

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102625902 A

(43) 申请公布日 2012. 08. 01

(21) 申请号 201080038383. 1

代理人 臧霁晨 王忠忠

(22) 申请日 2010. 06. 22

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

G01B 11/06 (2006. 01)

10-2009-0055711 2009. 06. 23 KR

G01B 11/16 (2006. 01)

10-2010-0059064 2010. 06. 22 KR

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012. 02. 22

(86) PCT申请的申请数据

PCT/KR2010/004044 2010. 06. 22

(87) PCT申请的公布数据

W02010/151030 KO 2010. 12. 29

(71) 申请人 徐逢敏

地址 韩国江原道

(72) 发明人 徐逢敏

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

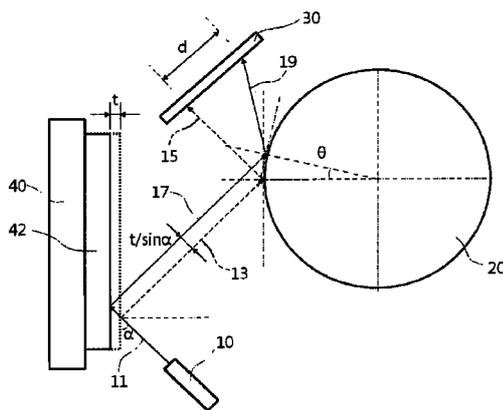
权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 5 页

(54) 发明名称

用于测量厚度变化的设备、使用该设备的系统、使用该设备的形貌显微镜、测量厚度变化的方法、以及使用该测量方法获取形貌图像的方法

(57) 摘要

本发明提供一种厚度变化测量设备,其能够通过低廉且简单的配置以准确且精确的方式测量微小的厚度变化,本发明还涉及使用该设备的系统、使用该设备的表面显微镜、厚度变化测量方法、以及使用该测量方法的表面图像获取方法。为此,厚度变化测量设备包括:光源,所述光源用于照射光束到要测量的物体上;弯曲反射器,所述弯曲反射器反射被要测量的物体反射的光束;以及感测单元,所述感测单元感测被所述弯曲反射器反射的光束。



1. 一种用于测量厚度变化的设备,所述设备包括:
光源,所述光源用于照射光束到目标物体上;
弯曲反射器,所述弯曲反射器用于反射从所述目标物体反射并入射到所述弯曲反射器上的光束;以及
感测单元,所述感测单元用于感测从所述弯曲反射器反射的光束。
2. 根据权利要求1所述的设备,其中,所述光源将光束以 45° 的角度照射到所述目标物体上。
3. 根据权利要求1所述的设备,还包括透镜单元,所述透镜单元用于使从所述光源发射的光束在到达所述目标物体之前穿过所述透镜单元,
其中,所述透镜单元使从所述光源发射的光束在穿过所述透镜单元之后直至入射到所述弯曲反射器上时逐渐减小光束宽度。
4. 根据权利要求1所述的设备,还包括透镜单元,所述透镜单元用于使从所述光源发射的光束在到达所述目标物体之前穿过所述透镜单元,
其中,所述透镜单元使从所述光源发射的光束在穿过所述透镜单元之后改变光束宽度,使得光束在从所述弯曲反射器反射之后直至入射到所述感测单元上时具有统一的光束宽度。
5. 根据权利要求1所述的设备,还包括透镜单元,所述透镜单元用于使从所述光源发射的光束在到达所述目标物体之前穿过所述透镜单元,
其中,所述透镜单元使从所述光源发射的光束在穿过所述透镜单元之后改变光束宽度,使得从所述目标物体反射的光束会聚到光束在所述弯曲反射器上的入射位置处的曲率半径的中心上。
6. 根据权利要求1所述的设备,其中,所述光源是激光光源。
7. 根据权利要求1所述的设备,其中,所述光源包括:
发光装置;和
销孔,所述销孔用于使从所述发光装置发射的光的一部分穿过所述销孔。
8. 根据权利要求1所述的设备,其中,所述弯曲反射器是球面反射表面的至少一部分。
9. 根据权利要求1所述的设备,其中,所述设备根据当在所述目标物体的厚度变化之前从所述目标物体反射的光束从所述弯曲反射器反射并入射到所述感测单元上时由所述感测单元感测的第一位置与当在所述目标物体的厚度变化之后从所述目标物体反射的光束从所述弯曲反射器反射并入射到所述感测单元上时由所述感测单元感测的第二位置之差来测量所述目标物体的厚度变化。
10. 根据权利要求1所述的设备,其中,所述设备根据在从所述目标物体的一个位置反射的光束从所述弯曲反射器反射并入射到所述感测单元上时由所述感测单元感测的第一位置与在从所述目标物体的另一个位置反射的光束从所述弯曲反射器反射并入射到所述感测单元上时由所述感测单元感测的第二位置之差来测量所述目标物体的厚度变化。
11. 根据权利要求1所述的设备,还包括放大器管,所述放大器管用于使从所述弯曲反射器反射的光束在入射到所述感测单元上之前穿过所述放大器管,并且所述放大器管具有至少两个相面对的反射表面。
12. 根据权利要求11所述的设备,其中,所述放大器管的所述至少两个相面对的反射

表面彼此平行。

13. 根据权利要求 11 所述的设备,其中,所述感测单元设置在所述放大器管的所述至少两个相面对的反射表面中的任何一个的端部。

14. 根据权利要求 11 所述的设备,其中,所述感测单元包括:

第一感测单元,所述第一感测单元设置在所述放大器管的所述至少两个相面对的反射表面中的任何一个的端部;和

第二感测单元,所述第二感测单元设置在所述放大器管的所述至少两个相面对的反射表面中的另一个的端部。

15. 根据权利要求 11 所述的设备,还包括以下调节单元中的至少一个:

入射角调节单元,所述入射角调节单元用于调节从所述弯曲反射器反射的光束到所述放大器管中的入射角;和

出射角调节单元,所述出射角调节单元用于调节穿过所述放大器管的光束到所述感测单元上的入射角。

16. 根据权利要求 1 所述的设备,还包括光源致动器,所述光源致动器用于调节从所述光源照射到所述目标物体上的光束的入射角。

17. 根据权利要求 1 所述的设备,还包括:

用于安装所述目标物体的阶台;和

用于改变所述阶台相对于所述弯曲反射器的位置的阶台致动器。

18. 一种使用根据权利要求 1 至 17 中任一项所述的设备的系统。

19. 一种形貌显微镜,包括:

根据权利要求 1 至 8 以及 11 至 16 中任一项所述的设备;和

用于改变目标物体在平面上的位置的扫面仪。

20. 一种测量厚度变化的方法,所述方法包括:

(a) 在目标物体的厚度变化之前将光束照射到所述目标物体上;

(b) 限定从所述目标物体反射的光束从弯曲反射器反射并且入射到感测单元上的第一位置;

(c) 在所述目标物体的厚度变化之后将光束照射到所述目标物体上;

(d) 限定从所述目标物体反射的光束从所述弯曲反射器反射并且入射到所述感测单元上的第二位置;以及

(e) 根据所述第一位置与所述第二位置之差确定所述目标物体的厚度变化。

21. 一种测量厚度变化的方法,所述方法包括:

(a) 将光束照射到目标物体的一个位置上;

(b) 限定从所述目标物体反射的光束从弯曲反射器反射并且入射到感测单元上的第一位置;

(c) 将光束照射到所述目标物体的另一个位置上;

