

文章编号: 1001-3806(2009)05-0538-03

## 云母波片偏光干涉谱随温度变化的漂移

孔凡美, 李国华\*, 郝殿中, 宋致堂  
(曲阜师范大学 激光研究所, 曲阜 273165)

**摘要:** 为了研究云母波片的偏振参量受温度影响的情况, 测量了不同温度下云母波片的偏光干涉谱。利用岛津 UV-3101PC 分光光度计, 在其样品室中加入温控装置, 改变波片的温度, 对  $80\mu\text{m}$ ,  $227.5\mu\text{m}$ ,  $300\mu\text{m}$  和  $813.5\mu\text{m}$  4 个不同厚度的云母波片进行测量, 结果发现, 当温度升高时, 波片的偏光干涉谱整体向短波长方向发生漂移, 且温度变化越大, 漂移越明显, 这是由波片的厚度和双折射率受温度影响而引起的。结果表明, 漂移的偏光干涉谱对于研究云母波片具有精确、直观、简单的优点, 这为研究云母波片的偏振参量随温度的变化提供了方法。

**关键词:** 晶体光学; 偏光干涉谱; 漂移; 温度

**中图分类号:** O439 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1001-3806.2009.05.027

## Drift of polarization interference spectrum of mica wave-plate varying with temperature

KONG Fan-mei, LI Guo-hua, HAO Dian-zhong, SONG Zhi-tang  
(Institute of Laser Research, Qufu Normal University, Qufu 273165, China)

**Abstract:** In order to measure the variation of polarization parameter of mica wave-plate varying with temperature, the polarization interference spectrum of mica wave-plate at different temperature was measured with Daojing UV-3101PC spectrophotometer, in whose sample chamber, a temperature control device was set up to change the temperature of the wave-plate. After measuring the polarization interference spectrum of four mica wave-plates in  $80\mu\text{m}$ ,  $227.5\mu\text{m}$ ,  $300\mu\text{m}$  and  $813.5\mu\text{m}$  thick respectively, it was found that the spectrum drifted to shorter wavelength. Moreover, the drift was more obvious when the variation of temperature was larger because of the variation of thickness and birefringence of the wave-plate varying with temperature. The drifted polarization interference spectrum is accurate and visual and simple, which offers an effective method for measuring the variation of polarization parameter of mica wave-plate varying with temperature.

**Key words:** crystal optics; polarization interference spectrum; drift; temperature

### 引言

波片作为一种光偏振态调制器件, 广泛地应用于信息技术中。它的偏振参量通常要受外部条件, 如电场、磁场、机械张力、热场、声场等影响而变化, 其中温度是研究器件问题的一个非常重要的参量, 它对波片的光学性质的影响在现代光学技术和信息技术中有着非常重要的意义。但作为制作单级波片的理想双折射材料云母, 因晶片太薄, 极易产生多次反射, 且孔径稍大时面形难以保证, 研究其温度效应的很少<sup>[1-2]</sup>。作者利用分光光度计测得云母波片在不同温度下的偏光干涉谱, 分析其变化, 并从理论上给出了解释。偏光干涉谱对于研究云母波片具有精确、直观、简单的优点, 为研究云母波片

的偏振参量随温度的变化提供了方法, 具有实际意义。

### 1 实验测试系统及方法

测量系统采用日本岛津 UV-3101PC 分光光度计, 在其样品室建立如图 1 所示的温度可调的平行偏光干涉光路。为避免测量光强的绝对值以及消除系统光源

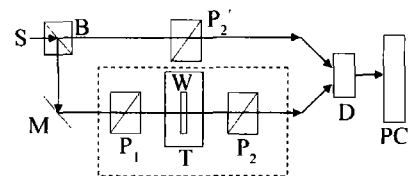


Fig. 1 Schematic diagram of the polarization interference measuring system, S—source; B—beam splitter prism; M—mirror; P—polarizer; W—wave-plate; D—detector; T—temperature controlling apparatus

