

之间,当 $L_1 C_1 = L_2 C'$ 时触发变压器 T 具有最大的触发能量输出。 C' 为变压器 T 副边以后部分的等效电容。 C_1 要选取合适,太大容易烧掉可控硅 CT , 太小触发能量不足。可控硅要选用 $\frac{dI}{dt}$ 较快的管子, R_2 为限流电阻, 它把电流限制到小于可控硅 CT 的维持电流, 保证可控硅不长期导通。

该线路也可以用来触发其它一些尺寸的氙灯。

柯天存、谭向明、胡创钟等同志参加了本项工作, 并提了许多宝贵意见, 在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] R. H. Dishington *et al.*; *Appl. Opt.*, 1974, 13, 2300.

(中国科学院南海海洋研究所 黄成国
1981年1月19日收稿)

测定 CO₂ 激光器偏振特性的简易方法

Abstract: A simple and useful method for determining polarized performance of CO₂ laser is described. It is convenient to use this method to determine both polarizability and direction of polarized plane of laser light simultaneously. Experimental apparatus, operational procedure and experimental results have been presented.

在激光光谱、调制等研究领域内, 常常要采用线偏振的激光器, 有时还要求光场偏振方向同外加电场或磁场方向成某种角度(例如平行或垂直), 这就需要测定激光器输出激光的偏振取向及偏振度。在可见光波段, 通常采用旋转尼科尔棱镜的方法, 而在红外波段, 便没有类似的棱镜可采用。本文介绍一种简便方法, 使被测的 CO₂ 激光通过一个可绕光轴旋转的布儒斯特窗, 测定布儒斯特窗在不同转角下的激光反射及透射强度, 即可确定 CO₂ 激光的偏振面及偏振度。这种方法也适用于其他波段的激光器。

一、测量原理

当光线经过平行平板时, 反射及透射的光束如图1所示。图中 E_0^2 、 E_1^2 、 E_2^2 分别表示入射光、反射光和透射光的强度。为了下面讨论方便, 忽略了高次反射和透射, 以及介质的吸收。

将每束光分别看作振动方向平行于入射面的 p 分量和垂直于入射面的 s 分量的合成, 则反射和透射光强分别为:

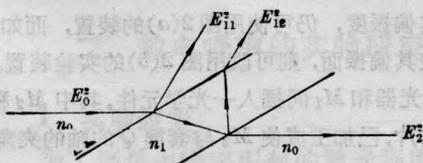


图1 光线经过平行平板时的反射及透射

$$E_1^2 = E_{11}^2 + E_{12}^2 = E_{0p}^2 R_p (1 + t_p^2) + E_{0s}^2 R_s (1 + t_s^2) \quad (1)$$

$$E_2^2 = E_{2p}^2 t_p^2 + E_{2s}^2 t_s^2 \quad (2)$$

式中 R 和 t 分别表示反射率和透射率。

我们取 NaCl 晶体作布氏窗的材料, 则有 $n = 1.4947$, 而 $n_0 = 1$, $\theta_0 = \theta_{\text{布}} = 56.2^\circ$, $\theta_1 = 33.8^\circ$, 代入菲涅尔公式, 可求得入射光经过布氏窗后的反射率和透射率分别为: $R_p \approx 0$; $R_s = 0.143$; $t_p \approx 1$; $t_s = 0.857$ 。

我们假定入射光的主要振动分量是 p 分量, 当 p 分量振动平面与布氏窗入射面平行时, 夹角 $\alpha = 0$, 那末(1)、(2)式可改写成:

$$E_1^2(0) = E_{0s}^2 \cdot R_s (1 + t_s^2) \quad (3)$$

$$E_2^2(0) = E_{0p}^2 + E_{0s}^2 t_s^2 \quad (4)$$

若我们把布氏窗绕光轴旋转 $\frac{\pi}{2}$, 此时角标 p 和 s 应该互换, 即得到:

$$E_1^2\left(\frac{\pi}{2}\right) = E_{0p}^2 \cdot R_p \cdot (1 + t_p^2) \quad (5)$$

$$E_2^2\left(\frac{\pi}{2}\right) = E_{0p}^2 \cdot t_p^2 + E_{0s}^2 \cdot t_s^2 \quad (6)$$

