板在被传送的同时会引发振动。因此, 传统的监测方法存在因振动而导致的误差。需要一种在不发生因透明基板的振动而导致误差的情况下实时监测透明基板的性质的装置和方法。

[0116] 根据本发明的实施例,干涉光通过透明基板。因此,可以抑制因透明基板的振动而导致的误差。

[0117] 图 6A 图示了根据本发明实施例的透明基板监测装置。

[0118] 图 6B 是图 6A 的透明基板监测装置的立体图。

[0119] 图 7A 图示了当图 6 的透明基板监测装置中存在相位差时的干涉图样。

[0120] 图 7B 示出了取决于时间的干涉图样的移动量。

[0121] 图 7C 将取决于时间的干涉图样移动量示出为取决于位置的光学相位差。

[0122] 图 7D 示出了对图 7C 的光学相位差进行求和的结果。

[0123] 参照图 6 和图 7,根据本发明实施例的透明基板监测装置 200 包括发光的发光单元 210、双狭缝 240、光学检测单元 260 和信号处理单元(未示出);双狭缝 240 被布置在由与光的传播方向(z 轴方向)相交的第一方向(x 轴方向)和第二方向(y 轴方向)确定的第一平面(xy 平面)241 上,并且包括在第一方向上彼此间隔开以使光能够穿过的第一狭缝 242 和第二狭缝 244;光学检测单元 260 测量由第一光 211a 和第二光 211b 形成在屏幕平面 261 上的干涉图样,第一光 211a 透过布置在发光单元 210 与双狭缝 240 之间的透明基板 220 的第一位置 x_1 并穿过第一狭缝 240 的第一光 211a,第二光 211b 透过透明基板 220 的第二位置 x_2 并穿过第二狭缝 244;信号处理单元接收来自光学检测单元 260 的信号以计算由透明基板 220 导致的光学相位差或光程差。

[0124] 发光单元 210 可以是具有相干性的光源。具体地,光源 210 可以是激光器、激光二极管或发光二极管(LED)。发光单元 210 的波长可以是可见光区域或红外光区域。发光单元 210 的波长可以取决于透明基板的性质。例如,在红外区域中硅基板可以是透明的。在红外区域和可见光区域中玻璃基板可以是透明的。

[0125] 双狭缝 240 可以接收平行光。准直透镜单元(未示出)可以被布置在发光单元 210 与双狭缝 240 之间以将准直后的光提供给双狭缝 240。

[0126] 双狭缝 240 可以被布置在与入射光的传播方向(z 轴方向)正交的第一平面(xy 平面)241 上。双狭缝 240 可以被布置在第一平面 241 上并且包括第一狭缝 242 和第二狭缝 244。第一狭缝 242 和第二狭缝 244 均可以是带状线型狭缝。第一狭缝 242 和第二狭缝 244 可以具有恒定的宽度“b”和恒定的长度“l”。第一狭缝 242 和第二狭缝 244 可以具有恒定的间隔“a”。第一狭缝 242 和第二狭缝 244 可以被配置为在 x 轴方向上彼此间隔开,且第一狭缝 242 和第二狭缝 244 的长度方向可以是 y 轴方向。第一狭缝 242 和第二狭缝 244 之间的间隔可以是 0.1mm 或 0.05mm。狭缝宽度“b”可以是 0.01mm 或 0.02mm。狭缝长度“l”可以是几毫米。

[0127] 穿过第一狭缝 242 的第一光可以被衍射,且穿过第二狭缝 244 的第二光可以被衍射。第一光和第二光可以在屏幕平面 261 上形成干涉条纹。双狭缝 240 允许光穿过第一狭缝 242 和第二狭缝 244,但是阻止光通过其它的区域。因此,双狭缝 240 的第一狭缝 242 和第二狭缝 244 可以是通孔型狭缝。

[0128] 根据本发明的变型例,双狭缝 240 可以具有这样的结构:在透明基板的第一狭缝和第二狭缝以外的区域,涂覆有吸收或反射光的材料。

[0129] 透明基板 220 可以被布置在发光单元 210 与双狭缝 240 之间。透明基板 220 的布置平面可以是 xy 平面。可以以恒定的速度在 x 轴方向上传送透明基板 230。

[0130] 透明基板 220 可以被布置在双狭缝 240 的布置平面的旁边。透明基板 220 可以以恒定的速度在 x 轴方向上连续移动。透明基板 220 可以是玻璃基板、塑料基板、硅基板、蓝宝石基板或透明膜。透明基板 220 的厚度可以是几十微米至几十毫米的范围。在透明基板 220 上可以布置有薄膜、图案或杂质。

[0131] 根据本发明实施例的监测装置可以测量透明基板的相对光学相位差或相对光程差。此外,所述监测装置可以提供关于薄膜的信息和关于杂质的信息。

[0132] 根据本发明的变型例,透明基板的布置平面和双狭缝的布置平面可以不彼此排成一行。

[0133] 在光学检测单元 260 与双狭缝 240 之间可以布置有透镜单元 250。优选地,透镜单元 250 可以被布置为向双狭缝 240 倾斜。双狭缝 240 的中心轴线和透镜单元 250 的中心轴线可以彼此匹配。透镜单元 250 可以是焦距为 F 的凸透镜。屏幕平面 261 可以被布置在透镜单元 250 的焦点处。光学检测单元 260 可以被布置在屏幕平面 261 上。因为双狭缝 240 被布置为在 x 轴方向上间隔开,所以干涉图样可以具有 x 轴方向上的条带状。

[0134] 光学检测单元 260 检测由双狭缝 240 形成的干涉条纹。光学检测单元 260 的中心轴线可以与透镜单元 250 的中心轴线或双狭缝 240 的中心轴线匹配。

[0135] 干涉条纹可以被分成主极大图样和旁瓣图样。干涉条纹可以具有在 y 轴方向上延伸的条带形状或可以沿着 x 轴方向布置。因此,光学检测单元 260 可以是在 x 轴方向上布置的光学传感器阵列或位置敏感检测器。光学检测单元 260 可以测量干涉图样的强度轮廓或位置。

[0136] 光学传感器阵列可以是电荷耦合器件 (CCD) 传感器、CMOS 图像传感器 (CIS) 或光电二极管阵列。如果光学检测单元是光学传感器阵列,那么可以不需要布置在光学检测单元前方的光圈。

[0137] 可替代地,光学检测单元 260 可以根据干涉图样检测具体的单个图样的强度分布。可替代地,光学检测单元 260 可以检测具体的固定位置处的图样的强度。

[0138] 上述位置敏感检测器可以是测量光斑或具体图样的位置的半导体器件。位置敏感检测器可以在 x 轴方向上对齐并输出光强最大的点的位置。位置敏感检测器可以是一维或二维的器件。

[0139] 上述位置敏感检测器可以测量干涉图样的单个图样的位置偏移。例如,位置敏感检测器可以检测具有最大强度的主极大图样的中心位置。在光学检测单元 260 的前方可以布置有用于去除旁瓣图样的光圈 262 以根据干涉图样仅检测主极大图样。光圈 262 的宽度可以等于或大于主极大图样的宽度。光圈 262 的长度可以小于双狭缝 240 的长度。位置敏感检测器可以具有小于几微米的分辨率。由此,可以确定光程差或光学相位差。

[0140] 根据由透镜单元的中心轴线和预定屏幕表面上的 x 轴的位置确定的角度 θ ,可以由方程式 (1) 至 (3) 给出屏幕平面上的照度 I。在这里,“ I_0 ”表示由单个狭缝形成的照度、“a”表示狭缝之间的距离、“b”表示狭缝的宽度且“k”表示波数。

[0141] 如果由于透明基板 220 而不存在第一光 211a 与第二光 211b 之间的相位差,那么主极大图样的中心位置可以与透镜单元 250 的中心轴线匹配。

[0142] 当在穿过第一狭缝的第一光与穿过第二狭缝的第二光之间存在相对相位差 ϕ_0 时,根据由透镜单元的中心轴线与预定屏幕平面上的 x 轴的位置而确定的角度 θ ,可以由方程

式 (5) 给出屏幕平面上的照度。

[0143] 即,干涉图样的最大值点位置或最大值点角度在屏幕平面上相对偏移了 $\phi_0/2$ 至 $(ka/2) \sin \theta$ 。并且干涉图样的包络线可能偏移。

[0144] 如果由于透明基板 220 而存在第一光 211a 与第二光 211b 之间的相位差 ϕ_0 ,那么主极大图样的中心位置可能偏离透镜单元 250 的中心轴线并且在 x 轴方向上偏移了 Δx 。主极大图样的中心位置的偏移量 Δx 可以取决于第一光 211a 和第二光 211b 的相对光学相位差 ϕ_0 。可以由下面的方程式 (9) 近似地给出主极大图样的中心位置的偏移量 Δx 。

[0145] 方程式 (9)

$$\Delta x \approx \frac{F\phi_0(x1, x2)}{(ka)}$$

[0146] 在方程式 (9) 中,“ $\phi_0(x1, x2)$ ”代表由第一位置 $x1$ 和第二位置 $x2$ 产生的相对光学相位差、“F”代表透镜单元 250 的焦距、“a”代表双狭缝之间的距离并且“k”代表波数 ($k = 2\pi/\lambda$, λ 是发光单元 210 发出的光的波长)。也即是,主极大图样的中心位置的偏移量 Δx 可以对应于相对光学相位差。

