

室温选支一氧化碳分子激光器

雷仕湛 茅文英 胡文富 黄美英

张顺怡 童兴发 归正兴

(中国科学院上海光机所)

Branch selection CO molecular laser at room temperature

Lei Sizhan Mao Wenyong Hu Wenfu

Huang Meiyong Zhang Shunyi

Tong Xinfu Gui Zhengxing

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

Abstract

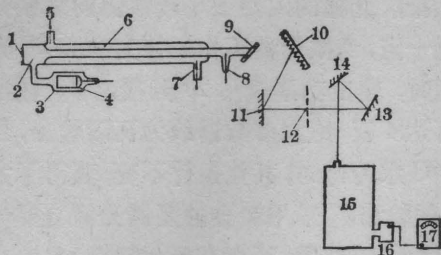
Single-branch oscillation of CO molecular laser at room temperature by a grating is reported. The maximum output of 5 W was obtained.

一氧化碳激光器建立粒子数反转主要是依靠非谱泵浦,在相邻的振转支跃迁上,连续发射波长在5~6微米范围的激光,其中任一振转支的出现与气体温度、谐振腔耦合系数等有密切联系。在通常情况下有十几条谱线同时参与振荡,然而在实际应用上,比如作分子光谱的研究、大气污染检测、泵浦自旋喇曼反转激光器、塞曼效应的研究等需要的往往是具有一定功率水平的单一波长激光,这就需要作所谓选支一氧化碳激光器。目前一氧化碳激光器采用的一种选支办法是将色散元件如光栅或氟化钙棱镜作为构成腔的元件,在单线上获得激光振荡,并且波长可在一定的范围内调节,然而采用这种方法输出的功率和效率将明显减少到未作选支的30%^[1]。有时为了获得较高的效率和功率,必须造成同时在几个选定的振转带上振荡,例如在腔内加水蒸气吸收盒^[2]。本文报导我们利用红

外光栅研制室温选支一氧化碳分子激光器的结果。

激光放电管结构见图,放电管内径为10毫米,总长为2210毫米的双层石英管,放电长度为1820毫米,外层为水冷却套,放电阳极为直径2毫米的钨杆,阴极是用白金加工成直径为40毫米的杯状柱形电极,用直流电源激发。我们采用半外腔结构,管子一端直接贴曲率半径为5米的镀金全反射镜,管子另一端磨成布儒斯特角,氟化钙为窗口,谐振腔的另一端用光栅构成,光栅在其自准直位置上工作,利用零级作为激光器的输出。我们先后用三块光栅作实验,光栅常数 $d \approx 150$ 条/毫米,一级定向在5.3微米。第1块为原刻光栅,记为1#,第2块为镀铝的复制光栅,记为2#,第3块为镀金的复制光栅,记为3#,均请上海分析仪器厂刻画和复制。

收稿日期:1979年2月19日。



实验装置示意图

1—镀金全反射凹面镜, $R=5$ 米; 2—放电管; 3—阴极泡; 4—白金阴极; 5—出水口; 6—水冷外套; 7—入水口; 8—钨杆阳极; 9— CaF_2 窗口; 10—光栅; 11—全反射镜; 12—切割盘; 13—全反射镜; 14—柱面全反射镜; 15—平面光栅单色仪; 16—InSb 红外探测器; 17—晶体管毫伏表

输出激光功率用炭斗前加快门进行测试, 也曾用在炭斗前加切割盘进行测试, 测量结果基本一致。输出激光光谱用 1.3 米平面光栅单色仪测试, 测试光路见实验装置示意图。光栅常数 $d=150$ /毫米, 一级定向在 4.6 微米, 光栅尺寸 100×100 毫米², 由长春光机所刻画, 自光栅 10 输出的激光, 其方向随光栅位置不同而改变, 也就是说每选出一支振转线自光栅零级输出光的方向都在改变, 为了使进入光栅单色仪中的光路不致每每改变, 我们加反射镜 11, 当光栅转动时, 带动反射镜 11 同时转动, 二者夹角维持不变, 在 12 位置上加切割盘。13 为平面镀金全反射镜, 14 为柱面镀金全反射镜。在平面光栅单色仪的出射狭缝处放置光导型的碲化铟红外探测器, 用晶体管毫伏表显示, 波长用汞、钠、镉等光谱灯及氦-氖激光来标定, 即用它们的高级谱, 直接获得波长范围在 4.5 微米至 6.2 微米内的波长和光栅转鼓的定标曲线。光栅单色仪的理论分辨率为 3.3 埃, 但由于光栅转鼓及色散曲线的精度, 波长测量精度约 10 埃。

