

XeCl 准分子激光泵浦的 DCM-丙二醇碳酸酯染料激光体系的光谱和激光特性

上官诚 林英仪 江锦泉 窦爱荣 王怡曼 刘殿友 郭 础

(中国科学院上海光机所)

(中国科学院化学研究所)

提要: 测量了 XeCl 准分子激光泵浦的 DCM-丙二醇碳酸酯染料激光体系的能量输出和光谱特性。所得结果表明,与 DCM-二甲基亚砷染料体系相比较,它的能量转换效率较低,但调谐范围更宽。

Laser and spectral characteristics of DCM-propylene carbonate dye laser system pumped by XeCl excimer laser

Shangguan Cheng, Lin Yingyi, Jiang Jinqun, Dou Airon, Wang Yiman

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

Liu Dianyou, Guo Chu

(Institute of Chemistry, Academia Sinica, Beijing)

Abstract: The energy output and spectral characteristics of DCM-propylene carbonate dye laser system pumped by XeCl excimer laser have been measured. The results obtained indicate that DCM-propylene carbonate dye laser system shows a lower energy output and width frequency-tuning range as compared to the case of using dimethylsulfoxide as solvent, which is expectable from comparison of the fluorescence parameters of DCM in both solvents.

一、前 言

4-二氰基亚甲基-2-甲基-6-对二甲胺苯乙烯基-4H-吡喃(简称 DCM)是一种能量转换效率高、波长调谐范围宽的新型激光染料^[1]。特别是由于它的激光波长范围处于医学和生物学上感兴趣的红光波段,这一染料

激光体系尤其受到人们的重视。但该染料激光体系在脉冲条件下工作时,通常只有采用二甲基亚砷(DMSO)作为溶剂才能获得“最高”的能量转换效率和“最大”波长调谐范围。然而由于 DMSO 具有较高的凝固点(19.5°C)以及一定的生理毒性,使它在实际应用中受

收稿日期:1986年4月5日;收修改稿日期:1986年11月21日。

到明显的限制。

我们在系统地研究 DCM 在不同溶剂中的光物理特性的基础上^[2,3]曾提出:采用无毒、无臭、低凝固点(-49.2°C)、高沸点(241.7°C)和具有较大介电常数($\epsilon=64.4^{25^\circ}$),但不能给出质子生成氢键的丙二醇碳酸酯(PC)作溶剂时,可望获得比在 DMSO 中更好的激光输出特性。这一设想已在能量较低的 N_2 分子激光抽运的初步实验中证实^[4]。

为进一步了解 DCM-PC 染料激光体系的激光输出特性,我们采用具有较高能量和较短波长的 XeCl 准分子激光脉冲作为抽运光源时,DCM 激光输出的能量和光谱特性,并和在 DMSO 溶剂中的实验结果进行比较。所得结果表明:DCM-PC 体系的激光能量转换效率比 DCM-DMSO 体系低,但调谐范围则扩宽 5.0 nm 左右。

二、实验结果和讨论

1. DCM-PC 体系的吸收和荧光发射光谱特性

DCM 在 PC 溶剂中的电子吸收光谱和荧光发射光谱分别采用英国 Perkin Elmer Lambda 9 uv/VIS/NIR 分光光度计和 Perkin Elmer LS-5 型荧光光谱仪按常规方法测量,所得谱图在图(1)和(2)中分别示出。为进行比较,在该图中同时也示出了 DCM 在 DMSO 溶剂中的光谱测量结果。DCM 在 PC 和 DMSO 两种溶剂中的特性参数列在表 I 中。从谱图可看出,它在 PC 溶剂中的吸收谱和荧光发射谱都较在 DMSO 溶剂中时发生了紫移,并且在 308 nm 附近都有一个小的吸收峰。但此吸收峰的峰值波长与激发波长 308 nm 之间的差值是不同的。DCM-DMSO 体系的紫外吸收峰峰值波长较 DCM-PC 体系更靠近 308 nm。