[0147] 信号处理单元接收光学检测单元 260 的输出信号来计算由透明基板 220 导致的光学相位差或光程差。

[0148] 具体地,如果光学检测单元 260 是光学传感器阵列,那么光学检测单元 260 输出空间光强。因此,信号处理单元接收空间光强以识别干涉条纹的图样。信号处理单元可以计算干涉条纹的具体图样的中心位置。当具体图样的中心位置偏移时,信号处理单元可以将中心位置的偏移量转换为光学相位差。

[0149] 如果光学检测单元 260 是位置敏感检测器,那么位置敏感检测器可以直接输出主极大图样的中心位置。信号处理单元接收光学检测单元 260 的输出信号来计算主极大图样的中心位置的偏移量 Δx 。因此,信号处理单元可以计算第一光与第二光的相位差 ϕ_0 。

[0150] 根据本发明的变型例,光学检测单元 260 可以作出各种变型以进行测量。

[0151] 如果在透明基板的某位置处测量第一光与第二光之间的相位差 ϕ_0 ,那么仅确认在一对位置之间的测得的相对相位差。

[0152] 需要在参考位置 $x1$ 的基础上测量光学相位差的空间分布。为了实现这一目的,用于新的测量的一对位置可以包括之前测量的一对位置之中的单个点。即,如果之前的一对位置是第一位置 $x1$ 和第二位置 $x2$,那么用于新的测量的一对位置是第二位置 $x2$ 和新的第三位置 $x3$ 。因此,在使透明基板移动了狭缝间隔“a”的时候进行连续测量。可以由之前测量位置处的光学相位差的和来表达累积光学相位差 Φ 。因此,可以计算出相对于参考位置的累积光学相位差 Φ 的空间分布。

[0153] 可以由下面的方程式 (10) 给出累积光学相位差 Φ 。

[0154] 方程式 (10)

$$\Phi(xn) = [\phi_0(x1, x2)] + [\phi_0(x2, x3)] \dots + [\phi_0(xn-1, xn)]$$

[0155] 累积光学相位差 Φ 可以用于监测。即,累积光学相位差 Φ 与光学相位差具有一一对应关系。光学相位差是折射率和厚度的函数。假设折射率是恒定的,则累积光学相位差

Φ 的空间分布可以表明相对厚度的空间分布。如果累积光学相位差 Φ 的空间分布超过预定的临界值,那么可以将该透明基板作为不良的透明基板处理。

[0156] 当透明基板上局部存在杂质或图案时,杂质或图案可能改变累积光学相位差 Φ 。因此,可以确认杂质形成位置。此外,可以根据薄膜形成之后的累积光学相位差的空间分布与薄膜形成之前的累积光学相位差的空间分布之间的差异来确认薄膜的相对厚度分布。

[0157] 根据本发明的变型例,可以在对移动的透明基板进行沉积处理或蚀刻处理的时候针对各位置测量累积光学相位差 Φ 。因此,可以实现实时监测。

[0158] 参照图 7B 至 7D,当透明基板 220 以恒定的速度在 x 轴的正方向上移动时,干涉图样的移动量 Δx 根据时间或位置可以首先具有恒定的正值并且随后具有恒定的负值。时间可以对应于透明基板 220 的位置,且干涉图样的移动量 Δx 可以对应于光学相位差 $\Phi_0(x_1, x_2)$ 。可以通过对相位差进行距离积分来获得累积光学相位差 $\Phi(x_n)$ 。累积光学相位差 $\Phi(x_n)$ 可以对应于累积光程差。如果透明基板 220 的折射率是恒定的,那么累积光程差可以对应于厚度差。

[0159] 因为根据本发明实施例的透明基板监测装置采用透射式干涉光学系统,所以透明基板监测装置不受到透明基板的振动的影响。因此,即使在透明基板监测装置被安装在产生振动的传送装置上的情况下,也可以稳定地测量相对光学相位差和光学相位差的空间分布。

[0160] 根据本发明的变型例,即使在诸如氧化铟 (ITO) 等透明电极沉积在透明基板上的情况下,也可以测量 ITO 的相位差。在透明基板上可以沉积有氧化硅、氮化硅、硅、杂质层或透光的导电层。即使在这种情况下,也可以应用本发明。上述透明基板可以是玻璃基板、塑料基板、硅基板或透明膜。

[0161] 根据本发明的变型例,双狭缝的狭缝之间的狭缝间隔“a”可以变化。例如,具有不同间隔的双狭缝可以代替传统的双狭缝。因此,可以控制一对测量位置之间的距离。例如,当透明基板的传送速度增大时,双狭缝的狭缝之间的狭缝间隔“a”可以增大。

[0162] 根据本发明的变型例,第一位置 x_1 可以被布置在厚度和折射率已知的参考透明基板上,且第二位置 x_2 可以被布置在待测量的透明基板上。这样,可以针对待测量的透明基板计算出绝对光学相位差或绝对光程差。

[0163] 图 8 图示了根据本发明另一个实施例的透明基板监测装置。

[0164] 参照图 8,透明基板监测装置 300 包括发出光的发光单元 310、双狭缝 340、光学检测单元 360 和信号处理单元 370;双狭缝 340 被布置在由与光的传播方向相交的第一方向和第二方向限定的平面上,并且包括在第一方向上彼此间隔开以使光能够穿过的第一狭缝和第二狭缝;光学检测单元 360 测量由第一光和第二光形成在屏幕平面上的干涉图样或干涉图样的位置偏移,所述第一光透过布置在发光单元 310 与双狭缝 340 之间的透明基板 320 的第一位置并穿过第一狭缝,所述第二光透过透明基板的第二位置并穿过第二狭缝;信号处理单元 370 接收来自光学检测单元 360 的信号以计算由第一位置和 second 位置造成的光学相位差或光程差。

[0165] 光学相位差 ($\Phi_0 = \Phi_1 - \Phi_2$) 可以是由第一位置 x_1 造成的相位 Φ_1 与由第二位置 x_2 造成的相位 Φ_2 间的相位差值。由第一位置 x_1 造成的相位 Φ_1 可以是透明基板的厚度和折射

率的函数。

[0166] 发光单元 310 可以包括光源 312 和反射组件 314。反射组件 314 可以改变光源 312 的输出光的光路。

[0167] 根据本发明的变型例,反射组件 314 可以提供 x 轴方向上的线性移动。在这种情况下,光源 312 和透明基板 320 可以是固定的。同时,反射组件 314、双狭缝 340 和光学检测单元 360 可以在 x 轴方向上移动。根据反射组件 314 的线性移动,可以在透明基板的不同位置处测量光学相位差或光程差。

[0168] 光学检测单元 360 可以被布置在透镜单元 350 的焦点处。在光学检测单元 360 是光学传感器阵列的情况下,该光学传感器阵列可以布置在狭缝的间隔方向(x 轴方向)上。此外,可以取消光圈 362。光学检测单元 360 可以测量干涉图样。因此,信号处理单元 370 可以识别干涉图样并提取干涉图样的移动量 Δx 。

[0169] 即使在光学检测单元 360 是光学传感器阵列的情况下,光圈 362 也可以被布置在光学检测单元 360 的前方。光圈 362 可以去除不必要的图样以仅测量期望被测量的一个图样。因此,光学检测单元 360 可以仅测量在期望被测量的区域内的干涉图样。例如,光圈 362 可以仅允许干涉图样的主极大图样从中穿过。因此,可以减少信号处理单元 370 的计算量。

[0170] 信号处理单元 370 可以控制驱动单元 390。因此,驱动单元 390 可以以恒定的速度移动透明基板或停止透明基板。驱动单元 390 可以是使用传送辊的传送器件、使用真空吸附的传送器件或悬浮传送器件。

[0171] 位置传感器单元 380 可以感测透明基板 320 的传送距离。位置传感器单元 380 可以是光学传感器或超声波传感器。位置传感器单元 380 的输出信号可以提供给信号处理单元 370 以校正测量位置。

[0172] 图 9 图示了根据本发明又一个实施例的透明基板监测装置。

[0173] 参照图 9,透明基板监测装置 400 包括包括发出光的发光单元 410、双狭缝 440、光学检测单元 460 和信号处理单元 470;双狭缝 440 被布置在由与入射光的传播方向相交的第一方向和第二方向限定的平面上,并且包括在第一方向上彼此间隔开以使光能够穿过的第一狭缝和第二狭缝;光学检测单元 460 测量由第一光和第二光形成在屏幕平面上的干涉图样或干涉图样的位置偏移,所述第一光透过布置在发光单元 410 与双狭缝 440 之间的透明基板 420 的第一位置 x_1 并穿过第一狭缝,所述第二光透过透明基板 420 的第二位置 x_2 并穿过第二狭缝;信号处理单元 470 接收来自光学检测单元 460 的信号以计算由第一位置和第二位置造成的光学相位差或光程差。

[0174] 发光单元 410 可以包括光源 412、接收光源 412 的输出光的光纤 414 和将光纤 414 输出的光转换为准直光并将准直光提供至双狭缝 440 的准直透镜 416。

