

以脉冲氙离子激光器为泵浦和注入光源的注入锁定染料激光器

孙迭麓 杨远龙 翁渝民 李富铭 章志鸣

(复旦大学物理系)

提要: 描述了一个注入锁定的染料激光器,它是用脉冲氙离子激光器泵浦的若丹明 6G 四镜环形染料激光器,并且用氙离子激光输出线中的 5960 \AA 作为注入光源,研究了注入锁定染料激光器的输出强度和光谱特性。

Injection-locked dye laser pumped and injected by a pulsed xenon-ion laser

Sun Diechi Yang Yuanlong Weng Yumin Li Fuming Zhang Zhiming

(Department of Physics, Fudan University)

Abstract: An injection-locked dye laser has been constructed with a four-mirror ring Rh-6G dye laser pumped by a pulsed xenon ion laser. The output line at 5960 \AA of the xenon-ion laser is used as the injection source. The characteristics of the output intensity and spectra of the injection-locked dye laser are also investigated.

一、引言

利用可调谐染料激光器成功地获得了谱线宽度很窄的激光输出,为激光光谱学研究提供了一个十分有力的工具。但要获得窄的谱线宽度,必须在谐振腔内插入各种不同的色散元件,因而降低了输出功率。这对某些要求高功率的研究领域有一定局限性。为了解决这一困难,一种方法是采用多级放大。近几年来注入锁定技术被应用到可调谐染料激光器,以获得窄的谱线宽度和高功率的激光输出^[1~5]。注入锁定的基本原理是:将一个功率很低而谱线宽度极窄的激光束注入到一个具有增益的激活介质谐振腔内,使其与

注入光相同的频率超过正常的阈值条件优先振荡,从而可以达到高功率输出,而输出的光谱特性只与注入光源有关,它的强度取决于激活介质的特性。这样有可能获得窄的谱线宽度和高功率的激光输出。

我们用一个脉冲氙离子激光器泵浦的四镜环形染料激光器作为激活介质谐振腔,染料为若丹明 6G,并测量了以氙离子激光谱线中 5960 \AA 为注入光源,经过注入锁定后的染料激光输出强度及其光谱特性,采用环形结构谐振腔避免了注入光束的反馈;氙离子激光同时作为泵浦和注入光源,使两个脉冲激光器不存在需要同步的问题。

收稿日期: 1981年3月30日。

二、实验装置与结果

实验装置如图 1 所示。脉冲氙离子激光器输出功率为 10 千瓦,脉冲宽度为 300 毫微秒^[6],在可见区域有 4995、5007、5159、5260、5326、5394 和 5960 Å 七条输出谱线。其中 5960 Å 不为若丹明 6G 吸收,而在它的荧光光谱范围,所以可选作注入光源。如图 1 中所示,氙离子激光束由反射镜 M 将其中蓝绿部分反射,然后由一个 $FL=10$ 厘米的透镜 L 聚焦到染料盒 C 上,染料盒厚度为 3.6 毫米,有效长度为 1 毫米,其中盛有 4×10^{-3} 克分子若丹明 6G 酒精溶液,并且与染料激光光束放成布儒斯特角。 $M_1、M_2、M_3、M_4$ 组成一个四镜环形腔。 $M_1、M_2$ 是 $R=10$ 厘米的球面全反射镜, M_3 为平面全反射镜, M_4 为反射率 80% 的平面输出镜并且作为注入光的耦合镜。环形染料激光器腔长为 130 厘米, $M_1、M_2$ 相距 10 厘米, $M_3、M_4$ 相距 56 厘米,环形腔四个反射镜的放置满足象散补偿条件。在没有注入光输入时,它的两束输出光功率约为 600 瓦,脉宽为 100 毫微秒。氙离子激光中的 5960 Å 输出谱线透过 M ,经棱镜 P 色散后再由反射镜 M' 反射到 M_4 注入到环形谐振腔内,调准注入光束与染料环形激光的一个输出方向重合。由于氙离子激光的偏振方向与染料激光的偏振方向成一定角度。在染料激光器两个输出方向上分别放置两个偏振器 PO_1 和 PO_2 。将偏振器 PO_1 调到染料激光的偏振方向。然后调节偏振器 PO_2 ,改变注入光源的强度,同时可以抑制测量中的本底干扰。测量装置由一个单色仪色散后经光电倍增管接收,再分别输入到显示记录装置和示波器。

图 2 描述了由记录装置测得的注入锁定前后的染料激光输出强度与波长的变化关系。其中曲线 1 是没有注入光时环形染料激光输出强度与波长的关系;曲线 2 是注入锁

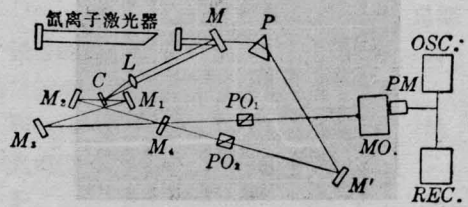


图 1 实验装置

M —分光镜; P —棱镜; C —染料盒; L —透镜;
 $M_1、M_2、M_3、M_4$ —环形染料激光器反射镜; $PO_1、$
 PO_2 —偏振器; MO —单色仪; PM —光电倍增管;
 OSC —示波器; REC —记录装置