不稳定性对测量结果的影响, 系统采用双光路形式<sup>[3,4]</sup>如图 1 所示, 其中 S 为入射光源; B 为分束棱镜, 光线一部分由此透射成为参考光, 一部分由此反射成为信号光。信号光由反射镜 M 反射进入偏光干涉系统(虚框部分由两只平行放置的高消光比的偏光棱镜  $P_1$ ,  $P_2$

作者简介: 孔凡美(1980-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为偏振光学和偏光器件的测试。

\* 通讯联系人。E-mail: ghli@163169.net

收稿日期: 2008-07-21; 收到修改稿日期: 2008-12-16

和待测波片 W 组成,为了测量不同温度下的偏光干涉谱,在此光路中加入了温控装置 T,将待测波片放入其中);参考光路中放置了一只与信号光光路中规格性能相同的偏振器 P<sub>2</sub>',使得参考光与信号光具有相同的偏振态,消除了因探测器对入射光的偏振敏感性不同而引起的系统测量误差。信号光与参考光由探测器 D 接收,变成电信号经放大滤波等处理进入计算机信息处理系统 PC 进行数据归一化处理,从而得到波片的偏光干涉谱。

首先在常温 25℃ 下,信号光路中不放入波片时,对两光路的光进行预校准,即进行连续波长扫描时,两光路的光强相等,此时透射率校准为 1。然后把云母波片按图 1 所示放入信号光路中,再进行连续波长扫描。通过温控装置调节波片的温度,即可以得到波片不同温度下的偏光干涉谱。

## 2 测量结果

当波长扫描精度为 0.05nm,实验中测得常温下

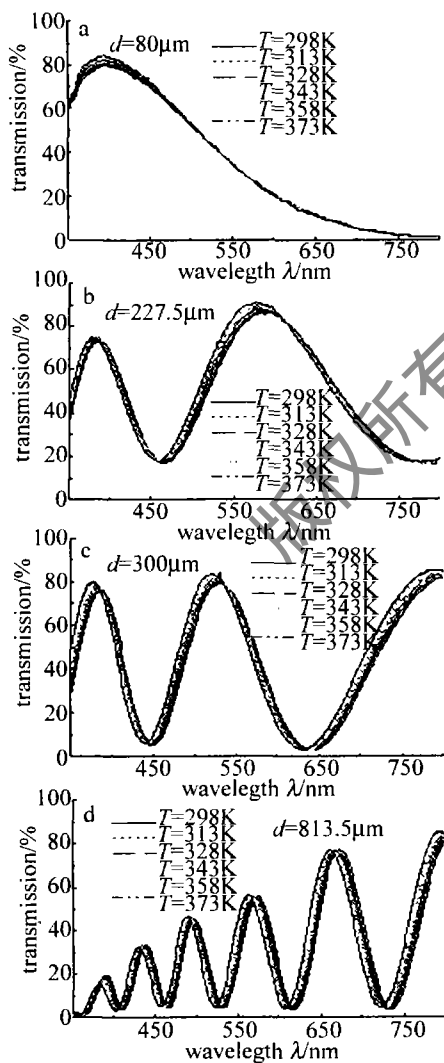


Fig. 2 Experimental polarization interference spectrum of a 300μm thick mica wave-plate at 298K,313K,328K,343K,358K,373K

厚度分别为 80μm,227.5μm,300μm 和 813.5μm 的云母波片在不同温度下的偏光干涉谱如图 2 所示。

由图 2 可以明显看出,当云母波片的温度升高时,波片的偏光干涉谱整体向短波长方向发生漂移,且温度变化越大,漂移越明显。

## 3 理论分析

放置在相互平行的两高消光比偏光棱镜间的云母波片的快慢轴分别沿 x 轴和 y 轴,偏光棱镜的透光轴与 x 轴的夹角为 θ 角,波片的通光面与入射光垂直放置。当进行波长扫描时,三明治结构的透射谱呈明显的正余弦振荡形式,这是由于发生了偏振干涉造成的<sup>[5]</sup>。光强为 I<sub>0</sub>的初始光经过此三明治结构后的出射光强 I 为:

$$I = I_0 \left( 1 - \sin^2 2\theta \sin^2 \frac{\delta}{2} \right) \quad (1)$$

式中,δ 为寻常光 o 光和非寻常光 e 光之间的相位差,由材料双折射率 Δn = |n<sub>o</sub> - n<sub>e</sub>| 和波片的厚度 d 和光波长 λ 决定,即:

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta n d \quad (2)$$

由(1)式和(2)式,当 θ, d 为定值时,输出光强 I 由 Δn 和 λ 决定,当改变波长 λ 时,光强和双折射率 Δn 随之改变。

δ = 2kπ, k = 0, 1, 2, 3, …, 输出光强有极大值,即偏光干涉谱的波峰位置;δ = 2(k + 1)π, k = 0, 1, 2, 3, …, 输出光强有最小值,即偏光干涉谱的波谷位置。

由此可确定极值点对应的波长如下:

$$\lambda_i = \frac{\Delta n_i \cdot d}{k_i}, (\text{极大值时}) \quad (3)$$

$$\lambda_j = \frac{\Delta n_j \cdot d}{k_j + \frac{1}{2}}, (\text{极小值时}) \quad (4)$$

式中, k<sub>i</sub> 为干涉级次, λ<sub>i</sub> 和 λ<sub>j</sub> 为干涉级 k<sub>i</sub> 和其相邻极小干涉级对应的波长。当干涉级 k<sub>i</sub> 一定时,其所对应的波长 λ<sub>i</sub> 和 λ<sub>j</sub> 由 Δn 和 d 决定。

若 Δn 不变,当 d 增大时,由(3)式、(4)式可知,干涉级 k<sub>i</sub> 所对应的 λ<sub>i</sub> 和 λ<sub>j</sub> 增大,即极值点对应的波长增大,偏光干涉谱整体向长波长方向移动;反之, d 减小时,偏光干涉谱向短波长方向移动。

若 d 不变,当 Δn 减小时,由(3)式、(4)式知道,干涉级 k<sub>i</sub> 所对应的 λ<sub>i</sub> 和 λ<sub>j</sub> 减小,即极值点对应的波长减小,偏光干涉谱整体向短波长方向移动;反之, d 增大时,偏光干涉谱向长波长方向移动。

而当云母波片的温度升高时,波片会产生热膨胀<sup>[6-7]</sup>,厚度 d 增大,偏光干涉谱应该向长波长方向移动;但波片的双折射率随 Δn 温度升高而减小,偏光干

涉谱应该向短波长方向移动。

从图2实验图像知道,随温度的升高4个云母波片的偏光干涉谱都向短波长方向移动,这说明云母晶体双折射率的影响大于厚度的影响,决定了谱线漂移的方向。

#### 4 小 结

通过实验发现,云母波片的偏光干涉谱向短波长方向发生漂移,并从理论上分析了漂移是由波片的厚度和双折射率随温度变化引起的,且双折射率的影响大于厚度的影响。实验中所采用的分光光度计的PC系统可以自动精确采集到不同温度下的偏光干涉谱极值点所对应波长,为研究波片的延迟量<sup>[8]</sup>、厚度<sup>[9]</sup>、双折射率随温度的变化提供了重要的方法。

#### 参 考 文 献

[1] XU Y Q, SONG L K, ZHAO P T, *et al.* Birefringence measurements of muscovite mica with wavelength modulation compensation method [J]. *Laser Technology*, 2006, 30(1): 99-100 (in Chinese).

[2] ZHANG D W, LI G H, SONG L K, *et al.* Study on the polarization interference spectrum of mica quarter wave-plate [J]. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 2002, 22(2): 195-197 (in Chinese).

[3] FENG W W, SONG L K, CHEN L G, *et al.* The study of the relation between circularly polarized light's refractive rate and wavelength [J]. *Laser Technology*, 2004, 28(6): 639-641 (in Chinese).

[4] SONG L K, LI G H, DAI Z X, *et al.* Continuous birefringence measurement in 0.29 to 2.5  $\mu\text{m}$  range by polarization interfering [J]. *Journal of Optoelectronics · Laser*, 1996, 7(6): 356-360 (in Chinese).

[5] LIAO Y B. *Polarizing optics* [M]. Beijing: Science Press, 2003: 100-102 (in Chinese).