[0175] 光学检测单元 460 可以包括第一光学检测单元 460a 和第二光学检测单元 460b。第一、第二光学检测单元 460a 和 460b 可以分别布置在一对光圈 462 的后方。第一、第二光学检测单元 460a 和 460b 可以分别检测通过光圈 462 的光的强度。光圈 462 的宽度越小,越令人满意。然而,如果光圈 462 的宽度过小,那么穿过光圈 462 的光量可能减少。光圈 462 可以在 y 轴方向上延伸。光圈之间的距离 $2Z_0$ 可以是光圈 462 宽度的几倍或几十倍。第一光学检测单元 460a 的输出信号和第二光学检测单元 460b 的输出信号被提供为差动放大器 464 的输入信号。差动放大器 464 可以放大第一、第二光学检测单元 460a 和 460b 的输出信

号之间的差值并将放大的差值提供给信号处理单元 470。

[0176] 第一光圈位于与光圈的中心相距 Z_0 的距离处。第一光圈的角是 θ_1 。此外,第二光圈位于与光圈的中心相距 $-Z_0$ 的距离处。第二光圈的角是 $-\theta_1$ 。因此,可以由方程式 (6) 和 (7) 给出在第一光圈和第二光圈处测量的照度之间的差值。角度可以近似于“ $\theta_1 = Z_0/F$ ”。在图中,F 表示透镜单元 450 的焦距。即,光圈 462 可以被布置在透镜单元 450 的焦点处。

[0177] 如果不存在透明基板,那么差动放大器 464 的输出信号可以被校正为 0。如果存在由透明基板造成的相位差,那么差动放大器 464 的输出信号可以根据相位差而变化。

[0178] 方程式 (6) 至 (8) 可以用来检测干涉图样的主极大图样的移动量或相位差。光圈之间的距离 $2Z_0$ 可以小于干涉图样的主极大图样的宽度。

[0179] 信号处理单元 470 可以通过使用预定的算法来计算干涉图样的主极大图样的移动量或相位差。

[0180] 根据本发明的变型例,可以在透镜单元 450 的中心轴线上配置单个光圈。在这种情况下,可以在单个光圈的后方布置单个光学检测单元。光学检测单元可以测量取决于主极大图样的中心位置的偏移的主极大图样的强度。可以仅从主极大图样的强度中提取主极大图样的移动量。

[0181] 此外,信号处理单元 470 可以控制驱动单元 490。因此,驱动单元 490 可以以恒定的速度移动透明基板或停止透明基板。驱动单元 490 可以是使用传送辊的传送器件、使用真空吸附的传送器件或悬浮传送器件。

[0182] 位置传感器单元 480 可以感测透明基板 420 的传送距离。位置传感器单元 480 可以是光学传感器或超声波传感器。位置传感器单元 480 的输出信号可以被提供给信号处理单元 470 以校正测量位置。

[0183] 图 10 图示了根据本发明又一个实施例的透明基板监测装置。

[0184] 图 11 是图 10 的透明基板监测装置的时序图。

[0185] 参照图 10 和 11,透明基板监测装置 500 包括发出光的发光单元 510、双狭缝 540、光学检测单元 560 和信号处理单元 570;双狭缝 540 被布置在由与入射光的传播方向相交的第一方向和第二方向限定的平面上,并且包括在第一方向上彼此间隔开以使光能够穿过的第一狭缝 542 和第二狭缝 544;光学检测单元 560 测量由第一光和第二光形成在屏幕平面上的干涉图样或干涉图样的位置偏移,所述第一光透过布置在发光单元 510 与双狭缝 440 之间的透明基板 520 的第一位置 x_1 并穿过第一狭缝 542,所述第二光透过透明基板 520 的第二位置 x_2 并穿过第二狭缝 544;信号处理单元 570 接收来自光学检测单元 560 的信号以计算由第一位置和第二位置造成的光学相位差或光程差。

[0186] 发光单元 510 可以包括发出第一波长 (λ_1) 的光的第一光源 512a、发出不同于第一波长 (λ_1) 的第二波长 (λ_2) 的光的第二光源 512b、将第一光源 512a 的光路与第二光源 512b 的光路耦合的定向耦合器 513 以及将定向耦合器 513 的输出光提供至双狭缝 540 的平行光透镜 516。

[0187] 在下文中,将详细说明使用两个光源 512a 和 512b 的根据光程差(光学相位差)确定厚度差和折射率差的方法。

[0188] ϕ_0 代表第一位置 x_1 的相位 ϕ_1 与第二位置 x_2 的相位 ϕ_2 之间的光学相位差。可以

将光学相位差 ϕ_0 表达为光程差。

[0189] 方程式 (11)

$$\phi_0 = (2\pi/\lambda)(\Delta L)$$

[0190] 在方程式 (11) 中, λ 表示第一光源 512a 或第二光源 512b 在真空下的波长, ΔL 代表光程差。

[0191] 光程“L”是折射率“n”和厚度“l”的函数。可以将光程“L”分离为折射率和厚度。为了实现这一目的,需要测量两个不同波长的光程差 ΔL 。

[0192] 可以由透明基板的折射率 $n(x, \lambda)$ 和厚度 $l(x)$ 来表达光程 $L(x, \lambda)$ 。折射率 $n(x, \lambda)$ 是透明基板的位置 x 和波长 λ 的函数,且透明基板的物理厚度 $l(x)$ 是位置 x 的函数。

[0193] 透明基板的折射率可以近似于“ $n(x, \lambda) = n_0 + g(\lambda) + w(x)$ ”(n_0 是透明基板的折射率的代表值, $g(\lambda)$ 是取决于波长的折射率且 $w(x)$ 是取决于位置的折射率)。

[0194] 透明基板的物理厚度是位置的函数且可以近似于“ $l(x) = l_0 + \delta(x)$ ”(l_0 是固定厚度, $\delta(x)$ 是根据位置而变化的相对厚度)。光程 $L(x, \lambda)$ 可以近似于下面的方程式 (12)。

[0195] 方程式 (12)

$$L(x, \lambda) \approx l_0[n_0 + g(\lambda) + w(x)] + [n_0 + g(\lambda)]\delta(x)$$

[0196] 可以由下面的方程式 (13) 给出两个相邻位置 x_1 和 x_2 处且在第一波长 λ_1 情况下的光程。

[0197] 方程式 (13)

$$L(x_1, \lambda_1) \approx l_0[n_0 + g(\lambda_1) + w(x_1)] + [n_0 + g(\lambda_1)]\delta(x_1)$$

$$L(x_2, \lambda_1) \approx l_0[n_0 + g(\lambda_1) + w(x_2)] + [n_0 + g(\lambda_1)]\delta(x_2)$$

[0198] 此外,可以由下面的方程式 (14) 给出两个相邻位置 x_1 和 x_2 处且在第二波长 λ_2 情况下的光程。

[0199] 方程式 (14)

$$L(x_1, \lambda_2) \approx l_0[n_0 + g(\lambda_2) + w(x_1)] + [n_0 + g(\lambda_2)]\delta(x_1)$$

$$L(x_2, \lambda_2) \approx l_0[n_0 + g(\lambda_2) + w(x_2)] + [n_0 + g(\lambda_2)]\delta(x_2)$$

[0200] 可以由下面的方程式 (15) 给出在第一波长 λ_1 情况下两个位置处的光程差。

[0201] 方程式 (15)

$$\Delta L(\lambda_1) = L(x_1, \lambda_1) - L(x_2, \lambda_1)$$

$$= l_0[w(x_1) - w(x_2)] + [n_0 + g(\lambda_1)][\delta(x_1) - \delta(x_2)]$$

[0202] 此外,可以由下面的方程式 (16) 给出在第二波长 λ_2 情况下两个位置处的光程差。

[0203] 方程式 (16)

$$\Delta L(\lambda_2) = L(x_1, \lambda_2) - L(x_2, \lambda_2)$$

$$= l_0[w(x_1) - w(x_2)] + [n_0 + g(\lambda_2)][\delta(x_1) - \delta(x_2)]$$

[0204] 因此,可以由下面的方程式 (17) 给出 $[\delta(x_1) - \delta(x_2)]$ 。

[0205] 方程式 (17)

$$[\delta(x_1) - \delta(x_2)] = (\Delta L(\lambda_1) - \Delta L(\lambda_2)) / (g(\lambda_1) - g(\lambda_2))$$

[0206] 此外,可以由下面的方程式 (18) 给出 $l_0[w(x_1) - w(x_2)]$ 。

[0207] 方程式 (18)

$I_0[w(x_1)-w(x_2)] = ([n_0+g(\lambda_1)] \Delta L(\lambda_2) - [n_0+g(\lambda_2)] \Delta L(\lambda_1)) / (g(\lambda_1) - g(\lambda_2))$
 [0208] 即, 可以获得取决于位置的厚度差 ($\delta(x_1) - \delta(x_2)$) 和折射率差 ($[w(x_1) - w(x_2)]$)。

[0209] 因此, 可以由下面的方程式 (19) 给出某一位置 x_n 相对于参考位置 x_1 的厚度差。

[0210] 方程式 (19)

$$\delta(x_1) - \delta(x_n) = [\delta(x_1) - \delta(x_2)] + [\delta(x_2) - \delta(x_3)] \dots + [\delta(x_{n-1}) - \delta(x_n)]$$

[0211] 此外, 可以由下面的方程式 (20) 给出某一位置 x_n 相对于参考位置 x_1 的折射率差。

[0212] 方程式 (20)

$$w(x_1) - w(x_n) = [w(x_1) - w(x_2)] + [w(x_2) - w(x_3)] \dots + [w(x_{n-1}) - w(x_n)]$$

