



## 染料调谐激光器中 ASE 的有效抑制

李银妹 刘学龙 高成岳  
(中国科学技术大学, 230026)

### Effective restraint of ASE in tunable dye lasers

*Li Yingmei, Liu Xuelong, Gao Chenyue*

(Department of Physics, University of Science and Technology of China, Hefei)

**Abstract:** In a tunable dye laser, 0.01% or 3/4 background of ASE is attained by means of saturated absorption and polarization techniques.

**Keywords:** dye laser, restraint of ASE, saturated absorption

### 一、前言

染料的放大自发辐射(以下简称 ASE)是染料激光器的一个十分严重的问题。为了滤除 ASE,提高信噪比,获得高纯度可调谐激光,人们已作各种尝试,在一定程度上得到了改善。我们采用了一种饱和吸收和偏振的新技术,有效地抑制了 ASE,达到窄带 ASE 背景 0.01%。

### 二、实验原理及装置

ASE 为染料受激辐射的单程放大,偏振度低,利用光偏振与检偏特性,我们将染料池窗口做成布儒斯特角,以得到偏振度较高的激光,如再在激光器(见图 1)输出端插入检偏器,使其与激光偏振方向一致,则 ASE 明显受抑。如使激光再通过一个盛有另一种染料溶液的饱和吸

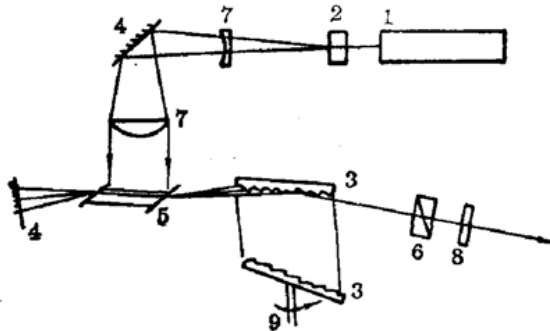


图 1 调谐染料激光器

1—YAG 激光器; 2—倍频; 3—光栅; 4—反射镜; 5—染料池; 6—检偏器; 7—扩束镜;  
8—吸收池; 9—调谐装置。

收池,其吸收峰与 Rh-6G 的荧光峰值相近,这样就有效地滤除了 ASE。无论从屏幕上还是用光谱仪(目视)已观察不到 ASE。

### 三、实验方法

为了分析比较不同状态对 ASE 的抑制效果和选择最佳条件。我们把染料调谐激光器的直接输出(A);输出端插入饱和吸收池(B);输出端插入检偏器(C)和输出端同时插入饱和吸收与检偏器(D),这四种状态(以下简略为 A、B、C、D 状态)用 2 m 平面光栅摄谱仪记录。考虑泵浦光源的起伏、激光与荧光强度之悬殊等因素。每次摄谱均选择泵浦源 1 次/s,进行多次曝光,以减少误差。

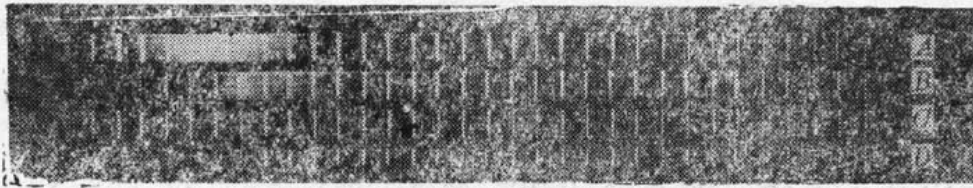


图 2 不同状态的激光调谐光谱

A: 激光器直接输出      B: 输出端插入饱和吸收池  
C: 输出端插入检偏器      D: 输出端插入检偏器和饱和吸收池

图 2 是在各自调谐范围内拍摄到的各状态输出的激光光谱。每相邻谱线波长变化约 1.2 nm, 摄一次光谱, 依次进行, 分别得到各状态下激光的调谐光谱照片。任一状态中的 ASE 光强是在该状态下作  $N$  次调谐激光摄谱时, ASE 的  $N$  次叠加。如 D 状态中  $N=32$ , 则平均光强  $I_{\text{ASE}} = \frac{1}{N} I_{\text{调}}$ 。实验中同时摄 Hg 光谱用作波长定标。

### 四、结果与讨论

图 3 是图 2 的光谱底片经 PDS-1010M 型显微扫描光密度计放大 20 倍, 并作 20 次扫描平均, 再由计算机绘制的光密度谱图。其中每一个峰值与图 2 中的每一个调谐谱线相对应。图 3 中的峰值包络就是该状态的可调谐光谱范围。包络中部的黑度饱和是因兼顾 ASE 的强度需要相当长的曝光时间所致。

