

同轴氙灯泵浦下硫酸尼尔蓝 A-咕吨乙醇溶液的激光输出*

张富根 于春莲

(上海市激光技术研究所)

Laser output of nile blue A sulfate-xanthene in ethyl alcohol under coaxial flashlamp pumping

Zhang Fugeng, Yu Chunlian

(Shanghai Institute of Laser Technology, Shanghai)

Abstract: Experimental results of laser output of nile blue A sulfate-xanthene in ethyl alcohol under coaxial flashlamp pumping are reported. Owing to the sensitization effect of rhodamine 6G the laser conversion efficiency of nile blue sulfate has been increased by 80%.

一、引言

在双荧光染料体系中可以利用敏化染料和激光染料间单态电子能的转移,改善激光染料的运转性能^[1]。

当使用短脉冲狭线宽泵浦光源(如准分子激光、调 Q YAG 倍频激光、氮激光等)时,如果泵浦波长落在激光染料 $S_0 \rightarrow S_1$ 和 $S_0 \rightarrow S_2$ 跃迁对应的两个吸收带之间,则介质对泵浦光的吸收截面太小,激光不能正常运转。为此,可以选择 $S_0 \rightarrow S_1$ 跃迁吸收带位于泵浦波长附近的另一种激光染料作为敏化剂,用以增强活性介质对泵浦光的吸收,进而通过分子间单态电子能的转移激励使染料产生激光振荡。例如,硫酸尼尔蓝 A 在 355 nm 处的吸收截面甚小,如果用调 Q 的 YAG 三倍频激光泵浦时,它不能正常运转。Guthals^[2]等人采用硫酸尼尔蓝 A 和若丹明 101 的甲醇-水混合溶液作为激光介质,其中的若丹明 101 作为敏化剂,利用调 Q 的 YAG 三倍频激光作泵浦源,从而得到了硫酸尼尔蓝 A 的激光输出。然而,当用长脉冲宽带泵浦光源(如脉冲氙灯)时情况稍为复杂,自敏化剂向激光染料的电子能转移可以改善泵浦源发射光谱和激光染料吸收光谱的匹配,提高激光介质的转换效率。此外,还必须考虑敏化剂受激三态吸收对激光振荡的影响。

本文报道在同轴氙灯泵浦下硫酸尼尔蓝 A 和咕吨的乙醇混合溶液激光运转的实验结果。

二、实验条件和结果

实验所用的硫酸尼尔蓝 A 和若丹明 6G 分别是 Chroma 公司和 E. Merck 公司进口分装的产品。若丹明 101 是由上海试剂三厂出品的。用分析纯无水乙醇把它们分别配成适当浓度的溶液。

染料溶液的吸收光谱是在日立 UV 330 紫外-可见-近红外分光光度计上测量的。荧光光谱的测量装置与文献[4]相仿,只是将 EMI9659 QB 光电倍增管换成 HAMAMATSN R 943-02 光电倍增管。

泵浦光源为 Phase-R 公司的 DL-5 型同轴氙灯。用高压球隙作放电开关,容量为 $0.16 \mu\text{F}$ 的低感电容作储能元件。同轴氙灯光脉冲的宽度为 $0.45 \mu\text{s}$,上升前沿为 $0.15 \mu\text{s}$ 。激光腔长为 40 cm,由一块全反射镜和一块透过率为 60% 的输出耦合镜组成。染料溶液用不锈钢磁力泵驱动循环,并以空气饱和。激光能量用 Gen-tec ED-200 型焦耳计测量。

图 1 为硫酸尼尔蓝 A、若丹明 101 和若丹明 6G 乙醇溶液的吸收光谱和荧光光谱。图中的吸收光谱仅为它们各自的 $S_0 \rightarrow S_1$ 跃迁的吸收带。

