

# 染料超荧光的 ps 研究

孟绍贤 张伟清 康玉英

(中国科学院上海光机所)

**提要:** 用超短光脉冲激励染料溶液, 进行超荧光的研究: 1. 超荧光光谱峰移动和光谱宽度; 2. 辐射谱精细结构的产生机理。

## Investigation of amplified spontaneous emission in dye solutions with picosecond light pulses

Meng Shaoxian, Zhang Weiqing, Kang Yuying

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

**Abstract:** The amplified spontaneous emission in dye solutions excited with powerful picosecond light pulses is studied in two respects: 1. spectral peak shift and the emission width; 2. physical mechanism for producing a periodic fine structure in the emission spectrum.

### 一、引言

我们知道, 若丹明类有机染料的荧光寿命在毫微秒量级, 因而其自发辐射是非常强的, 自发辐射放大(超荧光)对染料激光器的振荡和放大都有着重大的影响。而在强的超短光脉冲泵浦下, 超荧光的脉宽可和泵浦光脉冲宽度有相同量级, 因而它也是波长可调的超短光脉冲源之一。

### 二、实验方法与结果

实验装置如图 1。由锁模振荡器输出的激光脉冲列经过放大, KDP 倍频为绿光脉冲列, 然后经 5300 Å 全反射镜, 使 1.06 μm 光和 5300 Å 光分开, 由透镜  $f_1$  聚焦于装染

料的样品盒, 实验采用的染料有若丹明 6G、若丹明 B 和若丹明 101, 均溶于乙醇溶液。

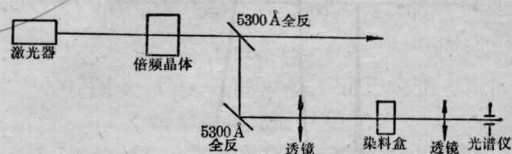


图1 超荧光测量装置

当用 Nd:YAG 锁模激光器做泵浦源时, 其脉冲宽度为 20~30 ps, 倍频后测得光谱为 5321 Å。

将 5321 Å 绿光超短脉冲聚焦于 1 cm 厚的染料盒, 测得若丹明 6G 乙醇溶液的超荧光光谱及其测微光度计扫描轨迹如图 2。

超荧光峰值 5598 Å 相对于自发荧光向

收稿日期: 1983 年 10 月 24 日; 修改稿收到日期: 1984 年 5 月 8 日。

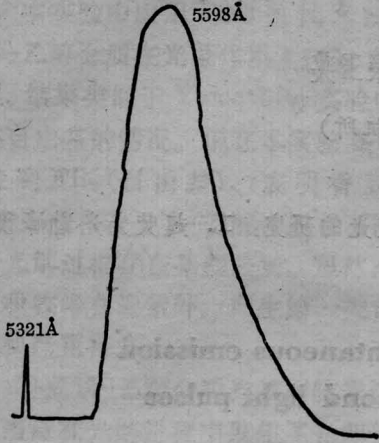


图2 若丹明 6G 乙醇溶液的超荧光

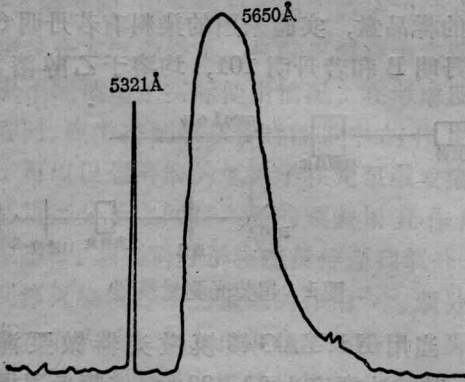
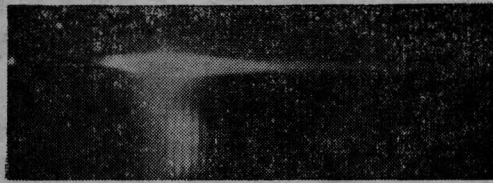


图3 若丹明 B 乙醇溶液的超荧光

紫端移动  $100 \text{ \AA}$ ，这是由于强光泵浦下，超荧光短波吸收减少所造成。超荧光半宽度为  $287 \text{ \AA}$ ，比自发荧光半宽度也大为减少。

若丹明 B 乙醇溶液的超荧光光谱及其测微光度计扫描轨迹如图 3。峰值为  $5650 \text{ \AA}$  的超荧光相对于自发荧光向紫端移动了

$150 \text{ \AA}$ ，这也是由于强光泵浦下，超荧光短波长吸收减少所造成。超荧光半宽度为  $336 \text{ \AA}$ ，比自发荧光半宽度也大为减少。

从图 2 和图 3 看出，超荧光的方向性是不太好的，且有周期性结构，为  $10 \text{ \AA}$ 。

当用 Nd: 玻璃锁模激光器做泵浦源时，其脉冲宽度为  $5 \sim 10 \text{ ps}$ ，倍频后测得光谱为  $5304 \text{ \AA}$ 。

将  $5304 \text{ \AA}$  绿光脉冲聚焦于不同厚度的若丹明 6G 乙醇溶液的染料盒中。当用  $1 \text{ mm}$  厚的染料盒时，其超荧光光谱如图 4。