用毫米尺对图 3 中的标准 Hg 光谱进行测量, 得到该谱图的线色散:

表 1 调谐范围(nm)

测试状态	ASE		激 光	
	峰值波长(nm)	复盖范围(nm)	调谐宽度(nm)	调谐范围(nm)
A	568.0	15.3	40.2	567.0~602.0
B	569.0	17.2	36.4	566.0~602.0
C	569.0	8.2	40.2	567.0~602.0
D	566.0	4.9	36.4	566.0~602.0

$$\frac{\Delta\lambda}{\Delta L} = \frac{579.065 - 576.949}{1.10} = 0.19 \text{ (nm/mm)}$$

由此算得各状态的激光调谐范围、ASE 的复盖范围等数据, 见表 1。各状态对激光和 ASE 均有不同影响。其中 *C* 状态, 即在激光器输出端插入检偏器的情况下, 激光的调谐范围不变(与 *A* 状态比较), 而 ASE 的复盖范围则缩短了约 7.0 nm。

再比较图 3 中各状态的 ASE 的光密度极值, 显然 ASE 得到了很好的抑制。特别是 *D* 状态——输出端插入饱和吸收和检偏器的情况下, ASE 趋近于底片的本底密度。况且该密度值是 ASE 的 32 次叠加值。

为了测量各状态 ASE 的相对强度  $I_{ASE}$  和计算窄带背景  $I_{ASE}/I_L$ , 用 PDS-1010M 显微光密度计测量了图 3 中各状态的 ASE 的峰值密度  $S_p$ 、测量在 *D* 状态中  $S_p$  处(566 nm)调谐激光的光密度值, 以及测量九阶梯光谱。根据“ $S-\log H$ ”乳剂特性曲线(曲线图从略)由光密度  $S$  转换成曝光量  $H$ , 并且对 *C*、*D* 两项光密度偏弱的情况, 用“ $P$ ”标尺进行修正。“ $P$ ”值由“ $S-P$ ”标准换算表查获。表 2 给出了将图 3 所测得光密度值换算成相对光强的计算过程。

比较表 2 中 *D* 状态下  $I_{ASE}$  和  $I_L$ , 最终获得该激光输出的 ASE 的窄带背景:

$$I_{ASE}/I_L = 0.009/134.9 = 6.7 \times 10^{-5} < 0.01\%$$

进一步比较不同状态下的 ASE 噪声水平, 还应考虑到 *C*、*D* 状态下, 偏振片的插入使激光  $I_{LO}$  衰减一个因子  $T$ , 这时

$$I_{ASE}/I_L = I_{ASE}/I_{LO} \cdot T = I'_{ASE}/I_{LO}$$

本实验中衰减因子  $T$ , 主要由激光的不完全偏振性(*A* 状态)和偏振器本身对光的吸收所

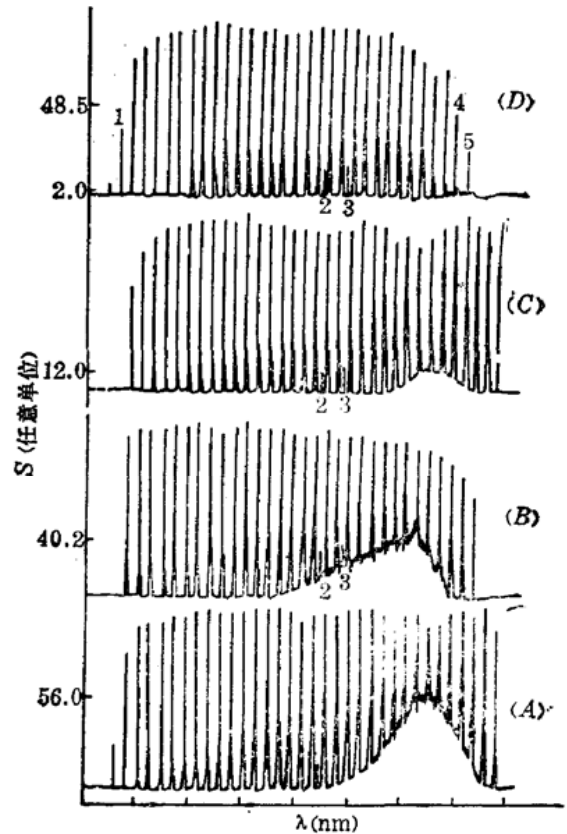


图 3 调谐光谱光密度谱图

1—600.794 nm; 2—Hg579.065 nm; 3—Hg 576.959 nm; 4—565.510 nm; 5—564.209nm

表 2 光谱相对强度计算

测试状态	$N$	$S_0$	$S_p$	$S = S_p - S_0$	$P$	$\log H$	$H$	$I = \frac{H}{N}$
<i>A</i>	34	0.30	2.70	2.40	—	2.13	134.9	3.96
<i>B</i>	31	0.30	2.05	1.75	—	1.424	26.55	0.86
<i>C</i>	33	0.30	0.96	0.66	0.607	0.182	1.521	0.046
<i>D</i>	32	0.30	0.51	0.21	-0.055	-0.538	0.290	0.009
$D_L$	1	0.30	2.70	2.40	—	2.13	134.9	134.9

