

1.064、1.073、1.061 和 1.052 微米单谱线 的 Nd:YAG 脉冲激光输出

Abstract: Single spectral lines at 1.064, 1.073, 1.061 and 1.052 μm were obtained respectively by inserting into the cavity the uncoated(or coated)solid etalons of 0.1 mm or both 0.1 mm and 0.14 mm thickness and appropriately controlling the gain of Nd:YAG laser and tilted angles of the etalons.

在室温下运转的 Nd:YAG 激光器, 从 $4F_{3/2} \rightarrow 4I_{9/2}, 4I_{11/2}, 4I_{13/2}$ 各能级, 均存在多种跃迁^[1]。在振荡过程中, 由于谱线的竞争效应, 受激发射截面最大的 1.064 微米, 将优先振荡。因而, 在一般情况下, Nd:YAG 只有 1.064 微米振荡输出。为了获得其他谱线的输出, 必须采取一定的措施来抑制强谱线的跃迁。用棱镜作为色散元件^[2]或腔内放置倾斜标准具^[3,4], 是两种常被采用的技术。本实验采用腔内放置不同厚度的标准具, 并涂有适当的膜层, 分别获得了 1.064、1.073、1.061 和 1.052 微米的单谱线激光输出, 以解决大功率激光系统中用 Nd:YAG 作为振荡器时, 与掺钕磷酸盐玻璃(中心波长为 1.054 微米)或掺钕硅酸盐玻璃(中心波长为 1.061 微米)作放大器时的波长匹配问题。

由文献 [5] 知道, 激光腔内放置了标准具之后, 它的倾斜角度 θ 引起的中心波长的移动 $\Delta\lambda$ 为:

$$\Delta\lambda = \lambda_0^2 / 2n^2 \quad \text{或} \quad \Delta\nu = \nu_0^2 / 2n^2 \quad (1)$$

式中 λ_0 为中心波长。

标准具的自由光谱范围由下式给出:

$$\Delta\nu = C / 2nd \quad (2)$$

标准具的透射特性是:

$$T \approx \left[1 + (2F/\pi)^2 \sin^2 \frac{2\pi n d \cos(\theta/n)}{\lambda} \right]^{-1} \quad (3)$$

其中 $F = \pi R^{1/2} / (1-R)$, 为标准具的锐度, R 是膜层反射率, d 是标准具的厚度。在固定波长下, 标准具倾斜角与透射率关系的理论曲线如图 1。

适当厚度的标准具插入腔内之后, 激光器的振荡波长将发生很大变化。这是因为产生振荡的波长, 不仅对标准具有较大的透射率, 而且要符合谐振腔的振荡条件。根据实验中所需要的输出波长, 确定

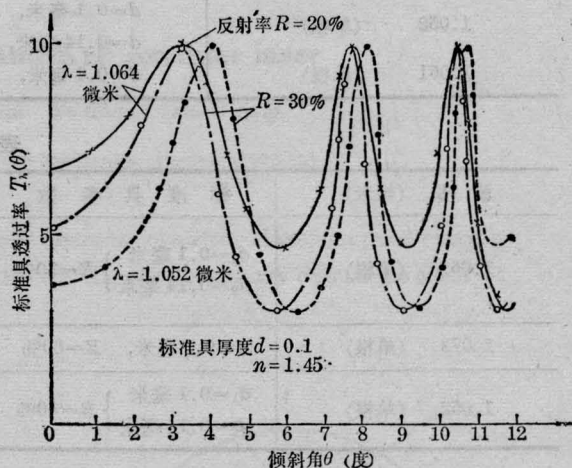


图 1 固定波长下标准具的倾斜角
与透射率关系的理论曲线

出合适的标准具厚度, 然后, 微调标准具的倾角, 使所需要的波长处于图 1 中的透射极大位置, 并且还要符合振荡条件。

为了更有效地抑制 1.064 和 1.061 微米强谱线的振荡, 往往需要在腔内插入两块厚度不同的标准具, 使得较弱谱线 1.052 微米和 1.073 微米单谱线输出, 通过调节二块标准具于合适的倾斜角度, 使 1.064 和 1.061 微米谱线处于最大损耗状态, 从而, 相应的弱谱线就容易振荡了。

激光器采用由曲率半径为 3 米的反射镜组成的半共焦腔。Nd:YAG 棒尺寸为 $\phi 5 \times 40$ 毫米, 单灯泵浦, 用恒温水循环冷却棒。表 1 为腔的输出反射率 $R=84\%$ 时, 几条谱线的输出实验结果。