(d) 限定从所述目标物体反射的光束从所述弯曲反射器反射并且入射到所述感测单元上的第二位置;以及

(e) 根据所述第一位置与所述第二位置之差确定所述目标物体的厚度变化。

22. 根据权利要求 20 或 21 所述的方法,其中,所述步骤 (a) 和 (c) 包括将光束以 45°

的角度照射到所述目标物体上。

23. 根据权利要求 20 或 21 所述的方法,其中,所述步骤 (a) 和 (c) 包括照射光束使其在到达所述目标物体之前穿过透镜单元,并且,

其中,所述透镜单元使所述光束在穿过所述透镜单元之后直至入射到所述弯曲反射器上时逐渐减小光束宽度。

24. 根据权利要求 20 或 21 所述的方法,其中,所述步骤 (a) 和 (c) 包括照射光束使其在到达所述目标物体之前穿过透镜单元,并且,

其中,所述透镜单元使所述光束在穿过所述透镜单元之后改变光束宽度,使得光束在从所述弯曲反射器之后直至入射到所述感测单元时具有统一的光束宽度。

25. 根据权利要求 20 或 21 所述的方法,其中,所述步骤 (a) 和 (c) 包括照射光束使其在到达所述目标物体之前穿过透镜单元,并且,

其中,所述透镜单元使所述光束在穿过所述透镜单元之后改变光束宽度,使得从所述目标物体反射的光束会聚到光束在所述弯曲反射器上的入射位置处的曲率半径的中心上。

26. 根据权利要求 20 或 21 所述的方法,其中,所述弯曲反射器是球面反射表面的至少一部分。

27. 根据权利要求 20 或 21 所述的方法,其中,所述步骤 (b) 和 (d) 包括使从所述弯曲反射器反射的光束在入射到所述感测单元上之前穿过具有至少两个相面对的反射表面的放大器管。

28. 一种获取形貌图像的方法,所述方法包括:

(a) 将光束照射到目标物体的一个位置上;

(b) 限定从所述目标物体反射的光束从弯曲反射器反射并且入射到感测单元上的位置;

(c) 改变所述目标物体在平面上的位置,以改变光束在所述目标物体上的入射位置,并且重复步骤 (a) 和 (b);以及

(d) 通过使用关于光束在所述感测单元上的入射位置的数据来限定所述目标物体的形貌图像。

用于测量厚度变化的设备、使用该设备的系统、使用该设备的形貌显微镜、测量厚度变化的方法、以及使用该测量方法获取形貌图像的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及用于测量厚度变化的设备、使用该设备的系统、使用该设备的形貌显微镜、测量厚度变化的方法、以及使用该测量方法获取形貌图像 (morphology image) 的方法, 并且更具体地, 本发明涉及可以通过其准确且精确地测量微小的厚度变化或者使用低廉且简单的配置通过其获取形貌图像的用于测量厚度变化的设备、使用该设备的系统、使用该设备的形貌显微镜、测量厚度变化的方法、以及使用该测量方法获取形貌图像的方法。

背景技术

[0002] 通常, 用于测量厚度变化的设备测量薄膜的厚度或厚度变化。

[0003] 传统地, 通过使用下述两种代表性方法来测量薄膜的厚度。

[0004] 第一种是通过使用晶体振荡器传感器测量沉积量来实时地监测厚度变化的方法。然而, 由于晶体振荡器传感器需要被频繁地更换, 所以需要精确地校准, 并且如果沉积超过特定量, 则晶体振荡器传感器饱和并且表现出非线性结果, 上述方法不能容易地实时监测厚度变化。

[0005] 第二种是在薄膜完全沉积后测量薄膜厚度的方法。为此, 可以根据薄膜的材料使用各种方法, 如椭圆光度法、白光干涉仪、表面轮廓仪 (alpha-step)、以及激光三角测量系统。然而, 如果薄膜具有大约 10nm 的厚度, 则该厚度可能不容易精确地测量。即使在使用上述方法测量 1 μm 的厚度时, 也可能在例如准备样本或其他因素时存在各种问题。

[0006] 另外, 由于诸如共焦光学器件的光学系统需要高等级的准确性以增加超薄膜的厚度的测量精度, 所以要求准确的对准并因此不可避免地增加了总体部件或构成部分的价格。

发明内容

[0007] 技术问题

[0008] 本发明提供通过其可以准确且精确地测量微小的厚度变化或者使用低廉且简单的配置通过其获取形貌图像的用于测量厚度变化的设备、使用该设备的系统、使用该设备的形貌显微镜、测量厚度变化的方法、以及使用该测量方法获取形貌图像的方法。

[0009] 技术方案

[0010] 根据本发明的一个方面, 提供一种用于测量厚度变化的设备, 所述设备包括: 光源, 所述光源用于照射光束到目标物体上; 弯曲反射器, 所述弯曲反射器用于反射从所述目标物体反射并入射到所述弯曲反射器上的光束; 以及感测单元, 所述感测单元用于感测从所述弯曲反射器反射的光束。

[0011] 光源可以将光束以 45° 的角度照射到所述目标物体上。

[0012] 该设备还可以包括透镜单元, 所述透镜单元用于使从所述光源发射的光在到达所

述目标物体之前穿过所述透镜单元,并且所述透镜单元使从所述光源发射的光束在穿过所述透镜单元之后直至入射到所述弯曲反射器上时逐渐减小光束宽度。

[0013] 该设备还可以包括透镜单元,所述透镜单元用于使从所述光源发射的光在到达所述目标物体之前穿过所述透镜单元,并且所述透镜单元使从所述光源发射的光束在穿过所述透镜单元之后改变光束宽度,使得光束在从所述弯曲反射器反射之后直至入射到所述感测单元上时具有统一的光束宽度。

[0014] 该设备还可以包括透镜单元,所述透镜单元用于使从所述光源发射的光在到达所述目标物体之前穿过所述透镜单元,并且所述透镜单元使从所述光源发射的光束在穿过所述透镜单元之后改变光束宽度,使得从所述目标物体反射的光束会聚到光束在所述弯曲反射器上的入射位置处的曲率半径的中心上。

[0015] 光源可以是激光光源。

[0016] 光源可以包括发光装置和销孔,所述销孔用于使从所述发光装置发射的光的一部分穿过所述销孔。

[0017] 弯曲反射器可以是球面反射表面的至少一部分。

[0018] 所述设备可以根据当在所述目标物体的厚度变化之前从所述目标物体反射的光束从所述弯曲反射器反射并入射到所述感测单元上时由所述感测单元感测的第一位置与当在所述目标物体的厚度变化之后从所述目标物体反射的光束从所述弯曲反射器反射并入射到所述感测单元上时由所述感测单元感测的第二位置之差来测量所述目标物体的厚度变化。

[0019] 所述设备可以根据在从所述目标物体的一个位置反射的光束从所述弯曲反射器反射并入射到所述感测单元上时由所述感测单元感测的第一位置与在从所述目标物体的另一个位置反射的光束从所述弯曲反射器反射并入射到所述感测单元上时由所述感测单元感测的第二位置之差来测量所述目标物体的厚度变化。

[0020] 所述设备还可以包括放大器管,所述放大器管用于使从所述弯曲反射器反射的光束在入射到所述感测单元上之前穿过所述放大器管,并且所述放大器管具有至少两个相面对的反射表面。

[0021] 所述放大器管的所述至少两个相面对的反射表面可以彼此平行。

[0022] 所述感测单元可以设置在所述放大器管的所述至少两个相面对的反射表面中的任何一个的端部。

[0023] 感测单元可以包括第一感测单元和第二感测单元,所述第一感测单元设置在所述放大器管的所述至少两个相面对的反射表面中的任何一个的端部,所述第二感测单元设置在所述放大器管的所述至少两个相面对的反射表面中的另一个的端部。

[0024] 所述设备还可以包括入射角调节单元和出射角调节单元中的至少一个,其中所述入射角调节单元用于调节从所述弯曲反射器反射的光束到所述放大器管中的入射角,所述出射角调节单元用于调节穿过所述放大器管的光束到所述感测单元上的入射角。

[0025] 所述设备还可以包括光源致动器,所述光源致动器用于调节从所述光源照射到所述目标物体上的光束的入射角。

[0026] 所述设备还可以包括用于安装所述目标物体的阶台以及用于改变所述阶台相对于所述弯曲反射器的位置的阶台致动器。

[0027] 根据本发明的另一个方面,提供一种使用上述设备的系统。

[0028] 根据本发明的另一个方面,提供一种形貌显微镜,其包括上述设备以及用于改变目标物体在平面上的位置的扫面仪。

[0029] 根据本发明的另一个方面,提供一种测量厚度变化的方法,该方法包括:(a) 在目标物体的厚度变化之前将光束照射到所述目标物体上;(b) 限定从所述目标物体反射的光束从弯曲反射器反射并且入射到感测单元上的第一位置;(c) 在所述目标物体的厚度变化之后将光束照射到所述目标物体上;(d) 限定从所述目标物体反射的光束从所述弯曲反射器反射并且入射到所述感测单元上的第二位置;以及(e) 根据所述第一位置与所述第二位置之差确定所述目标物体的厚度变化。