要注意 E_{0p}^2 在(4)式中代表平行于布氏窗入射面的振动分量的强度, 而在(5)、(6)式中代表垂直于布氏窗入射面的振动分量的强度, E_{0s}^2 恰好相反。并且(5)、(6)式中的 R_p 、 t_p 、 R_s 、 t_s 依次分别与(3)、(4)式中的 R_s 、 t_s 、 R_p 、 t_p 等值。这样, 根据(3)、(5)式得到:

$$\frac{E_1^2\left(\frac{\pi}{2}\right)}{E_1^2(0)} = \frac{E_{0p}^2}{E_{0s}^2}$$

激光器的偏振度:

$$A = \frac{E_{0p}^2}{E_{0p}^2 + E_{0s}^2} = \frac{E_1^2\left(\frac{\pi}{2}\right)}{E_1^2\left(\frac{\pi}{2}\right) + E_1^2(0)} \quad (7)$$

可见,只要测得主振动分量平行于布氏窗入射面的反射光强 $E_1^2(0)$ 和垂直于布氏窗入射面的反射光强 $E_1^2\left(\frac{\pi}{2}\right)$, 入射光的偏振度即可求得。

余下的问题是偏振面的取向问题。在我们的实验中亦就是要决定布氏窗绕光轴转动至什么角度, 主振动分量平行于布氏窗的入射面或垂直于布氏窗的入射面。

若入射光是椭圆偏振光, 根据椭圆方程, 当布氏窗绕光轴转动 α 角时, 有:

$$E_1^2(\alpha) = [E_{0p}^2(0)\sin^2\alpha + E_{0s}^2(0)\cos^2\alpha] \cdot R_s(1+t_s^2) \quad (8)$$

$$E_2^2(\alpha) = [E_{0p}^2(0)\cos^2\alpha + E_{0s}^2(0)\sin^2\alpha] \cdot t_s^2 \quad (9)$$

对(8)、(9)式求一次导数, 则可得到, 当 $E_{0p}^2(0) \neq E_{0s}^2(0)$, 即相当于椭圆偏振光或线偏振光入射时, 在 $\alpha=0$ 及 $\alpha=\pm\frac{\pi}{2}$ 时出现极值。再对(8)、(9)式求二次导数, 则得到: 当 $\alpha=0$ 时, $E_1^2(0)$ 出现极小值; 而 $E_2^2(0)$ 出现极大值。当 $\alpha=\pm\frac{\pi}{2}$ 时, $E_1^2\left(\frac{\pi}{2}\right)$ 出现极大值, 而 $E_2^2\left(\frac{\pi}{2}\right)$ 出现极小值。

由此可见, 当布氏窗的入射面和偏振光的主振动平面平行时, 透射光强最强, 反射光强最弱, 这时光的偏振面垂直于入射面; 当布氏窗转动 $\pm\frac{\pi}{2}$ 时, 其入射面与偏振光的主振动平面垂直, 则透射光强最弱, 反射光强最强, 此时光的偏振面与入射面一致。

因为 CO_2 激光是不可见的, 在光路调整过程中我们引入 He-Ne 激光作为同轴入射光。那末在透射光强最大时 He-Ne 激光的入射面就代表偏振光主振动分量的振动面, 它垂直于主偏振面; 当布氏窗转过 $\pm\frac{\pi}{2}$, 透射光强就最弱, 此时 He-Ne 激光的入射面即为 CO_2 激光的偏振面。

二、实验装置及测量

图 2(a) 是实验装置的框图。其中 CO_2 激光器为被测激光器。偏振激光器的输出端通常有一个布氏窗 M_1' (我们的激光器用 BaF_2 作布氏窗), He-Ne