注

$N$ : 激光调谐次数

$S_0$ : 底片的本底光密度值

$D_L$ : 在 *D* 状态中 566 nm 处的调谐激光

致。在  $A$  状态下, 测量激光的偏振度:

$$P = (2I_M - I_0) / I_0 = 75.8\%$$

其中  $I_M$  为激光器的直接输出值,  $I_0$  为加偏振器后, 使激光的输出最大值。

在旋转偏振器, 使其偏角与 He-Ne 激光的偏振方向一致的情况下测得偏振片对偏振光的透过率  $t = 60.2\%$ , 故有  $T = P \cdot t = 45.6\%$ 。对  $C$ 、 $D$  两项的 ASE 光强的修正为

$$I'_{ASE} = I_{ASE} / T$$

本实验对偏振器置于饱和吸收池之前或之后均用光谱仪作过定性观察, 其激光和 ASE 光

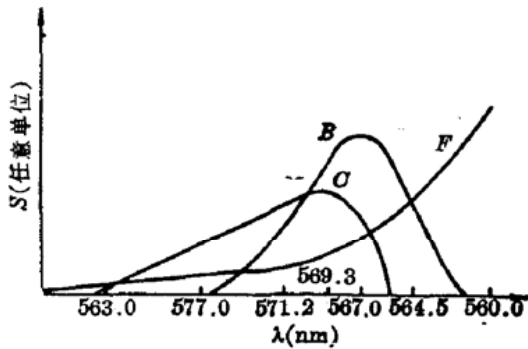


图 4 Rh-B 对 Rh-6G 的调制光谱

B: Rh-6G ASE 光谱; F: Rh-B 吸收光谱  
C: 调制后的 Rh-6G ASE 光谱

强基本不变, 即可认为, 在该实验条件下, 由于激光和 ASE 光强相差悬殊(见表 2), 作为饱和吸收的染料溶液, 对弱光的 ASE 吸收系数基本不变而对强的激光则已完全达到了饱和吸收状态。然而, 就一般情形, 考虑 ASE 可能较强, 以致染料吸收部分地饱和, 为此, 我们通常在激光输出端先插入检偏器, 使 ASE 得到一定的削弱, 再通过饱和吸收池, 以尽可能抑制饱和吸收染料溶液对 ASE 吸收的饱和。

又如比较各状态对  $A$  状态的 ASE 衰减, 计算直接测得的  $I_D / I_A = 0.23\%$  与间接测得的  $I_B / I_A \cdot I_B / I_A = 0.25\%$  的数值近似相等, 这表明 ASE 的吸收无明显饱和, 与上述分析相吻合。

比较图 3 中的  $A$  和  $B$ , 即插入饱和吸收池后 ASE 光谱向长波方向偏移约 2 nm, 这是本实验所用的 Rh-B 染料的吸收光谱对 Rh-6G ASE 光谱的调制的结果。比较图 4 中的各曲线, 曲线  $C$  正是受 Rh-B 吸收光谱调制后的 Rh-6G 的 ASE 光谱。

如果使  $F$  的吸收峰与 Rh-6G 的 ASE 发射光谱重叠, 那么饱和吸收的效果最理想。因此, 我们选用吸收峰在 577 nm 的 Rh-107 染料代替 Rh-B 作为饱和吸收体, 实验效果更好, 而且短波的调谐范围比用 Rh-6G 更宽。故选择合适的饱和吸收染料以及控制其浓度是很重要的。它直接影响激光的调谐范围和输出能量。

在研制该激光器时得到了中国科大楼立人等同志的热情帮助, 谨致敬意。

(收稿日期: 1988 年 9 月 20 日)

## 第四届全国激光医学交流会即将在株州召开

第四届全国激光医学学术交流会将于 1990 年 10 月 10~13 日在湖南省株州召开, 会议内容包括: PDT 疗法的临床、基础、新光源及新型光敏剂的研究; 激光在心血管及肿瘤等方面的临床及基础研究; 激光内窥镜的临床应用; 弱激光的临床应用及其生物刺激效应的机理研究; 激光医学临床病例总结及临床前研究; 激光防护及激光医学基础以及激光医学研究实践中发现的问题和评估。

会议期间, 还将举办医用激光器械展览。

(吉 禾)