[0213] 因此, 可以根据扫描位置获得厚度差分布和折射率差分布。

[0214] 第一光源 512a 的第一波长可以是约 700nm 至约 2000nm 的范围。第二光源 512b 的第二波长不同于第一光源 512a 的第一波长且可以是约 700nm 至约 2000nm 的范围。第一、第二光源 512a 和 512b 均可以是二极管。具体地, 第一、第二光源 512a 和 512b 均可以是超发光二极管 (SLD)。

[0215] 定向耦合器 513 可以通过它的第一输入端口接收第一光源 512a 的输出光且通过它的第二输入端口接收第二光源 512b 的输出光。定向耦合器 513 可以通过它的输出端口提供第一、第二光源 512a 和 512b 的输出光。定向耦合器 513 的输出端口可以被提供至光纤 514。通过光纤 514 的光可以被提供至平行光透镜 516。平行光透镜 516 可以将光纤 514 的输出光转换成平行光。

[0216] 透明基板 520 可以以恒定的速度在 x 轴方向上移动。驱动单元 590 可以以恒定的速度传送透明基板 520。

[0217] 第一光源 512a 可以周期性地工作一段时间 T_1 。第一光源 512a 的工作时间 T_1 可以远小于周期 T_0 。第二光源 512b 可以周期性地工作一段时间 T_2 。第二光源 512b 的工作时间 T_2 可以远小于周期 T_0 。第一光源 512a 的工作时间 T_1 可以与第二光源 512b 的工作时间 T_2 重叠。因此, 可以由第一光源 512 将第一干涉图样形成在屏幕平面上并持续第一工作时间 T_1 。接着, 可以由第二光源 512b 将第二干涉图样形成在屏幕平面上并持续第二工作时间 T_2 。

[0218] 干涉图样的测量时间远小于周期 T_0 以测量透明基板 520 的性质。第一光源 512a 和第二光源 512b 的脉冲工作频率可以处于 MHz 水平。因此, 透明基板 520 的移动距离对于第一工作时间 T_1 和第二工作时间 T_2 而言可以忽略不计。

[0219] 光学检测单元 560 可以对第一干涉图样的移动量 $\Delta x(\lambda_1)$ 测量第一工作时间 T_1 。此外, 光学检测单元 560 可以对第二干涉图样的移动量 $\Delta x(\lambda_2)$ 测量第二工作时间 T_2 。光学检测单元可以是位置敏感检测器。光圈 562 可以被配置在光学检测单元的前方以仅测量主极大图样。

[0220] 位置传感器单元 580 可以感测透明基板 520 的传送距离。位置传感器单元 580 可以是光学传感器或超声波传感器。位置传感器单元 580 的输出信号可以被提供给信号处理单元 570 以校正测量位置。

[0221] 图 12 图示了根据本实施例的透明基板监测方法。

[0222] 图 13 示出了使用图 12 的方法而获得的结果。

[0223] 参照图 12 和 13, 可以将第一干涉图样的移动量 $\Delta x(\lambda 1)$ 表达为第一干涉图样的光学相位差 $\phi_0(\lambda 1)$, 且可以将第二干涉图样的移动量 $\Delta x(\lambda 2)$ 表达为第二干涉图样的光学相位差 $\phi_0(\lambda 2)$ ($k(\lambda 1)$ 是波数、 b 是狭缝的宽度且 F 是透镜单元 550 的焦距)。在这种情况下, 可以由下面的方程式 (21) 表达第一干涉图样的移动量 $\Delta x(\lambda 1)$ 和第二干涉图样的移动量 $\Delta x(\lambda 2)$ 。

[0224] 方程式 (21)

$$\Delta x(\lambda 1) = \frac{F\phi_0(\lambda 1)}{k(\lambda 1)a} = F\Delta L(\lambda 1)/a$$

$$\Delta x(\lambda 2) = \frac{F\phi_0(\lambda 2)}{k(\lambda 2)a} = F\Delta L(\lambda 2)/a$$

[0225] 信号处理单元 570 可以通过使用上述算法来提取取决于位置的厚度差 ($\delta(x1) - \delta(x2)$) 和折射率差 ($[w(x1) - w(x2)]$)。

[0226] 信号处理单元 570 可以通过使用干涉图样的移动量 $\Delta x(\lambda 1)$ 来提取相对于第一位置和第二位置且相对于第一波长 $\lambda 1$ 的光程差 $\Delta L(\lambda 1)$ 。

[0227] 信号处理单元 570 可以通过使用干涉图样的移动量 $\Delta x(\lambda 2)$ 来提取相对于第一位置和第二位置且相对于第二波长 $\lambda 2$ 的光程差 $\Delta L(\lambda 2)$ 。信号处理单元 570 可以通过使用光程差 $\Delta L(\lambda 1)$ 和 $\Delta L(\lambda 2)$ 来提取厚度差 ($\delta(x1) - \delta(x2)$) 和折射率差 ($[w(x1) - w(x2)]$)。

[0228] 其后, 传送透明基板 530。因此, 可以在第二位置 $x2$ 和第三位置 $x3$ 处重复地进行上述操作以获得第三位置 $x3$ 相对于参考位置 $x1$ 的厚度差 ($\delta(x1) - \delta(x3)$) 和第三位置 $x3$ 相对于参考位置 $x1$ 的折射率差 ($w(x1) - w(x3)$)。

[0229] 其后, 传送透明基板 530。因此, 可以在第三位置 $x3$ 和第四位置 $x4$ 处重复地进行上述操作以获得第四位置 $x4$ 相对于参考位置 $x1$ 的厚度差 ($\delta(x1) - \delta(x4)$) 和第四位置 $x4$ 相对于参考位置 $x1$ 的折射率差 ($w(x1) - w(x4)$)。

[0230] 图 14 是图示了根据本发明实施例的透明基板监测方法的流程图。

[0231] 参照图 6、图 7 和图 14, 透明基板监测方法包括设置双狭缝的步骤 (S210)。双狭缝被布置在由与入射光的传播方向交叉的第一方向和第二方向限定的平面上, 并且该双狭缝包括在第一方向上彼此间隔开以允许光从中穿过的第一狭缝和第二狭缝。

[0232] 具有相干性的第一波长的光相继穿过透明基板和双狭缝以形成第一干涉图样 (S220)。

[0233] 由透过布置在双狭缝前方的透明基板的第一位置并穿过第一狭缝的第一光和透过该透明基板的第二位置并穿过第二狭缝的第二光在屏幕平面上形成第一干涉图样。可以使用光学检测单元来测量第一干涉图样的移动量或位置 (S230)。

[0234] 可以根据第一波长的光的第一干涉图样的移动量提取出由透明基板造成的第一相位差, 或者可以通过所述第一干涉图样的位置分析出由透明基板造成的第一相位差 (S240)。

[0235] 透明基板可以借助于驱动单元而在狭缝间隔或狭缝分隔的方向上移动双狭缝的

狭缝间隔 (S250)。

[0236] 可以对在之前位置处测量的第一相位差求和。由此,可以计算透明基板的第一相位差的空间分布 (S260)。可以由在之前位置处测量的第一相位差的和来表达累积光学相位差 Φ 。因此,可以计算相对于参考位置的累积光学相位差的空间分布。

[0237] 图 15 是图示了根据本发明另一个实施例的透明基板监测方法的流程图。

[0238] 参照图 10 至 13 和图 15,透明基板监测方法包括设置双狭缝的步骤 (S310)。双狭缝被布置在由与入射光的传播方向相交的第一方向和第二方向限定的平面上,该双狭缝包括在第一方向上彼此间隔开以允许光从中通过的第一狭缝和第二狭缝。

[0239] 具有相干性的第一波长的光相继通过透明基板和双狭缝以形成第一干涉图样干涉图样 (S320)。

[0240] 由透过布置在双狭缝前方的透明基板的第一位置并穿过第一狭缝的第一光和透过该透明基板的第二位置并穿过第二狭缝的第二光在屏幕平面上形成第一干涉图样。可以使用光学检测单元来测量第一干涉图样的移动量或位置 (S330)。

[0241] 可以根据第一波长的光的第一干涉图样的移动量提取出由透明基板造成的第一相位差,或者可以通过第一干涉图样的位置分析出由透明基板造成的第一相位差 (S340)。