* 中国科学院科学基金资助课题。

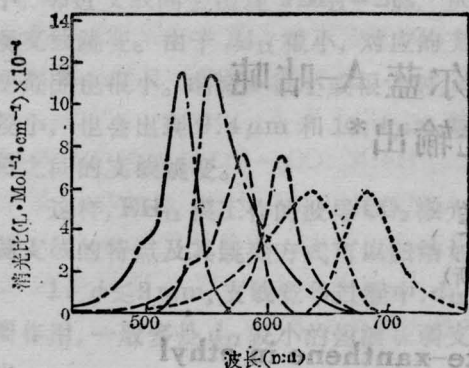


图1 硫酸尼尔蓝 A、若丹明 101 和若丹明 6G 乙醇溶液的吸收光谱和荧光光谱。点线为硫酸尼尔蓝 A；虚线为若丹明 101；点划线为若丹明 6G。

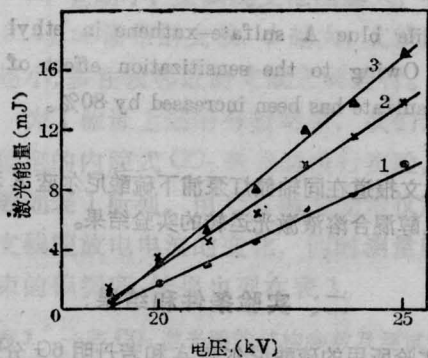


图2 硫酸尼尔蓝 A 和咕吨乙醇溶液的激光输出与放电电压的依赖关系。1. 硫酸尼尔蓝 $1 \times 10^{-4} \text{M}$ 乙醇溶液；2. 硫酸尼尔蓝 $1 \times 10^{-4} \text{M}$ + 若丹明 101 $1 \times 10^{-4} \text{M}$ 乙醇溶液；3. 硫酸尼尔蓝 $1 \times 10^{-4} \text{M}$ + 若丹明 6G $1 \times 10^{-4} \text{M}$ 乙醇溶液

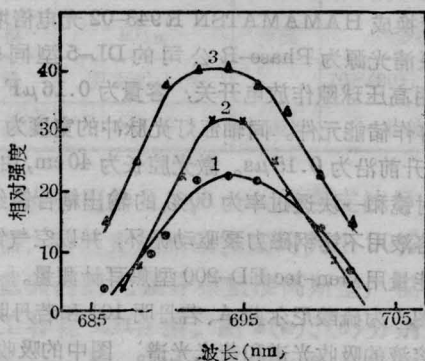


图3 硫酸尼尔蓝 A 和咕吨乙醇溶液的激光输出调谐曲线；符号同图 2。

图 2 显示了分别以硫酸尼尔蓝 A、硫酸尼尔蓝 A 和若丹明 101、硫酸尼尔蓝和若丹明 6G 的乙醇溶液作为激光介质时，它们的激光输出对同轴氙灯放电电压的依赖关系。由图可见，用若丹明 6G 作敏化剂时，硫酸尼尔蓝 A 的激光输出提高了 80%；而若丹明 101 仅提高了 50%。

图 3 为上述三种活性介质激光输出的调谐曲线，它们的调谐范围一致，自 685 至 705 nm，其峰值位于 692 nm 处。

三、讨论

实验结果表明，由于若丹明 6G 和若丹明 101 的敏化作用，硫酸尼尔蓝的激光转换效率有了显著的提高，而若丹明 6G 比若丹明 101 更有效。这种差别可以归结为以下两方面的原因：(1) 虽然若丹明 6G 和若丹明 101 均属 A_{20} 群^[5]，但可能在硫酸尼尔蓝 A 的荧光区内若丹明 6G 的受激三态吸收截面比若丹明 101 为小。已有的资料表明：在 570~700nm 间它仅为 $10^{-18} \text{cm}^2 \text{s}^{-1}$ 。(2) 由图 1 可见，若丹明 101 的 $S_0 \rightarrow S_1$ 跃迁的吸收带落在硫酸尼尔蓝 A $S_0 \rightarrow S_1$ 跃迁吸收峰的长波一侧，并且它们的长波长吸收带位于相同的光谱范围。因此，活性介质和氙灯的光谱匹配不甚理想。与此不同，若丹明 6G 的长波长吸收带远位于硫酸尼尔蓝 A 长波长吸收带的短波一侧，所以，活性介质与氙灯有较好的光谱匹配。

图 3 表明三种激活介质的调谐范围是相同的。这不仅证实了激光是由硫酸尼尔蓝 A 振荡产生的，而且也说明在硫酸尼尔蓝 A 有增益的波长区间内，若丹明 6G 和若丹明 101 的受激三态吸收截面无急剧的变化。

参考文献

1. Pavlopoulos T G. *Opt. Commun.*, 1978; **24**(2): 170
2. Guthals D M, Nibler J W. *Opt. Commun.*, 1979; **29**: 322
3. Schmidt W, Schafer F P. *Z. Naturforsch.*, 1967; **A22**: 1563
4. 张富根. *光学学报*, 1983; **3**(8): 752
5. Pavlopoulos, Hammond P R. *JACS*, 1974; **96**(11): 6568
6. Buettner A V et al. "Proc. International Conf. on Molecular Luminescence", New York, Benjamin, 1979: 493~422

(收稿日期: 1986 年 11 月 3 日)