

叶绿素 *d* 开关的模选择

邝社锡 洪顺坤 吴文玲 谢宗利

(中国科学院安徽光机所)

提要: 研究并分析了叶绿素 *d* 对巨脉冲单模红宝石激光器的纵模选择效果。讨论了叶绿素 *d* 溶剂的最佳选择。

Q-Switched mode selection of chlorophyll *d*

Kuang Shexi, Hong Shunkun, Wu Wenling, Xie Zongli

(Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

Abstract: The selection effects of chlorophyll *d* on longitudinal mode of the giant pulsed TEM₀₀ ruby laser is investigated and analyzed and the optimum selection of solvents for chlorophyll *d* is discussed.

引言

叶绿素 *d* 作红宝石激光器的模选择 *Q* 开关虽取得了很好的结果^[1], 但叶绿素 *d* 随溶剂不同其吸收峰值及带宽也异, 文献[2]虽详细研究了叶绿素 *d* 在各种不同溶剂中的吸收带宽及峰值, 但对选用何种溶剂效果最佳却没有分析讨论。而叶绿素 *d* 选模的具体效果及对样品制备纯度的要求, 对使用者来说是十分重要的。

制备样品级别的划分

叶绿素 *d* 在红区吸收峰值与半带宽随溶剂^[2]的变化而变化。制备纯度的分级标准可依据吸收光密度的变化来划分。图 1 示出了 I 级(光谱纯)与 III 级纯样品的吸收光谱图。

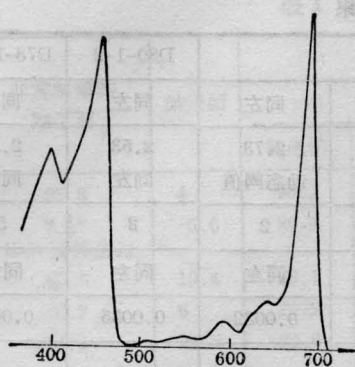
从图 1(a) 可以看出, I 级样品的吸收峰

值在 687 毫微米处, 吸收带宽 20 毫微米, 在 642.5 毫微米处有一个很弱的吸收小峰。687 毫微米/447 毫微米的光密度比值大于 1。图 1(b) 中 III 级样品在 687 毫微米处的吸收峰值不仅比图 1(a) 中的低得多, 吸收带宽也从 20 毫微米增为 22 毫微米, 此外在半宽左测的 660 毫微米处有明显的吸收小峰。其高度恰在半宽的位置附近。显然是由于叶绿素 *a* 存在的结果。制备样品级别的划分按照光密度比值列于表 1。

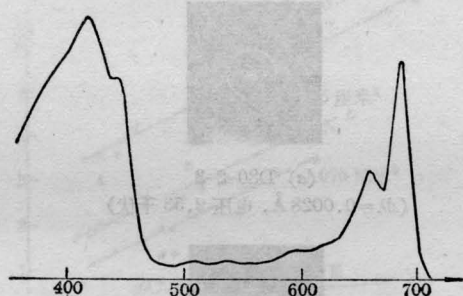
装置与实验

装置的简图示于图 2。激光器中用的红宝石棒是本所用恰克拉斯基法生长的, 每一时长少于一条纹(在 Twyman-Green 干涉仪上观测), 如图 3 所示。测量系统是一台 Jena-Zeiss 生产的 KFP-1 高分辨 F-P

收稿日期: 1981 年 5 月 30 日。



(a) 光谱纯吸收谱



(b) III级纯吸收谱

图1 二种纯度的叶绿素d吸收光谱图
溶剂: 乙醚

表1 叶绿素d样品等级划分

光密度 比值	687毫微米	687毫微米	687毫微米	447毫微米
	660毫微米	642.5毫微米	447毫微米	396毫微米
I	>6	>7	>1	>1.5
II	>4	>4		
III*	>2	>2		
IV	>1	>1		

备注 叶绿素d定级标准溶剂: 乙醚
* 在660毫微米处开始有明显的吸收小峰

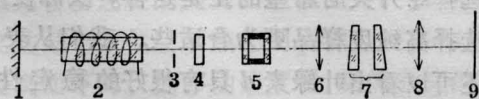


图2 实验装置简图

1—全反射镜; 2—激光器头; 3—小孔; 4—染料盒;
5—共振反射镜; 6—会聚透镜; 7—KFP-1干涉
仪; 8—场照相透镜; 9—Agfa10E75记录干板



