

文章编号: 1001-3806(2003)05-0407-02

干涉法测量晶体的折射率

郝殿中 吴福全 孔伟金

(曲阜师范大学激光研究所, 曲阜, 273165)

摘要: 基于迈克尔逊干涉仪的原理, 提出了一种测量晶体折射率的理论及实验方法; 在旋转角度不大的情况下, 推导出了理论计算公式。利用 CCD 传感器和微处理器的结合建立了一套测试系统, 该系统利用条纹评估软件提高了测试精度。

关键词: 折射率; 干涉; CCD; 晶体

中图分类号: O432.2 **文献标识码:** A

Measurement of refractive index of crystals with interferometry

Hao Dianzhong, Wu Fuquan, Kong Weijin

(Institute of Laser Research, Qufu Normal University, Qufu, 273165)

Abstract: Based on the theory of Michelson's interferometer, a new method is used to measure the index of crystals. The theoretical formula is obtained under the condition that the rotating angle is small. Combined with CCD and microprocessor, the measurement precision is improved a lot.

Key words: refractive index; interference; CCD; crystal

引言

测量晶体的折射率有多种方法, 常用的有最小偏向角和阿贝折射仪法。每种方法都受一定条件的限制。最小偏向角法虽然测量精度高(一般能测到 5 位有效数字)^[1~3], 但对晶体样品的要求较高, 需将样品加工成三棱镜, 顶角的塔差要足够小, 其中两平面的平面度要求较高, 这对某些材料来说代价昂贵。阿贝折射仪一般能测到 4 位数字, 但要求样品的折射率不得大于 1.7, 因而对某些样品不能使用。现在设计一套干涉装置测量样品的折射率, 经推算, 按设计要求, 可使测量精度同其它仪器相近, 对样品的折射率不受限制, 样品加工方便, 材料的损失较小。

1 原理及光路设计

该实验装置的构建基于迈克尔逊干涉仪测量折射率。由于样品为单轴晶体, 故用于干涉的两束相干光束必须是线偏振光, 因而在光路中应加一个起偏器 P, 产生线偏振光。如图 1 所示。入射线偏振

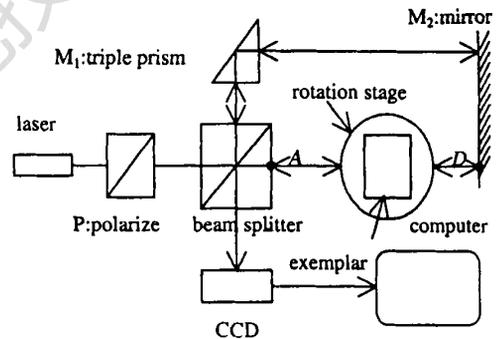


Fig. 1 Experimental system

光束经过分束镜分束, 在其中一臂上放入样品(样品放在转动测角仪上), 转动样品, 即可通过 CCD 在计算机上借助条纹分析软件计算出条纹的移动数目^[2,4~6]。

为便于分析, 将样品臂光路单独画出, 如图 2,

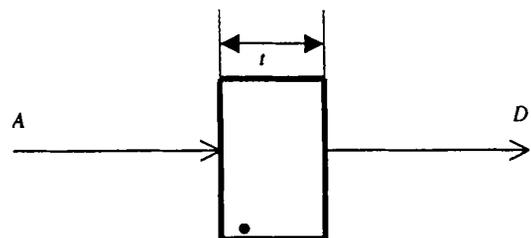


Fig. 2 Beam incident the prism at 90° (before rotatory)
—represent optic axis vertical direction

作者简介: 郝殿中, 男, 1963 年 11 月出生。工学学士, 讲师。主要从事薄膜光学及光电测试方面的研究工作。

收稿日期: 2002-12-12; 收到修改稿日期: 2003-02-10

图 3 所示。

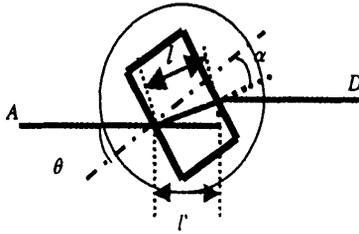


Fig. 3 Beam incident at prism at angle(after ratory)