[0030] 根据本发明的另一个方面,提供一种测量厚度变化的方法,该方法包括:(a) 将光束照射到目标物体的一个位置上;(b) 限定从所述目标物体反射的光束从弯曲反射器反射并且入射到感测单元上的第一位置;(c) 将光束照射到所述目标物体的另一个位置上;(d) 限定从所述目标物体反射的光束从所述弯曲反射器反射并且入射到所述感测单元上的第二位置;以及(e) 根据所述第一位置与所述第二位置之差确定所述目标物体的厚度变化。

[0031] 所述步骤(a)和(c)可以包括将光束以 45° 的角度照射到所述目标物体上。

[0032] 所述步骤(a)和(c)可以包括照射光束使其在到达所述目标物体之前穿过透镜单元,并且所述透镜单元可以使所述光束在穿过所述透镜单元之后直至入射到所述弯曲反射器上时逐渐减小光束宽度。

[0033] 所述步骤(a)和(c)可以包括照射光束使其在到达所述目标物体之前穿过透镜单元,并且所述透镜单元可以使所述光束在穿过所述透镜单元之后改变光束宽度,使得光束在从所述弯曲反射器反射之后直至入射到所述感测单元时具有统一的光束宽度。

[0034] 所述步骤(a)和(c)可以包括照射光束使其在到达所述目标物体之前穿过透镜单元,并且所述透镜单元可以使所述光束在穿过所述透镜单元之后改变光束宽度,使得从所述目标物体反射的光束会聚到光束在所述弯曲反射器上的入射位置处的曲率半径的中心上。

[0035] 光束可以是激光束。

[0036] 所述弯曲反射器可以是球面反射表面的至少一部分。

[0037] 所述步骤(b)和(d)可以包括使从所述弯曲反射器反射的光束在入射到所述感测单元上之前穿过具有至少两个相面对的反射表面的放大器管。

[0038] 放大器管的所述至少两个相面对的反射表面可以彼此平行。

[0039] 根据本发明的另一个方面,提供一种获取形貌图像的方法,该方法包括:(a) 将光束照射到目标物体的一个位置上;(b) 限定从所述目标物体反射的光束从弯曲反射器反射并且入射到感测单元上的位置;(c) 改变所述目标物体在平面上的位置,以改变光束在所述目标物体上的入射位置,并且重复步骤(a)和(b);以及(d) 通过使用关于光束在所述感测单元上的入射位置的数据来限定所述目标物体的形貌图像。

[0040] 技术效果根据本发明,在用于测量厚度变化的设备、使用该设备的系统、使用该设备的形貌显微镜、测量厚度变化的方法、以及使用该测量方法获取形貌图像的方法中,可以准确且精确地测量微小的厚度变化或者使用低廉且简单的配置获取形貌图像。

附图说明

- [0041] 图 1 和图 2 是根据本发明的实施例的用于测量目标物体的厚度变化的设备的概念图；
- [0042] 图 3 和图 4 是示出确定厚度变化的原理的概念图；
- [0043] 图 5 是用于描述校准光束以使用图 1 和图 2 所示的设备的必要性的概念图；
- [0044] 图 6 是根据本发明的另一个实施例，用于测量厚度变化的设备的概念图；
- [0045] 图 7 是根据本发明的另一个实施例，用于测量厚度变化的设备的概念图；
- [0046] 图 8 至 10 是根据本发明的另一个实施例，用于测量厚度变化的设备的概念图；
- [0047] 图 11 是根据本发明的另一个实施例，用于测量厚度变化的设备的一部分的概念图；
- [0048] 图 12 是根据本发明的另一个实施例，用于测量厚度变化的设备的一部分的概念图；
- [0049] 图 13 是根据本发明的另一个实施例，用于测量厚度变化的设备的一部分的概念图。

具体实施方式

[0050] 现在将参照附图更全面地描述本发明，其中在附图中示出了本发明的示例性实施例。然而，本发明可以通过多种不同的形式来实施，并且不应理解为限制于此处阐释的实施例；相反，提供这些实施例是为了使本公开透彻和完整，并向本领域普通技术人员全面地表述本发明的构想。在附图中，为了便于说明，元件的尺寸可能被夸大或简化。

[0051] 图 1 和图 2 是根据本发明的实施例的用于测量目标物体 42 的厚度变化的设备的概念图。参照图 1 和图 2，根据本实施例的设备包括光源 10、弯曲反射器 20 以及感测单元 30。如果需要，该设备还可包括用于安装目标物体 42 的阶台 40。

[0052] 光源 10 可将光束 11 照射到目标物体 42 上。光源 10 可以是激光，但是不限于激光。例如，光源 10 可以包括发光装置和销孔，销孔用于使从发光装置发射的光的一部分穿过销孔。也就是说，任何能够将具有指向性的光束 11 照射到目标物体 42 上的元件都可以用作光源 10。例如，任何元件都可以用作光源 10，只要具有数 mm 的宽度的光束 11 从该元件照射出并且即使在光束 11 前进 10m 时该宽度也不增加即可。如果满足上述条件，例如发光二极管 (LED)、半导体激光或白光灯就可以适当地使用。另外，例如，光束 11 的波长或宽度可以根据目标物体 42 的表面上的折射率、反射率和 / 或吸收能力而适当地变化。由于激光束具有极佳的线性特性，所以光源 10 可以是激光。

[0053] 弯曲反射器 20 可以反射从目标物体 42 反射并然后入射到弯曲反射器 20 上的光束 13。弯曲反射器 20 可以具有各种形状。例如，如图 1 所示，弯曲反射器 20 可以是球面反射表面。在下文中，为了方便起见，假设弯曲发射器 20 是球面反射表面。感测单元 30 可以感测从弯曲反射器 20 反射的光束 15。感测单元 30 可以包括例如电荷耦合装置 (CCD) 或互补金属氧化物半导体 (CMOS)。

[0054] 现在将描述使用该设备来测量厚度变化的方法。

[0055] 首先，如图 1 所示，使用光源 10 将光束 11 照射到阶台 40 上的目标物体 42 上。图 1 示出了入射角为“ $90^\circ - \alpha$ ”时的情形。光束 11 从目标物体 42 的表面被反射。反射的光

束 13 入射到弯曲反射器 20 上, 并且从弯曲反射器 20 被再次反射。反射的光束 15 最终入射到感测单元 30 上。感测单元 30 可以限定反射光束 15 入射的位置, 作为第一位置。

[0056] 然后, 在目标物体 42 的厚度变化后, 如图 2 所示, 使用光源 10 再次将光束 11 照射到台阶 40 上的目标物体 42 上。图 2 示出了目标物体 42 的厚度减小了 t 时的情形。该情形可以对应于例如薄膜被刻蚀时的情形。在这种情形下, 光束 11 以与厚度变化前使用的相同的入射角入射到目标物体 42 上。光束 11 从目标物体 42 的表面被反射。反射的光束 17 入射到弯曲反射器 20 上, 并且从弯曲反射器 20 被再次反射。反射的光束 19 最终入射到感测单元 30 上。感测单元 30 可以限定反射光束 19 入射的位置, 作为第二位置。为了参照, 反射光束 13 与反射光束 17 之间的距离在几何上确定为 $t/\sin \alpha$ 。

[0057] 所限定的第一位置与第二位置之间的距离 1 比 1 地对应于目标物体 42 的厚度变化 t 。因此, 可以使用第一位置与第二位置之间的距离 d 来精确地测量目标物体 42 的厚度变化 t 。

