

# 双波长脉冲可调谐染料激光器

张在宣 王景云 袁恽谦 费浩生

(吉林大学物理系 原子分子物理所)

**提要:** 描述激光泵浦双波长同时运转的可调谐染料激光器。使用 R6G、R6G + R640 和 R6G + LD473 混合染料,适当地选择分束器和带有布儒斯特棱镜组预扩束器的掠射光栅腔,可获得较宽的调谐区、低的放大的自发辐射背景,峰值功率可达 40 千瓦,输出线宽  $< 0.22 \text{ 厘米}^{-1}$ ,并具有偏振特性。

## Double-wavelength pulsed tunable dye laser

Zhang Zhaixuan, Wang Jingyun, Yuan Yiqian, Fei Haosheng

(Institute of Atomic and Molecular Physics, Physics Department, Jilin University)

**Abstract:** Simultaneous tunable two-wavelength operation of the tunable dye laser pumped by SHG of a Nd:YAG pulsed repetitive Q-switched laser is described. R6G, R6G + R640 and R6G + LD473 mixture in methanol solution were studied. The proper choice of the beam splitter and the Brewster prism pre-expander grazing-incident grating cavity provided a wide tunable spectral range, low background ASE; polarized peak output power of the laser is about 40 kW and a spectral bandwidth is  $0.22 \text{ cm}^{-1}$ .

## 一、引言

从一台激光源同时泵浦两台可调谐染料激光器发展到利用一台可调谐激光器同时实现双波长运转是可调谐激光技术的进步。在初期,采用两套可调谐机构,使用两块光栅<sup>[1]</sup>。近年来,采用一块光栅两个可调谐镜的方法实现双波长同时运转<sup>[2]</sup>,但每个可调谐镜仅利用了光栅的一部分,因此影响了激光输出特性,带宽变宽。我们使用光栅腔,在布儒斯特棱镜组预扩束器与光栅之间插入一

块分束器,将扩束后的光束分成上、下两束,入射到同一块光栅,每束光由它自己的可调谐反射镜反射,与输出镜组成两个不同波长的振荡腔,实现了双波长运转。既有经济效果又不影响激光输出特性。为了扩大调谐范围,我们又使用了混合染料。

## 二、实验装置和方法

### 1. 实验装置

实验装置如图 1 所示。它由五部分组成。

收稿日期: 1983 年 5 月 6 日。

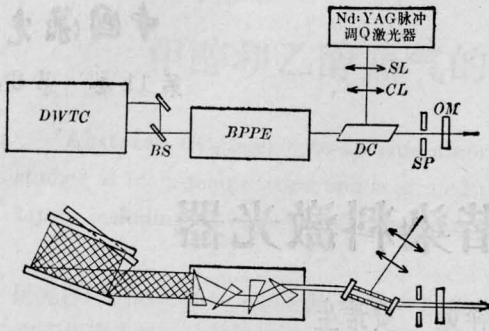


图1 双波长脉冲可调谐染料激光器实验装置

(1) 带有布儒斯特窗的毛细管染料池 (DC)

脉冲重复率  $Q$  开关 Nd:YAG 激光器二次谐波经球面透镜 (SL) 和柱面透镜 (CL) 会聚于毛细管染料池 (DC)。毛细管由石英材料制成, 内径 3 毫米, 激发区的长度 18 毫米, 两端有布儒斯特窗。使用 R6G、R6G+R640 和 R6G+LD473 混合激光染料的甲醇和水溶液。染料溶液由循环泵循环。

(2) 布儒斯特棱镜预扩束器 (BPPE)

它是由四块 ZF-7 玻璃 ( $n_D=1.806$ ) 的布儒斯特直角棱镜组成消色散扩束器。由布儒斯特角的特性知道, 每块直角棱镜的扩束率为  $M_1=n$  ( $n$  为棱镜的折射率), 四块同一材料的布儒斯特直角棱镜组成的消色散扩束器的扩束率为

$$M = M_1 \cdot M_2 \cdot M_3 \cdot M_4 = n^4$$

扩束率随玻璃的折射率  $n(\lambda)$  而变, 约为 10 倍。棱镜的通光直角面镀宽带消反射膜, 以减少反射损耗。

(3) 分束器 (BS)

经预扩束器扩束后的光束被分束器 (BS) 分成上、下两束。分束器由相互平行的一块全反镜和一块半反半透的分束片组成。分束比由所需双波长激光的强度比确定。

(4) 双波长可调谐机构 (DWTC)

被分束器分成的上、下两束光入射到同一块色散光栅, 但每束光由它自己的可调谐

反射镜反射, 与输出镜组成两个不同波长的振荡腔。光栅宽 68 毫米×高 25 毫米, 刻线为 1200 条/毫米。闪耀角为  $17^\circ 27'$ , 选择闪耀波长为 500 毫微米, 有利于可调谐染料激光的短波部分。通过减速马达带动高精度正弦扫描机构, 实现波长连续线性扫描。扫描速度分为快、中、慢三档。两块全反镜的夹角确定了双波长的差值。两块全反镜可装在同一个可调臂上, 双波长同时调谐。也可以使一块反射镜固定, 另一块反射镜装置在可调臂上, 固定一个波长, 另一个波长可调谐。