[0242] 具有相干性的第二波长的光相继通过透明基板和双狭缝以形成第二干涉图样 (S350)。

[0243] 可以测量出第二波长的光的第二干涉图样的移动量或位置。信号处理单元可以使用第二干涉图样的移动量或位置来计算由透明基板造成的第二相位差 (S360)。

[0244] 可以使用第一相位差和第二相位差来提取出折射率差和厚度差 (S370)。

[0245] 透明基板可以借助于驱动单元而在狭缝间隔的方向上移动双狭缝的狭缝间隔 (S380)。

[0246] 可以通过对在之前位置处测量的折射率求和来提取出折射率差的空间分布,且可以通过对在之前位置处测量的厚度差求和来提取出厚度差的空间分布 (S390)。

[0247] 可以在双狭缝的后方安装透镜以使在屏幕平面上具有焦点。可以在屏幕平面上设置光圈以仅允许第一干涉图样中的主极大图样从光圈中穿过。

[0248] 图 16 是示出了根据本发明实施例的光程差测量结果的曲线图。

[0249] 参照图 16,测量范围是 150mm,玻璃基板的移动速度是 250mm/sec 并且数据获取间隔 (双狭缝的狭缝间隔) 是 0.1mm。

[0250] “方形”代表的是通过接触测量法测量的值,“实线”是根据本发明实施例测量的值。总的来说,存在着正弦 (sine) 波形式的光程差。从接触测量结果中减去恒定的值以使接触测量结果与根据本发明的测量结果相匹配。在与基板的移动方向正交地移动了基板 0mm、5mm 和 10mm 的同时进行了三次根据本发明的测量。因此,可以理解,两次测量的接触测量结果 (圆形和方形) 与根据本发明的测量结果 (实线) 匹配。此外,在玻璃基板的折射率是恒定的假设下,由厚度差来表达光程差。玻璃基板的厚度以具有约 200 毫米的周期和约 1 微米的振幅的正弦波形式变化。根据本发明实施例的厚度分辨率可以小于几纳米。

[0251] 通过上述的厚度变化测量装置和厚度变化测量方法,能够精确测量测量目标的厚度变化且能够测量测量目标的整个表面的厚度变化的形势。根据本发明实施例的透明基板监测装置能够抗振动地测量光学相位差。根据本发明实施例的透明基板监测装置能够通过

使用两个波长将光学相位差分离成折射率和厚度。

[0252] 尽管结合着附图所示的本发明的实施例已经对本发明进行了说明,但是本发明不限于此。本领域技术人员应当清楚,可以在本发明的范围和主旨内进行各种替换、变型和改变。

