

可调谐染料激光的窄谱宽输出

Abstract: Narrow linewidth down to 0.0006 nm was obtained with a coated prism expander in the grating tuned dye laser. Keeping the cavity loss as low as possible and with proper choice of prism angle and incident angle, the minimum loss of the expander can be obtained.

前言

可调谐染料激光器已被广泛地应用于激光光谱学、激光化学、同位素分离、医学和生物学等领域。在全息技术、光通讯、军事等方面染料激光器的应用也在不断扩大。在上述的许多应用中都要求有高的分辨率，而分辨率与激光输出的谱线宽度成反比。因而，如何压窄激光谱线宽度以达到提高分辨率是个很重要的课题。

使用棱镜扩束器的脉冲染料激光器^[1,2]，其优点是光学元件比较经济，准直容易，系统紧凑。适当地选择不同折射率的棱镜及其角度，可使染料激光输出有较宽的波段复盖范围。存在的问题是，为了提高扩束倍数需要尽量增大光束的入射角，由此导致反射损耗增大。所以，棱镜扩束系统是获得窄谱线、宽可调谐范围激光输出的关键。

棱镜的选取

棱镜角度选取得合适，既可得到所需的放大倍数，又可减少反射损耗。由图1可知，

$$\sin \theta_1 = n \sin \theta_2$$

$$\sin \theta_4 = n \sin \theta_3$$

$$\theta_3 - \theta_2 = \alpha$$

经过一块扩束棱镜后的光束放大倍数为^[2]

$$M = \frac{\cos \theta_2 \cos \theta_4}{\cos \theta_1 \cos \theta_3} \quad (1)$$

所以，若想提高放大倍数，必须加大入射角。用一块

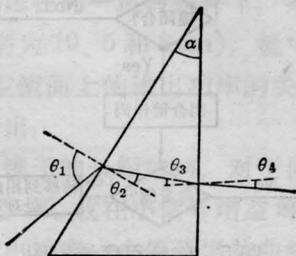


图 1

棱镜扩束时，其入射面的损耗由(2)式给出

$$R = \frac{\tan^2(\theta_1 - \theta_2)}{\tan^2(\theta_1 + \theta_2)} \quad (2)$$

由(2)式可知，入射角增大则反射损耗增大。当然，若以布儒斯特角入射，其反射损耗最小，但扩束倍数仅仅等于折射率。

实验时是根据光谱宽度的要求大致选定扩束倍数，确定出入射角的值，而选取棱镜顶角还要考虑出射面的损耗。为尽量减少出射面的损耗，可选 $\theta_3 \approx \theta_4 \approx 0^\circ$ 。图2示出了顶角 α 与入射角 θ_1 的关系曲线。但不管顶角选什么值，都不可能完全消除反射损耗。降低反射损耗的一种办法是将涂有相应波长增透膜的几块棱镜串接使用。串接棱镜组的总放大倍数为

$$M_{\text{总}} = M_1 \cdot M_2 \cdots M_n$$

其中 M_n 为第 n 块棱镜的放大倍数。

涂膜是针对特定的入射角、特定的波长范围进行的。涂膜后的入射面的反射损耗大大降低(图3)。比如说，同样 77° 入射，其入射面的反射损耗降低两个数量级以上。

当采用棱镜扩束器和一块衍射光栅组成光学谐振腔时，由棱镜引起的无源谱线宽度 $\Delta\lambda_p$ 为

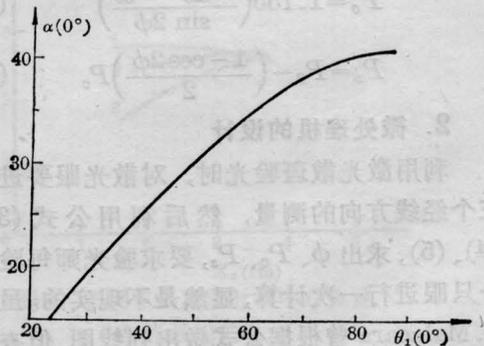


图2 顶角 α 与入射角 θ_1 的关系曲线

(当取 $\theta_2 \approx \theta_4 \approx 0$ 时)

