

布儒斯特棱镜组预扩束掠入射 光栅腔脉冲染料激光器

费浩生 娄玉华 王景云 袁恽谦 张在宣

(吉林大学物理系)

提要: 本文报导了用 Nd:YAG 激光二次或三次谐波横向泵浦的几种脉冲染料激光器腔型的运输特性,并进行了比较。实验结果表明,布儒斯特棱镜组预扩束掠入射光栅腔优于其他形式的掠入射光栅腔。

Grazing-incidence grating cavities with Brewster-prism beam preexpander for pulsed dye lasers

Fei Haosheng, Lou Yuhua, Wang Jingyun Yuan Yiqian, Zhang Zaixuan

(Department of Physics, Jilin University)

Abstract: The characteristics of a variety of dye laser oscillators transversally pumped by SHG and THG of a Nd: YAG pulsed repetitive laser are reported and compared. The performances of the Brewster-prism preexpanded cavity are better than those of the simple grazing-incidence grating cavity.

一、引言

无腔内扩束器光栅掠入射脉冲染料激光器^[1~4],其共振腔结构紧凑,调整方便,仅需一块光栅就可以很容易获得小于 0.1厘米^{-1} 线宽。但是也有缺点,例如,以光栅零级耦合输出的开腔结构,虽然有较高的效率,但输出中含有强的放大自发辐射荧光(ASE);以输出镜耦合输出的闭腔结构,虽能消除背景荧光(ASE),但激光效率很低,且波长调谐范围较窄。最近文献[5]提出单个棱镜以掠入射式作扩束器,激光性能虽有改善,但这种

腔的损耗较大,且由于棱镜的色散作用,给调谐机构的设计带来了相当大的困难。

我们采用布儒斯特棱镜组预扩束,提高了染料激光的转换效率。四棱镜预扩束器采用互补型结构,这对调谐机构的设计带来了极大的方便。这里,报导了这种布儒斯特棱镜组预扩束掠入射光栅腔的实验结果,并与普通掠入射光栅腔进行了比较。

二、理论考虑

普通掠入射光栅腔染料激光器输出线宽

收稿日期: 1983年5月6日。

的近似表达式已由文献[2]给出:

$$\Delta\lambda \approx \left(\frac{d\theta}{d\lambda}\right)_G^{-1} \frac{2\sqrt{2}\lambda}{\pi w} \quad (1)$$

式中 w 为入射到光栅上的光束宽度, $\left(\frac{d\theta}{d\lambda}\right)_G$ 为光栅的角色散率, 它由下式给出:

$$\left(\frac{d\theta}{d\lambda}\right)_G = 2 \frac{\sin\phi + \sin\theta}{\lambda \cos\theta} \quad (2)$$

式中 θ 为腔内光束对光栅的入射角, ϕ 为衍射角。

由棱镜和光栅组合的激光腔, 光谱线宽可用下式表示^[5]:

$$\Delta\lambda = \left[\left(\frac{d\theta}{d\lambda}\right)_G + \left(\frac{d\theta}{d\lambda}\right)_p \right]^{-1} \frac{2\sqrt{2}\lambda}{\pi M a} \quad (3)$$

式中 a 为入射到棱镜扩束器前表面的光束宽度, M 为棱镜扩束器的扩束率, $\left(\frac{d\theta}{d\lambda}\right)_p$ 为棱镜的角色散。

由[6]可知, 对色散互补的四棱镜扩束器, 其扩束率(放大率)为:

$$M = n^4 \quad (4)$$

n 为棱镜材料的折射率。由(4)式可知, 为获得大的扩束率, 需选用折射率较高的材料制备布儒斯特扩束棱镜。

图1是光栅衍射效率与入射角关系的实验曲线, 衍射级次为一级。由图可看出, 当入射角大于 80° 时, 光栅衍射效率随入射角增大而急剧下降, 当入射角接近 89° 时, 一级衍射效率小于1%。

表1给出了要获得约 0.1 厘米^{-1} 线宽, 对简单掠入射光栅腔和预扩束光栅腔计算而得的各参数。计算时用实验参数 $M=10$,

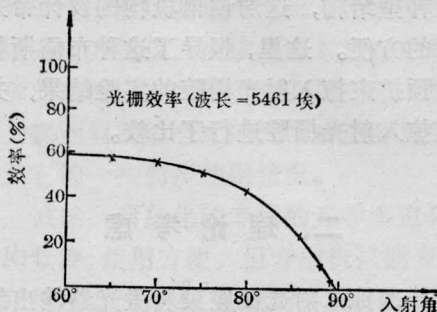


图1 光栅衍射(一级)效率与入射角的关系

$a=1.2 \text{ 毫米}$, $\lambda=5700 \text{ \AA}$, 光栅衍射均取一级。

表1 简单掠入射光栅腔与预扩束光栅腔参数比较

腔型	入射角	$\left(\frac{d\theta}{d\lambda}\right)_G^{-1}$	线宽计算值	光栅损耗
简单掠入射光栅腔	88.8°	$87.25 \text{ \AA}/\text{弧度}$	0.115 厘米^{-1}	98%
预扩束光栅腔	78°	$866.3 \text{ \AA}/\text{弧度}$	0.114 厘米^{-1}	52%