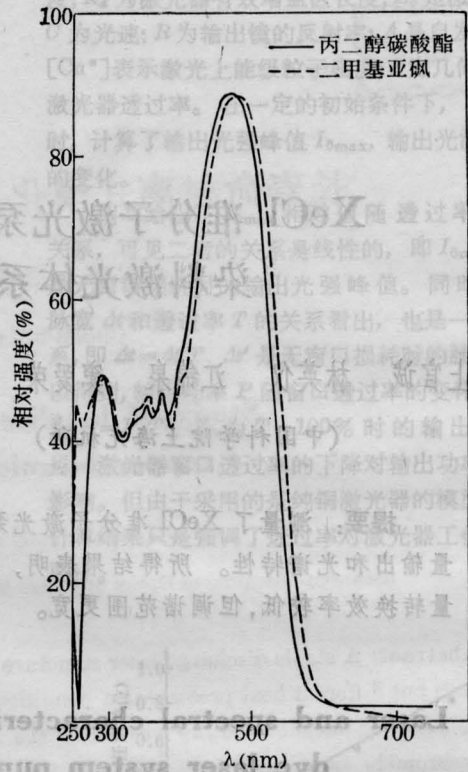


图1 DCM-PC 和 DCM-DMSO 染料体系的电子吸收光谱

DCM 染料浓度 2.5×10^{-5} Mol/L

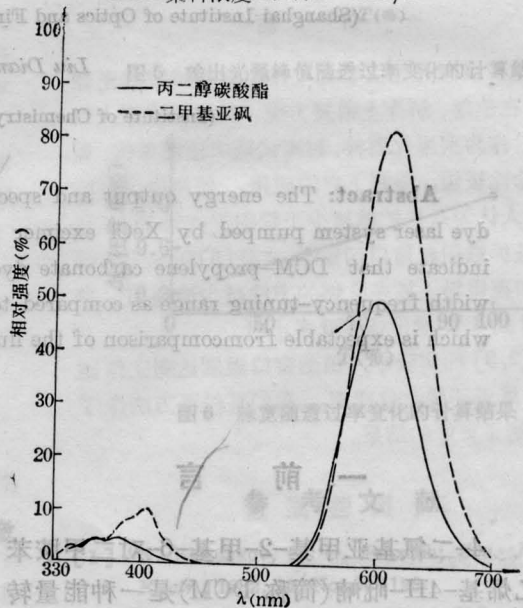


图2 DCM-PC 和 DCM-DMSO 染料体系的荧光谱

激发波长 308 nm, 染料浓度 1×10^{-4} Mol/L, 狭缝: 5.0(激)2.5(荧)

表1 DCM 在丙二醇碳酸酯和二甲亚砜溶剂中的光谱特性参数

	丙二醇碳酸酯	二甲亚砜
电子吸收光谱($c=2.5 \times 10^{-5}$ M/L)		
吸收的长波极限(nm)	596	600
	469.6	479.6
	373.0	375.2
峰值吸收波长(nm)	352.4	354.4
	289.2	291.8
		255.0
308 nm 波长与邻近紫外吸收峰的距离(nm)	19	16
荧光发射光谱($c=1 \times 10^{-4}$ M/L)		
激发波长(nm)	308	308
荧光主峰峰值波长(nm)	601.4	613.5
荧光主峰谱带半高宽度(nm)	72	70
荧光次峰峰值波长(nm)	380.6	407.0

2. DCM-PC 染料激光体系的激光能量和 DCM 浓度的关系

实验用的 XeCl 准分子激光器^[5] 输出的光斑尺寸 $23 \times 5 \text{ mm}^2$, 激光脉宽 10 ns, 重复频率 1 Hz, 效率 $\sim 1\%$ 。

实验得到激光能量随浓度变化的结果示于图 3 上。

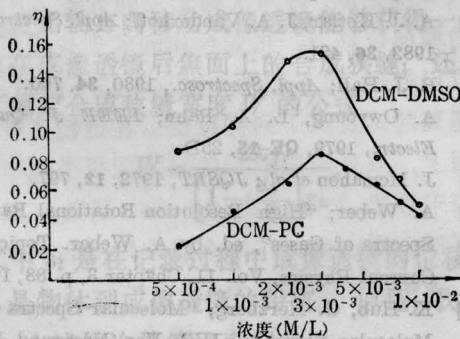


图3 染料激光效率随染料浓度的变化曲线

从图中曲线可知丙二醇碳酸酯作为溶剂的能量转换效率为 8.6%, 较 DMSO 作溶剂的效率低, 这一结果与 DCM 在两种溶剂中

的荧光特性上的差异是一致的。

在两种溶剂中, 对不同的几个浓度, 测量了 DCM 染料激光随 XeCl 泵浦激光能量的变化。实测结果表示在图 4 和 5 上。从图可以看出, 当泵浦激光能量较低时, DCM 染料激光随泵浦激光能量的变化关系是线性的, 两者无差别, 但斜率不同。