图3 红宝石棒的干涉图

干涉仪, 最大可调间隔10厘米, 有效孔径50毫米。测量时仪器最小可分辨线宽为 0.00098 \AA 。

实验是这样进行的: 首先使激光器处于单模工作状态, 用 Agfa 10E75 干板摄取其 F-P 干涉谱。然后以不同的染料透过率以几度的倾角插入图 2 所示的激光输出镜与棒端面之间, 使激光器处于动态阈值处工作。实验时所用溶剂为丙酮, 688 毫微米峰值处的吸收带宽为 24 毫微米 (III 级纯的带宽预料略大于此值)。用强流真空光二极管及 Tektronix 485 示波器监视激光输出, 使处于单脉冲运转。再用 Agfa 10E75 记录干板记下不同工作点的 F-P 干涉谱。

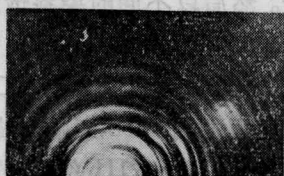
结果与分析

实验上研究了制备样品编号 D80-2-3 (I 级纯)、D80-1-2 (III 级纯) 及 D78-12-19 (I 级纯) 三种样品。前两种分别在 1980 年 2 月与 1 月制备, 后一种是 1978 年 12 月制备的。样品制备好以后均是用黑纸裹住样品瓶置于室温避光容器内。实验是在 1981 年 1 月进行的。表 2 给出了实验所得的部分典型数据。

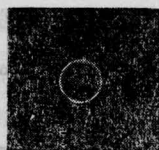
从表 2 可以看出, 激光器在输入 2.47 千伏时输出线宽为 0.02 \AA , 图 4(a) 给出其放大的干涉谱照片。当在腔内插入一只 2 毫米厚的丙酮稀释叶绿素 d 溶液后, 激光线宽立刻被压缩下来了。如在 D80-2-3 的 I 级样品中观察到在动态阈值 2.51 千伏时激光线宽从 0.02 \AA 降至 0.0016 \AA , 见图 4(b)。电压增大到 2.53 千伏时线宽便增大至 0.0028 \AA ,

表 2 三种样品的典型实验结果

编 号		D80-2-3				D80-1-2	D78-12-19
储能电容 (微法)	540	同左	同左	同左	同左	同左	同左
动态工作点 (千伏)	2.47 静态	2.51 动态阈值	2.53	2.70	2.73 动态阈值	2.53 同左	2.53 同左
染料盒液厚 (毫米)		2	2	2	2	2	5
透 过 率		不测	同左	同左	同左	同左	同左
激光线宽 (Å)	0.02	0.0016	0.0028	0.010	0.0032	0.0035	0.0030
压缩线宽比 ($\frac{\Delta\lambda_{\text{静态}}}{\Delta\lambda_{\text{动态}}}$)		>10	7	2	≈7	5	>6



(a) 静态阈值时的激光 F-P 干涉谱放大照片 ($\Delta\lambda=0.02 \text{ \AA}$)

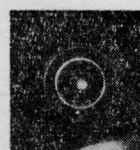


(b) 插入丙酮稀释的 2 毫米染料盒后的激光输出 F-P 干涉谱 ($\Delta\lambda=0.0016 \text{ \AA}$, 电压 2.51 千伏)

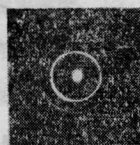
图 4

电压再加大到 2.70 千伏时激光线宽迅速增大到 0.01 \AA , 此时激光输出也不再是单脉冲了。这是由于泵浦水平太高, 多个模被同时激发出来的结果。改变叶绿素 *d* 的透过率使动态阈值处在 2.73 千伏时线宽变为 0.0032 \AA 。如果我们把样品 D80-2-3、D80-1-2、D78-12-19 三种样品的动态阈值工作点均保持在 2.53 千伏时, 三者的线宽分别为 0.0028 \AA ; 0.0035 \AA ; 0.0030 \AA 。图 5 给出前二者情况下的 F-P 干涉谱照片。

由此可见叶绿素 *d* 的纵模选择效果是十分明显的。高纯度样品的选择性要比 III 级样品的好。一般可使激光线宽压缩 6 倍以上, 但 III 级纯则差些。它在乙醚中不但吸



(a) D80-2-3
($\Delta\lambda=0.0028 \text{ \AA}$, 电压 2.53 千伏)



(b) D80-1-2
($\Delta\lambda=0.0035 \text{ \AA}$, 电压 2.53 千伏)

