

是谱线的吸收频率。此式也即为:

$$\frac{g_3}{g_2} = \frac{N_3}{N_2} e^{h\nu_{23}/KT} \quad (5)$$

代入(1)式得

$$\tau_{32}(\tau_{21}^{-1} + y_{21}) - \frac{N_3}{N_2} e^{h\nu_{23}/KT} \geq 0 \quad (6)$$

改写成:

$$T \geq \frac{h\nu_{23}}{K} \left\{ \ln \left[\frac{N_3}{N_2} \tau_{32}(\tau_{21}^{-1} + y_{21}) \right] \right\}^{-1} \quad (7)$$

这是阈值温度与粒子数密度所满足的关系。

经过(3)式的分析,要实现连续输出,其主要设想是使得上能级($C^3\Pi_u$)的寿命得到有效延长,尽量使 τ_{32} 与 τ_{21} 达到同一数量级。而在氮气中加入适量的其它气体(如HF、SF₆等)就可以实现。根据我们的研究^[1],一般可以实现: $\tau_{21} \sim 10^{-7}$ s, $\tau_{32} \sim 10^{-7}$ s, $y_{21} \sim 10^{13}$ /s。将各数值代入(7)式得:

$T \approx 1000$ K

以上的温度是在饱和近似的条件下得到的,而实际所需最低温度可能比这低。

总的说来,氮分子激光器能否连续输出,温度是有很大的影响的。而且在某些时候还会起着决定性的作用。所以实现连续输出,除了其它条件以外,温度一定要达到阈值。

参 考 文 献

- [1] 陈五高;《中国激光》,1984,11, No. 1, 7.
- [2] L. Y. Nelson; *Appl. Phys. Lett.*, 1973, 22, No. 2, 79.
- [3] K. Bergstedt et al.; *Zeitschrift für Physik*, 1974, 269, No. 3, 195.

(华中师范学院物理系 陈五高 李庆园

1984年8月24日收稿)

科学札记

连续波调频 $C^{18}O_2$ 激光器

Abstract: A sealed-off tunable CW $C^{18}O_2$ laser is reported. 105 laser lines were obtained and the strongest line output was 41.3 W.

一、引言

近年来,激光化学、激光分离同位素、激光光泵、激光光谱学和激光测污等领域有了很大的发展,迫切要求激光器扩展调频范围并提高单谱线的输出功率。 CO_2 有多种同位素丰富的谱线,有希望制成宽范围调频 CO_2 激光器。

二、同位素 CO_2 的光谱特点

CO_2 分子是线性三原子分子,它的激光上能级是001,下能级是100和020。 $C^{16}O_2$ 和 $C^{18}O_2$ 的有

关能级和相应的跃迁示于图1。

从图1可以看出, $C^{18}O_2$ 的020能级上升了,而100能级下降了,且降到020能级的下面。 $C^{16}O_2$ 和 $C^{18}O_2$ 的激光上能级与 $N_2(V=1)$ 能级差分别为 $+18\text{ cm}^{-1}$ 和 -17 cm^{-1} ,即 $C^{18}O_2$ 的激光上能级更靠近 N_2 的 $V=1$ 能级,能量共振转移更加有效。 $C^{18}O_2$ 9 μm 带P(20)线的小讯号增益 α 为0.73% cm^{-1} ,饱和参量 I_s 为39 cm^{-2} ,10 μm 带该线的小讯号增益 α 为0.30% cm^{-1} ,饱和参量 I_s 为30 cm^{-2} 。^[1] $C^{18}O_2$ 9 μm 带P(20)的小讯号增益只低于 $C^{16}O_2$,但在已知的几种有激光输出的同位素 CO_2 ($^{18}C^{16}O_2$ 、 $^{13}C^{18}O_2$ 、 $^{14}C^{16}O_2$ 等)中是比较大的。

调频 $C^{18}O_2$ 激光器波长范围是8.9~10.9 μm ,它的绝大部分谱线落在调频 $C^{16}O_2$ 激光器的间隙处,而且还向短波方向移动了0.2 μm 。特别有意义的是它的增益最高的9P带的几条较强谱线(例如波长为9.355 μm 的9P(20)线),恰是普通调频 $C^{16}O_2$

