

## 光斜入射时波片延迟量的变化

苏美开

杨振华

(曲阜师范大学激光研究所, 曲阜) (山东省邮电学校, 济南)

**摘要:** 本文定量讨论了当入射光与波片法线方向有一微小夹角时其延迟量的变化, 并为实验所证实。

## Change of phase retardation when light passes obliquely through a wave plate

Su Meikai

(Laser Institute, Qufu Normal University)

Yang Zhenhua

(Post and Telecommunication School of Shandong)

**Abstract:** In this paper, change of phase retardation of light is discussed, when it passes through a wave plate with tiny incident angle. The result is proved by the experiment.

## 一、引 言

波片是激光技术领域中的重要器件, 其延迟量的大小表示为<sup>[1]</sup>

$$m\lambda = d(n_e - n_o) \quad (1)$$

式中,  $d$ 是波片的厚度;  $n_e$ 和 $n_o$ 分别是非寻常光(e光)和寻常光(o光)的折射率;  $\lambda$ 是光波波长;  $m$ 是延迟量的表征常数;  $m=1/4$ 时叫 $\lambda/4$ 波片;  $m=1/2$ 时叫 $\lambda/2$ 波片; 等等。

(1)式表示的是光垂直入射的情况, 当光斜入射时, 在实际应用中发现, 波片的延迟量随入射角变化而发生改变, 本文导出了这种变化关系, 并被实验所证实。

## 二、推 导

建立图1所示的直角坐标系,  $Z$ 轴表示波片表面的法线方向,  $Y$ 轴表示其光轴方向, 入射光线 $AO$ 与 $Z$ 轴成 $\theta$ 的微小角度, 且与直线 $l$ 垂直, 已知 $l$ 在波片表面内且与 $Y$ 轴成 $\alpha$ 角。

由空间解析几何的简单知识可以推得光线 $AO$ 与光轴 $Y$ 的夹角 $\beta$ 满足

$$\cos\beta = \sin\theta\sin\alpha \quad (2)$$

这时, e光的折射率不再是 $n_e$ , 而是<sup>[2]</sup>

$$n_e' = n_e n_o (n_o^2 \sin^2\beta + n_e^2 \cos^2\beta)^{-\frac{1}{2}} \quad (3)$$

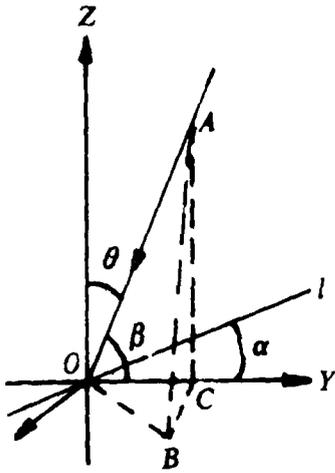


图 1

(2) 式代入 (3) 式, 由于  $\theta$  很小, 略去高次项可化为

$$n_o' = n_o [1 - (n_o^2 - n_e^2) \theta^2 \sin^2 \alpha / 2n_o^2] \quad (4)$$

同时, 光线在波片中通过的距离不再是  $d$ , 而是

$$d' = d / \cos \theta' \quad (5)$$

式中,  $\theta'$  为 o 光或 e 光的折射角, 因为  $\theta$  很小, 所以视 o 光和 e 光在波片中不分开。由 Snell 定律可近似求得

$$\theta' = \theta / n \quad (6)$$

这里取  $n = (n_o n_e)^{1/2}$  (7)

(6) 式代入 (5) 式并取近似, 得

$$d' = d (1 + \theta^2 / 2n^2) \quad (8)$$

于是 (1) 式变为

$$(m\lambda)_{\theta, \alpha} = d' (n_o' - n_e) \quad (9)$$

将 (4) 式、(8) 式代入 (9) 式并化简得

$$(m\lambda)_{\theta, \alpha} = d (n_o - n_e) [1 + \theta^2 / 2n^2 - (n_o + n_e) \theta^2 \sin^2 \alpha / 2n_o^2] \quad (10)$$

由 (10) 式及 (1) 式可求得  $m$  的变化为

$$(\Delta m)_{\theta, \alpha} = m [1 / 2n^2 - (n_o + n_e) \sin^2 \alpha / 2n_o^2] \theta^2 \quad (11)$$

延迟量的变化是  $\Delta m \times 360^\circ$ 。

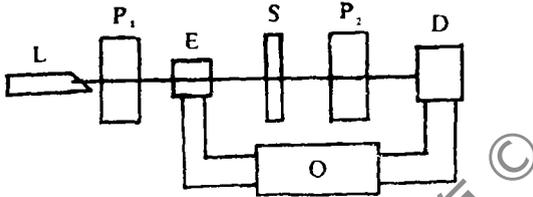


图 2

- L—He-Ne 激光器
- P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>—偏光镜
- E—电光晶体
- S—样品
- D—光电探测器
- O—电压信号显示仪