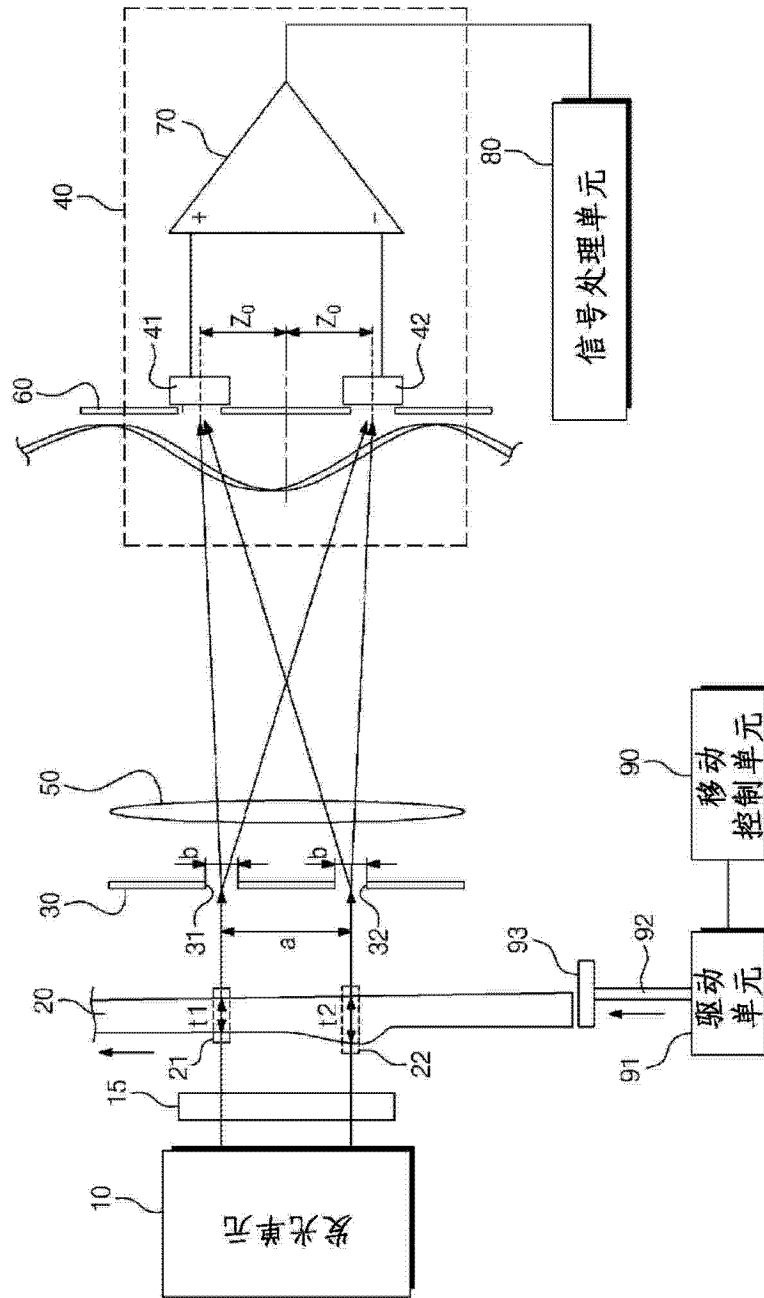


图 1

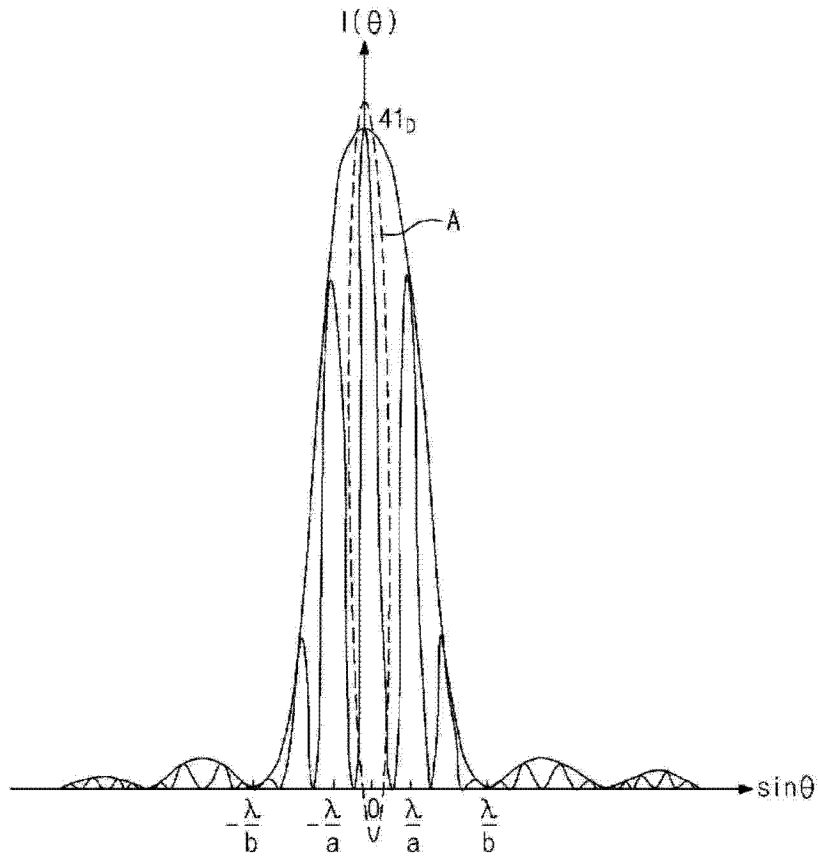


图 2

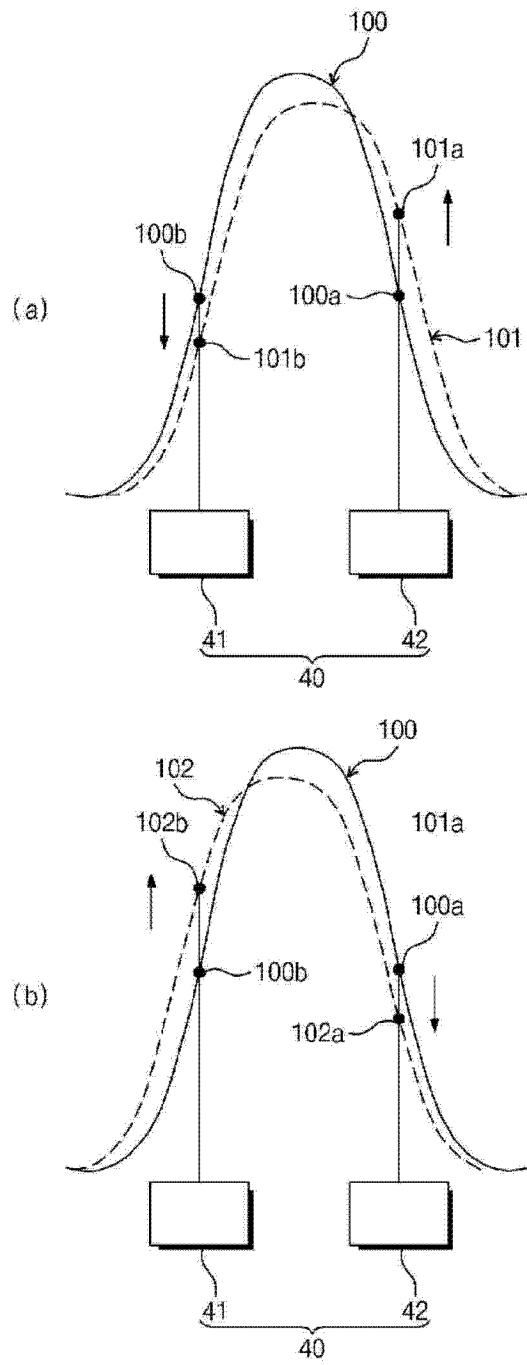


图 3

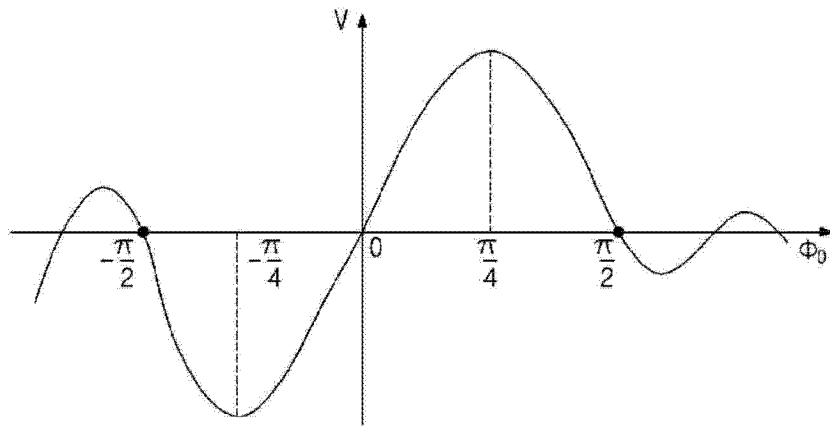


图 4

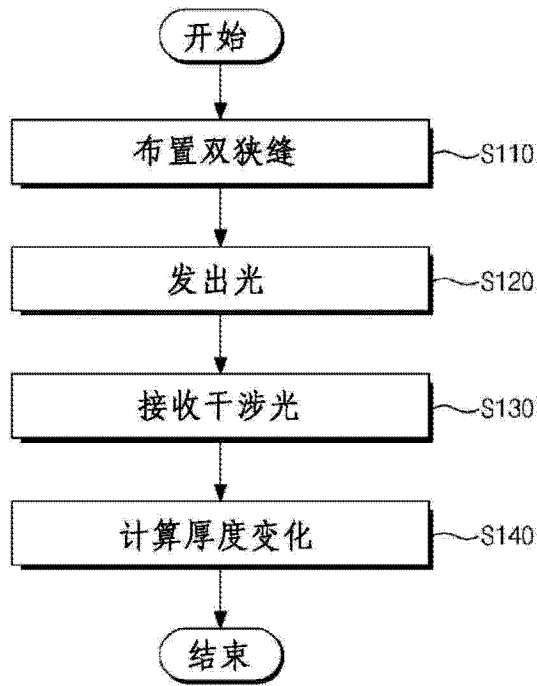


图 5

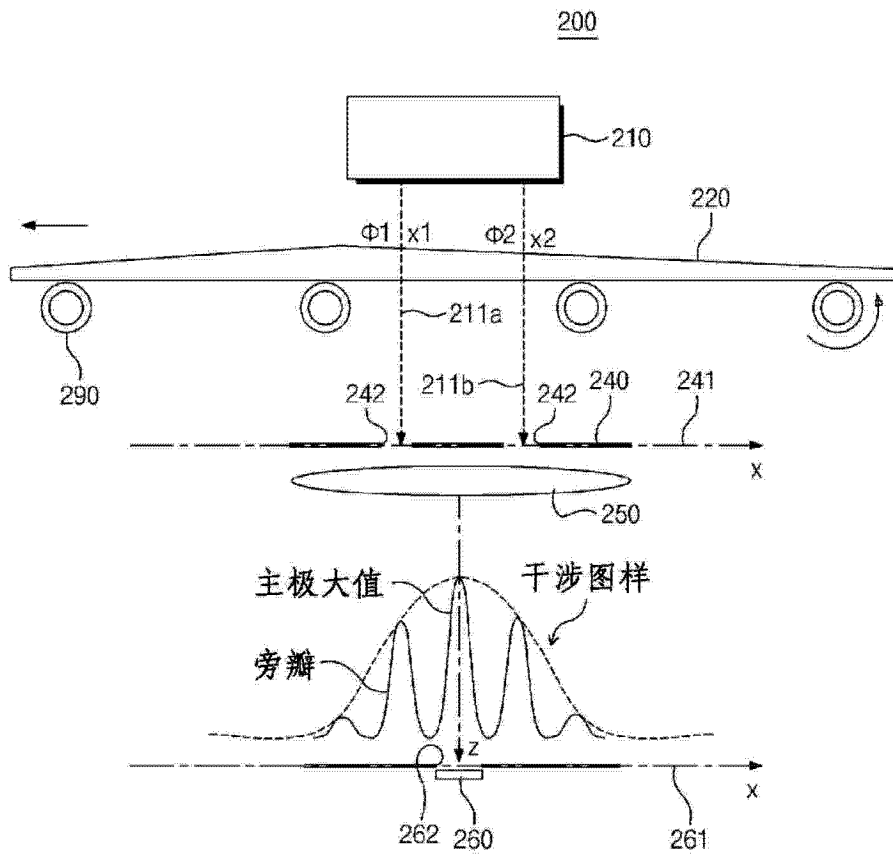


图 6a

