



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101482432 B

(45) 授权公告日 2011.06.29

(21) 申请号 200810055784.2

(22) 申请日 2008.01.09

(73) 专利权人 中国科学院电子学研究所

地址 100080 北京市海淀区北四环西路 19 号

(72) 发明人 祁志美 邓琳 逯丹凤 夏善红

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

代理人 周国城

书第 30-42 段和第 46-55 段及附图 1, 6-7.

JP 4-221704 A, 1992.08.12, 说明书第 1-14 段及附图 1-4.

JP 2007-147283 A, 2007.06.14, 说明书第 1-19 段, 第 63-66 段, 及附图 1-2.

US 2006/0126076 A1, 2006.06.15, 说明书第 20-79 段及附图 1 和 7-8.

沈为民. 双光栅干涉仪. 苏州大学学报(自然科学) 8 1. 1992, 8(1), 72-76.

审查员 程灿

(51) Int. Cl.

G01B 9/02 (2006.01)

G01D 5/38 (2006.01)

G01J 9/02 (2006.01)

G01N 21/45 (2006.01)

G01B 11/06 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2005/0078320 A1, 2005.04.14, 参见说明

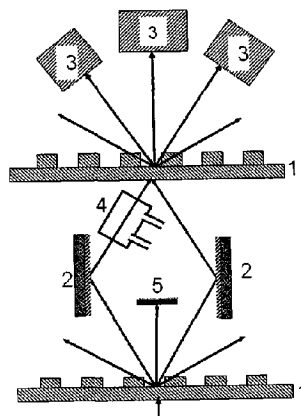
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 3 页

(54) 发明名称

时间分辨的双光栅干涉仪

(57) 摘要

本发明一种时间分辨的双光栅干涉仪, 是利用两平行光栅将一束平行光经两次衍射产生多束时间分辨的干涉光。由光源发出的平行光束透过第一个光栅后得到多束衍射光, 其中两束对称衍射光 A 和 A' 经反射镜反射到第二个光栅的同一位置, 使得两光束透过第二个光栅后只产生一套衍射光斑。每一束衍射光都含有来自光束 A 和 A' 的成分, 是时间分辨的干涉光束。如果在两平行光栅之间放置一个透明样品池, 并使光束 A 或 A' 透过样品池, 那么通过使用光强探测器监测任一束干涉光相位差随时间的变化, 就能探测到样品池内物质的物理或化学变化。本发明的双光栅干涉仪能够被用来制备化学和生物传感器, 也可用来测定温度、液体的折射率和薄膜的光学厚度。



1. 一种时间分辨的双光栅干涉仪,包括至少一个光探测器,光探测器置于第二个光栅的后方,是由双光栅和双反射镜构成的等臂干涉仪,其特征在于,两光栅平行放置,两反射镜以与两光栅垂直的方向平行放置,置于两平行光栅之间。

2. 按照权利要求 1 所述的时间分辨的双光栅干涉仪,其特征在于,

a) 将来自第一个光栅的零级衍射光遮挡;b) 来自第一个光栅的两对称衍射光束经两平行反射镜反射照射到第二个光栅的同一位置上;c) 两光束透过第二个光栅后只产生一套衍射光斑;d) 来自第二个光栅的一束或多束衍射光被探测。

3. 按照权利要求 1 或 2 所述的时间分辨的双光栅干涉仪,其特征在于,在两光栅之间固定一个透明样品池,使其中一束衍射光垂直穿透样品池;向样品池注入待分析的液体或气体试样,同时监测第二个光栅的任一衍射光斑相位的变化对试样进行分析。

4. 按照权利要求 1 或 2 所述的时间分辨的双光栅干涉仪,其特征在于,在两光栅之间固定一个薄膜样品,使其中一束衍射光垂直穿透薄膜样品,旋转薄膜样品使入射角改变,同时监测第二个光栅的任一衍射光斑相位的变化可测得薄膜的厚度。

5. 一种时间分辨的双光栅干涉仪,包括至少一个光探测器,是由双光栅和一个平面反射镜构成的不等臂干涉仪,其特征在于, a) 在两平行光栅之间放置一个平面反射镜将来自第一个光栅的一束衍射光反射到第二个光栅上;b) 该反射光照射到的光栅区域与来自第一个光栅的另一束衍射光直接照射到第二个光栅上的区域相重合;c) 两光束透过第二个光栅后只产生一套衍射光斑;d) 在两光栅之间固定一个透明样品池,使照射到第二个光栅同一位置的两束光中的一束垂直穿透样品池;向样品池注入待分析的液体或气体试样,通过监测第二个光栅的衍射光相位的变化对试样进行分析。

