

文章编号: 1001-3806(2003)02-0158-02

## 矩形波导 CO<sub>2</sub> 激光器光栅安装角偏差损耗

张小强<sup>1</sup> 周 昕<sup>1</sup> 周鼎富<sup>1,2</sup> 江 东<sup>2</sup> 霍义华<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>四川大学光电系, 成都, 610064) (<sup>2</sup>西南技术物理研究所, 成都, 610041)

摘要: 稳频调谐矩形波导 CO<sub>2</sub> 激光器中采用光栅选支, 要求光栅具有精确的安装角度, 以避免损耗过大或出现跳支现象。研究了安装角的偏差带来的损耗与偏差角之间的关系。介绍了一种基于三角法并使用铅垂线校准光栅安装角度的方法。计算表明, 用该方法安装光栅具有较高的精确度, 其安装误差角造成的损耗非常小, 而且振荡支线稳定。

关键词: 波导 CO<sub>2</sub> 激光器; 光栅; 损耗

中图分类号: TN248.2+2 文献标识码: A

### Misalignment loss of rectangular waveguide CO<sub>2</sub> laser with grating

Zhang Xiaoqiang<sup>1</sup>, Zhou Xin<sup>1</sup>, Zhou Dingfu<sup>1,2</sup>, Jiang Dong<sup>2</sup>, Huo Yihua<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> Department of Optoelectronics, Sichuan University, Chengdu, 610064)

(<sup>2</sup> Southwest Institute of Technical Physics, Chengdu, 610041)

Abstract: The misalignment loss of the grating in the waveguide CO<sub>2</sub> laser is studied in this paper. And a experiment method for grating obliquity adjusting is also discussed with its accuracy.

Key words: waveguide CO<sub>2</sub> laser; grating; loss

### 引 言

光栅选支是波导 CO<sub>2</sub> 激光器<sup>[1,2]</sup>中通常采用的一种调谐方法。激光器基本结构如图 1 所示。用闪耀光栅代替激光腔中的全反射镜, 使其尽量靠近空心矩形波导的端口。由于闪耀

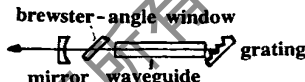


Fig. 1 Schematic of the waveguide CO<sub>2</sub> laser

光栅的衍射作用, 把波长不同的光线在空间上按不同方向分开, 使特定波长的光耦合到波导模式<sup>[3,4]</sup>中并在腔内振荡, 达到选择支线的目的。为此, 要求光栅具有特定的倾斜安装角度, 实际中存在的安装误差会增加光腔的损耗, 严重时会导致该波长不能起振或者发生跳支。另外, 在光栅衍射光耦合到波导的过程中, 如果光栅的起偏振方向与波导模式的偏振方向不一致也将引入损耗。但是, 俯仰角误差是光栅安装偏差损耗的主要因素, 因此, 精确的俯仰角度成为光栅选支波导 CO<sub>2</sub> 激光器的必然要求。三角形光栅安装法具有极高的精确度, 完全能够满

足实验的要求。

### 1 光栅俯仰角偏差损耗

对于为某一条支线特定设计的闪耀光栅, 理想的情况是光栅的刻槽法线方向与激光器光波导的轴线方向重合, 但是实际上总会有一安装偏角  $i$ , 这时沿波导轴线射向光栅的光经过光栅衍射后沿原方向返回光强与偏差角  $i$  之间有如下关系<sup>[5]</sup>:

$$I(i) = I_0 \frac{\sin^2 \alpha(i)}{\alpha(i)^2} \frac{\sin^2 N \beta(i)}{\sin^2 \beta(i)} \quad (1)$$

式中,  $\alpha(i) = \pi d [\sin i - \sin(-i)] / \lambda = (2\pi / \lambda) \times d \sin i$ ,  $\beta(i) = \pi D [\sin(i + \theta_b) - \sin(-i - \theta_b)] / \lambda = 2\pi D \sin(i + \theta_b) / \lambda$ 。  $I_0$  为光栅的衍射中央主极大光强,  $N$  为光栅刻槽数,  $d, D$  分别为刻槽宽度与相邻刻槽对应点之间的距离,  $\theta_b$  为光栅平面的法线方向  $N_g$  与刻槽的法线方向  $n$  之间的夹角,  $\lambda$  为激光波长。

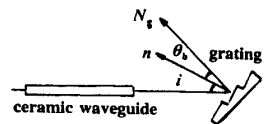


Fig. 2 Elevation misalignment of the grating

作者简介: 张小强, 男, 1975 年 6 月出生。硕士研究生。现从事气体激光器方面的研究工作。

收稿日期: 2002-05-13; 收到修改稿日期: 2002-07-03

对于适用于 CO<sub>2</sub> 激光器 P<sub>20</sub> 支 (波长 10.5912μm)、刻槽密度 150line/mm 的闪耀光栅, 沿

波导管轴线方向的衍射光强随偏差角  $i$  的变化曲线(经过归一化)见图3。图中给出了3条支线的曲线,它们分别是  $P_{20}$ ,  $P_{18}$  与  $P_{22}$  支。为简单起见,此处假设3条支线对光栅有相同的入射光强。