表 1 表明, 输出镜反射率较高时, 只需插入一块不镀膜层的标准具, 很容易得到单根 1.061 微米振

表 1

波 长 (微米)	标 准 具 参 数	调 谐 范 围
1.061 (单根)	$d=0.1$ 毫米, 不镀膜	360~390 伏(150 微法)
1.061 (单根)	$d=0.1$ 毫米, $R=30\%$	780~900 伏(150 微法)
1.073 (单根)	$d=0.1$ 毫米, $R=20\%$	0~4°(在 1100 伏电压下工作)
1.052 (单根)	$d=0.1$ 毫米, $R=30\%$	750~780 伏(150 微法)
1.073 (单根)	$d_1=0.1$ 毫米, 不镀膜 $d_2=0.14$ 毫米, $R=30\%$	1°24'~3°30'(在 900 伏电压下工作)

表 2

波 长 (微米)	标 准 具 参 数	调 谐 范 围
1.061 (单根)	$d=0.1$ 毫米, $R=20\%$	600~900 伏(150 微法)
1.073 (单根)	$d=0.1$ 毫米, $R=40\%$	0~2°48'(在 1200 伏电压下工作)
1.052 (单根)	$d=0.1$ 毫米, $R=30\%$	900~1050 伏(200 微法)
1.061 (单根)	$d=0.14$ 毫米, $R=30\%$ $d=0.1$ 毫米, $R=20\%$	0~2°48'(1200 伏 150 微法)

表 3

波 长 (微米)	标 准 具 参 数	调 谐 范 围	输 出 腔 镜 反 射 率
1.061 (单根)	$d_1=0.1$ 毫米 } $R=30\%$ $d_2=0.14$ 毫米 }	900~1500 伏	1.06 微米, $R=65\%$ 1.05 微米, $R=70\%$ 1.073 微米, $R=50\%$
1.073 (单根)	$d=0.1$ 毫米, $R=30\%$	720~900 伏(200 微法)	“ ”
1.052 (单根)	$d_1=0.1$ 毫米 } $R=30\%$ $d_2=0.14$ 毫米 }	960~1320 伏(200 微法)	“ ”

荡输出, 最强的 1.064 微米跃迁已被抑制。标准具略镀膜层, 反射率为 20~30%, 两根强跃迁(1.064 和 1.061 微米)均被抑制, 分别获得单根 1.073 和 1.052 微米输出。图 2 是 1.064 微米和 1.061 微米两条谱线的黑度变化随标准具倾斜角相对变化的曲线, 反映了 1.061 微米谱线出现的范围较大, 从 0°~5°36'。

表 2 是输出腔镜反射率降为 $R=63\%$ 时, 各谱线的输出结果。由于反射率的降低, 为了获得各单条谱线输出, 需提高标准具的锐度或增加第二块标准具。输出镜 $R=63\%$, 已满足锁模振荡条件^[6]。

实验中, 还设计了一种输出腔镜, 这种腔镜对各个波长有不同的反射率。表 3 就是采用这种腔镜耦合时, 几条谱线的实验结果。表 3 与表 2 比较, 表 3 中如 1.052 微米调谐范围大于表 2。说明这种腔镜对抑制强谱线, 促使弱谱线振荡, 是有一定效果的。

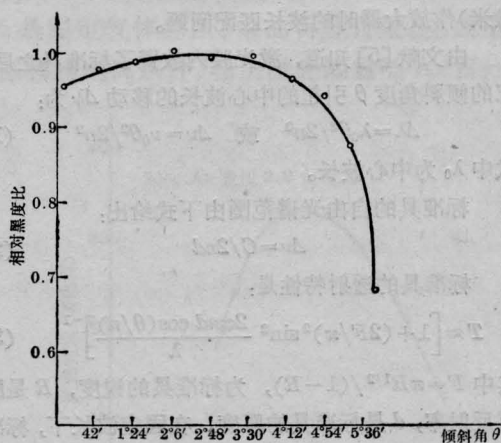


图 2 两条较强谱线黑度比相对于标准具倾斜角度的变化

最后, 实验还表明, 标准具表面的平行度及光洁度是影响实验结果的一个重要因素, 尤其在镀膜过程中, 应十分注意不破坏其表面。

参 考 文 献

- [1] R. G. Singh, R. G. Smith *et al.*; *Phys. Rev. B*, 1974, **110**, No. 6, 2566.
 [2] R. G. Smith; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1968, **QE-4**, 505.
 [3] B. Jack; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1977, **QE-13**,

94.