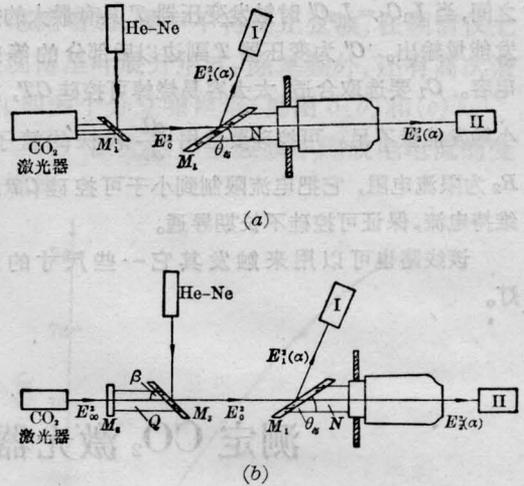


图 2 测定 CO_2 激光器偏振特性的实验装置框图

激光直接由此布氏窗反射, 将它调节成与 CO_2 激光器同轴, M_1 是 NaCl 平片, 它连接于一个可沿光轴旋转的玻璃套筒 N 上, N 的一端已磨成布氏角, 另一端垂直于管轴, 连接在真空活塞的顶端, 注意连接时尽量使布氏窗的中心轴线与活塞的转轴一致, 这可借助于平行光管来调整。功率计 I 用于测定布氏窗的反射光强 $E_1^2(\alpha)$, 功率计 II 用于测定经过布氏窗后的透射光强 $E_2^2(\alpha)$ 。功率计 I 我们用碳斗功率计, 而功率计 II 用反应速度较快的热释电功率计, 以便确定透射光强的极大值和极小值所对应的布氏窗的方位。另外, 由于布氏窗有一定的厚度, 光束通过它后有一平移, 这样在布氏窗绕光轴转动时透射光束在功率计上的位置亦有变动, 所以功率计 II 我们采用了一个接收面积较大 ($\phi 20$) 的热释电探测元件, 从而使透射光束在布氏窗转动时总能落在探测器的敏感面上。

利用图 2 装置, 转动布氏窗, 标记下功率计 II 指示极大值和极小值时布氏窗的两个位置, 它们分别对应 $\alpha=0$ 和 $\alpha=\pm\frac{\pi}{2}$, 与此同时, 分别记录功率计 I 对应的读数, 通过(7)式的计算, 即可求得入射光的偏振度。

对于那些输出端无布氏窗的激光器, 若仅需要测定其偏振度, 仍可使用图 2(a) 的装置, 而如果还需测定其偏振面, 则可改用图 2(b) 的实验装置。在 CO_2 激光器和 M_1 间插入一光学元件, 其中 M_2 和 M_3 均为锗片, 已加工成使 M_3 与套筒 Q 的轴的夹角 $\beta=45^\circ$, M_2 垂直于套筒轴, 放置时使 CO_2 激光输出垂直于 M_2 (激光沿原光路返回), 保证 M_3 与光轴夹角

	$E_1^2(0)$	$E_1^2\left(\frac{\pi}{2}\right)$	$\frac{E_1^2\left(\frac{\pi}{2}\right) - E_{0p}^2}{E_1^2(0) - E_{0s}^2}$	$\frac{E_1^2\left(\frac{\pi}{2}\right) \cdot \frac{T_s}{T_p} - E_{00p}^2}{E_1^2(0) - E_{00s}^2}$	$A = \frac{E_{0p}^2}{E_0^2}$
全外腔选支 CO ₂ 激光器	5	180	36		97%
全内腔石英 CO ₂ 激光器	40	80		1.348	57%
全内腔玻璃 CO ₂ 激光器	520	1160		1.5	60%