图3实质上反映了光栅仰角偏差造成的损耗,随着安装偏差角度的增大,沿波导管轴线方向的衍射光强急剧减小,反映出损耗的迅速增加。如果安装偏差角增大到使邻近支线强于设计支线  $P_{20}$  的时候,由于竞争效应,  $P_{20}$  支线被抑制,这时便发生跳支现象。

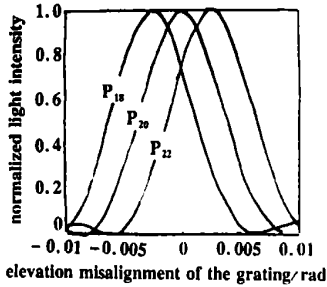


Fig. 3 Light intensity as a function of elevation misalignment of the grating

## 2 三角法校准光栅安装角度及准确性讨论

### 2.1 方法原理

如图4所示,将射频激励 CO<sub>2</sub> 激光器的陶瓷材料矩形波导水平放置。利用平行光管对准波导轴线,悬挂一经过波导轴线的铅垂线,再将一白纸屏紧贴于铅垂线,并使铅垂线和纸屏尽可能与波导拉开距离。使 He-Ne 激光器发出的激光光线重合于波导之轴线。然后在图示位置放置一粘贴在底座上的光栅,旋动调节螺钉可以微调光栅的俯仰角,同时光栅也能绕波导的轴线作小角度旋转。最后安装激光器的输出镜。

He-Ne 激光经过光栅后的衍射光在白纸屏上形成排成一条直线的亮点。转动光栅使这些衍射亮点全部照在铅垂线上。铅垂线、He-Ne 激光光线及其经光栅后的一条特定的衍射光线三者形成直角三角形,调节光栅的仰角,使特定干涉级的衍射光线照射在铅垂线的指定位置上,以校准光栅的安装倾角。

### 2.2 安装角的精确度

在安装光栅时,选用光栅对 He-Ne 激光的  $m = 10$  干涉级校准光栅的安装角。铅垂线距光栅的长

度  $L = 1278\text{mm}$ 。直角三角形高度  $H$  与  $L$  的测量误差小于  $1\text{mm}$ ,由此造成的光栅仰角误差角小于  $3.8''$ ,平行光管最大误差  $11''$ ,于是光栅安装最大误差角  $14.8''$ 。当仰角偏差  $i$  为此角时,  $P_{20}$  支(波长  $10.5912\mu\text{m}$ ) 衍射光强为零偏角时的  $99.967\%$ 。因此,用这种方法安装光栅造成的光学损耗完全可以忽略。

### 2.3 支线选择的稳定性

图3所示的  $P_{20}$  与最近的  $P_{18}$  支(波长为  $10.5713\mu\text{m}$ ) 的峰值位置之间的角度差距为  $8.4'$ ,两条曲线约在  $i = -4.23'$  (即光栅比设计角度前倾  $4.23'$ ) 处交叉。由于竞争效应,当  $i > -4.23'$  时,  $P_{20}$  支抑制  $P_{18}$  支的振荡;而当  $i < -4.23'$  时,  $P_{18}$  支反过来抑制  $P_{20}$  支的振荡。即光栅前倾偏角至少要增大到  $4.23'$  时才会出现跳支现象,而此时光栅仰角安装偏差  $14.8'' \ll 8.4'$ ,可见跳支是不易发生的。

### 2.4 实验结果

采用了对 He-Ne 激光的十级衍射谱线来校准光栅的安装角度,泵浦为  $87\text{MHz}$  的射频电源。光栅按前述方法安装好后固定不动,通过动态调节输出凹镜获得  $P_{20}$  支线的最大输出功率  $6.5\text{W}$ 。对比用全反镜代替光栅在相同条件下获得的  $P_{20}$  支线最大输出功率  $7.0\text{W}$ ,在考虑两者反射效率差异(全反镜  $98\%$ ,光栅  $95\%$ ) 的情况下,证实了三角形法调校光栅安装角的准确性。

用光谱仪来观察输出的激光谱线。在约  $2\text{h}$  的时间内,谱线的位置没有改变,说明光栅已经稳支。

## 3 小结

光栅选支的矩形波导 CO<sub>2</sub> 激光器中,三角形法安装光栅具有极高的精确度。该方法的光栅安装角偏差损耗完全可以忽略,输出光谱线非常稳定,这在实验中已经得到证实。

### 参 考 文 献

- [1] Bridges T J, Burkhardt E G, Smith P W. A P L, 1972, 20(7): 403~ 406.
- [2] Allcock G, Hall D R. Opt Commun, 1981, 37(1): 49~ 52.
- [3] Avrillier S, Verdonck J. J A P, 1977, 48(12): 4937~ 4941.
- [4] Marcatili E A J, Schmeltzer R A. Bell System Technical Journal, 1964, 43: 1783~ 1788.
- [5] 郭永康, 鲍培谔. 光学教程. 2版, 成都: 四川大学出版社, 1996: 234~ 236.

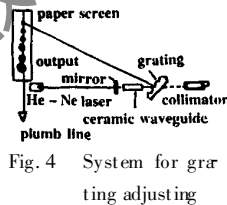


Fig. 4 System for grating adjusting