当偏振光垂直镜面入射时,样品臂 A, D 之间的总光程为:

$$L_C = L + (n - 1)t \quad (1)$$

式中, L 为 A, D 间空气中的光程, t 为样品的厚度, 样品转动后, 设转角为 θ , A, D 间的光程为:

$$L_C = L + (n - 1)l \quad (2)$$

式中, L 为转动后空气中的光程, 由图可知, 若 $l > t$, 则 $L = L - (l - t)$, 若 $l < t$, 则 $L = L + (t - l)$, 所以不论 $t > l$ 还是 $t < l$, 都有 $L = L + (t - l)$ 。倾斜入射时, o 光和 e 光满足斯涅尔定律。下面对 l 及 l' 的推导是普遍适用的。考虑到斯涅尔

定律: $\sin \theta = n \sin \theta'$, 有: $l = \frac{t}{\cos \theta} = \frac{t}{\sqrt{1 - \sin^2 \theta}} = \frac{t}{\sqrt{1 - (n \sin \theta')^2}} = \frac{nt}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta'}}$, $l' = l \cos(\theta - \theta') = l(\cos \theta \cos \theta' + \sin \theta \sin \theta') = l(\cos \theta \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta'} + \sin \theta \sin \theta')$ 。样品转动前、后光程改变:

$$L_C = 2(L_C - L_C) = 2\{L + (t - l) + (n - 1)l - [L + (n - 1)t]\} = 2\{t - l + (n - 1)l - (n - 1)t\} \quad (3)$$

将 l, l' 的表达式代入 (3) 式得 (在旋转角度不大的情况下, 视 $l - (n/\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}) = 0$):

$$L_C = 2[\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta} - \cos \theta - (n - 1)] \quad (4)$$

设 K 为转动时观察到的条纹移动数目, 则 $L_C = K\lambda$, 整理得:

$$n = \frac{2t^2(\cos \theta - 1) - K\lambda t(\cos \theta - 1) - (K^2 \lambda^2 / 4)}{K\lambda t - 2t^2(1 - \cos \theta)} \quad (5)$$

(5) 式即为求 n 的计算表达式, 可精确到分, t 可精确到 $10\mu\text{m}$, 可测到几个纳米。

只要利用相应的条纹分析软件提高 K 的精度, 就可提高 n 的精度。

2 结 论

(1) 造成测量误差的主要原因在于样品的两通光面不能严格平行。(2) 要选择适宜的分束镜, 使两束相干光束的光强近似相等。(3) 该设计的局限是仅可用于可见光区。(4) 该设计是在晶体旋转角度不大的条件下进行, 旋转角度较大时, 会带来较大的误差。

参 考 文 献

- [1] 潘笃武, 贾玉润, 陈善华编. 光学(上册). 上海: 复旦大学出版社, 1997: 108 ~ 112.
- [2] 潘笃武, 贾玉润, 陈善华编. 光学(下册). 上海: 复旦大学出版社, 1997: 116 ~ 133.
- [3] 李景镇. 光学手册. 西安: 陕西科学技术出版社, 1986: 1263 ~ 1265.
- [4] 尚世铤, 袁树忠, 吕福云 *et al.* 近代物理实验技术(). 北京: 高等教育出版社, 1993: 112 ~ 135.
- [5] 蔡司远东有限公司技术服务组著. 卡尔蔡司光学静态动态测量干涉条纹评估软件 FRINGE DMI 系统的使用手册. 香港: 蔡司远东有限公司, 1998: 5 ~ 180.
- [6] 金国藩, 李景镇. 激光测量学. 北京: 科学技术出版社, 1998: 211 ~ 219.

请向邮局订阅 2004 年度《激光技术》

国内统一刊号: CN51-1125 TN, 邮发代号: 62-74