

序列谱带选支 CO₂ 激光器

吴铁强 徐根传 王世尧 朱国英

(中国科学院上海光机所)

提要: 本文介绍一种能产生 CO₂(00⁰2 - [10⁰1, 02⁰1]_{I,II}) 带激光跃迁, 从而使普通封闭选支 CO₂ 激光器输出谱线数目加倍的腔内热吸收池技术及其实验结果。

A selective branch CO₂ laser operating in sequence bands

Wu Tieqiang, Xu Genchuan, Wang Shiyao, Zhu Guoying

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

Abstract: A CO₂ laser producing lines of (00⁰2 - [10⁰1, 02⁰1]_{I,II}) transitions is described. This laser is a conventional selective branch CO₂ laser with intracavity hot cell. The technique can double the number of output lines of CO₂ lasers. The experimental results are given.

一、原理与方法

在普通的选支 CO₂ 激光器中可以获得 (00⁰1 - [10⁰0, 02⁰0]_{I,II}) 带、调谐范围为 9 微米至 11 微米的几十条谱线的输出。然而, 如图 1 所示, 在混合气体放电过程中, 00⁰2 态与 [10⁰1, 02⁰1]_{I,II} 态以及 00⁰3 态与 [10⁰2, 02⁰2]_{I,II} 之间也会产生粒子数反转。而且, 由图 2、3 可见, 00⁰2 - [10⁰1, 02⁰1]_{I,II} 带的激光跃迁增益分布与 00⁰1 - [10⁰0, 02⁰0]_{I,II} 带十分类似。这里, 我们把 00⁰1 - [10⁰0, 02⁰0]_{I,II} 带称作“惯常带”, 把 00⁰2 - [10⁰1, 02⁰1]_{I,II} 及 00⁰3 - [10⁰2, 02⁰2]_{I,II} 称作序列带。

由于序列带谱线的频率十分接近增益大

得多的惯常带谱线, 因而, 普通激光器得不到它们的输出。为了获得序列带输出, 可以在普通光栅选支腔内插入一个被加热到高温的 CO₂ 吸收池, 压制惯常带的增益。由图 1 可见, 惯常带的下能级 [10⁰0, 02⁰0]_{I,II} 仅比基态高出 ~1300 厘米⁻¹, 在常温下这些能级也有可观的粒子数, 当 CO₂ 分子被加热到高温时, 在这些能级上的粒子数会迅速地增加。另一方面, 序列带的下能级 [10⁰1, 02⁰1]_{I,II} 却比基态高出 ~3500 厘米⁻¹, 常温下, 在这些能级上的粒子数少到可以忽略不计, 即使 CO₂ 分子被加热, 热粒子数也不多。于是, 在腔内放置被加热的 CO₂ 分子气体池能够明显地降低惯常带的增益, 而序列带的增益则可以保持不变。