用三块光栅分别做实验, 简述结果如下:

(1) 用 1# 光栅做实验, 管内充有比例为 $\text{CO}:\text{Xe}:\text{He}=1.3:2:18.7$ 三种混合气体时, 总气压 15 托, 放电电流 16 毫安, 放电管通 5°C 水冷却, 在波长 5.31 微米至 6.02 微米

范围内, 选出六十条谱线(见附表), 约有一半强线, 强线输出功率 0.6 瓦, 其中以下谱线: $P_{7-6}(33)$ 、 $P_{9-8}(40)$ 、 $P_{9-8}(41)$ 、 $P_{10-9}(31)$ 、 $P_{10-9}(35)$ 、 $P_{12-11}(43)$ 、 $P_{13-12}(26)$ 、 $P_{13-12}(28)$ 、 $P_{14-13}(27)$ 、 $P_{14-13}(33)$, 目前还未见到国外有观察到的报导, 什么因素造成这些谱线的出现还未深入研究。谱线分布是不均匀的, 其中相隔最近的几条在 10 埃左右, 光栅使用面积小于 $\phi 10$, 其分辨率为 30 埃。实验结果得出, 光栅作为腔内调谐元件, 腔内模式竞争的结果, 使得分辨率大于通常计算的结果。

(2) 为了减少腔内的损耗, 特别是获得较好的激光耦合, 基于复制光栅的闪耀效率往往高于母光栅的闪耀效率, 我们复制了一块镀铝的光栅, 实验结果表明, 它的闪耀效率大于它的母光栅闪耀效率 5% 以上。当管内充有比例仍为 $\text{CO}:\text{Xe}:\text{He}=1.3:2:18.7$ 三种混合气体, 总气压为 15 托, 放电电流 16

附表 所选择的六十条谱线测量的波长及所对应的振转支

测量波长(微米)	所对应的振转支	测量波长(微米)	所对应的振转支	测量波长(微米)	所对应的振转支
6.0210	$P_{17-16}(19)$	5.7256	$P_{14-13}(16)$	5.5190	$P_{12-11}(12)$
6.0063	$P_{17-16}(18)$	5.7130	$P_{14-13}(15)$	5.5295	$P_{12-11}(13)$
5.9928	$P_{17-16}(17)$	5.7018	$P_{14-13}(14)$	5.5149	$P_{11-10}(18)$
5.9694	* $P_{14-13}(33)$	5.6892	$P_{14-13}(13)$	5.5025	$P_{11-10}(17)$
5.9596	* $P_{12-11}(43)$	5.6828	$P_{13-12}(19)$	5.4900	$P_{11-10}(16)$
5.9512	$P_{16-15}(20)$	5.6818	* $P_{9-8}(41)$	5.4759	$P_{10-9}(21)$
5.9187	$P_{15-14}(24)$	5.6694	$P_{12-11}(24)$	5.4534	$P_{9-8}(25)$
5.9042	$P_{15-14}(23)$	5.6632	* $P_{10-9}(35)$	5.4498	$P_{10-9}(19)$
5.8604	$P_{15-14}(20)$	5.6592	$P_{13-12}(17)$	5.4262	$P_{9-8}(23)$
5.8476	$P_{14-13}(25)$	5.6560	$P_{12-11}(23)$	5.4114	* $P_{7-6}(33)$
5.8334	$P_{14-13}(24)$	5.6302	$P_{12-11}(21)$	5.4014	$P_{9-8}(21)$
5.8082	* $P_{13-12}(28)$	5.6176	$P_{12-11}(20)$	5.3885	$P_{9-8}(20)$
5.8076	$P_{14-13}(22)$	5.6112	* $P_{10-9}(31)$	5.3796	$P_{10-9}(13)$
5.8064	$P_{15-14}(16)$	5.6047	$P_{12-11}(19)$	5.3775	$P_{8-7}(25)$
5.7956	$P_{15-14}(15)$	5.5922	$P_{12-11}(18)$	5.3765	$P_{9-8}(19)$
5.7949	* $P_{14-13}(27)$	5.5874	* $P_{9-8}(40)$	5.3663	$P_{8-7}(24)$
5.7908	$P_{14-13}(21)$	5.5772	$P_{11-10}(23)$	5.3411	$P_{8-7}(22)$
5.7813	* $P_{13-12}(26)$	5.5479	* $P_{9-8}(32)$	5.3283	$P_{8-7}(21)$
5.7513	$P_{14-13}(18)$	5.5336	* $P_{9-8}(31)$	5.3162	$P_{8-7}(20)$
5.7386	$P_{14-13}(17)$	5.5256	$P_{11-10}(19)$		

