

高效宽带混合染料激光研究

厉位阳

(浙江大学物理系, 杭州, 310027)

摘要: 介绍了一种高效宽带的三元混合染料激光。在 6.0W CuBr 激光的泵浦下, 无需更换染料, 在 590nm~ 670nm 范围内均可获得线宽约为 10nm, 平均输出功率 1W 的染料激光, 转换效率在 18% 以上, 具有广泛的应用前景。

关键词: 混合染料 高效 宽带 CuBr 激光

Study on high efficiency and broad band mixed dye laser

Li Weiyang

(Department of Physics, Zhejiang University, Hangzhou, 310027)

Abstract: This paper introduced a novel mixed dye laser pumped by 6.0W CuBr laser. The mixed dye consists of three elements: Kiton Red, DCM and Nile Blue, and the ratio is 1: 0.5: 0.14. This laser can operate at the wavelength of 590nm~ 670nm with the line width 10nm. The output power above 1W and the conversion efficiency of 18% obtained.

Key words: mixed dye high effect broad band CuBr laser

引 言

在激光光谱学, 激光生物医学等领域中, 常需要不同波长的激光作为光源。由于染料激光器可宽带调谐的特性, 是一机能输出多种波长的理想激光源之一。但是, 一般染料激光器的调谐范围在 30nm 左右, 当超出该范围时, 需要更换相应的激光染料, 并且转换效率低。例如, 在 670~ 680nm 波段染料激光输出, 用氩离子激光泵浦吡啶-1 染料的转换效率为 6.5%^[1]; 用铜激光泵浦 Nile Blue 染料的转换效率为 5%^[2], 泵浦 Cresyl Violet 染料的转移效率仅为 4%^[3]。因此, 除非大幅度提高泵浦光功率, 就不能在此波段得到有实用意义的激光输出。为此, 我们介绍了一种高效宽带的三元混合激光染料, 通过混合染料分子间的能量转移作用, 在 CuBr 激光的泵浦下, 无需更换染料, 就可以在 590nm~ 670nm 波段范围内获得较高的转换效率。

1 理论分析

混合染料分子间的能量转移作用存在三种机制: 辐射转移、共振转移和碰撞转移, Levin^[4], Forster^[5] 等从理论和实验上都得出: 当施主的荧光光谱和受主的吸收光谱重叠越充分, 则能量转移作用越强。针对 CuBr 激光的 510.6nm 和 578.2nm 双谱线泵浦, 选择了 Kiton Red, DCM 和 Nile Blue 三种激光染料混合。它们的吸收光谱和荧光光谱如图 1、图 2 所示。

虽然 Kiton Red 对 CuBr 激光吸收较强, 但是 Kiton Red 的荧光光谱与 Nile Blue 的吸收光

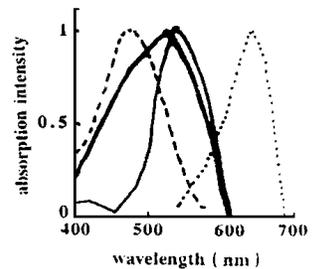


Fig. 1 Absorption spectra about three kinds of lasing dye

谱重叠不好, DCM 荧光光谱与 Nile Blue 的吸收光谱重叠很好, 但 DCM 对 CuBr 激光吸收较差, 因此两者都不适合单独作为 Nile Blue 的施主。当 Kiton Red 和 DCM 以 1:0.5 的浓度混合后, 它对 CuBr 激光的吸收较强, 其荧光谱与 Nile Blue 吸收谱也有较好的重叠, 如图 1、图 2 中粗线所示。因此, Kiton Red + DCM 可作为 Nile Blue 的“综合施主”, 该三元染料以一定的比例混合后可望宽波段内达到较好的能量转移。根据 Forster^[5] 理论, 共振能量转移作用的强弱可用“临界半径 R_0 ”的大小来表示, 一般混合染料的 R_0 为 4.5nm~6.0nm。对该三元混合染料进行计算可知: $R_0=6.1\text{nm}$, 说明所选的三元染料混合在理论上是合适的, 可以产生较高的效率。