[0058] 尽管可以使用常规的测量设备来测量目标物体 42 的厚度变化 t , 但是可能获得不精确的结果, 或者需要使用非常昂贵的测量设备来获得精确的结果。然而, 如果使用根据本实施例的设备, 可以甚至使用低廉且简单的配置实现精确的测量。特别地, 如图 1 和图 2 所示, 由于使用了弯曲反射器 20 并且因此由感测单元 30 限定的第一位置与第二位置之间的距离 d 比目标物体 42 的厚度变化 t 大得多, 所以即使感测单元 30 既不高度准确也不昂贵, 也可以通过测量第一位置与第二位置之间的较大距离 d 来准确地测量目标物体 42 的微小厚度变化。

[0059] 如上所述, 第一位置与第二位置之间的距离 1 比 1 地对应于目标物体 42 的厚度变化 t 。可以根据情况以多种方式来确定这种对应关系。在下文中, 为了方便起见, 将参照图 1 和图 2 描述在目标物体 42 的厚度变化之前反射光束 13 入射到弯曲反射器 20 (球面反射表面) 的中线上的情形。

[0060] 由于光源 10 在上述条件下将光束 11 以 $90^\circ - \alpha$ 的入射角照射到目标物体 42 上, 所以反射光束 13 以 $90^\circ - \alpha$ 的入射角入射到弯曲反射器 20 上, 并且反射光束 15 以 $90^\circ - \alpha$ 的反射角从弯曲反射器 20 反射。

[0061] 图 3 和图 4 是示出了确定厚度变化 t 的原理的概念图。首先, 弯曲反射器 20 (球面反射表面) 的半径被定义为 R , 并且反射光束 13 在弯曲反射器 20 上的入射位置与反射光束 17 在弯曲反射器 20 上的入射位置之间在弯曲反射器 20 的中心处的角度定义为 θ 。

[0062] 参照图 3, 从在反射光束 13 在弯曲反射器 20 上的入射位置处与弯曲反射器 20 相切的平面与连接入射光束 17 在弯曲反射器 20 上的入射位置和弯曲反射器 20 的中心的直线相遇的位置开始到反射光束 13 在弯曲反射器 20 上的入射位置的距离在几何上确定为 $R \tan \theta$ 。另外, 从在反射光束 13 在弯曲反射器 20 上的入射位置处与弯曲反射器 20 相切的平面与反射光束 17 相遇的位置开始到反射光束 13 在弯曲反射器 20 上的入射位置的距离在几何上确定为 $2t/\tan \theta$ 。如将在以下所述的, 由于 θ 具有非常小的值, 所以在反射光束 13 在弯曲反射器 20 上的入射位置处与弯曲反射器 20 相切的平面与连接反射光束 17 在弯曲反射器 20 上的入射位置和弯曲反射器 20 的中心的直线相遇的位置可被认为与在反射光束 13 在弯曲反射器 20 上的入射位置处与弯曲反射器 20 相切的平面与反射光束 17 相遇的位置相同。因此, 可以满足 $R \tan \theta = 2t/\tan \alpha$, 并且目标物体 42 的厚度变化 t 可以最终表

示为 $R(\tan \theta \tan \alpha)/2$ 。

[0063] 参照图 4, 反射光束 15 与反射光束 19 之间的角度在几何上表示为 2θ 。如果从反射光束 13 在弯曲反射器 20 上的入射位置 AC 到反射光束 15 在感测单元 30 上的入射位置的距离 (该距离可以近似为从反射光束 13 在弯曲反射器 20 上的入射位置 AC 到感测单元 30 的最短距离) 为 L, 如将在下面描述的, 由于反射光束 15 与反射光束 19 会聚处的中心 C 非常靠近反射光束 13 在弯曲反射器 20 上的入射位置 AC 并且因此可以近似为与反射光束 13 在弯曲反射器 20 上的入射位置 AC 相同, 所以感测单元 30 上第一位置与第二位置之间的距离 d 可以被认作是 $L2\theta$ 。尽管 $L2\theta$ 是具有半径 L 和中心角 2θ 的扇段的弧长并且可以被认为不同于感测单元 30 上第一位置与第二位置之间的距离 d, 但如将在下面描述的, 由于 2θ 具有非常小的值, 所以可以实现近似。

[0064] 由于 θ 最终满足 $\theta = d/2L$, 所以目标物体 42 的厚度变化 t 可以测得为 $R(\tan \theta \tan \alpha)/2$ 。

[0065] 在上面的测量方法中, θ 被认为是非常小的值并且反射光束 15 与反射光束 19 会聚处的中心 C 被认为与反射光束 13 在弯曲反射器 20 上的入射位置 AC 相同。现在将对其详细的描述提供具体的数值。

[0066] 首先, 假设目标物体 42 的厚度变化 t 为 10nm, 光束 11 的入射角 ($90^\circ - \alpha$) 为 45° , 并且弯曲反射器 20 是具有 10mm 的半径 R 的球面反射表面。如果将上面的具体数值输入到 $R \tan \theta = 2t/\tan \alpha$ 中, 那么 $\tan \theta = 2 \times 10^{-6}$, 并且因此 θ 计算为 2×10^{-6} (单位: 弧度)。也就是说, θ 具有非常小的值。由于 θ 具有非常小的值, 所以参照图 4, 清楚地示出了反射光束 15 与反射光束 19 会聚处的中心 C 非常靠近反射光束 13 在弯曲反射器 20 上的入射位置 AC, 并且因此可以被认为与反射光束 13 在弯曲反射器 20 上的入射位置 AC 相同。因此, 上面的描述从逻辑上得以支持。

[0067] 同时, 在上述条件下, 由感测单元 30 限定的第一位置与第二位置之间的距离 d 可以测量如下。如上所述, 由于由感测单元 30 限定的第一位置与第二位置之间的距离 d 可以表示为 $L2\theta$, 所以如果 L 为 1m, 那么 $d = 1 \times 2 \times 2 \times 10^{-6} = 4 \mu\text{m}$ 。也就是说, 目标物体 42 中的 10nm 的厚度变化表现为感测单元 30 中的 $4 \mu\text{m}$ 。这意味着即使使用能够感测大约 $4 \mu\text{m}$ (其为 10nm 的几乎 400 倍) 的变化的感测单元来代替能够感测大约 10nm 的变化的感测单元, 根据本实施例的设备也能够感测 10nm 的厚度变化。这最终意味着根据本实施例的设备可以甚至使用感测单元 30 的低廉且简单的配置来非常准确地测量微小的厚度变化。

[0068] 尽管如上所述能够实现近似, 但也可以由几何关系来计算精确值而代替近似。从几何关系上清楚的是, 目标物体 42 的厚度变化 t 一比一地对应于感测单元 30 上第一位置与第二位置之间的距离 d。因此, 如果光源 10、目标物体 42、弯曲反射器 20 和感测单元 30 的位置被确定, 则可以通过例如进行计算机模拟来精确且唯一地确定对应于目标物体 42 的厚度变化 t 的感测单元 30 上第一位置与第二位置之间的距离 d。

[0069] 本发明的模式

[0070] 尽管上面描述了在多种条件下测量厚度变化的方法, 但是本发明不局限于此。也就是说, 即使在没有上述用于从几何关系上确定 $\theta = d/2L$ 和 $t = R(\tan \theta \tan \alpha)/2$ 的条件下, 也可以确定目标物体 42 的厚度变化 t。更详细地说, 根据本实施例的设备主要使用下述原理, 即: 微小的厚度变化 t (即, 直线距离变化) 在光从弯曲反射器 20 反射时被

转化为角度变化 θ ，微小的厚度变化 t 在光从弯曲反射器 20 行进到感测单元 30 时最终转化为水平距离 d ，并且水平距离 d 的尺寸对应于通过将微小厚度变化 t 放大数倍获得的值。

[0071] 即使当反射光束 13 不入射到弯曲反射器 20（其为球面反射表面）的中线上时，以及即使当弯曲反射器 20 是任意弯曲表面而不是球面反射表面时，也能从几何关系上清楚，目标物体 42 的厚度变化 t 一比一地对应于感测单元 30 上第一位置与第二位置之间的距离 d 。因此，在设定图 1 所示的设备后，如果使用各种厚度已知的样本获取关于感测单元 30 上第一位置与第二位置之间的距离 d 的数据并且然后将数据形成数据库，那么可以精确地测量目标物体 42 的任意厚度变化 t 。