6. 按照权利要求 1 所述的时间分辨的双光栅干涉仪,其特征在于,由双光栅和双反射镜构成的三波干涉仪,a) 来自第一个光栅的两对称衍射光束经两平行反射镜反射照射到第二个光栅上;b) 两反射光照射到的第二个光栅区域与来自第一个光栅的另一束衍射光直接照射到的第二个光栅上的区域相重合;c) 三光束透过第二个光栅后只产生一套衍射光斑;d) 来自第二个光栅的一束或多束衍射光被探测。

7. 按照权利要求 1 或 2 所述的时间分辨的双光栅干涉仪,其特征在于,利用微机械加工工艺把光栅和反射镜制作在同一基板上组成微小型双光栅干涉仪。

时间分辨的双光栅干涉仪

技术领域

[0001] 本发明涉及时间分辨的双光栅干涉仪,特别是基于双平行光栅的等臂,不等臂和三波叠加的干涉仪。这类干涉仪有一对平行排列的平面光栅,一个或一对平面反射镜,一个或多个光探测器共同组成,它被广泛地应用于信息科学领域,尤其是传感和探测技术中,例如测定温度、液体折射率、溶液或气体浓度以及薄膜光学厚度等,也可以用于生物,化学包括气体的探测领域。

背景技术

[0002] 光学测量仪器具有灵敏度高,抗电磁干扰,安全可靠等优点,在现实生活中有着广泛的应用。在众多的光学测量仪器中,干涉仪是最敏感最精确的测量仪器之一。干涉仪分时间分辨和空间分辨两种类型。现有的光栅干涉仪主要为空间分辨型,用于二维成像,全息光栅的制备,表面形貌和表面压力分析等。例如,1999年 Hershey 和 Leith 利用光栅干涉仪制备了大面积全息光栅 [Robert R.Hershey and Emmett N.Leith, Applied Optics, 29(1990)937-943.]。2005年 Xu 提出了一种双光栅空间干涉技术并利用该技术进行了表面台阶高度的测量 [Yande Xu, Optics Communications, 246(2005)9-14]; 2006年 Lee 等人开发了两种具有高空间分辨率的光栅干涉仪,并利用这两种干涉仪分析了纤维薄片的机械特性 [Jung-Ryul Lee, Jerome Molimard, Alain Vautrin, Yves Surrel, Optics & Laser Technology, 38(2006)51-66]。空间干涉的光栅干涉仪需要利用高分辨率的 CCD 相机来观察和记录干涉条纹的分布和变化。而时间相干是在同一光源形成的光场中,同一地点不同时刻的光之间产生相位差而发生的干涉,据我们所知,除了几种典型的干涉仪如法布里-珀罗干涉仪、迈克耳孙干涉仪、Mach-Zehnder 干涉仪和瑞利干涉仪之外,时间分辨型光栅干涉仪迄今为止尚未见报,

发明内容

[0003] 本发明的目的是公开一种具有时间分辨本领的双光栅干涉仪,并给出三种典型的应用方式,以填补时间分辨型光栅干涉仪缺失的空白。

[0004] 为达到上述目的,本发明的技术解决方案是:

[0005] 本发明中双光栅干涉仪的组成包括:一个能够发射平行光的光源,两个相同或不同周期的平面光栅,两个平面反射镜,一个或多个光强探测器。通常将两平面光栅平行排列,两个反射镜也平行排列并垂直于光栅方向置于两光栅之间。由光源发出的平行光束透过第一个光栅后得到多束衍射光。其中两束对称衍射光 A 和 A' 经反射镜反射到第二个光栅的同一位置,使得两光束透过第二个光栅后只产生一套衍射光斑,每一束衍射光都含有来自光束 A 和 A' 的成分,因此都是时间分辨的相干光束,它们可以产生肉眼能够观察到的干涉条纹,这是空间干涉无法做到的。

[0006] 下文及附图描述了本发明的三种典型结构及其应用方式:

[0007] 图 1、图 2、图 3 分别为本发明具有时间分辨本领的双光栅干涉仪中等臂干涉仪、不

等臂干涉仪、三波干涉仪结构示意图。图中 1 表示平面光栅, 2 表示反射镜, 3 表示光探测器, 4 表示样品池, 5 表示挡板。

[0008] 在图 1 中, 平行光照射到第一个光栅上发生衍射, 将零级衍射光遮挡, 选取 +1 衍射级和 -1 衍射级进行干涉并使其中一束光通过样品池, 之后这两束光在光栅 2 的同一位置发生衍射, 产生了多束时间相干的光束, 为了得到更明显和均匀的干涉强度分布, 我们通常探测零级衍射光的光强变化。如果将样品池内放入液体, 随着液体折射率的改变, 相干光的相位差随时间的变化可以从探测器中得到。图 2 是不等臂情况下第一个光栅的 0 级和 1 级衍射光经过第二个光栅后发生干涉, 图 3 是第一个光栅的 0 级和 ± 1 级三束衍射光经过第二个光栅后进行干涉, 其基本原理与图 1 的情况相同, 可以根据具体的实验目的或需求以及将要应用的场合进行灵活选择, 发挥出这类双光栅干涉仪更大的潜力, 使它可以应用在更广泛的测量和传感领域。

附图说明

- [0009] 图 1 : 一种双光栅等臂干涉仪结构示意图 ;
- [0010] 图 2 : 一种双光栅不等臂干涉仪结构示意图 ;
- [0011] 图 3 : 一种基于双光栅的三波干涉仪结构示意图 ;
- [0012] 图 4 : 两种不同厚度玻璃片在不同温差时的相位差图 ;
- [0013] 图 5 : 玻璃片旋转时光程差计算示意图 ;
- [0014] 图 6 : (a) 光程差随入射角变化的关系图 ;
- [0015] 图 6 : (b) 理论上干涉光强度与入射角的关系图 ;
- [0016] 图 6 : (c) 实际测量的干涉光强度与入射角的关系图。

具体实施方式

[0017] 实际应用中, 在两平行光栅之间放置一个透明样品池, 并使光束 A 或 A' 中的一束透过样品池, 如果样品池内的物质发生变化, 比如改变样品池内液体的折射率, 那么经过第二个光栅的每一束干涉光的相位差也将因此而改变, 这时若利用光敏元件监测任一束干涉光强度随时间的变化, 就能探测到样品池内的物理或化学变化。

[0018] 下文及附图描述了实际操作过程 :

[0019] 先用一个玻璃片代替样品池, 采用双光栅等臂干涉仪的结构进行实验。固定玻璃片的中心, 然后旋转玻璃片以改变光的入射角, 其实质是改变了两相干光束的光程差, 与改变样品池中待测溶液或气体浓度所达到的目的是相同的。

[0020] 玻璃片的选取考虑到了它受温度影响的因素, 温度的变化会引起玻璃体积和折射率的变化。对于给定的温度变化, 不同厚度的玻璃片其体积和折射率变化的程度不同。

[0021] 图 4 为本发明中两种不同厚度玻璃片在不同温差时的相位图。由于光程

$$\Phi = \frac{2\pi}{\lambda} nd, \text{ 光程差可以表示为 } \Delta\Phi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta nd + \frac{2\pi}{\lambda} n\Delta d,$$

图中给出了两种常用厚度的玻璃片 (1mm 和 100um) 在温度变化时温差与所造成的相位差之间的关系曲线, 显然对于 100um 的玻璃片来说, 相位差受温度变化的影响要小很多, 实验时选取 100um 的玻璃片, 并适当控制温度, 就可以忽略环境温度变化对光程差的影响。可是, 从另一方面考虑, 如果采用 1mm 的玻

璃片作为样品,可以对温度进行精确测量。

[0022] 图 5 为本发明中 100um 玻璃片旋转时光程差计算示意图。图中,玻璃片厚度为 d ,入射角为 θ , l 为两光栅之间一段任意的传播距离(最终光程差的结果与 l 无关), l_2 是光在玻璃片中行走的距离,从图中关系能够得出:

$$[0023] \quad l_2 = \frac{d}{\cos[\arcsin(\frac{\sin \theta}{n})]}$$

$$[0024] \quad l_1 = l_2 \cos[\theta - \arcsin(\frac{\sin \theta}{n})]$$

$$[0025] \quad \Delta\Phi = \frac{2\pi}{\lambda} \{[(l-l_1)+nl_2]-[(l-d)+nd]\} = \frac{2\pi}{\lambda} [d-l_1+n(l_2-d)]$$

[0026] 根据上面的式子,可以得到光程差和探测光强相对于入射角变化的理论曲线。实验中,将玻璃片固定在旋转的测角仪上,然后用光探测器纪录干涉光强度随时间的变化,整理后可得到实验测量的曲线,从附图可以看出实验测量值与理论值符合的很好。

