



## 硒化锌(ZnSe)红外激光位相推迟器

蔡邦维 吕百达

(四川大学光电科学技术系, 610064)

### A ZnSe phase retarder

Cai Bangwei, Liu Baida

(Department of Optoelectronic Scientific Technology Sichuan University, Chengdu)

**Abstract:** A ZnSe phase retarder is developed, which can convert linearly polarized CO<sub>2</sub> laser light into circularly polarized light by using pile-of-plates as polarization analyzer. This element has the features of non-deliqation, laser damage threshold being greater than 40MW/cm<sup>2</sup>, long lifetime, and high conversion efficiency in the wavelength range between 0.60~14μm. It has been used in high-power laser systems.

**Key words:** phase shifter, pile-of plates polarizer

能改变激光束偏振状态、抗光损力强、透射率高、不潮解,实用的CO<sub>2</sub>激光光波位相推迟器即1/4波片,对改善和提高强激光系统的传输效率、激光加工技术、受激仲氢 Raman 16μm 激光系统,单天线激光雷达,相干激光探测系统和光学相位共轭等一系列研究中都有重要的应用价值,是红外激光应用技术中急待要求解决的重要器件<sup>[1~3]</sup>。

[4]报道的KBr单晶菲涅尔棱体型光波位相推迟器,其缺点是易潮解、使用环境要求苛刻。在原工作的基础上,我们选取多晶ZnSe材料,采用专门工艺方法研制成功的反射式红外激光1/4波片,抗CO<sub>2</sub>激光光损能力强,永不潮解,适用波段宽阔,因此,更具有实用性。

### 一、设计原理

根据光的电磁理论,当线偏振光以大于全反射临界角 $Q_i$ 射入晶体棱镜后,会在折射率为 $n_1$ 的晶体和空气( $n_2=1$ )界面上发生全内反射,反射光的水平偏振 $P$ 分量及垂直偏振 $S$ 分量的反射系数分别为

$$r_s = \frac{\cos\theta_i - i\sqrt{\sin^2\theta_i - n^2}}{\cos\theta_i + i\sqrt{\sin^2\theta_i - n^2}} \quad (1)$$

$$r_p = \frac{n^2\cos\theta_i - i\sqrt{\sin^2\theta_i - n^2}}{n^2\cos\theta_i + i\sqrt{\sin^2\theta_i - n^2}} \quad (2)$$

式中, $n=n_2/n_1$ ,且 $n_2 < n_1$ 。据尤拉公式(1)、(2)可表为

$$r_s = e^{i\delta_s} \quad (3)$$

$$r_p = e^{i\delta_p} \quad (4)$$

相位角  $\delta_s$  和  $\delta_p$  为反射时的位相变化, 由(1)~(4)可得  $s$  分量和  $p$  分量的位相跃变为

$$\operatorname{tg} \frac{\delta_s}{2} = - \frac{\sqrt{\sin^2 \theta_i - n^2}}{\cos \theta_i} \quad (5)$$

$$\operatorname{tg} \frac{\delta_p}{2} = - \frac{\sqrt{\sin^2 \theta_i - n^2}}{n^2 \cos \theta_i} \quad (6)$$

由此推得反射光中  $s$  和  $p$  波的位相差:

$$\operatorname{tg} \frac{\delta}{2} = \operatorname{tg} \frac{\delta_s - \delta_p}{2} = \frac{\cos \theta_i \sqrt{\sin^2 \theta_i - n^2}}{\sin^2 \theta_i} \quad (7)$$

$$\delta = \delta_s - \delta_p = 2 \operatorname{tg}^{-1} \left( \frac{\cos \theta_i \sqrt{\sin^2 \theta_i - n^2}}{\sin^2 \theta_i} \right)$$

当  $\delta = \pi/2$  时,  $s$  和  $p$  波合成的结果, 反射光为一标准椭圆:

$$E_p^2/a_1^2 + E_s^2/a_2^2 = 1 \quad (8)$$

$a_1$ 、 $a_2$  分别表示椭圆的长半轴和短半轴。若入射线偏振光的振动方向与入射面交角为  $\phi$ , 由几何关系得

$$\operatorname{tg} \phi = a_2/a_1,$$

当  $\phi = 45^\circ$  时,  $a_1 = a_2$ 。反射光波合成为圆偏振光:

$$E_p^2 + E_s^2 = a^2$$

由(7)式推知, 选用材料的折射率愈大, 相位差  $\delta$  愈大, 欲得圆偏振光所需的反射次数愈少。ZnSe 多晶体在  $\text{CO}_2$

激光波长范围内  $n_1 = 2.41$ , 由(7)式求得 ZnSe 等腰棱镜位相推迟器的两底角  $Q_i = 32^\circ 52'$ , 顶角为  $114^\circ 16'$ , 该值与国外<sup>[1]</sup>报道的结果完全吻合。其余几何尺寸由入射  $\text{CO}_2$  激光光束的直径确定。研制的实物照片如图 1 所示。