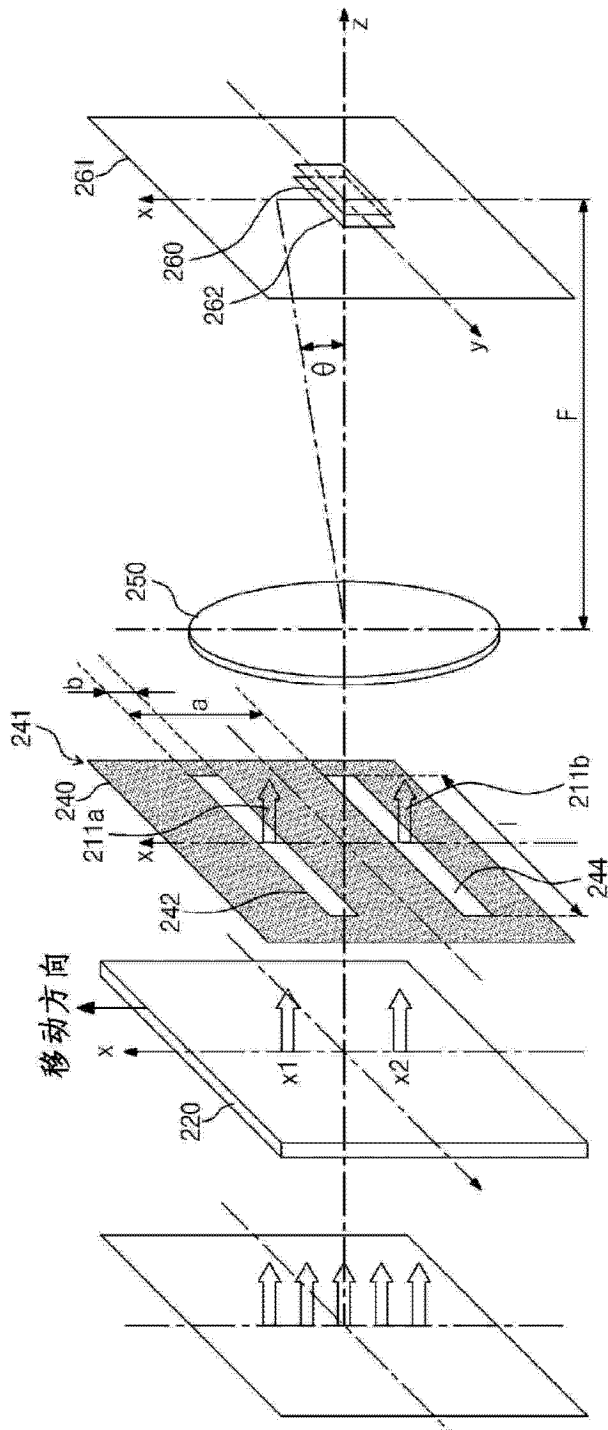


图 6b

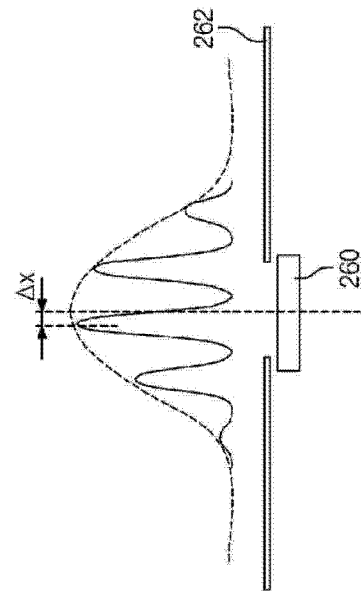


图 7a

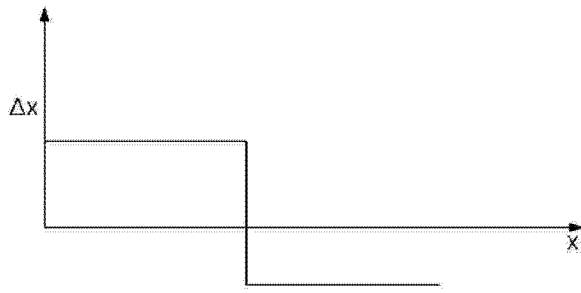


图 7b

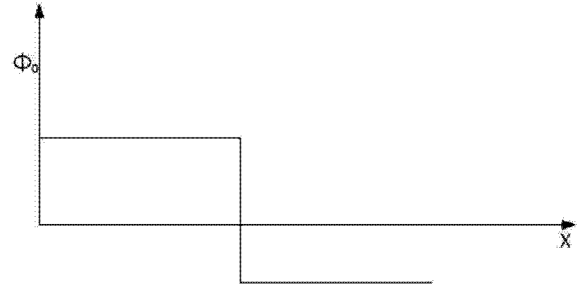


图 7c

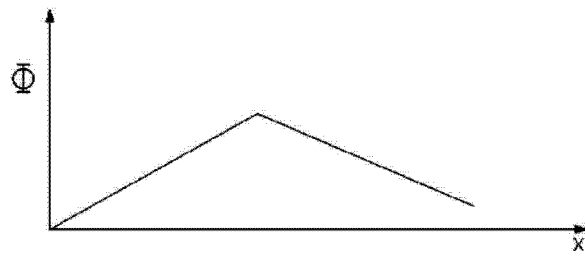


图 7d

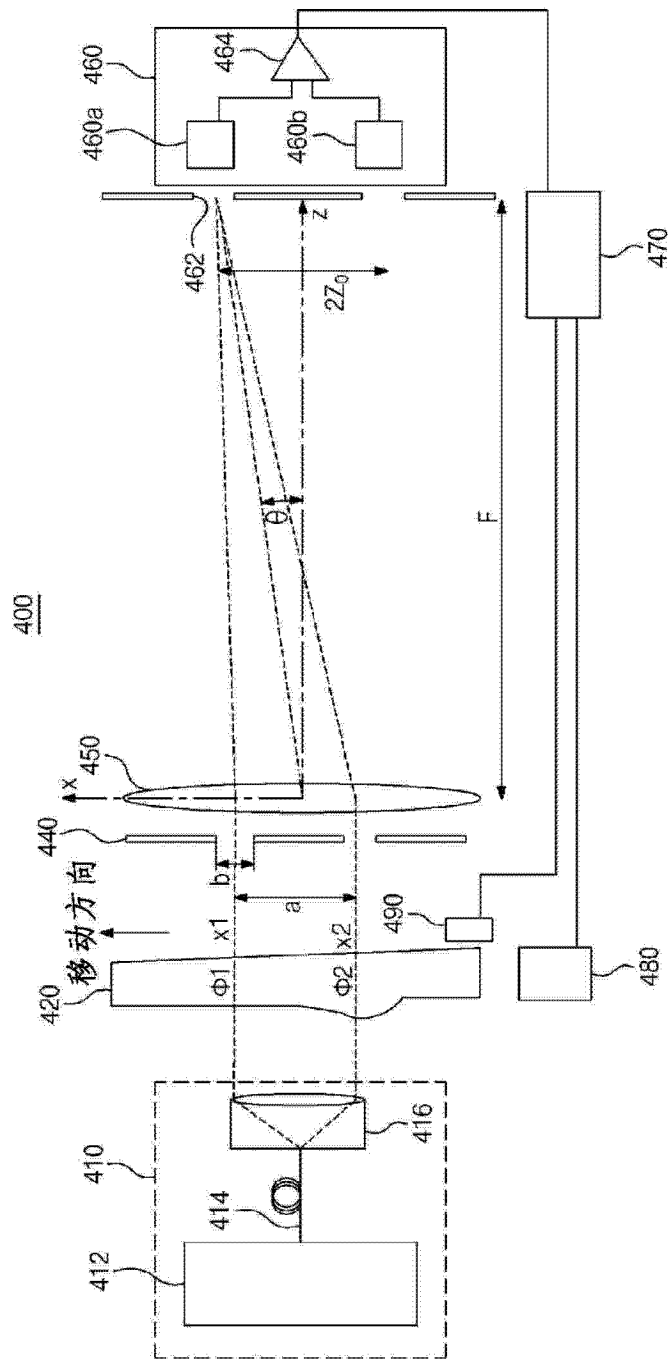


图 9

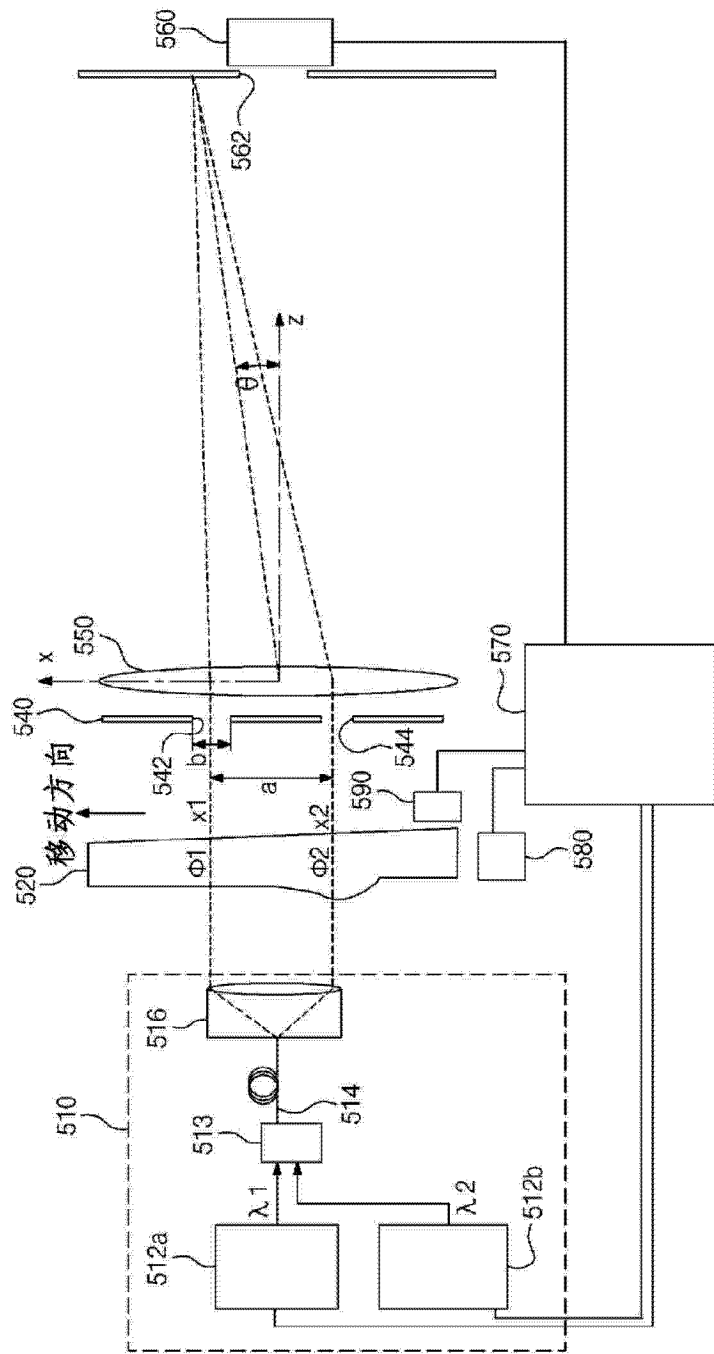