[0027] 图 6a 是光程差随入射角变化的关系图,图 6b 是理论上干涉光强度与入射角的关系图;图 6c 是实际测量的干涉光强度与入射角的关系图。

[0028] 如果将玻璃片换成装有液体的样品池,通过改变液体的折射率相信可以获得同样成功的实验结果,具体的操作正在进一步研究中。这类时间相干的双光栅干涉仪具有很高的灵敏度,随着 MEMS (Micro-electrical-mechanical system) 技术的发展,我们考虑将来把这类双光栅干涉仪制作在同一硅片上来代替分立的元件。因此时间分辨型的双光栅干涉仪在传感和探测技术方面有很大的潜力,可以在物理,生物,化学等领域得到广泛的应用。

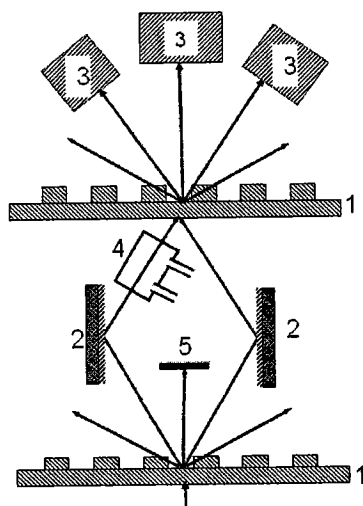


图 1