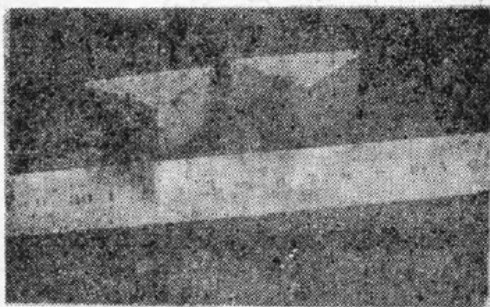


图 1 ZnSe 棱镜光波位相推迟器

## 二、实验结果

1. 用图 2 所示的装置对研制的硒化锌棱镜位相推迟器的偏振特性进行了测量。为了稳定光源的输出功率, 全外腔  $\text{CO}_2$  激光器 2 用  $\text{CO}_2$  激光稳流电源供电; 检偏器 7 是自制的 ZnSe 合板检偏器, 其结构为在特制的两布氏角管上各粘了二片 ZnSe 平行平面镜, 并能在支架上绕光轴平稳地任意旋转, 透射光的偏振度为 99.3%;  $\text{CO}_2$  激光束经机械斩波器 5 调制后由  $\text{LiTaO}_3$  热释电探测器探测, 结果用 9503D-SO 型锁相放大器指示; 用 He-Ne 激光器 1 同轴调整实验光路。

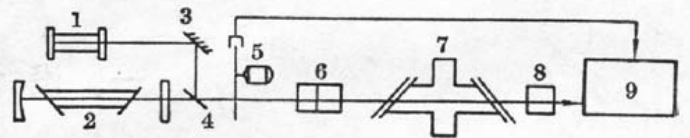


图 2 测量偏振特性的实验装置

检测的程序是先不要把被测棱镜 6 置于光路中, 转动 ZnSe 合板检偏器 7, 锁相放大器 9 数字显示读数在 0~最大值之间变化, 证明  $\text{CO}_2$  输出为线偏振激光。然后, 将棱镜位相推迟器放置到光路中测量, 旋转检偏器, 锁相放大器读数指示透射光强在不显著的极大值~极小值之间变化, 但不为零, 表明出射棱镜的红外激光是椭圆偏振光。再将  $\text{CO}_2$  放电管绕轴线转  $45^\circ$  角, 即出射的激光偏振方向与被检棱镜入射面的夹角  $\phi$  为  $45^\circ$ , 此时反复旋转检偏器 7, 锁相放大器指示值不再发生变化, 确证 ZnSe 棱镜位相推迟器出射激光为圆偏振光, 实验结果

与理论分析完全一致。经测试出射  $\text{CO}_2$  激光功率与入射  $\text{CO}_2$  激光功率之比即转换效率为 85%，表明我们的制备工艺也是可行的。

2. 用能量 1.5 J、脉冲宽度 70 ns、峰值功率达  $42.5 \text{ MW/cm}^2$  的 TEA  $\text{CO}_2$  激光射入 ZnSe 推迟器作实验，使用三年，经几千次脉冲工作后，该器件仍完好无损。

3. 将位相推迟器应用于受激氢 Raman 散射  $16 \mu\text{m}$  激光系统中，使泵浦光转换为圆偏振光泵浦仲氢，达到了增加散射截面、提高 Raman 增益系数、降低阈值的效果，从而克服了大功率泵浦光对光学元件破坏的难题。

### 三、结 论

1. 我们研制的 ZnSe 棱镜位相推迟器能使入射的线偏振  $\text{CO}_2$  激光经底面一次全内反射就能有效地转换为圆偏振光，实验测定转换效率为 85%，设计合理，制备工艺可行；

2. 与 KBr 费涅尔棱体型光波位相推迟器比较，ZnSe 推迟器不潮解，使用寿命长，更具有实用价值，且在  $0.6 \sim 14 \mu\text{m}$  波段范围内透射带平滑，适用波长范围大，装调方便；

3. 与 [2] 采用的 CaS 单晶薄片透射式  $1/4$  波片相比较，ZnSe 多晶体透可见光，吸收系数低，机械强度高，抗激光损伤能力强，能用于强激光系统；

4. 如果进一步改善晶体材料的质量，使游离金属 Zn 和 Se 减至最小程度，从而降低吸收散射损耗，推迟器的转换效率还可得到提高。

### 参 考 文 献

- 1 P. Rabinwitz *et al.*, *Opt. Lett.*, **3**, 147 (1978)
- 2 赵远 *et al.*, *激光与红外*, **18** (5), 43 (1988)
- 3 D. Fekete, *Opt. Lett.*, **5** (2), 52 (1980)
- 4 蔡邦维, *中国激光*, **12** (9), 572 (1985)

(收稿日期: 1988 年 12 月 16 日)

## 用条形散斑屏摄制的彩虹全息图显示位相体

于秋芳 田志伟

(杭州大学物理系, 310028)

### Phase display using rainbow holograms recorded with striped-speckle screens

Yu Qiufang, Tian Zhiwei

(Physics Department, Hangzhou University, Hangzhou)

**Abstract:** A new method for phase display using a rainbow hologram recorded with a