由上表可看出, 在得到相近线宽的情况下, 预扩束光栅腔的损耗比简单掠入射光栅腔低得多。

三、实验结果

我们的实验装置如图2所示^[7], Nd:YAG电光开关激光器输出经一级放大, 由KDP倍频二次谐波(0.53 微米)作为染料激光器的泵浦源, 功率大于1兆瓦, 脉宽约10毫微秒, 染料池采用带布儒斯特窗口的石英毛细管。染料为若丹明6G, 浓度 $10^{-4} M$ 甲醇溶液。光栅为1200条/毫米的复制光栅, 闪耀角 $17^\circ 27'$ 。布儒斯特扩束棱镜用ZF-7玻璃制成, 布儒斯特直角棱镜的顶角为 $28^\circ 44'$, 布儒斯特入射角为 $61^\circ 16'$, 出射光束的直角面镀宽带增透膜, 以消除反射损耗。调谐为一镀铝全反射镜, 安装在一精密的正弦调谐机构的转台上。

染料激光器腔长约20厘米, 输出镜为K₉平板玻璃。染料激光光束发散角约3毫弧度, 脉宽约5~8毫微秒。

测量了布儒斯特棱镜组预扩束掠入射光栅腔与简单掠入射光栅腔的开腔和闭腔三种腔型的输出线宽、激光效率和调谐范围, 结果列于表2。

由表2看出, 用布儒斯特棱镜组预扩束掠入射光栅腔在线宽小于简单掠入射光栅腔的情况下, 激光效率和调谐范围仍优于后者。

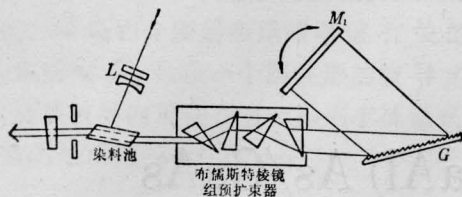


图2 布儒斯特棱镜组预扩束掠入射光栅腔脉冲染料激光器

表2 三种腔型输出线宽、激光效率和调谐范围的比较

腔型	光栅入射角	激光线宽	效率	调谐范围
棱镜组预扩束腔	78°	0.11 厘米 ⁻¹	10%	600 Å
开腔	89°	0.15 厘米 ⁻¹	8%	500 Å
闭腔	89°	0.26 厘米 ⁻¹	1%	450 Å

此外,对简单掠入射光栅腔,实验结果与理论计算结果相差较大。

还测量了上述三种腔型的脉冲染料激光光谱特性。对开腔结构,虽然能得到较宽的调谐范围,但存在强而宽的放大自发辐射背景(ASE);闭腔结构虽能基本上消除 ASE 背景,但调谐范围较窄,且激光效率低;只有布儒斯特棱镜组预扩束光栅腔,能获得宽的调谐范围,又基本消除了 ASE 背景,且输出的激光为线偏振光,偏振方向与光栅刻槽垂直。

图3是用 F-P 标准具拍得的预扩束光栅腔的激光干涉图。测量用 F-P 标准具的自由光谱范围是 1.1 厘米⁻¹,精细度为 50。由干涉环测得激光输出线宽为 0.11 厘米⁻¹。



图3 预扩束掠入射光栅腔输出激光干涉图

四、结 论

在我们的实验条件下,采用布儒斯特棱镜组预扩束掠入射光栅腔,用若丹明 6G 甲醇溶液为激光染料,可以较容易地获得输出线宽约 0.1 厘米⁻¹的染料激光,效率大于 10%;调谐范围 600 Å(由 5500 Å 至 6100 Å);输出功率大于 100 千瓦的偏振光,而且在染料激光中基本上消除了自发辐射。

在本工作完成之时,我们见到了与我们结果类似的报导^[8]。

参 考 文 献

- [1] I. Shoshan *et al.*; *J. Appl. Phys.*, 1977, **48**, No. 11, 4495.
- [2] M. G. Littman, H. J. Metcalf; *Appl. Opt.*, 1978, **17**, No. 14, 2224.
- [3] A. Corney *et al.*; *Opt. Commun.*, 1979, **31**, No. 3, 354.
- [4] 张培林,赵朔嫣;《激光》, 1980, **7**, No. 11, 21
- [5] F. J. Duarte, J. A. Piper; *Appl. Opt.*, 1981, **20**, No. 12, 2113.
- [6] 许祖彦,邓道群;《光学学报》, 1981, **1**, No. 6, 575.
- [7] 可调谐激光器研制组;《激光》, 1982, **9**, No. 5, 51.
- [8] R. Trebino *et al.*; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1982, **QE-18**, 1208.

(上接第 266 页)

场的正弦分布影响不大,可成为研制渐变 Wiggler 磁场的一种方法。

为了使电子在 Wiggler 磁场中处处满足共振条件,更精确的研制渐变 Wiggler 磁场的方法是测量电子在不同位置的速度,通过调节磁路来改变场强。

感谢王之江同志对本工作的指导。

参 考 文 献

- [1] K. Halback *et al.*; *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, **NS-26**, 1979, 3882.
- [2] M. W. Poole *et al.*; *Nucl. Instrum. and Meth.*, 1980, **176**, 487.
- [3] A. Hofmann; *Nucl. Instrum. and Meth.*, 1978, **152**, 17.