[0072] 同时，如图 1 和图 2 所示，如果弯曲反射器 20 是球面反射表面，如果光源 10 始终将光束 11 以 45° 的角度照射到目标物体 42 上，并且如果反射光束 13 入射到弯曲反射器 20 的中线上，那么可以准确地测量目标物体 42 的厚度变化 t 而无需改变感测单元 30 的位置。

[0073] 图 5 是用于描述校准光束以使用图 1 和图 2 所示的设备的必要性的概念图。如图 5 所示，如果入射到弯曲反射器 20 上的入射光束 $i1$ 具有统一的光束宽度，那么从弯曲反射器 20 反射的反射光束 $r1$ 的宽度远离弯曲反射器 20 而增加。如果光束宽度增加，则感测单元 30 可能不能精确地限定第一位置和第二位置。

[0074] 因此，如图 6 所示（图 6 是根据本发明的另一个实施例的用于测量厚度变化的设备的概念图），所述设备还可以包括透镜单元 50，其用于使从光源 10 发射的光在到达目标物体 42 之前穿过透镜单元 50。透镜单元 50 可以在从光源 10 发射的光束穿过透镜单元 50 之后直至入射到弯曲反射器 20 上之前使其光束宽度逐渐减小。也就是说，透镜单元 50 可以通过凹面转变从光源 10 发射并且入射到透镜单元 50 上的光束的波前。与统一光束宽度在图 5 中反射后逐渐增大的入射光束 $i1$ 不同，在入射到弯曲反射器 20 上之前具有逐渐减小的光束宽度的光束被校准，以统一地保持或略微地减小其光束宽度，而不使光束宽度在从弯曲反射器 20 反射后逐渐地增大，直至入射到感测单元 30 上。这样，感测单元 30 可以精确地限定第一位置和第二位置。关于这一点，透镜单元 50 可以称作校准透镜单元。

[0075] 透镜单元 50 可以在从光源 10 发射的光束穿过透镜单元 50 之后并且直至入射到弯曲反射器 20 上之前逐渐地减小其光束宽度，使得光束在从弯曲反射器 20 反射之后直至入射到感测单元 30 上之前具有统一的光束宽度。也就是说，透镜单元 50 可以通过凹面使入射到透镜单元 50 上的光束的波前匹配于弯曲反射器 20 的曲率半径而将穿过透镜单元 50 的光束转变成具有会聚在弯曲反射器 20 的中心部分上的波前，使得从弯曲反射器 20 反射的光束具有统一的光束宽度而不会发散或会聚（除光束达到衍射极限角的情形外）。

[0076] 如图 5 所示，当具有统一光束宽度的入射光束 $i1$ 入射到弯曲反射器 20（球面反射表面）上时，如果入射光束 $i1$ 在弯曲反射器 20 上的图像与弯曲反射器 20 的中心所成的角为 β ，那么反射光束 $r1$ 以 2β 的角度发散。因此，相反的是，如果透镜单元 50 将从光源 10 发射的光束调节成使得入射光束 $i1$ 以 2β 的会聚角入射到弯曲反射器 20 上，那么从弯曲反射器 20 反射的光束 $r1$ 在光学路径上便具有统一的光束宽度。

[0077] 如果当光束宽度统一时的光束宽度为 w 并且弯曲反射器 20 为图 5 中的具有半径 R 的球面反射表面，那么由于 β 非常小并且光束宽度也具有小的值，所以可以近似为 $w = R\beta$ 。因此，如果 $R = 10\text{mm}$ ，那么 $\beta = w/R = w \times 100$ （ β 的单位：弧度， w 的单位：米）。如

果从弯曲反射器 20 反射的光束 15 或 19 (请参见图 2) 的统一光束宽度为 1mm, 则 $\beta = 0.1$ 弧度。如果从弯曲反射器 20 反射的光束 15 或 19 的统一光束宽度为 0.1mm, 则 $\beta = 0.01$ 弧度。因此, 如果透镜单元 50 将从光源 10 发射的光束 11 调节为在前一种情形下具有 0.2 弧度的角度或者在后一种情形下具有 0.02 弧度的角度, 那么从弯曲反射器 20 反射的光束 15 或 19 可以具有几乎统一的光束宽度。

[0078] 透镜单元 50 仅需使从光源 10 发射的光束在穿过透镜单元 50 之后改变其光束宽度, 使得光束在从弯曲反射器 20 反射后直至入射到感测单元 30 上时具有统一的光宽度。例如, 尽管具有统一宽度的光束照射到目标物体 42 上, 但如果目标物体 42 的表面不统一, 那么从目标物体 42 反射的光束 13 或 17 (请参见图 2) 可能具有沿光学路径逐渐减小的光束宽度。这里, 如果光束宽度过度地减小, 则光束宽度可能变得不统一, 并且甚至在光束从弯曲反射器 20 反射之后可能连续地减小。在这种情况下, 透镜单元 50 可以在光束穿过透镜单元 50 时增加从光源 10 发射的光束的光宽度, 使得从弯曲反射器 20 反射的光束具有统一的光束宽度, 直至入射到感测单元 30 上。

[0079] 最后, 透镜单元 50 仅需改变从光源 10 发射的光束的光束宽度, 使得从目标物体 42 反射的光束 13 或 17 会聚在光束 13 或 17 在弯曲反射器 20 上的入射位置处的曲率半径的中心上。

[0080] 透镜单元 50 可以统一地改变从光源 10 发射的光束的光宽度, 或者可以根据情况 (有源透镜单元) 而不同地改变光束宽度。例如, 需要根据弯曲反射器 20 的曲率半径、目标物体 42 以及光源 10 来调节光束宽度的改变程度。

[0081] 同时, 尽管在图 1 至 6 中弯曲反射器 20 是球面反射表面, 但如在图 7 中示出的 (图 7 为根据本发明的另一个实施例的用于测量厚度变化的设备的概念图), 弯曲反射器 20 仅需是球面反射表面的至少一部分。如上所述, 弯曲反射器 20 可以是任意弯曲反射表面而不是球面反射表面。例如, 圆柱形表面也是可用的。也就是说, 任何能够改变目标物体 42 的厚度变化 t (长度变化) 的元件都可以用作弯曲反射器 20。

[0082] 图 8 至 10 是根据本发明的另一个实施例的用于测量厚度变化的设备的概念图。

[0083] 在图 8 和图 9 中, 用虚线箭头表示的光与用实线箭头表示的光之间的初始角是相同的。然而, 感测单元 30 上第一位置与第二位置之间的距离 d_1 和 d_2 是不同的。更详细地说, 图 9 中的感测单元 30 上第一位置与第二位置之间的距离 d_2 大于图 8 中的感测单元 30 上第一位置与第二位置之间的距离 d_1 。这意味着与图 8 中所示的情形相比, 在图 9 中可以使用具有较低的精度等级的较低廉的感测单元, 或者意味着, 当在图 8 和图 9 中使用具有相同精度等级的感测单元时, 与图 8 中所示的情形相比, 在图 9 中可以更精确地测量目标物体的微小厚度变化。

[0084] 为了实现图 9 的上述优点, 如图 9 所示, 根据本实施例的设备还可以包括放大器管 60, 放大器管 60 用于使从弯曲反射器 20 反射的光束在入射到感测单元 30 上之前穿过放大器管 60, 并且放大器管 60 具有至少两个相面对的反射表面 61 和 63。放大器管 60 的所述至少两个相面对的反射表面 61 和 63 可以彼此平行。这里, 可以允许多种变型。例如, 可以通过将放大器管 60 的所述至少两个相面对的反射表面 61 和 63 设置成彼此不平行来进一步增大感测单元 30 上第一位置与第二位置之间的距离 d_2 。

[0085] 可替代地, 如图 10 所示, 可以形成光束在从弯曲反射器反射后直至入射到感测单

元 30 上时的长的光学路径而无需使用放大器管 60 地增大感测单元 30 上第一位置与第二位置之间的距离 d_2 。然而,当将图 9 与图 10 进行比较时,图 9 中的使用放大器管 60 的设备的尺寸 ($S_{11} \times S_{12}$) 小于图 10 中的不使用放大器管的设备的尺寸 ($S_{21} \times S_{22}$)。因此,可以通过使用放大器管 60 来大幅地减小设备的尺寸。

