

# CO<sub>2</sub> 激光的偏振度与模式

王玉芝 傅恩生 王 兵

陈 磊 李颖峰 沈桂荣

(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海)

**摘要:** 本文用一种简便方法, 使CO<sub>2</sub>激光通过一个可绕光轴旋转的布氏窗口, 测定布氏窗口在不同转角下的激光反射及透射强度, 从而可知该激光的偏振度。同时定性地研究了在不同放电电流下的输出激光模式与偏振度的关系。

The degree of polarization and model of a CO<sub>2</sub> laser

Wang Yuzhi, Fu Ensheng, Wang Bing,

Chen Lei, Li Yingfeng, Shen Guirong

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

**Abstract:** The degree of polarization of a CO<sub>2</sub> laser can experimentally measured by using a Brewster window. Let the CO<sub>2</sub> laser pass through a ZnSe Brewster window which is rotated around the optical axis and measure the laser power density of reflection and reflection beam in different angles. By means of the experimental measuring, the degree of polarization and model of CO<sub>2</sub> laser under the condition of discharge current can qualitatively obtained.

## 一、引 言

输出激光的偏振度是衡量光束质量的参数之一, 但研究红外激光的偏振度比较困难, 因为目前国内还没有专门的仪器<sup>[1]</sup>。我们用一种简便方法, 就是使所研究的红外激光通过一个可绕光轴旋转的布氏窗, 测量在不同的转角下激光的反射与透射强度, 即可给出激光的偏振度。用此种方法测量了在不同的放电电流下, CO<sub>2</sub>激光的偏振度。我们还用微机控制扫描反射镜测量了在不同的放电电流下的CO<sub>2</sub>激光的模式及能量分布<sup>[2]</sup>。其目的在于对放电电流、偏振度、模式三者的关系给出定性解释。因为激光振荡的模数、模式、各种模的偏振方向以及它们相互间的关系是十分复杂的, 除了见到一些对He-Ne激光的理论分析外<sup>[3]</sup>, 对红外激光的研究尚未见到报道。

## 二、偏振度的测量原理

部分偏振光可以表示成两个偏振方向相互垂直的平面偏振波。我们选其中一个波的振动

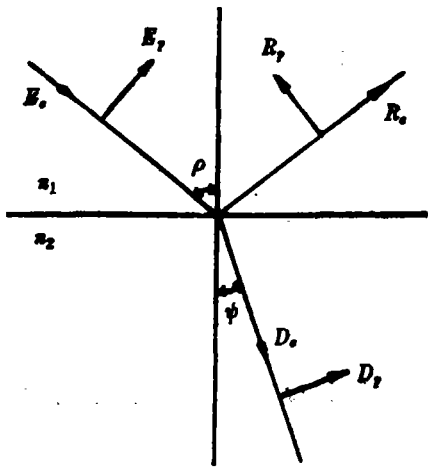


图1 部分偏振光的反射和透射

面和入射面相重合。入射波、反射波和透射波的电矢量在入射面内的分量分别用  $E_p, R_p, D_p$  表示。垂直于图平面的分量用  $E_s, R_s, D_s$  表示。这6个分量中每一个都具有一定的强度即  $I_p^i, I_p^r, I_p^d, I_s^i, I_s^r, I_s^d$ 。上标*i*表示入射光；*r*表示反射光；*d*表示透射光。当光以布氏角入射时反射光只有垂直分量  $I_s^r$ ；而平行分量  $I_p^r = 0$ ，所以反射光是完全偏振光。而透射光既有垂直分量  $I_s^d$ ，也有平行分量  $I_p^d$ 。它是部分偏振光。当线偏振光以布氏角入射而布氏窗绕光轴旋转时，我们会得到当入射光的主振动分量与布氏窗的夹角为0和  $\pi/2$  时透射光强所对应的反射光强。此时线偏振光的偏振度  $P$  可以表示为<sup>[1]</sup>：

$$P = I_s^i \left( \frac{\pi}{2} \right) / \left[ I_s^i (0) + I_s^i \left( \frac{\pi}{2} \right) \right] \quad (1)$$

如果入射光是椭圆偏振光，只要在光路中以  $45^\circ$  角插入一片  $BaF_2$  镜片，按上述方法将所得的结果进行修正，即得到偏振度  $P$ ：

$$P = \left[ I_s^i \left( \frac{\pi}{2} \right) \cdot \frac{T_s}{T_p} \right] / \left[ I_s^i (0) + I_s^i \left( \frac{\pi}{2} \right) \cdot \frac{T_s}{T_p} \right] \quad (2)$$