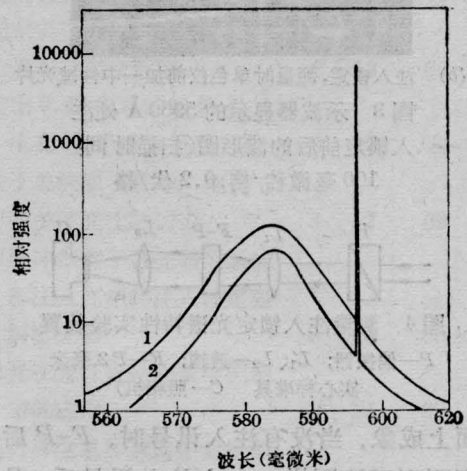
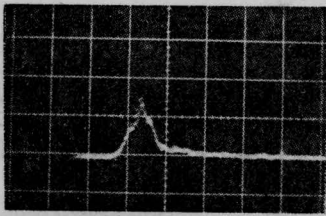


图 2 染料激光输出强度与波长关系
 (根据记录装置测得)

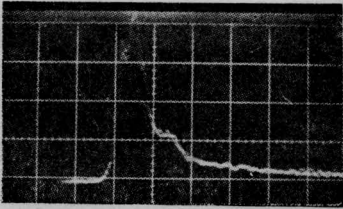
曲线 1 没有注入锁定
 曲线 2 以 5960 Å 注入锁定

定时的输出强度与波长的关系。比较两条曲线,可以看出在 5960 Å 处输出强度,注入锁定时和不加注入光相比,增加了约 5×10^2 倍,而其它波长的强度相应地减少了二倍左右。同样在示波器中也显示了注入锁定前后的变化。图 3(a) 是没有注入锁定时 5960 Å 处的波形图。(b) 是注入锁定时 5960 Å 处的波形图,在这时单色仪前放置了一块中性减光片。

为了测量注入锁定的染料激光光谱特性,采用了图 4 所示的装置,染料激光器输出经一偏振器 P 后,由一个 $FL=15$ 厘米透镜 $L1$ 发散到 2 毫米厚的实心 $F-P$ 标准具,再由一个 $FL=20$ 厘米的透镜 $L2$ 在照相机的



(a) 没有注入锁定



(b) 注入锁定, 测量时单色仪前加一中性减光片
图3 示波器显示的 5960 Å 处注入锁定前后的波形图(扫描时间: 100 毫微秒/格, 0.2 伏/格)

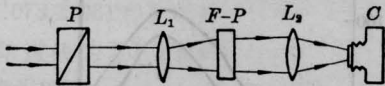


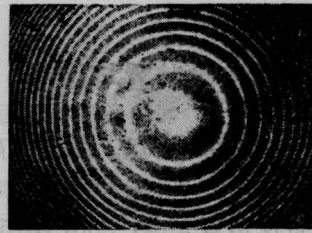
图4 测量注入锁定光谱特性实验装置
P—偏振器; L_1 、 L_2 —透镜; F—P2 毫米实心标准具 C—照相机)

焦面上成象, 当没有注入讯号时, $F-P$ 后面观察不到干涉图样。加入注入讯号后, $F-P$ 后出现清晰的干涉图样。图 5(a) 是注入锁定情况下拍摄到的染料激光干涉图。在同样装置中拍摄的氙离子 5960 Å 的光谱特性如图 5(b) 所示, 比较二者, 其谱线宽度是相符合的。

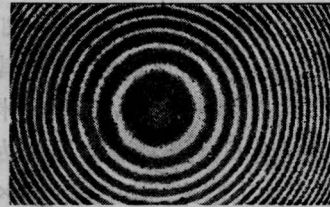
在实验中, 改变注入光的强度到一定大小, 便可达到注入锁定, 只要保持这一强度, 并不要求注入光源纵向单模。

三、讨 论

实验结果表明, 用脉冲氙离子泵浦的环



(a) 注入锁定染料激光在 5960 Å 处的干涉图



(b) Xe⁺ 激光 5960 Å 的干涉图

图5 注入锁定后激光与注入光源光谱特性比较
(由图4 装置拍摄的干涉图)

形染料激光器作为激活介质谐振腔, 应用注入锁定技术, 可以获得高功率和窄的谱线宽度的激光辐射, 装置简单便利。它的输出强度只与环形染料激光器有关, 而光谱特性只取决于注入光源。如果注入光源改用一个谱线宽度很窄的可调谐激光器, 则又可达到波长连续可调谐。

参 考 文 献

- [1] L. E. Erickson *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1971, **18**, 433~435.
- [2] S. Blit *et al.*; *Appl. Phys.*, 1977, **12**, 69~74.
- [3] A. J. Gibson *et al.*; *J. Phys. D, Appl. Phys.*, 1978, **11**, L 59~L 61.
- [4] U. Ganiel *et al.*; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1976, **QE-12**, No. 11, 704~716.
- [5] E. R. Carney *et al.*; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1980, **QE-16**, No. 1, 9~10.
- [6] 杨远龙等;《激光》;1981, **8**, No. 5, 45.!