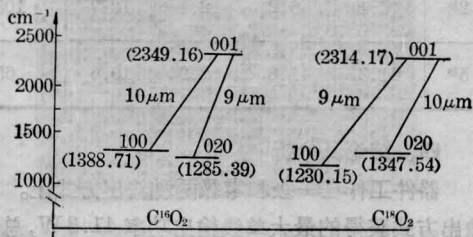


图1 $C^{16}O_2$ 、 $C^{18}O_2$ 有关能级及相应的跃迁

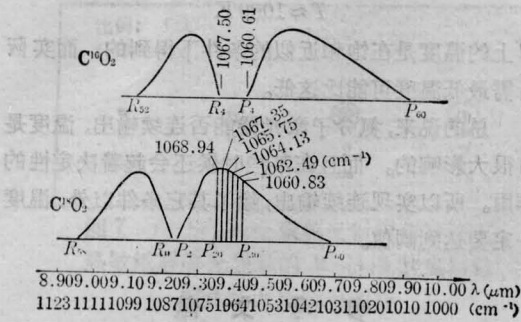


图2 $C^{16}O_2$ 、 $C^{18}O_2$ 9 μm 带激光增益示意图

激光器所没有的,如图2所示。

大气中 $C^{18}O_2$ 气体的含量仅为 0.0004%,它的 9P(20) 线大气透过率几乎达 100%^[2],因而调频 $C^{18}O_2$ 激光器又是很好的大气测污工具。

同位素 CO_2 有对称(如 $C^{18}O_2$)和非对称(如 $^{16}OC^{18}O$)之分。对称同位素 CO_2 ,由于对称性选择定则的要求,它只有偶数 J 谱线。非对称同位素 CO_2 ,没有对称性的要求,奇偶数 J 谱线均可出现,因此谱线数目增加了一倍,但增益减少到原来的 1/2。现有 18 种同位素 CO_2 ,几乎复盖了 8.9~12.3 μm 范围。几种同位素组合使用,大大扩展了谱线范围,而且不同同位素谱线相互交错,使相邻谱线间隔变窄,这样便可在尽可能低的气压下实现连续调谐,这给工程设计带来很大方便。

三、实验装置及结果

我们采用三层套式的封离水冷石英放电管,放电管内径为 12 mm,放电长度为 1600 mm。谐振腔由光栅和凹面镜组成,光栅作为调频元件。放电管靠近光栅一端,用 NaCl 布儒斯特角窗密封。我们采用一级和零级两种输出耦合方式。激光器结构示意图见图 3。

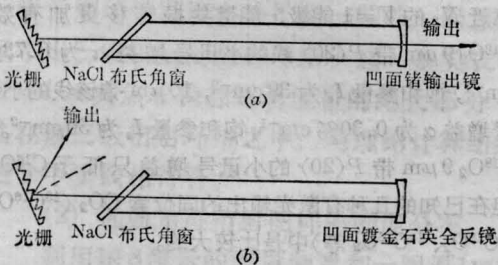


图3 激光器结构示意图

(a) 一级输出; (b) 零级输出

(a) 的输出耦合镜是曲率半径为 8 m 的锗凹面镜,透过率为 10%。(b) 的全反镜是曲率半径为 8 m

的镀石英凹面镜。

管内充以 0.2 Torr H_2 , 1.0 Torr Xe , 2.2 Torr $C^{18}O_2$, 2.2 Torr N_2 和 13 Torr He , 总气压为 18.6 Torr。在两种输出方式上,共用了五块光栅进行比较。光栅参数列在表 1,实验结果见表 2 及表 3。

表1 光栅参数

序号	基底材料	刻线 (1/mm)	闪耀波长 (μm)	一级反射率 (%)	厂 家
1#	不锈钢	120	10.6		上海光学仪器厂
2#	不锈钢	120	9.3	~88	上海光学仪器厂
3#	不锈钢	120	9.3	~91	北京第一光学仪器厂
4#	不锈钢	100	8.2	~93	长春光机所
5#	硅	100	8.5	~63	长春光机所

表2 一级输出功率

光栅	各支最大单线输出功率 (W)				谱线总数
	9R 支	9P 支	10R 支	10P 支	
1#	20.9	21.7	10.3	10.5	85
2#	23.0	27.0	5.9	7.4	
3#	29.8	30.7	12.1	11.5	71
4#	30.1	32.2	10.9	15.3	78

表3 零级输出功率

光栅	各支最大单线输出功率 (W)				谱线总数
	9R 支	9P 支	10R 支	10P 支	
2#	6.1	6.2	12.4	12.7	105
5#	41.3	41.3	2.9	10.6	65