式中， $T_s, T_p$  分别为 *s* 方向和 *p* 方向上的透射率。

### 三、实验

封离式内腔 CO<sub>2</sub> 激光器输出 10W，经过  $BaF_2$  衰减片后，0.4W 的 CO<sub>2</sub> 激光入射在 ZnSe 布氏窗上，分成反射和透射两部分。布氏窗套筒与接收反射激光的热敏电阻接收器固定在一起，安装在一个三维可调的调整架上，并可绕 CO<sub>2</sub> 激光的光轴自由转动。透射光强由另一个热敏电阻接收器接收。由 X-Y 函数记录仪给出反射和透射光强。根据上述的公式，我们只要记录入射光的主振动面平行与垂直布氏窗时最大与最小透射光强相应的反射光强  $I_s^i (0)$  与  $I_s^i (\pi/2)$ ，同时加以修正，即可得到该 CO<sub>2</sub> 激光的偏振度。

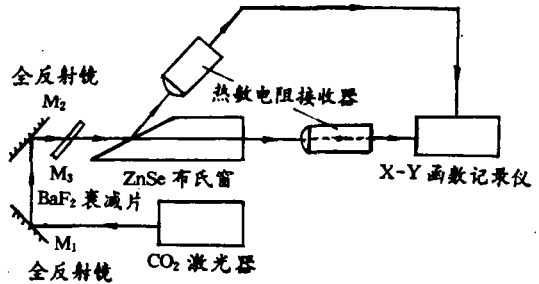


图2 实验装置

### 四、激光输出功率、模式和偏振度

为了研究激光输出功率、模式和偏振度三者的相互关系，我们首先改变 CO<sub>2</sub> 激光器的放电电流，从而改变激光的输出功率与模式，然后计算在不同放电电流下激光的偏振度。结合我们在文献〔2〕中所给出的放电电流与模式的关系曲线，综合考虑激光器的输出功率、模式

和偏振度的相互关系。

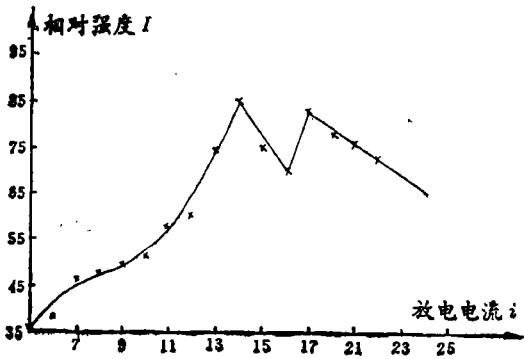


图3 输出功率与放电电流的关系

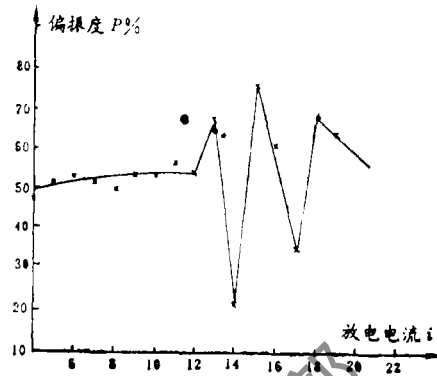


图4 放电电流与偏振度的关系

从图3中可以看到,随着放电电流的增加输出功率增加,当电流达到14mA时输出功率有最佳值,在16mA时又有相对低值,17mA时出现了输出功率的次极大值。从图4的放电电流与偏振度的关系中可以看到,当放电电流较低时偏振度的变化比较小,随着放电电流的增加,偏振度发生了大起大伏,在14mA时达到最低值,在16mA处偏振度又与低放电电流时差不多,在17mA时偏振度出现了次极小值。

我们认为,随着放电电流的变化引起偏振度的起伏,其原因之一在于腔内模式的竞争,我们实验用的是内腔 $\text{CO}_2$ 激光器,因此常常出现模式的竞争。结合文献〔2〕,我们对该激光器模式和能量分布进行研究,认为:当激光器的输出功率较低时,激光器的增益也较低,因此只有基模才能达到阈值振荡条件,这时的偏振度就是该基模激光的偏振度。如果腔结构已定,该偏振度不会发生较大的改变。当输出功率增加时,有些较低的高次模也已达阈值振荡,因此出现了模式竞争,有时会很激烈,这时的偏振度就比较复杂,它是各个模偏振合成的结果,因此出现较大的起伏。