- [4] J. Marling; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1978, **QE-14**, 56.
 [5] Michael Hercher; *Appl. Opt.*, 1969, **18**, 1103.
 [6] 陈绍和, 陈兰荣等, 《激光》, 1980, **7**, No. 2, 44.

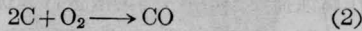
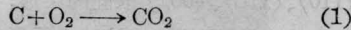
(中国科学院上海光机所 支婷婷
 陈兰荣 1980年4月25日收稿)

以空气为气源的 TEA CO₂ 激光器

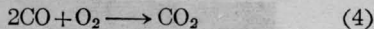
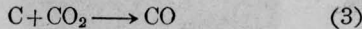
Abstract: A TEA CO₂ laser with air as gas source is reported. Its parameters are comparable to those obtained with industrial CO₂ and N₂ as gas source. A description is given of the structure and the features of the gas generator and the experimental results.

CO₂ 激光器转换效率高, 输出功率大, 是目前国内外生产和应用较多的激光器之一。但是, 由于 CO₂ 在电子、离子或短波长光子碰撞下的分解, 致使工作气体的成分变坏, 严重地影响了 CO₂ 激光器气体的使用寿命。为了解决这一问题, 一般国际上出售的 TEA CO₂ 激光器, 都要配备上可供换气用的气体钢瓶等设备。我们做了一种以空气为气源通过构造简单半封闭的高温石墨炉, 使空气转换成工作气体的 TEA CO₂ 激光器。

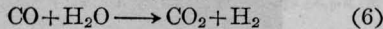
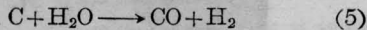
众所周知, 空气的主要成份是 N₂、O₂ 和水蒸气以及少量的 CO₂ 与惰性气体等。如果我们把空气通过高温碳层, 空气中的 O₂ 就与 C 发生如下的化学反应:



同时还有:



空气中的水蒸气就与 C 发生如下的化学反应:



由理论计算我们知道, 对于化学反应方程式(1)和(2), 在反应充分的情况下, 温度为 400~500°C 时, 生成的气体中, CO₂ 占 98%, CO 占 2%; 温度为 800°C 时, CO₂ 占 10%, CO 占 90%。(4) 式是在气源充足的情况下发生的。对于方程式(5)和(6), 温度 1000°C 时, 在七秒钟里水蒸气有 20% 的分解, 温

度 900°C 时, 在七秒钟里水蒸气有 16% 的分解。通过采用合理的炉体结构以及合适的气体流量, 就可以控制生成 CO₂ 和 CO 等气体成份的比例。

根据上述的基本原理, 把碳装在半封闭的石英反应管里, 利用炉子加热, 适当控制炉温、湿度与管里气体的流量而制成了气体转换炉。

气体转换炉(以下简称炉子)的结构如图 1 所示。炉管是内径 5.4 厘米的陶瓷炉管, 长 60 厘米, 恒温区长约 15 厘米。反应管是用外径 4.6 厘米, 壁厚 0.2 厘米的石英管烧结而成。为了使反应充分, 并提高纯度和减少碳灰, 碳块采用多孔的石墨。

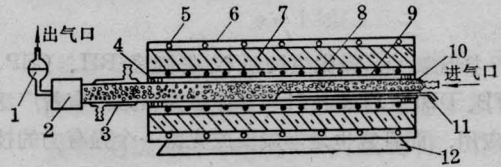


图 1 气体转换炉结构示意图

- 1—过滤球; 2—管接头; 3—水冷套;
 4—石棉布; 5—水冷套; 6—炉外壳;
 7—保温层; 8—电炉丝; 9—炉管;
 10—反应管; 11—热偶丝; 12—炉座

空气的湿度对激光的输出是有影响的。为了控制湿度, 我们用一小块纱布, 把它的一端单层包在炉子的空气入口处, 而把另一端浸在水中。

采用放电体积为 60×3×3 厘米³ 的 TEA CO₂ 激光器, 目前做到重复频率不小于 1 次/秒; 单次激光脉冲能量超过 2 焦耳。

图 2 是将空气以 0.65 米³/小时恒流量通过炉