图 5 插入丙酮稀释的染料液厚 2 毫米时, 激光输出 F-P 干涉谱

收峰值明显降低, 带宽也从 20 毫微米加宽至 22 毫微米。预料在丙酮溶剂中的加宽量不会差别很大; 这种加宽主要是由于存在杂质的结果。尽管加宽量不大, 然而选择性吸收的差异还是明显地显示了出来。根据饱和机理量子理论的解释: 当染料分子激发态能级较窄时, 一般带宽 $\Delta\nu_{\text{染料}}$ 也窄, 因而选择性吸收就明显。换句话说, 纵模选择效果优越, 在用作模选择 *Q* 开关时希望的正是这样。实际使用时选择高纯度样品更为合适些。我们从表 2 中还可以看出叶绿素 *d* 具有很好的稳定性。因为 D78-12-19 是 1978 年 12 月制备的, 实验结果与 D80-2-3 的结果符合得很好。

(下转第 519 页)

节可调 F-P 腔时没有发生跳支。

为了检查这个方法的测量精度,我们用 5 块透过率分别为 0.32、0.2、0.16、0.1、0.06 的镜片作输出镜,它们的中心波长为 12.5 微米左右,并采用镀金反射镜。在同一个管子上,在相同的气压和相同的气体配比、相同的电流下分别测得它们的输出功率,用最小二乘法和 Rigrod 的公式求得 g_0 、 P_0 和 a 。所得结果与前一种方法的结果接近。在图 6 中绘出了 100 托 3 毫安时(此点输出功率最大)压电陶瓷上的电压和输出功率的关系曲线,其中虚线为记录值,实线为用后一种方法测得的 g_0 、 P_0 、 a 代入可调 F-P 腔时的公式中算出的电压和输出功率的对应曲线,这两条

(上接第 514 页)

最佳溶剂的选择

溶剂变化,叶绿素 d 的吸收峰值及半宽^[2]也随之移动。在作模选择 Q 开关时,不但要求染料有大的有效吸收截面,而且吸收带宽要窄,吸收峰值处于激光波长的中心处。满足上述某些条件的溶剂可以有多种,但如果考虑到使用染料盒玻璃基片的折射率为 1.5 的话(有多种玻璃可供选择),那么选择苯作为叶绿素 d 的溶剂是最合宜的。此时吸收峰值处在 692 毫微米,带宽为 21 毫微米,比之

(上接第 504 页)

如果要求在光泵持续时间为 10^{-4} 秒量级内棒的热传导发生很大的影响,就要求光泵不均匀的“波长”为

$$l \sim 2\pi\sqrt{\kappa \times 10^{-4}} \sim 10^{-2} \text{ 厘米。}$$

实际上,光泵的不均匀性往往表现为距离的单调函数,线度为 10^{-2} 厘米量级的“条纹”更是不可能发生的。因此,在目前使用的光泵结构中,单次脉冲光泵引起的棒内温度瞬时分布,完全是光泵产生的热源的形状,与棒的

曲线是一致的(除 C 点附近有些偏差以外)。

如果已知腔内总损耗,只测小信号增益及饱和强度时误差更小。

参 考 文 献

- [1] H. G. Heard; *Laser Parameter Measurements Handbook*, New York: John Wiley, Sons, Inc. 1968, 199~282.
- [2] B. S. Pater; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1973, **QE-9**, 1150~1151.
- [3] J. J. Degnan, H. E. Welker; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1973, **QE-9**, 489~491.
- [4] Colin S. Willett; *Introduction to Gas Lasers: Population Inversion Mechanisms*, Oxford: Pergamon Press Ltd, 1974.
- [5] Rigrod W. W; *J. Appl. Phys.*, 1965, **36**, 2487.
- [6] John J. Degnan; *J. Appl. Phys.*, 1976, **47**, 1-33.

本文实验时用丙酮溶剂 24 毫微米窄 3 毫微米。如果不用光胶染料盒,使染料盒玻璃基片的一面镀以增透膜,不镀增透膜的面与溶剂接触,这样插入损耗可以大大降低。若在激光腔内有横模选择小孔时,还可避免因折射率的差异而发生的折射偏移,使调整方便。

叶绿素 d 样品分级标准及吸收光谱图是中国科学院北京植物研究所王淑芝同志提供的,谨致谢忱。

参 考 文 献

- [1] E. Gregor; *SPIE Seminar Proc.*, 1971, **25**, 93.
- [2] 路荣昭等;《植物学报》, 1977, **19**, No. 4, 283.

热传导无关。

在连续运转和重复脉冲运转的情况下,才能考虑棒的热传导问题。

参 考 文 献

- [1] H. S. Carslaw, J. C. Jaeger; "Conduction of Heat in solids", Oxford at the Clarendon Press, 1959.
- [2] W. Koechner; *Appl. Opt.*, 1970, **9**, No. 6, 1429.
- [3] M. K. Chun *et al.*; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1971, **QE-7**, No. 5, 200.