图 10

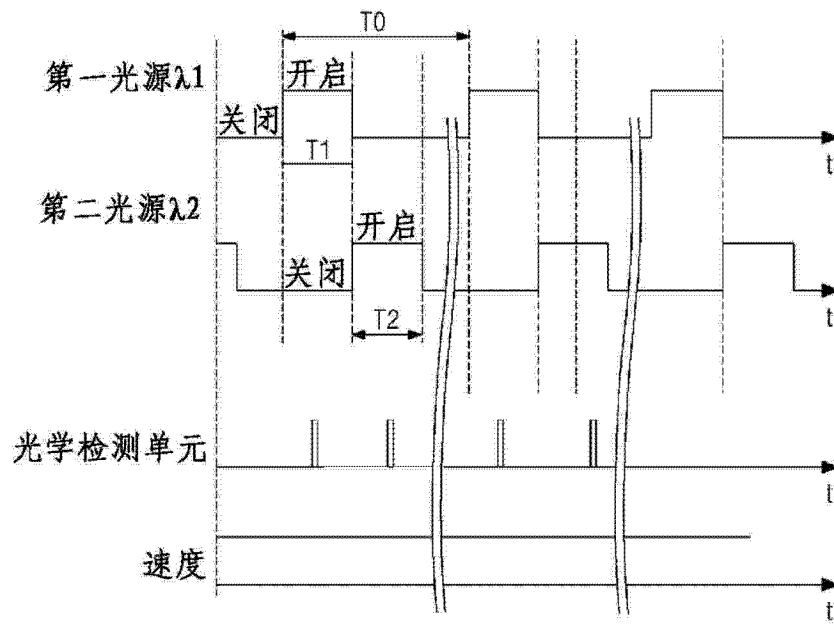


图 11

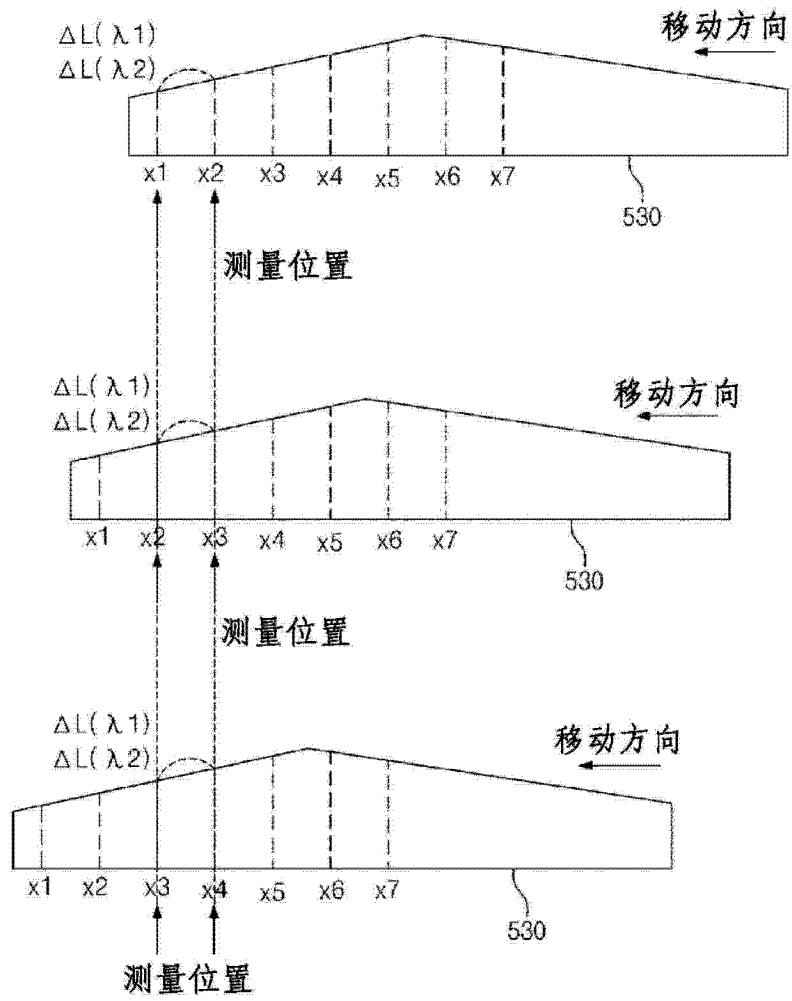


图 12

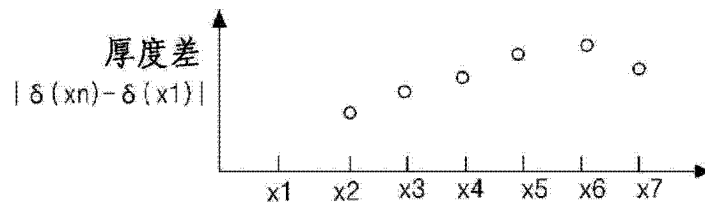


图 13

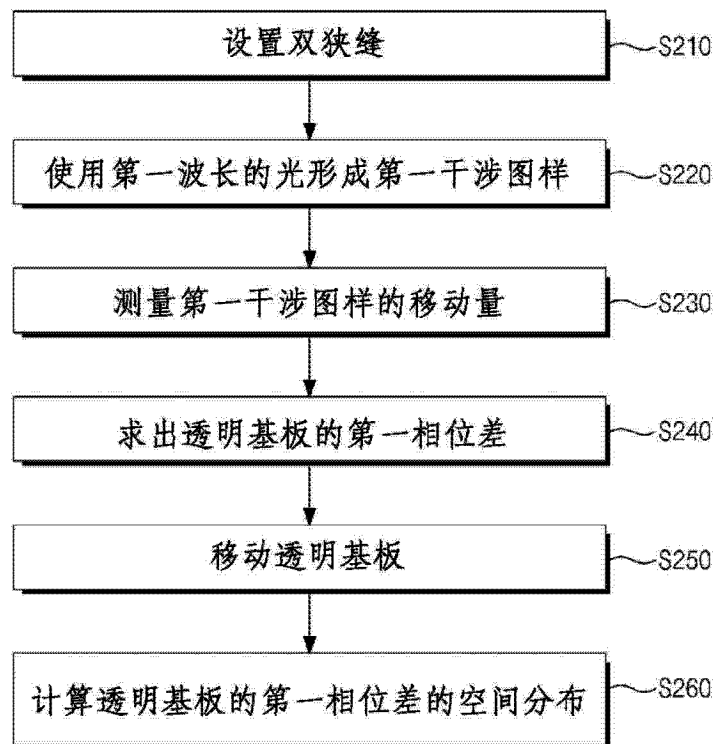


图 14

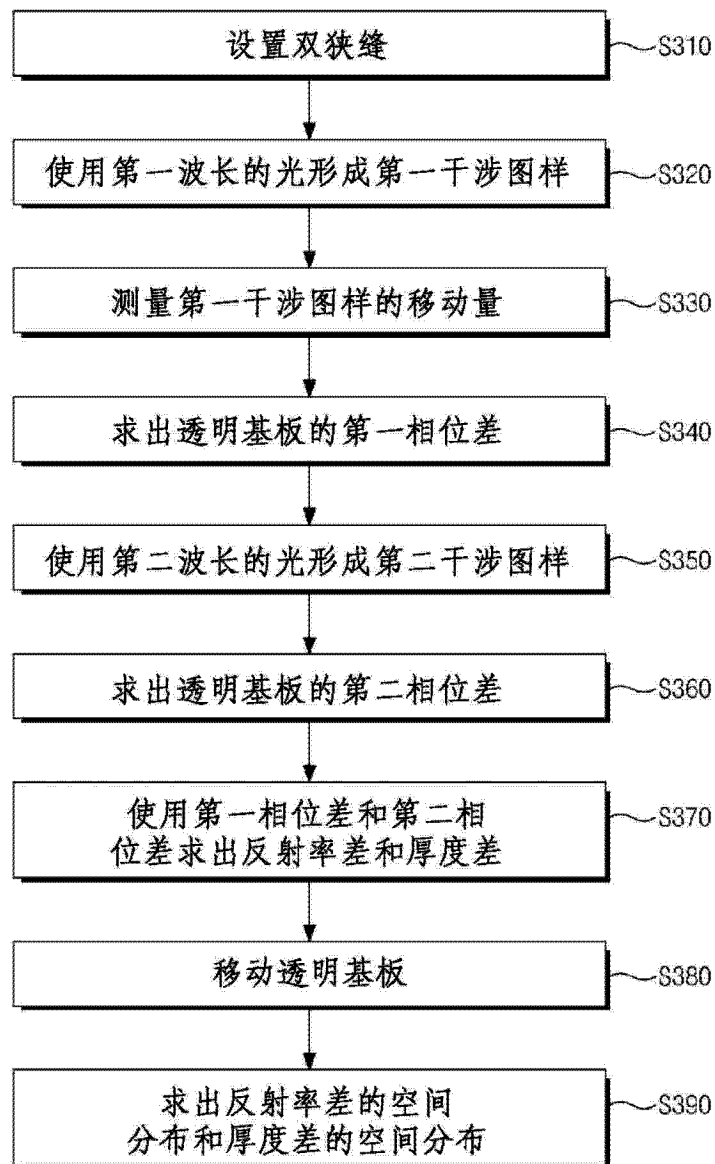


图 15

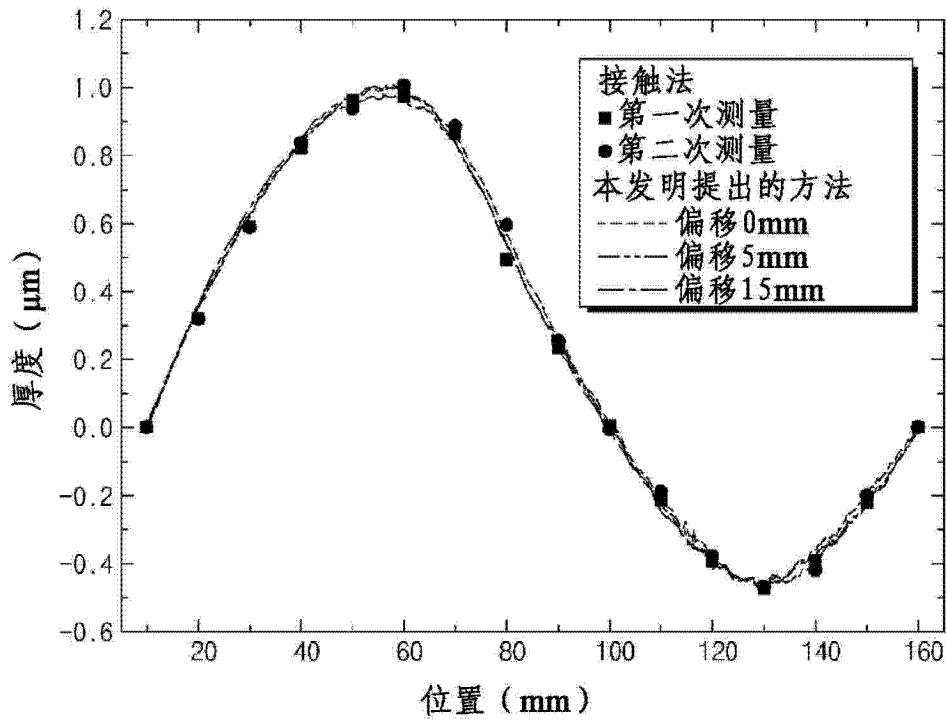


图 16