

白 色 染 料 激 光 器

张富根 于春莲 廖海平 杨晨光¹⁾

(上海市激光技术研究所)

1983年9月5日收到

提 要

本文报道了利用双激光染料混合体系取得白色激光的实验结果。这种白色激光具有三基色的波长和强度分别可调的特性。

文中亦分析了实现多色运转的双激光染料混合体系应满足的条件。

一、引 言

激光染料分子由几十个原子构成,具有较宽的荧光带,已经成功地实现了在其荧光带内的双波长运转^[1]。通常,一种激光染料的荧光带宽度为几千个波数,因此,两个波长所跨越的光谱区间较窄,不能实现多色运转。

拓宽染料激光介质荧光带宽的一个有效方法就是采用双激光染料混合体系。两种激光染料共存并同时运转的条件是:(1)用狭线宽光源泵浦时,两者均须在泵浦波长处有一定的吸收,以保证它们都能被泵浦至高于激光阈值的状态。(2)它们的基态光谱有一定的相对位移。荧光光谱的相对位移是拓宽激光介质荧光带宽的需要。一种激光染料的吸收光谱不应与另一种激光染料的荧光光谱有明显的重叠,借此可以避免由两种染料分子间的电子能转移^[2]而引起的增强一种、猝灭另一种激光振荡的现象。(3)在一种激光染料的荧光带内不能存在另一种激光染料受激单态的强吸收带,否则前者的激光振荡会被猝灭。当泵浦脉冲短于几十毫微秒时,染料分子三态 T_1 上积累的粒子数还不多。所以,可以忽略受激三态吸收引起的麻烦。

已经积累了为数众多的激光染料分子的基态光谱。然而,由于实验的复杂性,人们对其受激单态吸收光谱的研究还进行得相当少^[3], 这给双激光染料混合体系的选择带来了一定的困难。鉴于这种现状,体系的选择可以先从基态光谱着手。

本实验所选用的双激光染料混合体系是香豆素 102 和噻嗪 1 的甲醇混合溶液。图 1 为它们的基态光谱。由图 1 可见;香豆素 102 和噻嗪 1 在 3371 埃处都有一定的吸收,所以氮激光可作为该体系的泵浦光源。其次,噻嗪 1 的第一吸收带和第二吸收带相距甚远,在 $2-3 \times 10^4$ 厘米⁻¹ 的宽广光谱区间内仅存在极微弱的吸收,而香豆素 102 的第一吸收带和荧光带恰好落在这一区间。香豆素 102 的荧光带位于蓝绿区,噻嗪 1 的荧光带位于

1) 南京工学院 83 届毕业生。

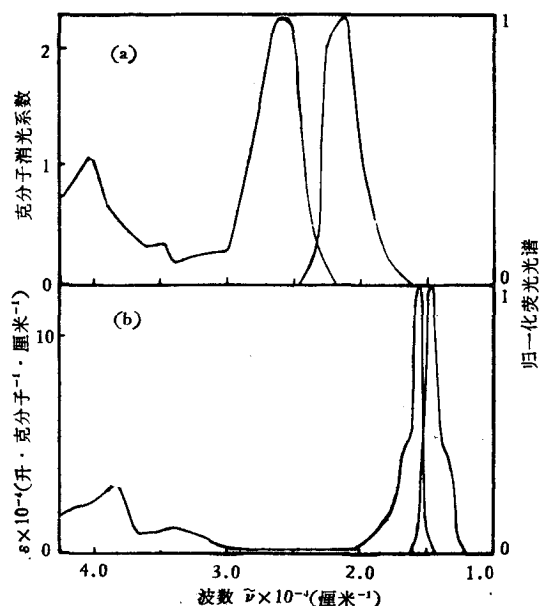


图 1 (a) 香豆素 102 的基态光谱;
(b) 噻嗪 1 的基态光谱

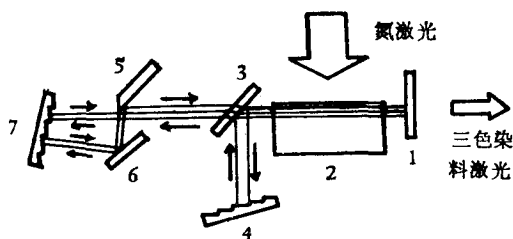


图 2 1 输出铝镜; 2 染料池; 3 二色片; 4 光栅
(红光用); 5 刀口镜; 6 铝镜; 7 光栅(蓝、绿光用)

红至近红外区, 因此, 若该体系不存在受激单态吸收引起的损耗, 则可得到蓝、绿、红的三色激光。

二、实验条件和实验结果

1. 染料溶液

用美国 Exciton 公司出品的噻嗪 1 和天津试剂研究所研制的香豆素 102 配成两者浓度分别为 $1.25 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 和 $5.76 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 的甲醇混合溶液。