### 三、实验测量

采用测量精度较高的电光调制补偿法<sup>[3]</sup>进行测量, 光路如图 2 所示。P<sub>1</sub> 和 P<sub>2</sub> 的透光方向正交固定不动, 样品 S 装在三维旋转的转台上。让  $\alpha$  分别为  $0^\circ$  和  $90^\circ$ , 改变不同角度  $\theta$ , 由 O 可以读出补偿的电压值  $V$ , 再按公式

$$\delta = 180^\circ V / V_\pi \quad (12)$$

计算成延迟量。式中  $V_\pi$  是电光晶体 E 的半波电压。

图 3 是一个“多级”石英  $\lambda/4$  波片 ( $m = 2\frac{1}{4}$ ) 的测量结果, 用  $\times$  表示。图中实线是根据 (11) 式计算的结果, 这里取  $n_o = 1.544$ ,  $n_e = 1.553$ <sup>[4]</sup>。可见实验和理论基本相符。

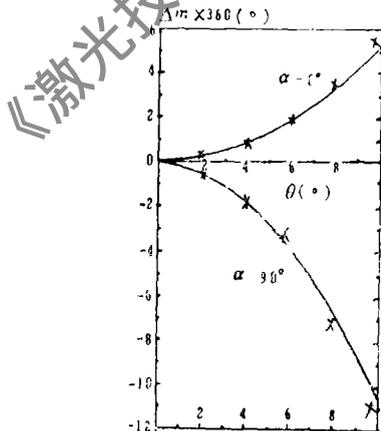


图 3 波片的延迟量随入射角的变化关系

### 四、结 论

从 (11) 式和实验结果可得如下结论:

1. 在垂直入射的情况下, 将波片绕光轴方向 ( $\alpha=0^\circ$ ) 做微小转动, 其延迟量将增加; 绕垂直光轴方向 ( $\alpha=90^\circ$ ) 做微小转动时, 其延迟量将减少 (对  $n_o > n_e$  的情况会得出同样的结论)。

2. 总可以找到一个方向 ( $\alpha=\alpha_c$ ), 当波片绕该方向转动时, 其延迟量不变。由 (11) 式可求出这个方向与光轴  $Y$  的夹角为

$$\sin\alpha_c = \pm n_o / n \sqrt{n_o + n_e} \quad (13)$$

3. 在实验室中很难找到非常精确的  $\lambda/4$ 、 $\lambda/2$  波片, 因此可根据上述结论, 把它在光路中做微小的转动就可得以补偿, 但转动的角度一般不得超过  $10^\circ$ 。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] 李景镇主编, 光学手册。西安: 陕西科学技术出版社, 1986: 562  
 [ 2 ]、[ 3 ] 蒋民华, 晶体物理。济南: 山东科学技术出版社, 1980: 232~379  
 [ 4 ] Driscoll Walter G, William Vaughan, Handbook of Optics. New York, 1978: 10~106

作者简介: 苏美开, 男, 1964年10月出生。硕士研究生。从事激光偏光技术与偏光器件的研究工作。

收稿日期: 1990年1月8日。

· 简 讯 ·

### CO<sub>2</sub> 激光治疗鼻科疾病1539例疗效分析

据河南省禹州市城关医院刘书平和总后勤部第一职工医院林有光报导, 1986年以来, 他们应用CO<sub>2</sub>激光治疗鼻科疾病2400余例, 主要选择了单纯性鼻炎、肥厚性鼻炎、鼻息肉、过敏性鼻炎等疾病, 经治疗有随访记录的1539例进行分析, 全愈1390例, 好转104例, 无效45例, 有效率达97%。所用CO<sub>2</sub>激光治疗机是长春光电厂产品, 功率30W可调, 光斑直径1.0~1.2 mm。采用激光治疗手术简便, 不损伤周围组织, 反应轻, 痛苦少, 效果好, 复发率低, 证明在鼻科中应用有广阔发展前景。

(刘书平 供稿)

### 连续波CO<sub>2</sub> 激光切割机

激光应用有限公司的Rfe-40i工业连续波CO<sub>2</sub>激光切割机系统适合于需要高切割精度、低强度的所有应用。这种系统包括激光器、电源和带TTL/CMOS逻辑控制的电子控制组件。这个组件可借助于个人计算机进行远程操作。

译自L&O, 1990, Aug., 74

张贤义 译 刘建卿 校