(5) 输出腔镜 (OM) 和空间滤波器 (SF)。

## 2. 调整和检测方法

在插入扩束器和分束器前, 调整光栅腔, 使可调谐染料激光器正常运转。然后插入扩束器进行调整, 使其处于最佳状况, 再插入分束器, 调整分束器和可调谐全反镜, 使双波长同时运转。

分别用 FDS 型大色散摄谱仪与小型摄谱仪拍摄双波长可调谐激光器的光谱图, 用 Hg 谱和 Fe 谱定标。

用 F-P 标准具分别拍摄单波长运转 (长波和短波) 和双波长运转的双波长可调谐激光输出的 F-P 干涉图。所使用的 F-P 标准具  $\Delta\nu_{FSR} = 1.089 \text{ 厘米}^{-1}$ , 精细系数  $F > 50$ 。

## 三、实验结果

用 Nd:YAG 脉冲调  $Q$  激光器泵浦双波长可调谐染料激光器, 使用激光染料 R6G 的甲醇和水溶液, 染料的浓度为  $1.33 \times 10^{-4}$  摩尔/升。调整两块可调镜之间的夹角拍摄的一组双波长运转的光谱图见图 2(a)。固定夹角将两块全反镜固定在同一个可调臂上, 双波长同时调谐, 拍摄的一组双波长运转的光谱图见图 2(b)。

为了扩展调谐范围和双波长的波长间隔, 分别使用了 R6G+R640 和 R6G+LD473

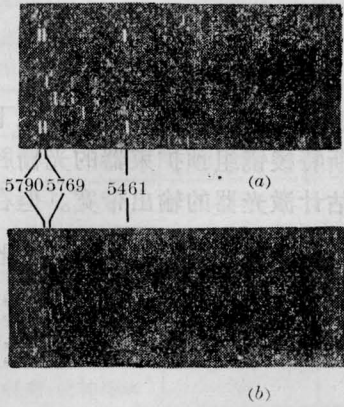


图2 双波长可调谐激光输出光谱图

- (a) 两块可调谐镜之间有一定的夹角, 改变夹角
- (b) 固定夹角, 两块全反镜固定在一个可调臂上  
(用 FDS 大型摄谱仪拍摄)

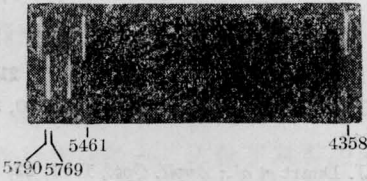
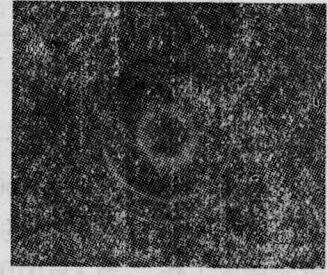


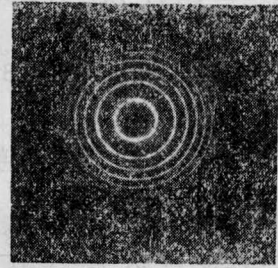
图3 R6G+LD473 混合激光染料溶液的双波长可调谐激光输出光谱图  
(用小型摄谱仪拍摄)

混合激光染料溶液。R6G、R640、LD473 激光染料溶液(甲醇和水溶液, 甲醇与水的配比为 1:1)的浓度分别为  $1.33 \times 10^{-4}$ 、 $1.11 \times 10^{-4}$ 、 $1.85 \times 10^{-4}$  摩尔/升, 混合激光染料溶液按体积比配制, 在混合时不产生化学反应。混合激光染料溶液的增益轮廓发生了明显的变化, 用 R6G+R640 混合激光染料溶液(配比为 2:1)时的调谐范围向长波方向移动, 而用 R6G+LD473 混合激光染料溶液(配比为 3:1)时的是向短波方向移动。R6G+LD473 混合激光染料溶液的双波长可调谐激光输出光谱图见图 3。

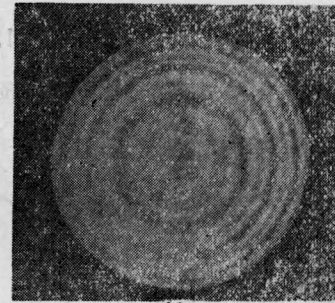
用自由光谱区为  $\Delta\nu=1.089$  厘米<sup>-1</sup>、精细系数  $F>50$  的 F-P 标准具分别拍摄了双波长可调谐激光器在单波长(长波和短波)和双波长运转时的激光输出 F-P 干涉光谱图, 实测光谱线宽分别为  $\Delta\nu=0.14$  厘米<sup>-1</sup>(长波)和  $\Delta\nu=0.22$  厘米<sup>-1</sup>(短波), 见图 4。



(a)



(b)



(c)

图4 双波长可调谐染料激光器输出的 F-P 干涉光谱图

- (a) 单波长运转(长波)  $\Delta\nu=0.14$  厘米<sup>-1</sup>
- (b) 单波长运转(短波)  $\Delta\nu=0.22$  厘米<sup>-1</sup>
- (c) 双波长运转