收稿日期: 1982 年 5 月 28 日。

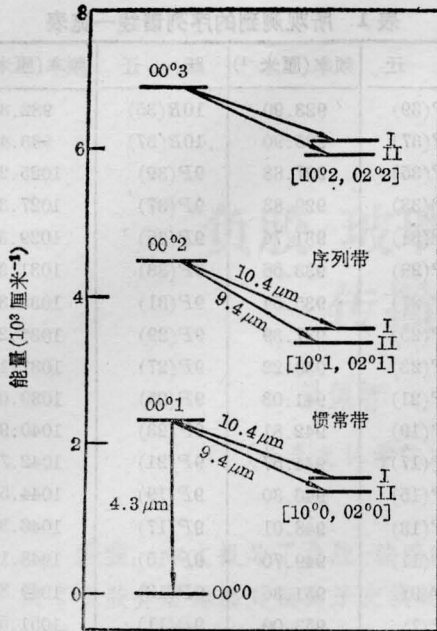


图1 简化的 CO₂ 振动能级图

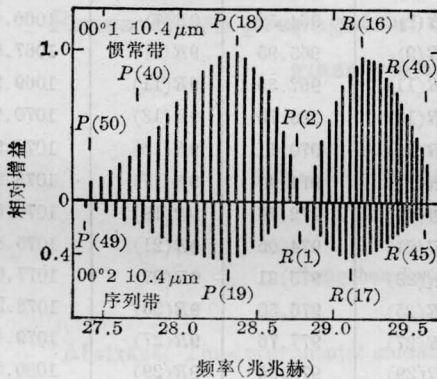


图2 CO₂ 10.4 微米 00¹ 及 00² 带相对增益的计算值

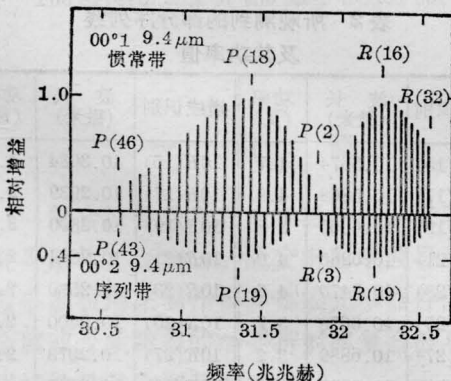


图3 CO₂ 9.4 微米 00¹ 及 00² 带相对增益的计算值

目前, 国外在流动式 CO₂ 激光器上已获得序列带的激光输出^[1,2]。这里介绍我们在常用封闭式选支 CO₂ 激光器上获得的类似结果。

二、实验装置与实验结果

获得序列谱线的实验装置如图4所示。放电管的增益长度为1400毫米, 毛细管直径为12毫米, 共振腔的全反射镜曲率半径为5米, 布氏窗口材料为 ZnSe 晶体。光栅的刻线数为150条/毫米, 闪烁波长为10.6微米, 以零级耦合输出, 并装有补偿反射镜。

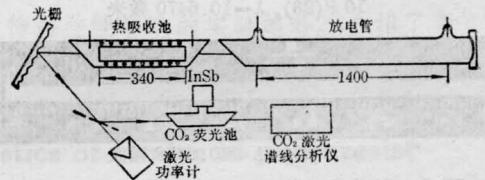


图4 实验装置图

热吸收池的结构如图5所示, 它是一个三层结构, 最里面一层是一个内径为15毫米的炉管, 管上绕有 $\phi 0.3$ 毫米的镍铬丝。第二层为充气管, 内充有30~50托的 CO₂ 气。最外一层为真空保温层, 内置以多层皱纹铝箔, 真空套层外面裹以厚约5~8毫米的玻璃棉。当加热功率为24瓦时, 热管在320毫米范围内温度均为500°C左右。

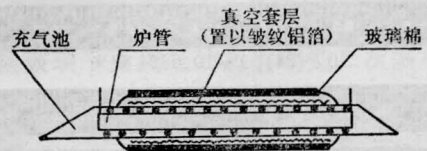
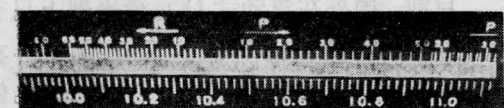
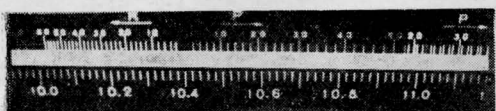


图5 热吸收池结构示意图

可以用 CO₂ 激光谱线分析仪检测序列谱线。由图6可见, 序列带的谱线位置与仪器上的惯常线标定位置(见图7)有明显的偏离。还可以用所谓“荧光判断法”进行检测。在图4的荧光池中充以~200毫托 CO₂ 气



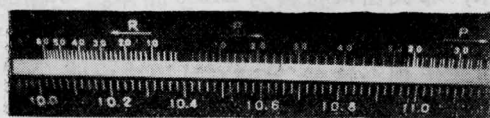
10P(17), $\lambda=10.5868$ 微米



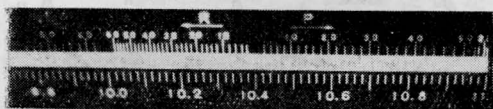
10P(19), $\lambda=10.6065$ 微米



10P(21), $\lambda=10.6266$ 微米

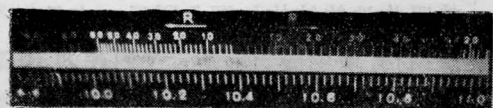


10P(23), $\lambda=10.6470$ 微米

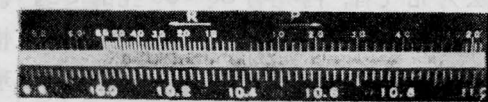


10P(25), $\lambda=10.6678$ 微米

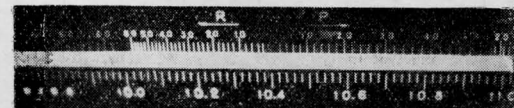
图6 用谱线分析仪观察到的部分序列谱线
(谱线位置如标尺上的黑线所示)