[0086] 如果使用了放大器管 60,如图 11 所示(其为根据本发明的另一个实施例的用于测量厚度变化的设备的一部分的概念图),感测设备 30 可以包括第一感测单元 31 和第二感测单元 32,其中第一感测单元 31 设置在放大器管 60 的所述至少两个相面对的反射表面 61 和 63 中的任何一个(例如,反射表面 61)的端部,并且中第二感测单元 32 设置在放大器管 60 的所述至少两个相面对的反射表面 61 和 63 中的另一个(例如,反射表面 63)的端部。可替代地,如图 12 所示(其为根据本发明的另一个实施例的用于测量厚度变化的设备的一部分的概念图),感测单元 30 可以设置在放大器管 60 的所述至少两个相面对的反射表面 61 和 63 中的任何一个(例如,反射表面 61)的端部。

[0087] 尽管在上面的描述中,光源 10 将光束 11 以统一的入射角照射到目标物体 42 上,但本发明不局限于此,如果需要,可以进一步包括用于调节从光源 10 照射到目标物体 42 上的光束 11 的入射角的光源致动器(未示出)。另外,如果需要,可以进一步包括改变用于安装目标物体 42 的阶台 40 相对于弯曲反射器 20 的位置的阶台致动器(未示出),以调节从目标物体 42 反射的光束 13 在弯曲反射器 20 上的入射位置。

[0088] 同时,如图 13 所示(其为根据本发明的另一个实施例的用于测量厚度变化的设备的一部分的概念图),可以进一步包括入射角调节单元 65 和出射角调节单元 67。入射角调节单元 65 可以调节从弯曲反射器 20 反射的光束到放大器管 60 中的入射角。出射角调节单元 67 可以调节穿过放大器管 60 的光束到感测单元 30 上的入射角。如果目标物体 42 具有非常小的厚度变化,那么从弯曲反射器 20 反射的光束 15 与 19 之间的角度可以非常小。在这种情况下,可以使用放大器管 60 来增加感测单元 30 上第一位置与第二位置之间的距离 d_2 。另外,如果入射角调节单元 65 调节从弯曲反射器 20 反射的光束到放大器管 60 中的入射角,那么即使使用具有相同长度的放大器管 60,最终也可以大幅地增加感测单元 30 上第一位置与第二位置之间的距离 d_2 。出射角调节单元 67 也可以通过调节穿过放大器管 60 的光束到感测单元 30 上的入射角来最终大幅地增加感测单元 30 上第一位置与第二位置之间的距离 d_2 。

[0089] 然而,本发明并不局限于此,并且这里可以允许多种变型。例如,可以包括入射角调节单元 65 和出射角调节单元 67 中的至少一个。另外,入射角调节单元 65 和 / 或出射角调节单元 67 也可以用于除增加感测单元 30 上第一位置与第二位置之间的距离 d_2 的目的以外的目的。例如,入射角调节单元 65 可以被用来改变从弯曲反射器 20 反射的光束的光学路径,使得光束适当地入射到放大器管 60 上,并且出射角调节单元 67 可以被用来改变穿过放大器管 60 的光束的光学路径,使得光束适当地入射到感测单元 30 上。

[0090] 上面描述了如图 1 和图 2 所示的目标物体 42 的厚度减小的情形。这种情形可以例如对应于薄膜被刻蚀时的情形。然而,本发明并不局限于此,并且本发明也可以应用于目标物体 42 的厚度增大的情形。在这种情形下,在目标物体 42 的厚度变化后反射光束入射到感测单元 30 上的位置可与图 2 中反射光束 19 相对于反射光束 15 的情况相反。

[0091] 用于测量厚度变化的方法或设备也可以被用来测量薄膜的厚度。例如,如果在薄

膜沉积之前相对于用于沉积薄膜的表面限定了第一位置,如图 1 所示,并且然后在薄膜沉积之后限定了第二位置,如图 2 所示,则可以最终测量所沉积的薄膜的厚度。

[0092] 另外,根据本发明的实施例的用于测量厚度变化的方法或设备可以以多种方式修改。

[0093] 使用所述设备的系统的示例可以是用于测量薄膜的厚度统一性的系统。也就是说,可以根据在从目标物体 42 的一个位置反射的光束从弯曲反射器 20 反射并入射到感测单元 30 上时由感测单元 30 感测的第一位置与在从目标物体 42 的另一个位置反射的光束从弯曲反射器 20 反射并入射到感测单元 30 上时由感测单元 30 感测的第二位置之差来测量目标物体 42 的厚度变化。这里,可以允许多种变型。例如,为了在照射光束到目标物体 42 的一个位置上之后照射光束到目标物体 42 的另一个位置上,可以进一步包括用于改变目标物体 42 在平面上的位置的扫面仪(例如,xy 扫面仪)。通过这种方式,也可以实现测量薄膜的厚度统一性的方法。

[0094] 使用所述设备的系统的另一个示例是形貌显微镜。也就是说,如果使用用于改变目标物体 42 在平面上的位置的扫面仪(例如,xy 扫面仪),那么可以通过改变目标物体 42 在平面上的位置以改变光束在目标物体 42 上的入射位置以及获取关于入射到感测单元 30 上的光束的入射位置变化的数据来限定目标物体 42 的形貌图像。通过这种方式,也可以实现获取形貌图像的方法。

[0095] 尽管已经参照本发明的示例性实施例具体地示出并描述了本发明,但本领域普通技术人员应当理解,可以在不偏离由所附权利要求限定的本发明的精神和范围的情况下对本发明进行形式和细节上的各种变化。

[0096] 工业应用性

[0097] 可以实现用于测量厚度变化的设备、使用该设备的系统、使用该设备的形貌显微镜、测量厚度变化的方法、以及使用该测量方法获取形貌图像的方法,可以通过其准确且精确地测量微小的厚度变化或者可以使用低廉且简单的配置通过其获取形貌图像。