## 四、讨 论

### 1. 双波长的间隔与可调谐镜夹角之间的关系

两块可调谐镜间的夹角  $\Delta\beta$  为:

$$\Delta\beta = \left( \frac{d\beta}{d\lambda} \right) \Delta\lambda$$

$\left( \frac{d\beta}{d\lambda} \right)$  为光栅的角色散, 角色散由光栅方程所确定。对于我们所选用的光栅腔, 可调谐镜使角色散加倍, 所以

$$\frac{d\beta}{d\lambda} = \frac{2m}{d \cos \beta}$$

所以  $\Delta\beta = \frac{2m}{d \cos \beta} \Delta\lambda$  (弧度)

在兼顾输出带宽和强度的情况下, 选择入射角  $\alpha = 78^\circ$ , 使用闪耀波长为 500 毫微米 (闪耀角为  $17^\circ 27'$ )、1200 条/毫米的闪耀光栅, 在一级光谱区工作。当  $\lambda = 570$  毫微米时, 由光栅方程求出  $\beta$  角, 计算角色散, 在  $\Delta\lambda = 100 \text{ \AA}$  时,

$$\Delta\beta = 0.0251 \text{ 弧度} = 1.438^\circ.$$

## 2. 激光器的输出带宽

带有棱镜扩束器的光栅腔的单程带宽由下式确定<sup>[3]</sup>:

$$\Delta\lambda = \frac{2\sqrt{2}\lambda}{M\pi w} \left[ \left( \frac{d\beta}{d\lambda} \right)_G + \left( \frac{d\beta}{d\lambda} \right)_P \right]^{-1}$$

其中  $M$  为棱镜扩束器的放大倍数,  $w$  为光腰直径,  $\left( \frac{d\beta}{d\lambda} \right)_G$ 、 $\left( \frac{d\beta}{d\lambda} \right)_P$  分别为光栅和棱镜角色散。我们使用的布儒斯特棱镜组预扩束器为消色散的, 因此可以不考虑  $\left( \frac{d\beta}{d\lambda} \right)_P$  这一

项。

$$\Delta\lambda = \frac{2\sqrt{2}\lambda}{M\pi w} \left( \frac{d\beta}{d\lambda} \right)_G^{-1}$$

双波长可调谐激光器组成了上下两个带有布儒斯特棱镜组预扩束器的光栅腔, 可用上式来估计激光器的输出带宽。但在可调谐激光器中由于  $\lambda$  和  $\left( \frac{d\beta}{d\lambda} \right)_G^{-1}$  是变化的, 因此双波长可调谐激光器输出带宽略有不同。实测输出带宽的值比单程带宽计算值小。

此项研究工作得到魏振乾、姜玉华、吴凤文等同志的帮助和吉林市光机实验厂的支持, 在此表示衷心感谢。

## 参 考 文 献

- [1] H. S. Pilloff; *Appl. Phys. Lett.*, 1972, **21**, 339.
- [2] S. G. Dinev et al.; *Opt. Commun.*, 1980, **32**, No. 2, 313.
- [3] F. J. Duarte et al.; *Appl. Opt.*, 1982, **22**, No. 15, 2782.

## 简 讯

# 高能量高功率油浸卷筒式氮分子激光器

襄樊市激光技术研究所继研制小型油浸卷筒氮分子激光器后, 经过最近两年的努力, 采用电容转换线路激励, 成功地研制了高能量高功率油浸卷筒式氮分子激光器。该器件放电长度为 950 毫米, 光斑尺寸  $10 \times 14$  平方毫米, 经用北京光电技术研究所测试室的 Laser Instrumentation LTD Model 172-17NA 能量计测定, 其单脉冲能量为 17.8 毫焦耳 (最大值为 18.0 毫焦耳), 脉冲宽度 (用日本 6300 示波器、300 兆赫测定) 在气压 64 托时为 8 毫微秒。

最近 (1983 年 12 月 25 日至 26 日), 湖北省科委对该器件召开了技术鉴定会并获得通过。会上进行了现场测试。所用能量计为华南师院物理系无线电厂生产的 NJ-N1 型能量计。所测结果, 当工作电压为 16.5 千伏、气压 60 托时, 单脉冲能量为 15.7 毫焦耳。又对另一台器件进行了四小时连续运算试

验, 其输出稳定性为 3%。

该器件所以能够获得较高的能量水平, 最主要的是, 一由于选用了“电容转换”线路。它较之 Blumlein 线路更容易获得快速的大容量的传输能量; 二有着基本正确合理的腔体设计和电极形状。它既有较大的激活体积, 同时又满足大范围内辉光放电的要求。与国内外有关报道相比, 该装置的主要特点是未用分离的陶瓷电容器等构成所需的储能电容、卸能电容, 而是采用连续分布电容构成。

我们相信, 该  $N_2$  激光器的研制成功, 将在一定程度上满足国内对于高能量高功率  $N_2$  激光器的要求, 也将推动有关工作的开展。

(襄樊市激光技术研究所 衡光

1984 年 1 月 23 日收稿)