仍为 β 。根据菲涅尔公式可知激光束经过 M_2 时 $T_p = T_s$, 偏振度不变, 而经过 M_3 时 ($\theta = 45^\circ$), $T_p \neq T_s$, 偏振度发生变化。所以用上述方法测得的激光偏振度是经过 M_3 后 E_0^2 的偏振度, 要求得激光器输出的 E_{00}^2 偏振度需对 (7) 式作如下修正:

$$A = \frac{E_{00p}^2}{E_{00p}^2 + E_{00s}^2} = \frac{E_1^2\left(\frac{\pi}{2}\right) \cdot (T_s/T_p)}{E_1^2(0) + E_1^2\left(\frac{\pi}{2}\right) \cdot (T_s/T_p)} \quad (10)$$

若 M_3 以错为材料, $n_1 \approx 4$; $n_0 = 1$; $\theta_0 = 45^\circ$; $\theta_1 = 10^\circ 11'$, 可求得 $T_p = 0.766$; $T_s = 0.516$; $\frac{T_s}{T_p} = 0.674$ 。

我们分别对自制的—个全外腔 CO₂ 激光器和两

个全内腔 CO₂ 激光器进行了测量, 得到数据如表所示。

由表可见, 全外腔选支 CO₂ 激光器, 由于两端均用布氏窗耦合, 故输出是很好的线偏振光, 而全内腔 CO₂ 激光器, 其输出光近似圆偏振光。

注意我们的测量必须在 CO₂ 激光器功率较稳定的情况下进行, 测量前后可分别在 CO₂ 激光器输出处放进一个热释电功率计监察一下功率稳定性, 只需测量前后激光输出功率不变即可。

(上海市激光技术研究所 徐顺潮
吴淑芳 1980 年 11 月 17 日收稿)

多普勒光雷达用的 CO₂ 激光器的频率稳定

Abstract: Characteristics of frequency stabilization for CO₂ laser are studied using two methods: free running and SF₆ saturation absorption. Frequency stability of better than 2×10^{-10} has been obtained.

稳定气体激光器频率的方法有很多^[1], 我们采用了自由运转稳频和 SF₆ 饱和吸收稳频法, 并研制了一些 CO₂ 稳频激光器, 性能能达到光雷达的要求, 特别是后一种稳频法更有其特点。

一、自由运转 CO₂ 激光器稳频

用膨胀系数低的熔石英管做谐振腔体, 由压电陶瓷驱动的镀金全反射镜和锗平面输出镜分别贴到石英管的两端, 构成一个结构坚固稳定的谐振腔, 并考虑到腔体的热膨胀补偿。放电长度为 50 厘米时产生的单频单模输出为 5 瓦。激光管装在铝箱内, 箱内充填玻璃纤维作为隔声和保温措施, 用温度控制器使谐振腔保持恒温, 绕在腔体上的白金丝作为热敏元件, 控制精度为 $\pm 0.03^\circ\text{C}$, 激光器的高压电源采用低通线路滤波器, 纹波系数达到 3×10^{-5} 。

在四楼普通实验室的一个简易防震台上用二台激光器外差拍频测量频率稳定量, 差频用计数时间

相对延迟 10 毫秒的二台频率计记录, 测量了六台激光器, 短期频率稳定度为:

$$2 \times 10^{-10} \geq \Delta f/f \geq 5 \times 10^{-11} \text{ (对 10 毫秒时间间隔)}$$

长期频率稳定度为:

$$4 \times 10^{-8} \text{ (8 小时)}$$

二、SF₆ 饱和吸收稳定 CO₂ 激光器

在上述工作的基础上, 采用准行波技术使在腔外的 SF₆ 分子饱和吸收产生反兰姆凹陷^[2]实现频率稳定, 实验装置示于图 1。

我们研究了吸收峰宽度 $\Delta\gamma_a$ 及幅度 $\Delta I/I$ (ΔI —吸收峰高度, I —弱反射波强度) 与饱和程度 I_0 以及吸收室的光学密度的关系。吸收峰宽度 $\Delta\gamma_a$ 和幅度 $\Delta I/I$ 随着强波饱和程度 I_0 和吸收室的光学密度的增加而增大。对于一定光学密度的吸收室, 强波饱和程度 $I_0 \approx 5$, 弱反射强度 $I_{\text{反}} = I_{\text{入}}/9$ 时, 得到吸收