四、结论及分析

器件工作在一级和零级两种输出方式上。零级输出方式获得的最大单线输出功率 41.3 W,总谱线数 105 条。在接近最佳耦合条件下,9 μm 带的最大

单线输出功率大于 $10\mu\text{m}$ 带的最大单线输出功率。

由于零级耦合方式把零级损耗作为有用输出,因此获得的最大单线输出功率是最大的,总谱线数也是最多的。

因为 $9\mu\text{m}$ 带和 $10\mu\text{m}$ 带的增益相差很大,所以两个带应采用不同的输出耦合度。对于一级输出,在损耗约为 10% 的条件下,对于 $9\mu\text{m}$ 带,输出镜的最佳透过率约为 10~12%,对于 $10\mu\text{m}$ 带,最佳透过率约为 5%。对于零级输出,由于腔内损耗减小,耦合度可以相应地增加, $9\mu\text{m}$ 带耦合度可以在 15% 左右, $10\mu\text{m}$ 带可以在 7~8%。4* 光栅用于一级输出时,在 $9\mu\text{m}$ 带接近最佳耦合。5* 光栅用于零级输出时,在 $9\mu\text{m}$ 带接近最佳耦合。由于元件的限制,在 $10\mu\text{m}$ 带还没有接近最佳耦合,只有 2*

光栅用于零级输出时,在 $10\mu\text{m}$ 带的结果较好。在非最佳耦合条件下,输出功率最大的线,不是增益最高的线。

本工作得到镀膜、光磨、玻璃组同志们的支持,组内其他同志也给予了很大的支持和帮助,在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- [1] C. Freed; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1982, **QE-18**, 1220.
- [2] P. K. L. Yiu; *Appl. Opt.*, 1969, **8**, 997.

(中国科学院电子所 齐继兰 武亿文

1984年8月27日收稿)

用电容转移线路建立双通道 N_2 激光器

Abstract: The possibility for a two-channel N_2 laser by "capacitor transfer" circuit is presented and the experimental demonstration has been made.

非线性光学、激光光谱学等中常要求同时泵浦两个染料池。目前的惯常作法是使泵浦光源分成两束,以达到同时泵浦的目的。很明显,这是降低泵浦激光源的能量要求,才得以实现的。人们希望能有双通道激光泵浦源,以便直接泵浦两个染料池。从已发表的工作看,迄今的双通道激光器均采用了 Blumlein 线路来构成所需的激发线路。在如此线路下的双通道氮激光器^[1],实质上是将两个相同的或不同的单通道激光器组装在一起,并用一个火花隙或闸流管开关控制。在这里,每一个腔体具有各自的贮能电容,也就是具有各自的激发线路,而由共同的火花隙开关将两者联系在一起。

还有一种 M. Feldman 等最初采用的^[2]、现在被称作“电容转移”线路的做法。本文将分析指出:用电容转移线路建立双通道激光器不单是可行的,而且存在着一系列的优点。

电容转移线路下的双通道激光器,可以采用如图 1 所示的线路。

它的基本工作过程是:高压电源通过电阻 R 向贮能电容 C_s 充电,这时卸能电容 C_{d1} 、 C_{d2} 及两个腔体 K_1 、 K_2 都处于零电位状态。当 C_s 的电压上升到某一电压时, SG 击穿,随即 C_s 向卸能电容 C_{d1} 、 C_{d2}

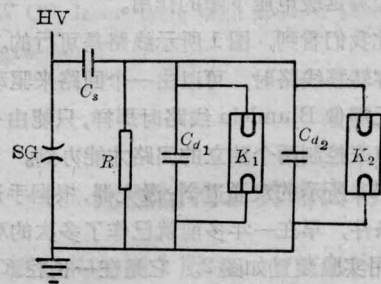


图 1 考虑电容转移线路的特点而提出的另一种双通道线路

同时充电,两个腔体的电极亦同时产生压降。当 C_{d1} 、 C_{d2} 的电压分别上升到腔体 K_1 和 K_2 的击穿电压时,腔体 K_1 和 K_2 导通,转移在 C_{d1} 、 C_{d2} 上的能量各自迅速地转移到腔体 K_1 和 K_2 的介质中,使气体介质发生辉光放电并同时产生激光输出。

对于图 1 线路可能提出的一个问题是:如此一个回路(一个贮能电容)带动两个腔体是否会发生两个腔体的“竞争”问题,即 C_{d1} 、 C_{d2} 不是将各自的能量倾卸在相应的腔体中,而只向其中一个腔体倾卸能量,最后形成单通道激光输出。对此,我们可作如下的说明。