2. 实验装置

三色染料激光器的装置示于图 2。输出能量为 3 毫焦耳、脉宽为 6 毫微秒的氮激光经焦距为 9 厘米的石英柱透镜聚焦, 侧向泵浦染料溶液。染料池长 2.5 厘米, 两端面相互平行且不与光轴垂直, 借此抑制激光输出中的噪声。输出镜是透过率为 50% 的铝镜。二色片起分束作用。45°入射时, 它在 660—700 毫微米波长区间的反射率为 93%; 在 460—520 毫微米波长区间的透过率为 90—70%。红光经二色片反射后入射在光栅 4 上, 光栅 4 为 1200 条/毫米、定向波长为 5460 埃的定向光栅, 用作红光调谐, 红光腔长 30 厘米。透过二色片的蓝、绿光由刀口镜分束, 部分光束经它反射至铝镜, 然后入射在光栅 7 上构成蓝光腔, 蓝光腔长 35 厘米; 剩余的光束直接入射在光栅 7 上构成绿光腔, 绿光腔长 30 厘米。光栅 7 为 1800 条/毫米、定向波长为 3800 埃的定向光栅。蓝光由铝镜 6 调谐, 绿光由光栅 7 调谐。调谐绿光时, 为维持蓝光波长不变, 必须同时对铝镜 6 作补偿调谐。调整蓝、绿光腔时须避免两光束在激活介质中的交叉重叠, 借此可以克服模式竞争效应。

3. 实验结果

三色染料激光输出经透镜聚焦在单色仪的入射狭缝上, 选取单色仪的接收线宽为 4 埃, 讯号用 GD33 光电倍增管接收并在示波器上读数.

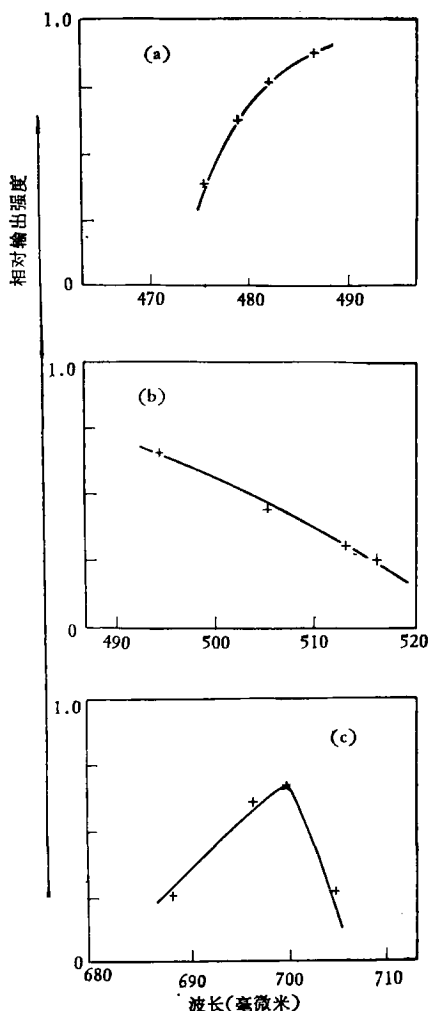


图 3

- (a) 为蓝光, 而红、绿光强度维持不变;
 (b) 为绿色, 而红、蓝光强度维持不变;
 (c) 为红色, 而蓝、绿光强度维持不变

三色染料激光输出经棱镜色散后, 用一只 HAMAMATSU R1193U-02 双平面光电两极管 (波长相应范围为 180—650 毫微米) 接收绿光, 讯号输入带有 7A19 插件的 TEKTRONIX 7904 示波器, 用另一只相同的光电两极管接收蓝光, 讯号输入示波器并作为同步触发. 图 4 显示了两个脉冲的同步状况.

图 3 是蓝、绿、红三色染料激光输出经校正后的波长调谐曲线. (a) 和 (b) 合起来恰好是香豆素 102 的调谐曲线^[4], 其中蓝光的可调范围为 150 埃, 绿光为 200 埃. 由 (c) 所示的噻嗪 1 的调谐范围仅为 150 埃, 当波长长于 700 毫微米时输出强度迅速下降. 在通常情况下, 噻嗪 1 的调谐范围为 700 埃, 其极大位于 725 毫微米处^[5]. 近红外长波端激光的消失是二色片引起的, 因为在波长长于 700 毫微米时它的反射率急剧下降.

由于避免了两种染料分子间的电子能转移, 调谐红光时, 蓝、绿光强度能维持不变; 反之亦然. 又由于克服了模式竞争效应, 调谐蓝光时, 绿光强度能维持不变; 反之亦然.