输出激光的偏振度受许多因素的影响,如腔结构、模间耦合、有无外磁场等。模越多,输出激光越强,使光变成线偏振光所需要的腔的各向异性越强。一般用外腔,布氏窗,或者在腔镜上加以外应力,均可提高腔的各向异性,以便约束所有的振荡模,使其偏振方向趋于一致,因而达到非常高的偏振度。本文测量的内腔激光器的偏振特性更为复杂。由于腔结构或者由于在粘结腔片时造成的局部应力均可能产生一定的各向异性,所以也有一定的偏振度,但不会太高。特别是当输出功率高时,模间竞争激烈,谐振腔的各向异性就显得较弱了。

## 五、讨 论

1.用这种方法能较快地给出输出激光的偏振度。但在测量中我们没有考虑ZnSe布氏窗的高次反射和吸收,如果能将ZnSe窗口的另一面镀减反膜,测量结果会更准确。

2.实验中利用平行光管和He-Ne光准直,尽量地减小布氏窗轴与光轴不一致而造成的测量误差。

3.我们用热敏电阻接收器接受光能。它的优点在于室温下使用,小巧、方便且可以装在套筒上与布氏窗同时转动,随时记录在不同转角下的反射光强。但它的缺点是热平衡时间为

3min左右,所以每次测量要等到热平衡时才能记录。

4. CO<sub>2</sub>激光输出功率的稳定性对测量精度产生很大影响。在测量期间该CO<sub>2</sub>激光器输出功率的稳定度为2%。

### 参 考 文 献

- [1] 徐顺潮, 吴淑芳. 中国激光, 1981; 8(10): 51  
 [2] 王玉芝, 傅思生, 王兵 *et al.* 中国激光, 1991; 18(2): 116  
 [3] 过己吉, 高致惠, 马华锦. 光学学报, 1987; 7(2): 97

\* \* \*

作者简介: 王玉芝, 女, 1944年4月出生。助研。曾在意大利比萨大学物理系工作。现从事自由电子激光器参量测试。

傅思生, 男, 1938年3月出生。副研。对气体激光器有较深入地研究, 曾多次参加国际会议, 并在意大利、阿根廷进行过合作。现从事自由电子激光器参量测量。

王兵, 男, 1963年10月出生。助研。从事自由电子激光器光学参量测试。

陈磊, 男, 1964年7月出生。助研。从事自由电子激光器光学参量测试。

李颖峰, 男, 1965年9月出生。研究实习员。从事自由电子激光器光学参量测试。

沈桂荣, 女, 1940年2月出生。工程师。现从事自由电子激光器光学参量测试。

收稿日期: 1991年3月25日。 收到修改稿日期: 1991年7月8日。

· 简 讯 ·

## CO<sub>2</sub>激光用于安全火力控制

激光已成为当今军事装备的一个重要部分, 其中固体激光的应用占了绝对优势。但是, 美国德克萨斯仪器公司的一项最新设计将CO<sub>2</sub>激光器引入了那些要求精确测距、系统高度可靠和价格低廉的应用之中。

CO<sub>2</sub>激光器优于固体激光器的重要特点是其波长为10.6μm。该波长的光可穿透雾、烟雾和烟尘, 一般战场上的这些条件对可见光或近红外辐射是不透明的。这种波长也完全与热成像系统的频谱兼容, 而且CO<sub>2</sub>激光对人眼安全, 是训练演习的理想选择对象。

该公司用的TEA型CO<sub>2</sub>激光器, 具有很高的功率密度, 且比连续波的短。到目前为止, TEA型CO<sub>2</sub>激光器最普遍的军事用途是作为火力控制系统对人眼安全的激光测距中。距离信号与视频追踪器获得的目标方位和俯仰角组合后, 送入火控计算机, 它可为射手提供“是否射击”的建议。

TEA型CO<sub>2</sub>激光器目前正用在南朝鲜主要的现役坦克上。该系统的独特之处在于: 作为激光接收器的热接收器有两个。CO<sub>2</sub>激光测距的第一个应用是防空, 它装在波音轻型复仇者近距防空系统的炮塔上。美国海军也在用CO<sub>2</sub>激光器作为防空手段。

此外, 军工单位已研制了一种TEA型CO<sub>2</sub>激光器用于反坦克导弹的末端制导和大气条件下的遥感等。

译自Photonics Spectra, 1991 (Aug.): 103~104 孙桂林 译 巩马理 校