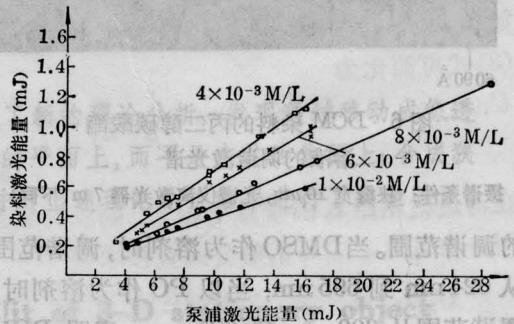


图4 DCM 在 PC 溶剂中的激光能量随泵浦能量的关系

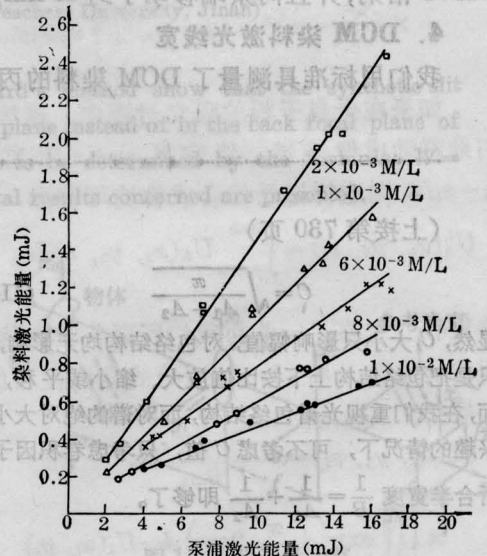


图5 DCM 染料在 DMSO 中的激光能量随泵浦能量的关系

3. DCM 染料激光的调谐范围

在两种溶剂中的浓度都是 3.5×10^{-3} M/l 的情况下, 用 WPG-100 型 1 m 平面光栅摄谱仪记录 DCM 染料激光的调谐谱。用 HgCd 灯标定波长。调谐激光谱照片示于图 6 和 7 上。从调谐谱测量了 DCM 染料激光

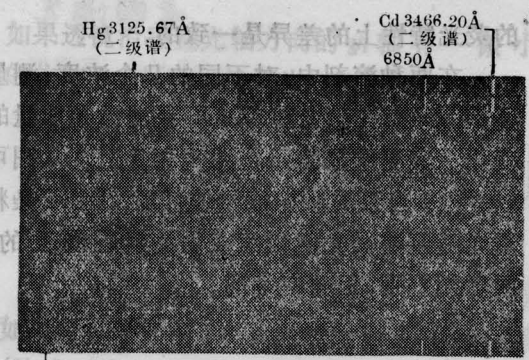


图6 DCM染料的丙二醇碳酸酯溶液的调谐激光谱

摄谱条件: 狭缝宽 10 μm, 光谱仪离激光器 7 m(下同)

的调谐范围。当DMSO作为溶剂时,调谐范围从624nm到695nm;当以PO作为溶剂时,调谐范围从609nm到685nm。表明DCM染料在PO溶剂中的调谐范围略宽于在DMSO溶剂,并且向紫端移动了约15nm。

4. DCM染料激光线宽

我们用标准具测量了DCM染料的丙二

(上接第730页)

$$C = \sqrt{\frac{\pi}{A_1 + A_2}} \quad (II-4)$$

显然, C 大小只影响幅值, 对包络结构均无影响, 它只是把包络结构上下按比值放大、缩小或平移, 因而, 在我们重视光谱包络结构, 而对谱的绝对大小无兴趣的情况下, 可不考虑 C 值, 只考虑卷积因子的折合半宽度 $\frac{1}{B} = \frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2}$ 即够了。

参 考 文 献

[1] M. A. Yuratich; *Mol. Phys.*, 1979, **38**, No. 2 625.
 [2] H. Katacka et al.; *Appl. Spectrosc.*, 1982, **36** No. 5, 562.
 [3] R. E. Teets; *Opt. Lett.*, 1984, **9**, No. 6, 226.
 [4] W. Nitsch, W. Kiefer; *Opt. Commun.*, 1977, **23**, 240.
 [5] W. M. Tolles et al.; *Appl. Spectrosc.*, 1977, **31**,



图7 DCM的二甲亚砷溶液的调谐激光谱

醇碳酸酯溶液的调谐激光线宽。所用标准具的自由光谱范围 $\Delta\nu = 68 \text{ cm}^{-1}$, 测得的激光线宽为 0.07 nm。

参 考 文 献

[1] 邵子文等;《中国激光》,1981, **8**, No. 10, 1.
 [2] 郭础,张兴康;《量子电子学》,1986, **3**, No. 1, 23.
 [3] 郭础,马纫兰;《量子电子学》,1986, **3**, No. 1, 43.
 [4] 郭础等;《中国激光》,1985, **12**, No. 12, 385.
 [5] 上官诚等;《中国激光》,1984, **11**, No. 1, 4.
 [6] R. J. Hall; *Combust. and Flame*, 1979, **35**, 47.
 [7] Y. R. Shen; "The Principles of Nonlinear Optics", Chapter 14, p. 243, John Wiley & Sons, 1984.
 [8] A. J. Kotlar, J. A. Vanderhoff; *Appl. Spectrosc.*, 1982, **36**, 421.
 [9] R. J. Hall; *Appl. Spectrosc.*, 1980, **34**, 700.
 [10] A. Owyong, L. A. Rahn; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1979, **QE-15**, 25D.
 [11] J. McMahon et al.; *JQSRT*, 1972, **12**, 797.
 [12] A. Weber; "High Resolution Rotational Raman Spectra of Gases", ed. by A. Weber. Topics in Current Physics, Vol. 11, Chapter 3, p. 88, 1979.
 [13] K. Hub, G. Herzberg; "Molecular Spectra and Molecular Structure IV", Van Nostrand Reinhold Company, 1979.
 [14] 王庆宇等; "CARS技术测量煤气/空气火焰温度的实验研究", 253.