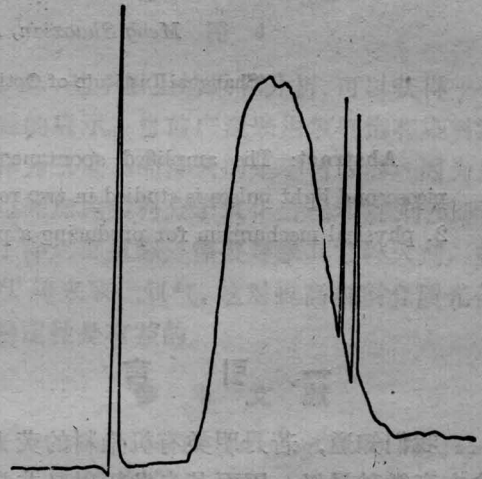


图4 盒厚 1mm 时若丹明 6G 乙醇溶液的超荧光

若用  $1 \text{ cm}$  厘米厚染料盒时，若丹明 6G 乙醇溶液的超荧光如图 5。将图 5 与图 4 比较，厚染料盒由于荧光自吸收，荧光光谱向长波移动。将  $5304 \text{ \AA}$  绿光泵浦  $1 \text{ cm}$  厚若丹明 B 的乙醇溶液时，其超荧光光谱如图 6。

在用  $5304 \text{ \AA}$  绿光脉冲泵浦若丹明 101 乙醇溶液时，同样看到上述现象。而且还观察到超荧光光谱，不但有精细结构，还有超精细结构。精细结构周期为  $15 \text{ \AA}$ ，超精细结构周期为  $1.2 \text{ \AA}$ 。



图5 1cm厚染料盒若丹明6G的超荧光

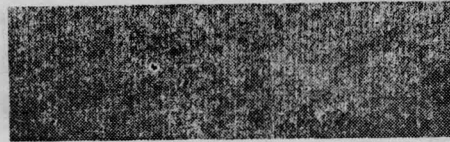


图6 若丹明B乙醇溶液超荧光。由于盒长, 泵浦光弱, 其超荧光向长波移动

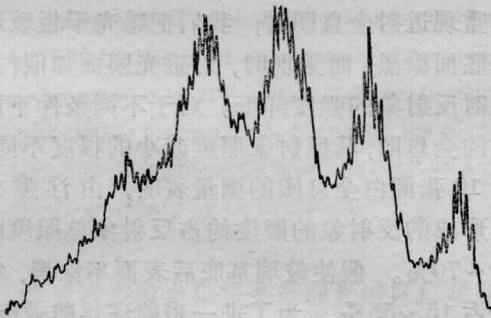


图7 若丹明101乙醇溶液超荧光结构

### 三、分析与讨论

从我们实验看到, 在超短脉冲光泵浦下, 形成了自发辐射的荧光放大(超荧光), 其荧光半宽度比自发荧光窄; 在泵浦光强时, 超荧光峰值向短波移动, 并出现光谱的周期性结构; 染料盒薄, 超荧光峰值移向紫端, 染料盒

厚移向红端。

下面就其结果加以讨论。根据文献[1], 对某一波长超荧光强度有公式:

$$\psi_{\lambda}(L) = \psi_{\lambda}(0) \exp \left[ \frac{r_0}{\sigma_e(\lambda_0)} \sigma_e(\lambda) \right] \times \exp(-NL\sigma_a(\lambda)) \quad (1)$$

式中  $L$  为盒长;  $r_0$  为超荧光的对数增益,  $r_0 = \ln \frac{\psi_{\lambda_0}(L)}{\psi_{\lambda_0}(0)}$ ;  $\sigma_e(\lambda_0)$  为在波长  $\lambda_0$  的发射截面;  $\sigma_e(\lambda)$  为在波长  $\lambda$  的发射截面;  $\sigma_a(\lambda)$  为在波长  $\lambda$  的吸收截面;  $N$  为染料分子单位体积粒子数。从方程(1)第一个指数可以看出超荧光随增益  $r_0$  增加(泵浦强度增加)而光谱变窄。从第二个指数可以看出随着染料密度数或盒长增加, 向长波方向移动。理论与实验结果相一致。由于染料荧光寿命在 5 ns 左右<sup>[2]</sup>, 自发辐射非常强, 为高增益介质。染料盒窗的平行平板会形成腔<sup>[3]</sup>。

$$R_1 R_2 \exp 2\alpha l = 1 \quad (2)$$

$R_1$ 、 $R_2$  为盒窗反射系数,  $\alpha$  为放大系数,  $l$  为盒长。两个盒窗的厚度差形成了超荧光的精细结构

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda^2}{2n(t_2 - t_1)} \quad (3)$$

其中  $\lambda$  为超荧光的峰值波长。  $n$  为玻璃折射系数,  $t_2 - t_1$  为两个盒窗的厚度差。我们求出  $t_2 - t_1$  为 0.08 mm。

而盒窗的厚度决定了超精细结构

$$\Delta\lambda_{\text{超}} = \frac{\lambda^2}{2nt} \quad (4)$$

与测量结果相一致。因此在用染料做振荡或放大介质时, 不应用平面平行的窗口。

最后, 我们感谢吴正亮、舒菊坪同志为我们提供若丹明 101 染料。

### 参 考 文 献

- [1] A. Migus et al.; *IEEE, J. Quant. Electr.*, 1982, **QE-18**, No. 1, 101.
- [2] 孟绍贤等;《应用激光》, 1983, **3**, No. 1, 27.
- [3] J. A. Areeb; *Opt. u chernop.*, 1981, **51**, №5, 930.