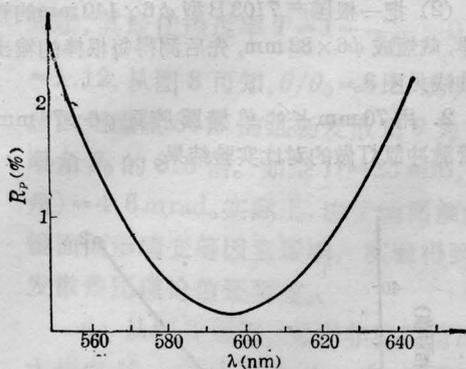


图3 77°入射时,面反射损耗随波长的变化
(涂有增透膜)

$$\Delta\lambda_p \sim \frac{\Delta\theta_4}{\frac{d\theta_4}{d\lambda}}$$

由光栅入射角 ϕ 引起的无源谱线宽度 $\Delta\lambda_g$ 为

$$\Delta\lambda_g \sim \frac{\lambda \Delta\theta_4}{\tan\phi}$$

$\Delta\theta_4$ 为光束发散角,在衍射极限时,

$$\Delta\theta_4 = \frac{1}{M} \cdot \frac{\lambda}{\sigma W_0}$$

其中 W_0 为束腰半径, M 为扩束器的放大倍数。 $\frac{d\theta_4}{d\lambda}$ 是棱镜系统的色散。典型的 $\Delta\lambda_p$ 比 $\Delta\lambda_g$ 宽两个数量级。在染料激光的阈值处,实际谱线宽度由后者给出。

为了压窄谱线宽度,需在腔内插入法布里-珀罗标准具。腔内标准具的选择通常是使其自由谱宽为光栅 $\Delta\lambda_g$ 的三倍左右。

实验结果

实验装置示于图4。其中 G 为1200条/mm的反射式光栅; F 为10mm厚的法布里-珀罗标准具。 P 为棱镜扩束系统,由四块棱镜组成,顶角均为

41.48°,入射面与出射面均涂有相应波长的增透膜,各块大小不等,以便尽量缩短腔长,减少腔内损耗,以消色散方式串接。 C 为一染料池; M 为输出耦合镜。

实验结果为,当未加入法布里-珀罗标准具时,测得谱线宽度0.003nm,与计算值0.0054nm(腔内一次通过)相近,可调谐范围230nm。当腔内插入标准具后,用一块50mm厚的法布里-珀罗标准具测量,得到0.0006nm的光谱线宽度,见图5。



图4 实验装置示意图

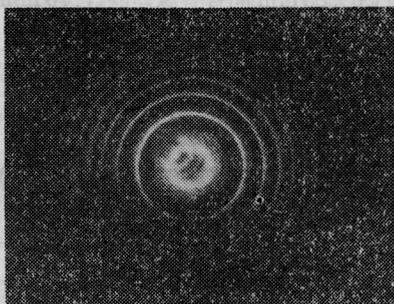


图5 用四块棱镜扩束,光栅调谐的R6G的输出。
用5cm厚的F-P测量

参 考 文 献

- [1] F. J. Duarte, J. A. Piper; *Opt. Commun.*, 1980, 35, No. 1, 100.
- [2] T. Kasuya *et al.*; *Appl. Phys.*, 1978, 17, 131-136.

(中国科学院上海光机所 刘 晔 杨春春
1985年4月12日收稿)

钕玻璃固体激光器棒长于椭圆腔的实验

Abstract: Experiment on Nd:glass laser rods which is longer than their ellipsoidal pump cavity have been made. The results show that, under some conditions, their laser efficiency is higher and threshold lower than that of rods of equal-length to the cavity.

一、引言

在常用的中小型固体激光器中,大都采用直管泵浦灯和椭圆聚光腔。为了更好地利用泵浦光的能

量,无论是在理论分析上,还是在实际应用上,都认为应该是使激光棒、直管灯和椭圆腔三者的长度相等^[1,2]。