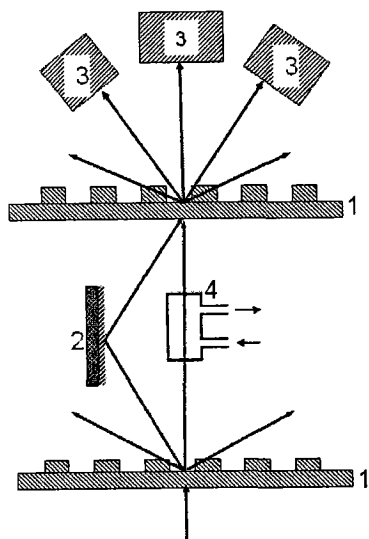


图 2

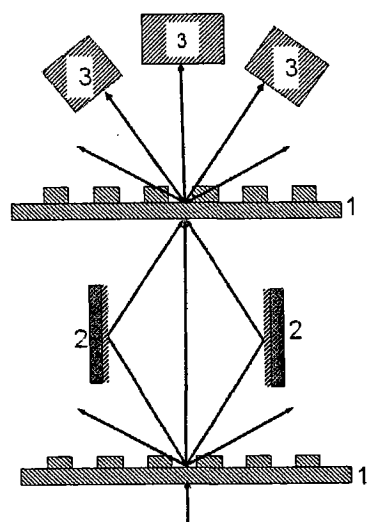


图 3

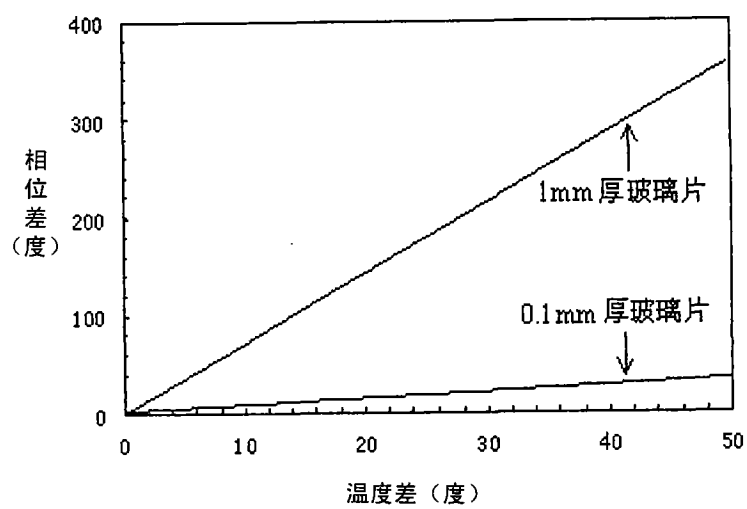


图 4

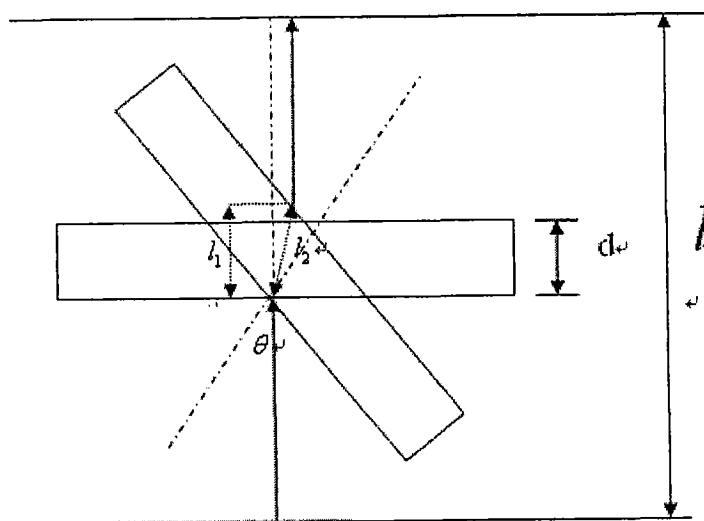


图 5

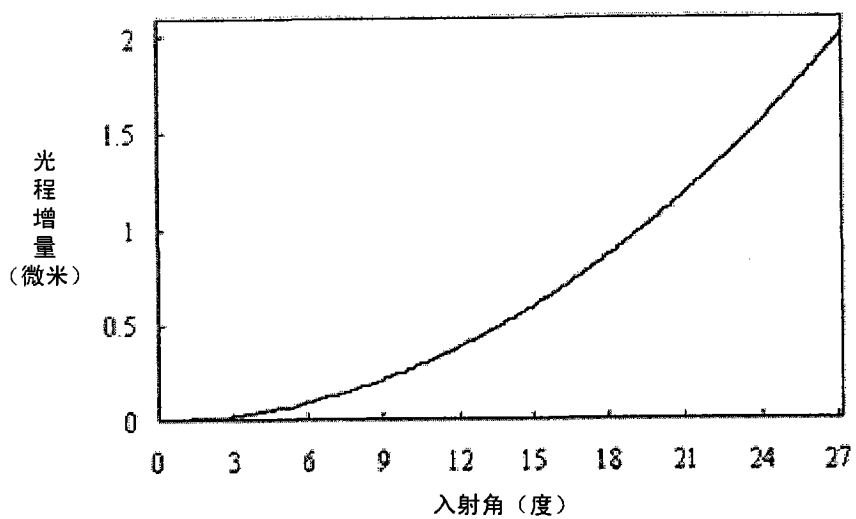


图 6 (a)

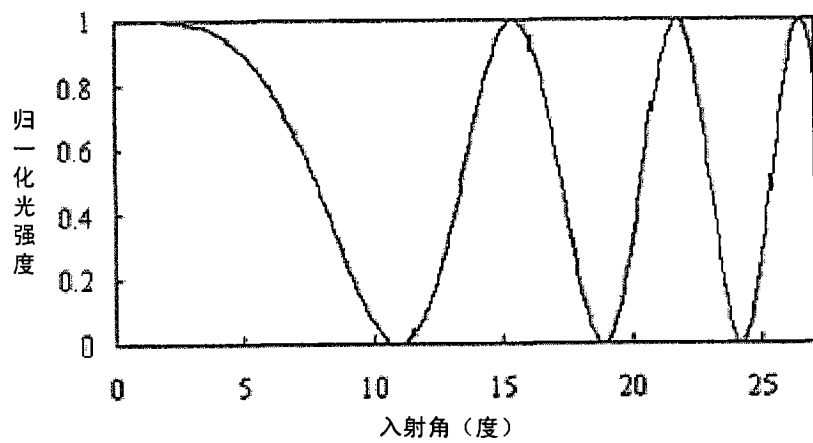


图 6 (b)

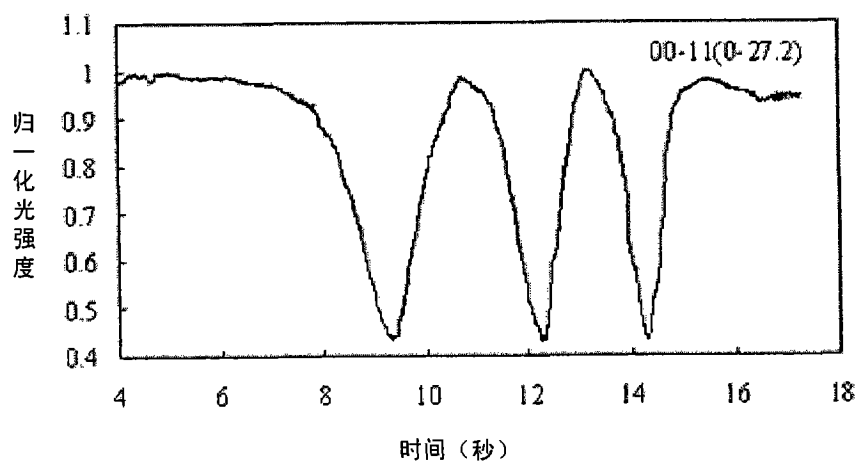


图 6 (c)