三色染料激光的总输出能量为 2 微焦耳, 转换效率为 0.07%.

同步性能:

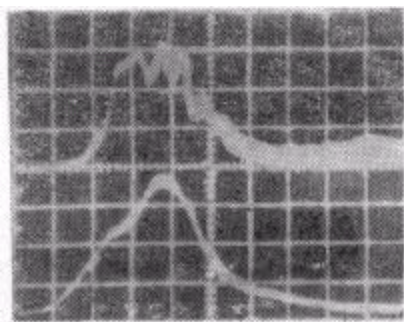


图 4 上面的曲线为绿光; 下面的曲线为蓝光; 时间坐标为 2 毫微秒/格

三、讨 论

1. 三色染料激光输出中蓝、绿光的强度比可通过改变刀口镜的位置来调节. 蓝、绿光

和红光的强度比决定于溶液中香豆素 102 和噻嗪 1 的浓度比。

2. 染料分子受激单态吸收对其激光振荡有直接的影响^[6]。当受激单态 S_1 至高受激单态 S_n 的吸收截面大于其受激发射截面时, 激光介质就不可能有增益。

香豆素 102 和噻嗪 1 自身是很好的激光染料, 受激单态的吸收可以忽略不计。然而, 当它们共存并同时运转时情况就截然不同了。

图 5 中的虚线示出了噻嗪 1 的吸收截面对波长的依赖关系, 噻嗪 1 的三个吸收带的极大分别位于 15800, 33000 和 38500 厘米⁻¹。由图 1 可知; 噻嗪 1 的 0—0 带位于 15200 厘米⁻¹。取其为能量零点, 标出香豆素 102 荧光带的位置, 取其高度对应于受激发射截面值, 如图 5 中实线所示。由图 5 可见: 如果噻嗪 1 的第二或第三吸收带的跃迁终态对应于 S_n 态, 那么香豆素 102 激光输出的调谐范围将显著变窄, 但实验表明, 它们不象是 S_n 态, 因此, 香豆素 102 和噻嗪 1 混合体系没有严重的受激单态吸收。

3. 目前的器件效率仅为 0.07%, 但可进一步提高。存在着以下几个提高器件效率的可能途径: (1) 改善光学元件质量, 降低腔内损耗。(2) 目前使用的氮激光器的输出功率为 50 千瓦, 三色染料激光器仅工作在阈值附近, 所以, 提高泵浦功率, 比如采用准分子激光器, 将有助于器件效率的提高。(3) 鉴于溶解度的限制, 本实验使用的染料浓度偏低, 因此, 寻找合适的溶剂, 适当提高染料溶液的浓度是提高器件效率的又一条途径。

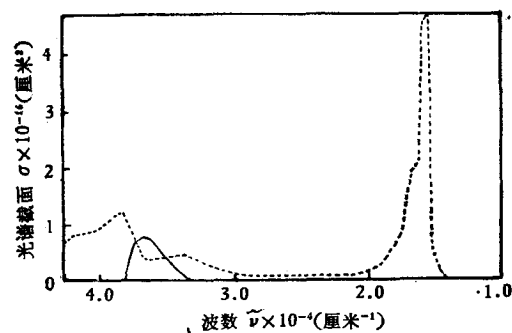


图 5 ——为香豆素 102 $s_1 \rightarrow s_0$ 的受激发射截面;
.....为噻嗪 1 的基态吸收截面

四、结 论

实验表明; 利用双激光染料混合体系能够得到波长跨越光谱区间宽的三色染料激光输出。

我们认为: 存在着若干种双激光染料混合体系, 它们能在不同的光谱波段上实现多色运转。

参 考 文 献

- [1] B. L. Stundfield *et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, **26** (1971), 1219.
- [2] Th. Förster, *Discuss. Faraday Soc.*, **27** (1959), 1.
- [3] Douglas Magde *et al.*, *IEEE Journal of Quantum Electronics*, **17** (1981), 489.
- [4] K. H. Drexhage, *Dye laser*, edited by F. P. Schäfer Springer-Verlag, (1977), p. 185.
- [5] *ibid.*, p. 189.
- [6] B. I. Stepanov, A. N. Rubinov, *Sov. Phys. USP*, **11** (1968), 45.

WHITE LIGHT DYE LASER

ZHANG FU-GEN YU CHUN-LIAN MIAO HAI-PING YANG CHEN-GUANG

(Shanghai Institute of Laser Technology)

ABSTRACT

In this paper, we report the experimental results of obtaining white light dye laser using the mixed system of two laser dyes. This white light laser has the turnable characteristic of the output wavelength and intensity of its three basic colours respectively. We have also analysed the conditions which should be satisfied by the mixed system of two laser dyes in multi-colour operation.