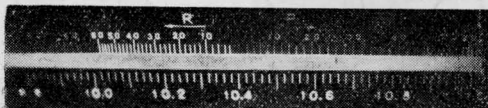
10P(20), $\lambda=10.5912$ 微米



10P(22), $\lambda=10.6118$ 微米



10P(24), $\lambda=10.6324$ 微米



10P(26), $\lambda=10.6534$ 微米



10P(28), $\lambda=10.6748$ 微米

图7 用谱线分析仪观察到的部分惯常谱线
(谱线位置如标尺上的黑线所示)

表1 所观测到的序列谱线一览表

| 跃迁 | 频率(厘米 ⁻¹) | 跃迁 | 频率(厘米 ⁻¹) |
|---------|-----------------------|---------|-----------------------|
| 10P(39) | 923.90 | 10R(35) | 982.37 |
| 10P(37) | 925.90 | 10R(37) | 983.45 |
| 10P(35) | 927.88 | 9P(39) | 1025.26 |
| 10P(33) | 929.83 | 9P(37) | 1027.31 |
| 10P(31) | 931.76 | 9P(35) | 1029.33 |
| 10P(29) | 933.66 | 9P(33) | 1031.33 |
| 10P(27) | 935.54 | 9P(31) | 1033.30 |
| 10P(25) | 937.39 | 9P(29) | 1035.25 |
| 10P(23) | 939.22 | 9P(27) | 1037.17 |
| 10P(21) | 941.03 | 9P(25) | 1039.07 |
| 10P(19) | 942.81 | 9P(23) | 1040.93 |
| 10P(17) | 944.57 | 9P(21) | 1042.73 |
| 10P(15) | 946.30 | 9P(19) | 1044.59 |
| 10P(13) | 948.01 | 9P(17) | 1046.38 |
| 10P(11) | 949.70 | 9P(15) | 1048.14 |
| 10P(9) | 951.36 | 9P(13) | 1049.88 |
| 10P(7) | 953.00 | 9P(11) | 1051.58 |
| 10P(5) | 954.61 | 9P(9) | 1053.26 |
| 10R(5) | 963.06 | 9P(7) | 1054.92 |
| 10R(7) | 964.52 | 9R(7) | 1066.44 |
| 10R(9) | 965.95 | 9R(9) | 1067.86 |
| 10R(11) | 967.36 | 9R(11) | 1069.25 |
| 10R(13) | 968.75 | 9R(13) | 1070.61 |
| 10R(15) | 970.11 | 9R(15) | 1071.95 |
| 10R(17) | 971.45 | 9R(17) | 1073.26 |
| 10R(19) | 972.76 | 9R(19) | 1074.54 |
| 10R(21) | 974.05 | 9R(21) | 1075.80 |
| 10R(23) | 975.31 | 9R(23) | 1077.02 |
| 10R(25) | 976.55 | 9R(25) | 1078.22 |
| 10R(27) | 977.76 | 9R(27) | 1079.40 |
| 10R(29) | 978.95 | 9R(29) | 1080.54 |
| 10R(31) | 980.12 | 9R(31) | 1081.66 |
| 10R(33) | 981.25 | | |

表2 所观测到的部分序列线
及其功率值

| 谱线识别 | 波长(微米) | 功率(瓦) | 谱线识别 | 波长(微米) | 功率(瓦) |
|---------|---------|-------|---------|---------|-------|
| 10P(15) | 10.5674 | 1.7 | 10R(15) | 10.3084 | 1.5 |
| 10P(17) | 10.5868 | 4.9 | 10R(17) | 10.2939 | 2.3 |
| 10P(19) | 10.6065 | 3.8 | 10R(19) | 10.2800 | 3.0 |
| 10P(21) | 10.6266 | 4.0 | 10R(21) | 10.2664 | 2.5 |
| 10P(23) | 10.6470 | 4.6 | 10R(23) | 10.2530 | 2.8 |
| 10P(25) | 10.6678 | 3.7 | 10R(25) | 10.2400 | 2.0 |
| 10P(27) | 10.6889 | 3.2 | 10R(27) | 10.2273 | 2.5 |
| 10R(13) | 10.3225 | 1.2 | 10R(29) | 10.2149 | 2.0 |

(下转第241页)

