

文章编号: 1001-3806(2003)02-0124-02

石英晶体光轴方向厚度的光学测量研究

封太忠 吴福全 李国华

(曲阜师范大学激光研究所, 曲阜, 273165)

摘要: 给出了一种精确测量石英晶体光轴方向厚度的光学测量方法, 其测量精度可以达到 0.002mm。

关键词: 旋光率; 石英晶体; 旋光特性

中图分类号: O436.3 文献标识码: A

Optical measurement of the thickness along the quartz crystal axis

Feng Taizhong, Wu Fuquan, Li Guohua

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

Abstract: In the paper, an accurate optical method to measure thickness along the quartz optical axis is put forward, with which the measurement accuracy can get up to 0.002mm.

Key words: optical rotating ration; quartz crystal; optical rotating characteristic

引 言

由于石英晶体器件在实际应用中常常需要知道其光轴方向的厚度, 但是普通的测量手段, 由于测量仪器(如千分尺等)要与石英晶体器件的光学表面直接接触, 这必然对其光学表面造成不必要的损伤, 而影响器件的正常使用。为此, 笔者应用石英器件的旋光特性, 给出了一种石英晶体光轴方向厚度的光学测量方法。这种方法简便易行, 且测量精度高, 是一种具有实用价值的测量方法。

1 测量原理

设待测的石英晶体器件及其光路如图 1 所示, 器件的晶体光轴垂直于通光端面, 对于垂直入射的线偏振光, 它起旋光器的作用, 其米勒矩阵^[1]为:

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos 2\phi & -\sin 2\phi & 0 \\ 0 & \sin 2\phi & -\cos 2\phi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

若入射光为电矢量的振动方向与(实验室坐标) x 轴成 ϕ 角的单色线偏振光, 则其斯托克斯矢量为:

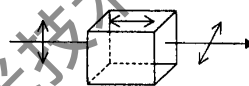


Fig. 1 Measuring principle

$$S_{in} = \begin{bmatrix} 1 \\ \cos 2\phi \\ \sin 2\phi \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

那么出射光的斯托克斯矢量为:

$$S_{out} = M \cdot S_{in} = \begin{bmatrix} 1 \\ \cos 2(\phi + \phi) \\ \sin 2(\phi + \phi) \\ 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

(3) 式表明: 单色线偏振光通过如图 1 所示的石英晶体器件后, 仍为线偏振光, 只是电矢量的振动方向相对于入射光旋转了一 ϕ 角。旋转角 ϕ 可由下式给出^[2]:

$$\phi = d \quad (4)$$

式中, d 为石英晶体器件的厚度, 单位为 mm; 是石英晶体的旋光系数, 它是光波长的函数:

$$= \frac{9.5639}{\lambda^2 - 0.0137493} - \frac{1.3003}{\lambda^2 - 0.000974} - 0.1905 \quad (5)$$

式中, λ 是光波长, 单位为 μm 。由 (4) 式, (5) 式可知, 由于测试使用的是单色线偏振光, 其旋光系数是常数。当单色线偏振光通过待测石英晶体器件后, 只要测出其电矢量振动方向的旋转角度, 由 (4) 式便可计算出石英晶体光轴方向的厚度。

2 测量装置及方法

(1) 测量装置

作者简介: 封太忠, 男, 1971 年 11 月出生。助理实验师。现从事激光偏光技术的研究。

收稿日期: 2001-12-10

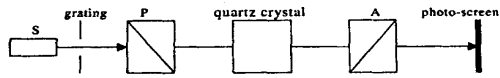


Fig. 2 Measuring installation

如图 2 所示,其中光源 S 采用波长为 632.8nm 的 He-Ne 激光;P 为起偏镜;A 为检偏镜,放在一可绕光线轴连续旋转的且带有刻度及微调的旋转支架上,支架的角度可读精度为 1°;待测石英晶体放在起偏镜 P 及检偏镜 A 之间的平台上。

(2) 测量方法

首先,将起偏镜和检偏镜置于光路中,使光正入射两棱镜。将检偏镜支架上的刻度调为 0,以此作为测量时的基准刻度,调整起偏镜使光屏上的光点消失。其次,将待测石英晶体放在起偏镜、检偏镜之间的平台上,使光正入射于通光端面。放入石英晶体后,光屏上又出现了光点。旋转检偏镜使光屏上的光点消失,记下此时检偏镜旋转支架跟踪的角度,此角度即为线偏振光通过石英晶体后电矢量的振动方向转过的角度 ϕ 。

对于波长为 632.8nm 的氦氖激光,其石英晶体的旋光系数为: $\alpha = 18.6939 \text{ nm}^{-1}$ 。

将石英晶体旋光系数 α 与测量所得到的线偏振光通过石英晶体后电矢量的振动方向转过的角度 ϕ 代入(4)式,即可得到待测石英晶体光轴方向的厚度。

对 5 只不同厚度的石英晶体进行了测量,其测量结果列于表 1。

Table 1 Measurement results of the thickness along the quartz crystal axis

quartz crystal	the optical rotation $\phi / (^\circ)$	thickness of crystal d / mm
1	370.925	19.843
2	172.910	9.250
3	87.502	4.681
4	267.497	14.310
5	267.497	14.310

3 讨论

测试的厚度误差为: $d = \phi / \alpha$ (6)
实验中的旋转角度误差主要在于眼睛的读出误差和对消光时的最小光点的判断误差。后者是由于激光光束并不是绝对的平行光束,故存在着锥光干涉现象,所以并不能完全消光,因而消光时判断最小光点会存在一定的判断误差。经多次验证,旋转角度的读出误差和判断误差均为 1°。由此计算的器件厚度的最大测试误差为 0.0002mm。

经过以上的测量计算和分析可知:利用石英晶体的旋光性进行石英晶体光轴方向厚度的光学测量,不仅不会损伤石英晶体的光学表面,且具有较高的测量精度。可见这是一种简便可行且很有实用价值的精确测量石英晶体光轴方向厚度的光学方法。

参 考 文 献

- [1] 龙槐生,张仲先,谈恒英.光的偏振及其应用.1版,北京:机械工业出版社,1989:260.
- [2] 李国华.光学.1版,济南:山东教育出版社,1990:428.

(上接第 123 页)

恰恰是折射形成的。并且对于长等离子体柱而言,两个离轴边瓣的角分离为 $2\phi_1$ 。

3 结 论

讨论了毛细管放电软 X 射线在圆柱状等离子体中传播与放大的特性,并给出了由等离子体侧面出射光强分布的解析表达式,从表达式可以看出,当等离子体柱增长时,由等离子体柱侧面出射的光线增多,因此,边瓣越明显。当侧漏光线超过由出射端

面出射的光线时,光束束形为环状。代入实验参数,所得结果与 Rocca 小组所得实验结果吻合得相当好,从而验证了理论的合理性,对指导将要进行的实验有着重要的意义。

参 考 文 献

- [1] Rocca J J, Marconi M C, Chilla J L A. IEEE Selected Topics in Quantum Electronics, 1995, 1(3): 945 ~ 948.
- [2] Rocca J J, Clark D P, Chilla J L A. Phys Rev Letts, 1996, 77(8): 1476 ~ 1479.
- [3] Moreno C H, Marconi M C, Shlyaptsev V N. Phys Rev A, 1998, 58: 1509 ~ 1514.
- [4] London R A. Phys Fluids, 1988, 31(1): 184 ~ 191.