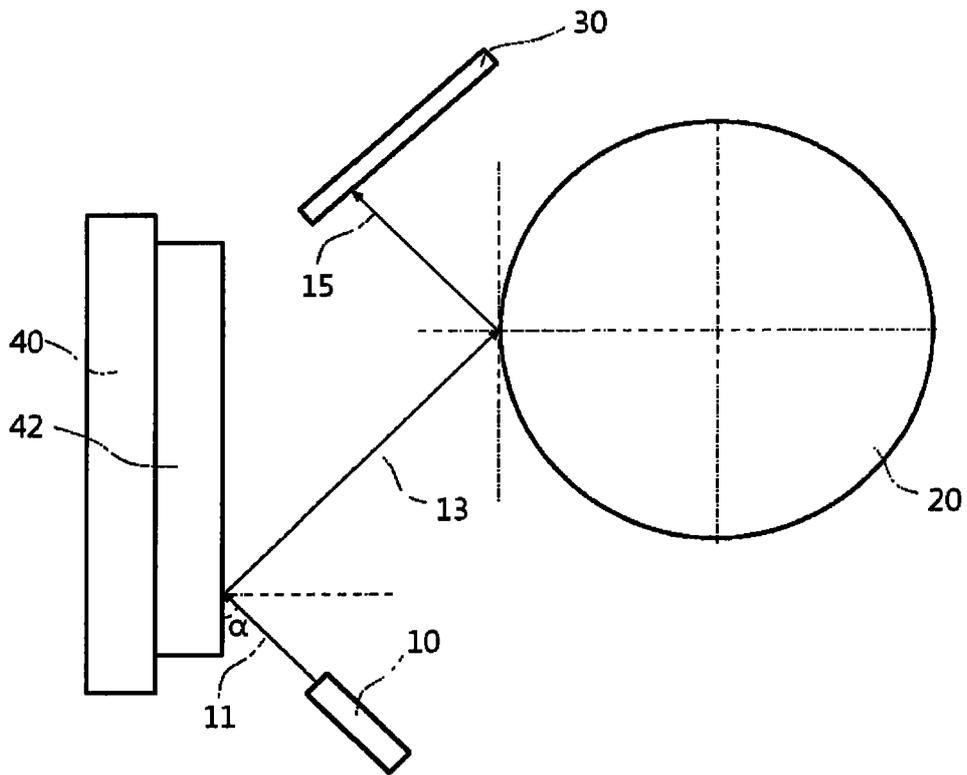


图 1

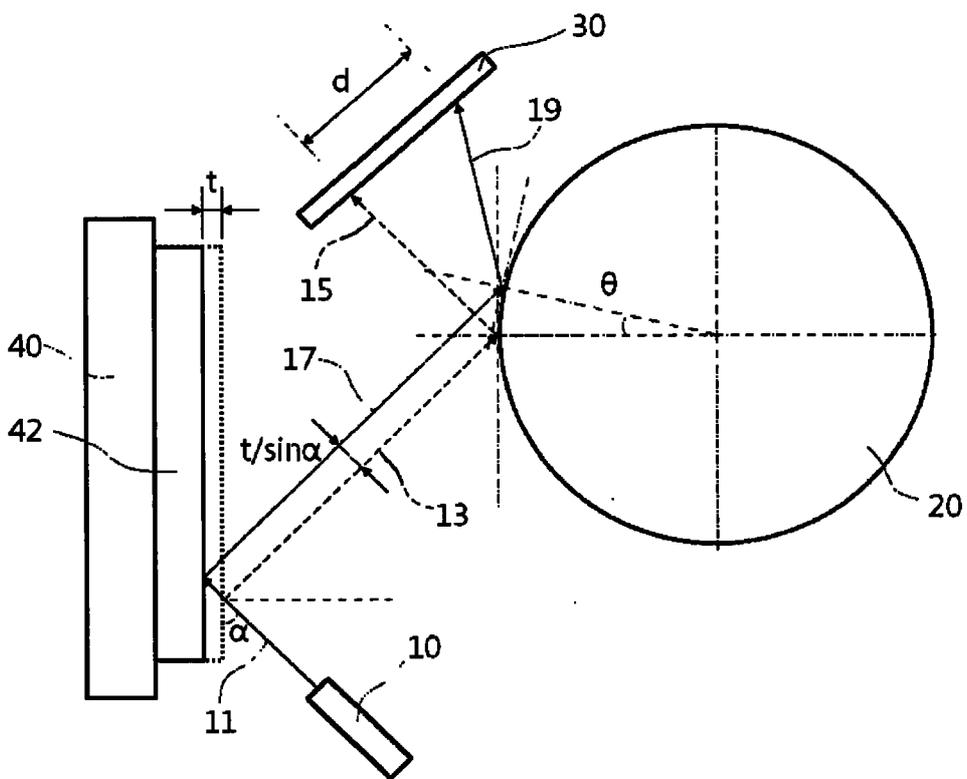


图 2

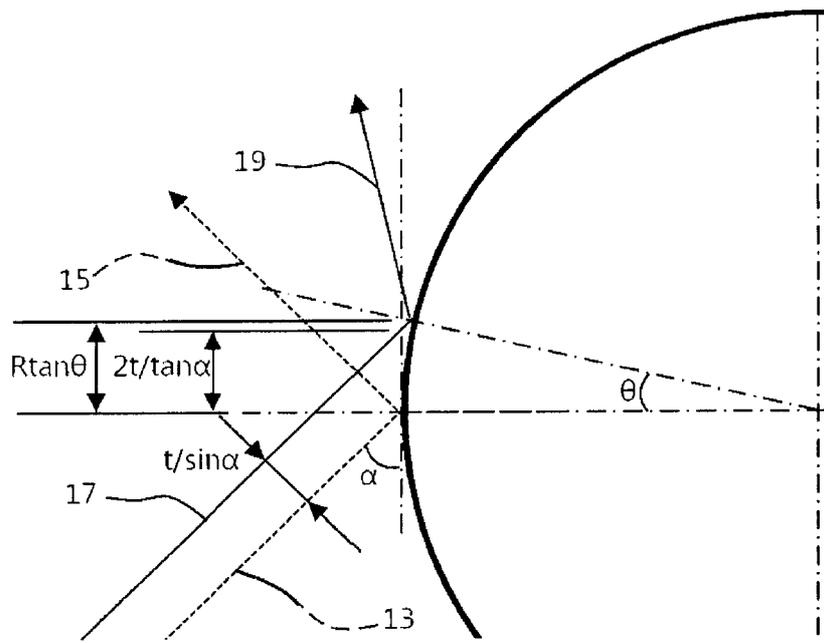


图 3

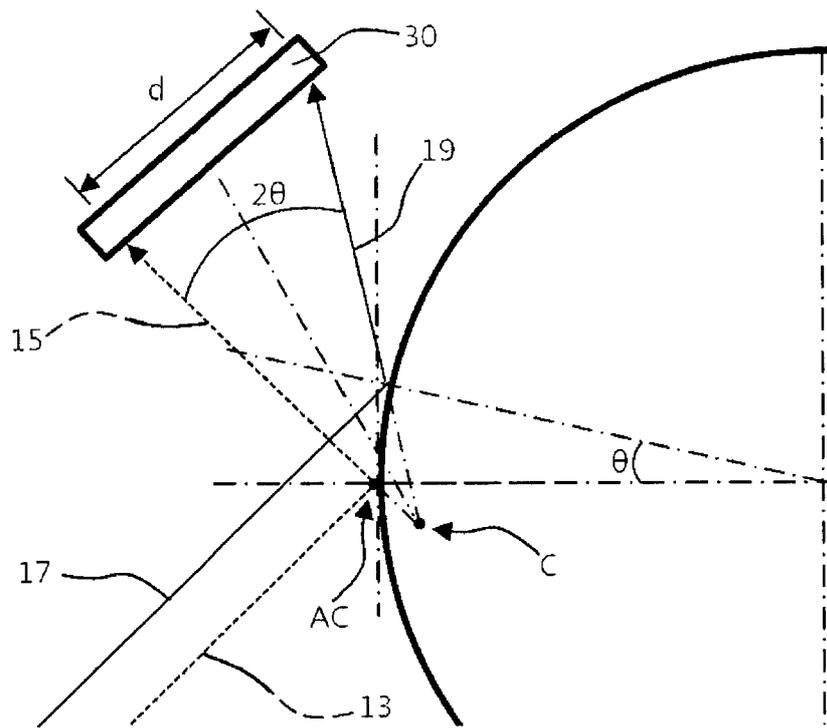


图 4

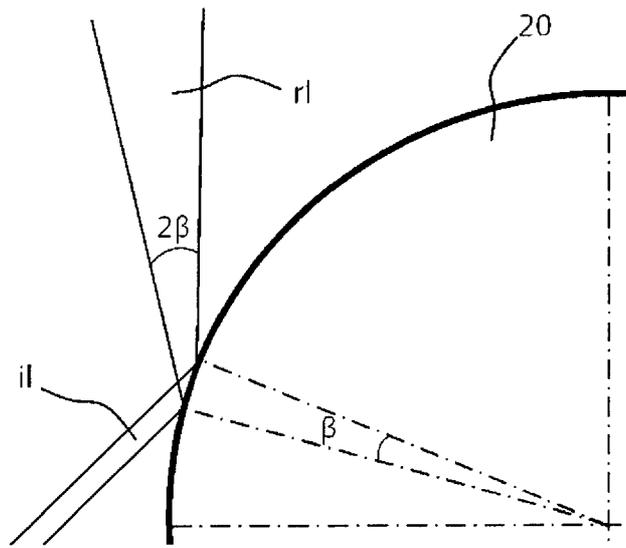


图 5

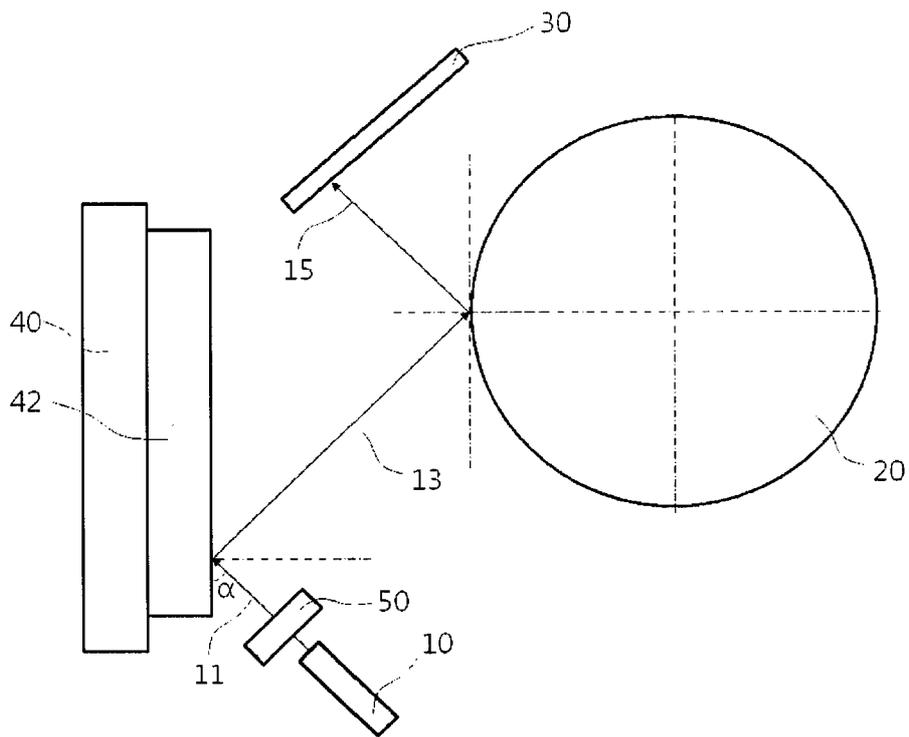


图 6

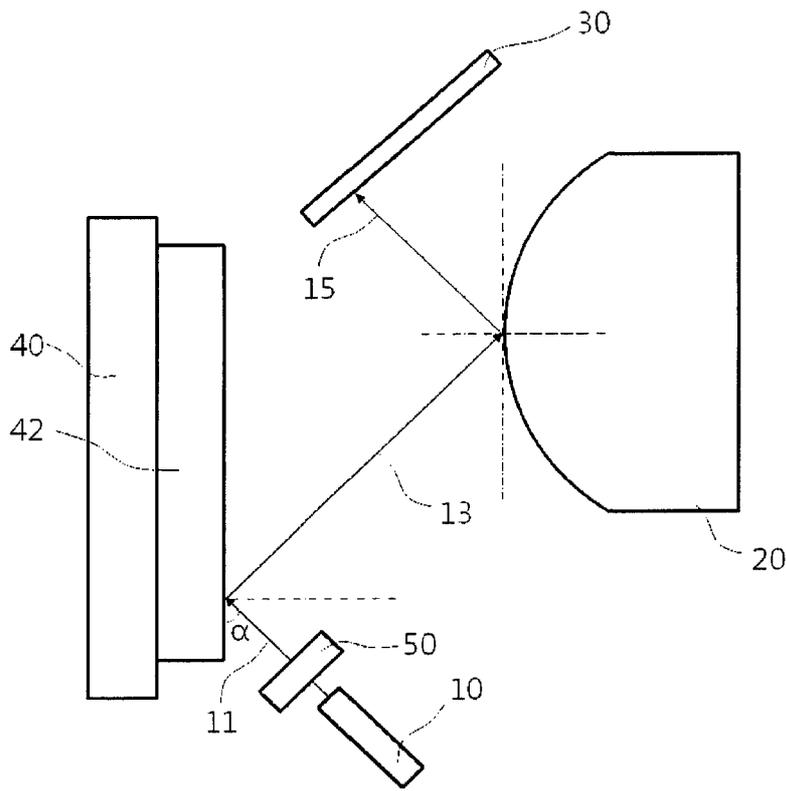