毫安, 放电管通 $13\sim 15^{\circ}\text{C}$ 水冷却时, 我们选出四十条较强谱线, 谱线范围在 5.35 微米至 5.75 微米, 谱线强度为钟形分布, 以 5.5 微米输出 5 瓦为最高点, 二边对称减弱至 4 瓦、 3 瓦……, 绝大多数为瓦级以上输出, 大于 3 瓦以上有十条以上, 出现这一分布可能是由光栅的能量定向值及增益分布特性所引起的。

(3) 当光栅在激光腔内使用时, 由于高功率激光作用于镀铝光栅表面, 光栅表面生成“氧化斑”, 降低了光栅的性能, 为了解决这一问题, 我们复制了一块镀金的光栅, 光栅常数、闪耀波长均和前同, 但由于首次搞镀金复

制光栅, 光栅的闪耀效率较镀铝的复制光栅略低一点, 当激光器工作条件完全和 $2^{\#}$ 光栅相同时, 输出功率较用 $2^{\#}$ 光栅略低, 输出功率可达 4 瓦, 绝大多数谱线为瓦级输出, 当改用 3°C 水冷却时, 其他条件不变, 获得了大于 6 瓦的输出。采用镀金的复制光栅首要一点是金为稳定金属, 不存在氧化问题, 此外在红外波段金的反射率高于铝的反射率, 作为腔内选支更为恰当。

参 考 文 献

- [1] AD-743417.
- [2] D. K. Rice; *Appl. Opt.*, **13**, 2812 (1974).

激光扫描自动测控线径

利用 He-Ne 激光束方向性好的特点, 通过晶体振荡器驱动同步电机而旋转单面镜片进行匀速扫描, 配合集成电路计数技术就能精确测定电线的外径, 并能在生产过程中自动控制外径使其处在技术要求之内。

线径测控仪由 He-Ne 激光管、 6328\AA 全反射介质膜片(单面反射镜)、同步电机、透镜及光电管组成。

主要技术参数为: 激光扫描速度—— 50 米/秒; 激光管电流—— $3\sim 6$ 毫安; 激光管功率—— 1.2 毫瓦; 三相同步电机转速—— 25 转/秒; 测量范围——

$1\sim 20$ 毫米; 静态测量稳定度—— ± 0.02 毫米/24 小时; 测量精度—— ± 0.01 毫米。

经过三年的研制, 目前该机已投入生产使用, 证明效果良好, 测控电线外径在技术要求公差之内, 而且逼近标称值的中心位置。使用表明, 激光测径与手工测量数值基本相近, 是一种非接触式快速准确的先进数字测控技术。对提高产品质量、节约原材料、减轻工人劳动强度, 为实现生产自动线提供了必要的测控设备。

(广州市机电工业研究所 范信治等)