[6] SONG L K, LI G H, DAI Z X, *et al.* Effect of temperature on phase delay of wave-plates [J]. *Journal of Optoelectronics · Laser*, 1997, 8(6): 454-457 (in Chinese).

[7] EL-BAHRAWI M S, NAGIB N N, KHODIER S A, *et al.* Birefringence of muscovite mica [J]. *Optics & Laser Technology*, 1998, 30(6): 411-415.

[8] NAGIB N N, KHALIL M S, KHODIER S A. Spectrophotometric calibration of a quarter wave-plate [J]. *Optics & Laser Technology*, 1999, 31(5): 359-362.

[9] FENG W W, LIN L H, CHEN L G, *et al.* A spectroscopic method for determining thickness of quartz wave-plate [J]. *Chinese Optics Letters*, 2006, 4(12): 705-708.

(上接第537页)

#### 参 考 文 献

[1] SIENGMAN A E. Propagating modes in gain-guided optical fibers [J]. *J O S A*, 2003, A20(8): 1617-1628.

[2] SIENGMAN A E, CHEN Y. Confined propagation and near single-mode laser oscillation in a gain-guided, index antiguided optical fiber [J]. *A P L*, 2006, 89(25): 1101.

[3] CHEN Y, McCOMB T, SUDESH V, *et al.* Very large-core, single-mode, gain-guided, index antiguided fiber lasers [J]. *Opt Lett*, 2007, 32(17): 2505.

[4] CHEN Y, SUDESH V, McCOMB T, *et al.* Lasing in a gain-guided index antiguided fiber [J]. *J O S A*, 2007, B24(8): 1683.

[5] XIE W, XIONG C D, WANG X G. Single-mode parabolic gain-guiding optical fibers with core diameter up to 200  $\mu\text{m}$  [J]. *International Journal of Infrared and Miliwave*, 2008, 29(4): 406-415.

[6] SUDESH V, McCOMB T, CHEN Y, *et al.* Diode-pumped 200  $\mu\text{m}$  diameter core, gain-guided, index-antiguided single mode laser [J]. *Appl Phys*, 2008, B90(3/4): 369-372.

[7] SIENGMAN A E. Gain-guided, index- antiguided fiber lasers [J]. *J O S A*, 2007, B24(8): 1667.

[8] WANG X G, XIONG C D, XIE W. Field deformation and loss by curvature in gain guided and index anti-guided fibers [J]. *Opt Commun*,

2008, 281(18): 4626-4630.

[9] GEORGES T, DELEVAQUE E. Analytic modeling of high-gain erbium-doped fiber amplifiers [J]. *Opt Lett*, 1992, 17(16): 1113-1115.

[10] COIC H, LECONTE F, GLEYZE J F, *et al.* Analytic modeling of three level fibered amplifiers [J]. *Proc SPIE*, 2003, 4990: 11-21.

[11] COIC H. Analytic modeling of high-gain ytterbium-doped fibre amplifiers [J]. *J Opt*, 2002, A4(2): 120-129.

[12] GILES C R, DESURVIRE E. Propagation of signal and noise in concatenated erbium-doped fiber optical amplifier [J]. *Journal of Light-wave Technology*, 1994, 9(2): 147-153.

[13] JARABO S, REBOLLEDO M A. Analytic modeling of erbium-doped fiber amplifiers on the basis of intensity dependent overlapping factors [J]. *Appl Opt*, 1995, 34(27): 6158-6163.

[14] REBOLLEDO M A, JARABO S. Erbium-doped silica fiber modeling with overlapping factors [J]. *Appl Opt*, 1994, 33(24): 5585-5593.

[15] LIU Sh J, LU A X, TANG X D, *et al.* Spectral properties of Yb<sup>3+</sup>-doped silicate and phosphate laser glass [J]. *Journal of Central South University*, 2006, 37(3): 433-437 (in Chinese).

[16] ZENG B, GUAN Zh G, LÜ J W, *et al.* Study on the spectral properties of erbium ytterbium co-doped bismuth phosphate glass [J]. *Laser Technology*, 2007, 31(4): 348-350 (in Chinese).