图 7

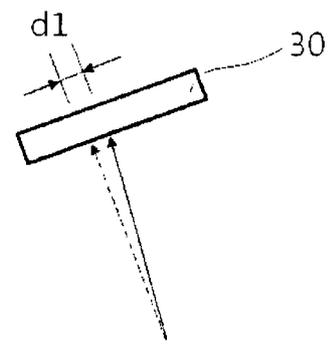


图 8

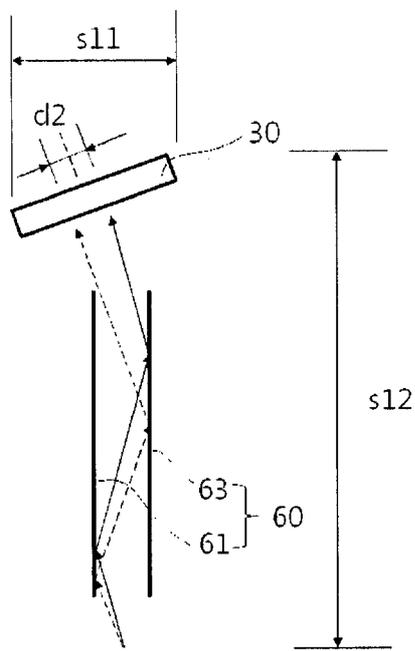


图 9

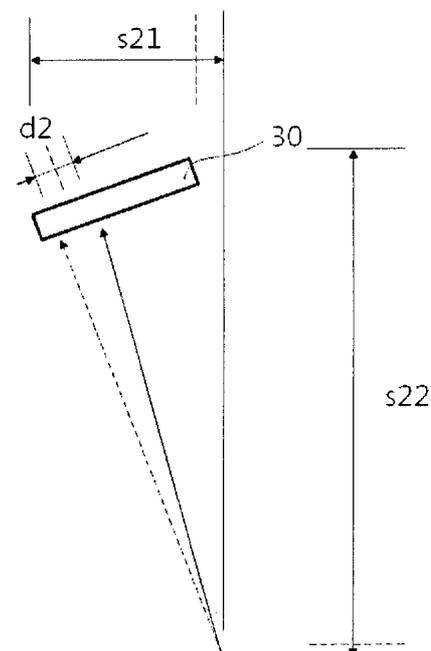


图 10

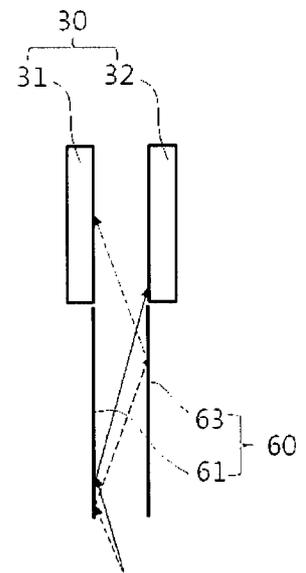


图 11

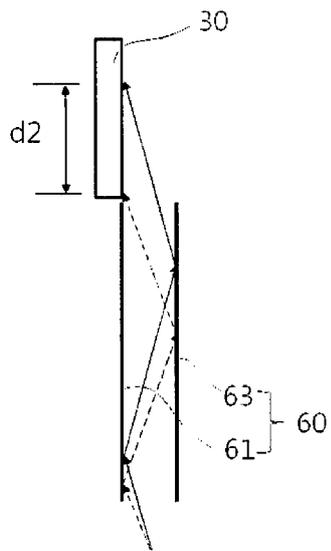


图 12

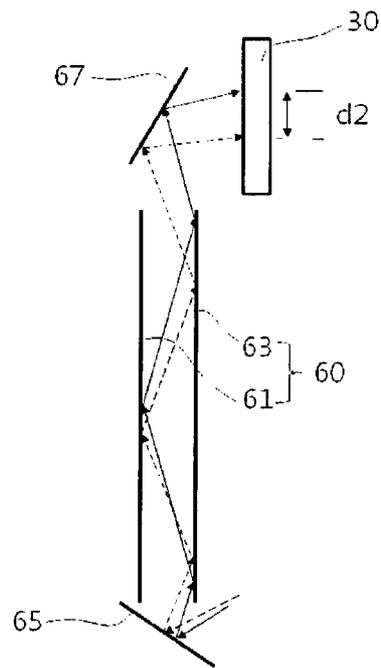


图 13