2 实验结果

泵浦光采用流动式 CuBr 脉冲激光, 输出激光波长为 510.6nm 和 578.2nm, 平均功率为 6.0W, 脉冲频率为 22kHz。染料激光器谐振腔采用像散补偿三镜折叠腔, 如图 3 所示, M_p 为泵浦镜, M_1, M_2 为凹面全反镜, M_3 为镀膜的窄带输出镜, J 为染料高速喷流截面。

混合染料的配制采用分步逼近法: (1) Kiton Red 单元染料配制。染料激光器的输出镜为 600nm 窄带输出, 调整 Kiton Red 的浓度使之在 600nm 处有最佳转换效果; (2) Kiton Red 和 DCM 二元混合染料的配制。染料激光输出镜换成 630nm 窄带输出, 保持第一步 Kiton Red 的浓度不变, 改变 DCM 的浓度, 使之在 630nm 处有最大的输出功率; (3) Kiton Red + DCM + Nile Blue 三元混合染料的配制。染料激光输出镜换成 670nm 窄带输出, 保持第二步所得的二元混合染料浓度, 改变 Nile Blue 浓度使之在 670nm 处有最大的输出功率; (4) 按序适当调节 Kiton Red, DCM, Nile Blue 的浓度, 使输出光在 600nm, 630nm, 670nm 均有较强的激光输出。

根据上述方法, 我们实验上得出该三元混合染料的最佳配比为 [Kiton Red] \diamond [DCM] \diamond [Nile Blue] = 1 \diamond 0.51 \diamond 0.14。该混合染料在 6.0W 的 CuBr 激光泵浦下, 通过更换染料激光器的输出镜, 在中心波长为 600nm, 630nm, 670nm 处分别获得染料激光输出功率为 1.9W, 1.6W, 1.0W, 激光线宽均为 10nm 左右, 转换效率分别为 30%, 25%, 18%。由此可见, 该混合染料激光具有高的转换效率和宽的调谐范围。随着 CuBr 激光功率的进一步提高, 该混合染料激光器将有更广泛的应用前景。

参 考 文 献

- 1 Bado P, Dupuy C, Wilson K R. Opt Commun, 1983; 46(3): 241~243
- 2 Schafer F P. Dye Laser. 3rd ed, Berlin: Springer, 1990: 258
- 3 Masarnorskii L V, Soldatov A V, Sukhanov V B. Soviet J Q E, 1979; 9(7): 900~902
- 4 Levin M B, Reva M G, Rodchenkova V V. Soviet J Q E, 1986; 16(6): 833~836
- 5 Bennett R G. J Chem Phys, 1964; 41(10): 3037~3041

*

*

*

作者简介: 厉位阳, 男, 1965 年 1 月出生。讲师, 硕士。主要从事铜蒸气激光、染料激光及其应用研究。

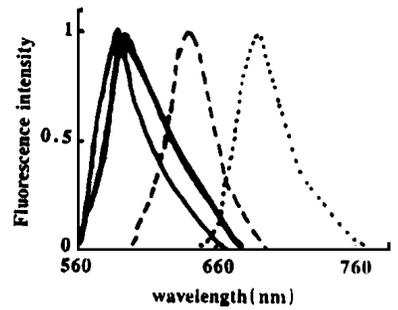


Fig. 2 Fluorescence spectra about three kinds of lasing dye

— K. R. - - - DCM
 N. B. — DCM + K. R.

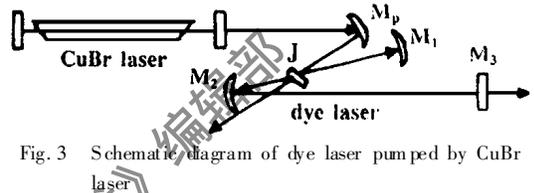


Fig. 3 Schematic diagram of dye laser pumped by CuBr laser