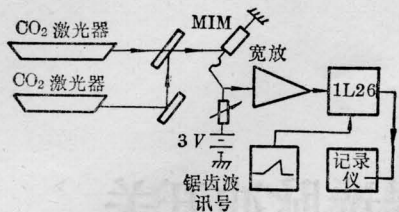


图8 观测两只 CO₂ 激光在双触点 MIM 上差拍的装置

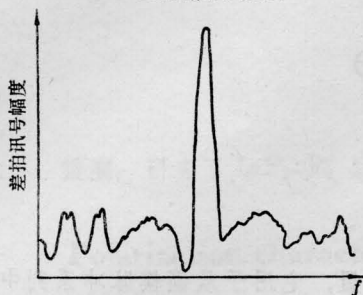


图9 从 1L26 输出记录的 30 兆赫差拍讯号

(上接第 214 页)

体,当惯常线通过荧光池时,InSb 探测器可探收到 4.3 微米的荧光信号,而当序列线通过荧光池时,则不会产生荧光信号。

在如图 4 所示的实验装置上,当激光放电管充气总压力为 11.8 托(其中 H₂ 0.2 托, CO₂ 0.7 托, Xe 1.4 托, N₂ 2.4 托, He 7.1 托),放电电流为 15 毫安左右时,我们观察到如表 1 所示的 65 条序列谱线,每条谱线对

(上接第 231 页)

图 6 所示)。这可避免通常在抛光中产生的塌边对样品边缘的损坏,从而保证了样品待测波导区域的完整性、平整度和平行度,也即保证了实验的可靠性和重复性。

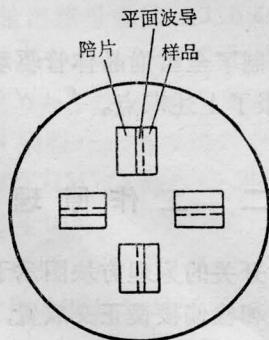


图6 磨抛工艺粘片位置示意图

上,差拍讯号用 1L26 频谱仪观察。图 9 是用记录仪描下的 30 兆赫差拍讯号。

比较了单触点 MIM 和多触点 MIM 快速检波的性能,在检测到的讯号幅度上两者并没有明显的差异。但在稳定性上多触点 MIM 明显牢靠得多,它的检波讯号幅度保持不变。而单触点 MIM 的检波讯号幅度不稳,特别是外振动干扰时,讯号起伏更大。实验证实多触点 MIM 可以应用于激光测频及激光频率转换的研究中。

参 考 文 献

- [1] T. E. Hartman; *J. Appl. Phys.*, 1962, **33**, 3427.
- [2] Bor-long Twn, S. E. Schwarz; *Appl. Phys. Lett.*, 1974, **25**, 595.
- [3] S. A. Zhgun, V. A. Zarshchikov; *Sov. J. Quant. Electr.*, 1976, **6**, 740.

应的波数系引用文献[3]给出的测量值。表 2 给出了所获得的 00⁰2 [10⁰1, 02⁰1]_{L, II} 带 P 支与 R 支的强线与弱线激光功率,其它各线输出功率按 CO₂ 增益分布处于这些数值之间。

参 考 文 献

- [1] J. Reid et al; *J. Appl. Phys.*, 1977, **48**, 2712.
- [2] W. Berger et al.; *Rev. Sci. Instrum.*, 1977, **48**, 1081.
- [3] K. J. Siemsen et al.; *Opt. Commun.*, 1977, **22**, 11.

实验中采用的干涉显微镜的光源是白炽灯加滤光片,单色性较差;其次,干涉条纹照片的放大倍数不详,故测得的是相对分布。进一步改进实验条件有望能够测得 Ti 扩散 LiNbO₃ 平面波导折射率的绝对分布。

参 考 文 献

- [1] R. V. Schmidt, I. P. Kaminov; *Appl. Phys. Lett.*, 1974, **25**, No. 8, 458~460.
- [2] M. E. Martin; *Appl. Opt.*, 1974, **13**, No. 9, 2112~2116.
- [3] G. B. Hoeker, W. K. Burns; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1975, **QE-12**, 748~752.
- [4] 大越孝敬编;《光ファイバの基礎》,オーム社,昭和 52 年 7 月 15 日。
- [5] B.-U. Chen, A. C. Paster; *Appl. Phys. Lett.*, 1977, **38**, No. 11, 570.