

(a)脉宽 60ps (b)脉宽 30ps (c)脉宽 14ps

图 6 用条纹相机扫描拍摄的激光脉冲成长过程。

激光器运转在泵浦能量超出阈值能量 0.1 倍，Rh6G 浓度为  $1 \times 10^{-4} \text{M}$ ，DODCI 浓度为  $2 \times 10^{-5} \text{M}$ ，条纹相机的电学延时分别为 36ns、156 ns 及 330 ns

图 6 是用条纹相机扫描拍摄的激光脉冲成长过程。图 6(a) 是振荡开始后，在腔内来回循环  $\sim 12$  次的波形，(b) 是在腔内来回循环  $\sim 52$  次的波形，(c) 是在腔内来回循环  $\sim 100$  次的波形。由此可见，激光在形成振荡之后，光脉冲宽度随振荡次数的增加而愈来愈窄，波形也变得越来越光滑。由于在图 5 的实验中，条纹相机的延时大于 450 ns，所以得到的脉宽显得较窄。另外，激光器输出脉宽还与锁模染料的位置有关。

本实验表明，利用条纹相机研究锁模染料激光的输出动力学特性是实现激光器最佳化运转的一种很有效的方法。

### 参 考 文 献

- 1 Herrmann J et al. *Appl. Phys.*, 1981; **B26**: 197
- 2 Yasa Z A et al. *Opt. Commun.*, 1975; **15**: 354

(收稿日期: 1986 年 11 月 6 日)

## 用于蚕茧荧光光谱分析的激光实验装置

蒋 承 溪

(重庆光机所)

### An experimental laser measurement equipment for fluorescent spectral analysis of silkworm cocoons

Jiang Chengxi

(Chongqing Institute of Optics and Mechanics, Chongqing)

**Abstract.** The structure of an experimental laser measurement equipment fluorescent spectral analysis of silkworm cocoons and selection of its main optical elements are briefly described.

荧光光谱分析是利用物体的荧光光谱进行各种化学分析和物理研究的物理方法。利用常规的荧光光谱分析可以发现 1g 物质中存在  $10^{-10}$  至  $10^{-11} \text{g}$  的杂质。为了进一步提高灵敏度以检测那些不存在强共振线的分子，因此我们采用激光作光源，装置的光学系统如图 1 所示。选用激发物质发射较强荧光的氮分子激光器作光源，其输出波长为 337.1nm，脉宽约 5ns，脉冲能量大于 6mJ，光斑尺寸为  $6 \times$

23 mm，光束发散角为  $4 \times 10 \text{ mrad}$ 。

单色器选用工作光谱区为 200~800 nm、焦距为 500 mm、相对孔径 1/6.8、线色散倒数 1.6 nm/mm，分辨极限在 589.6 nm 处优于 0.1 nm 的 WDG 500-1A 平面光栅单色仪。

由氮分子激光器输出的激光束经光阑 2、分光镜 3 分成两路。90% 以上的激光束透过分光镜 3 经柱面透镜 4 聚焦于样品池 5 中心或固体样品 6 上；另

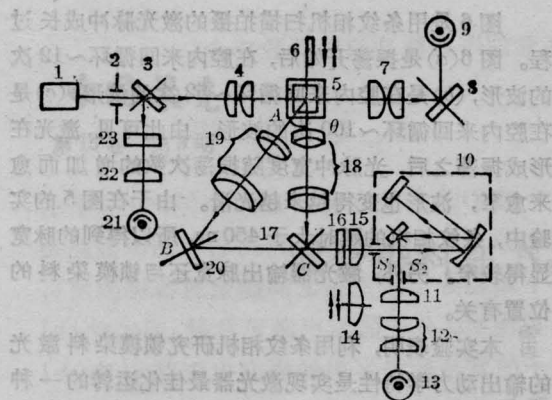


图 1

外百分之几的激光束经分光镜 3 反射后再经衰减片 23、聚光镜 22 照射到光电管 21 的光阴极上,此路光是作为参考与能量监视用。经柱面透镜 4 聚焦后照射到液体样品 5 或固体样品 6 上的激光束产生感生荧光。当测量固体样品的荧光光谱时,因固体样品不透光,故此时荧光聚光镜 19 按在与照射面成  $\theta = 43^\circ 49'$  角(按图中几何关系算出)的方向上收集荧光,然后经平面反射镜 20、滤光镜 16、场镜 14 成像于单色仪 10 入射狭缝  $S_1$  上。经色散后由单色仪出射狭缝  $S_2$  出来的单色光经场镜 11、聚光镜 12 照射到光电信增管 13 的光阴极上。测液体样品时,荧光聚光镜 18 放置在与照射激光束成  $90^\circ$  角的方向上收集荧光,然后经平面反射镜 17、滤光镜 16、场镜 15 成像于单色仪入射狭缝  $S_1$  上。后面的光路同固体样品。当光源改用染料激光器时,测量通过聚光镜 7、平面反射镜 8 反射到光电倍增管 9 光阴极上的透射光可作吸收光谱分析。

荧光聚光镜的设计应考虑充分利用光源(此处是样品的感生荧光)发出的光通量,见图 2(b),为了使准光镜  $L_A$ (离轴抛物面反射镜)的水平孔径  $d_A$  刚好被光源所发出的荧光所充满,必须使荧光聚光镜的像方孔径角与单色仪的孔径角相等。另外,由于荧光光源有一定高度  $h$ ,为了避免在垂直截面上产生渐晕(如图 2(a)中剖面线所示部分,因此在紧靠入射狭缝  $S_1$  前加一场镜  $L_f$ ,将聚光镜  $L_c$  成像于准光镜  $L_A$  上,这样,光源末端 A 发出并通过  $S_1$  的光线就能全部通过垂直孔径(如虚线所示)。其次,为使荧光光源充满入射狭缝  $S_1$ ,则荧光光源高度  $h$ 、宽度  $d_c$  与入射狭缝高度  $H$ 、宽度  $B$  之间必须满足  $h \approx \frac{H}{\beta}$  及  $d_c \approx \frac{B}{\beta}$ , 式中  $\beta$  为垂轴放大率。根据以上关系以及样品池及其调节装置应有较大的空间及固体样品、

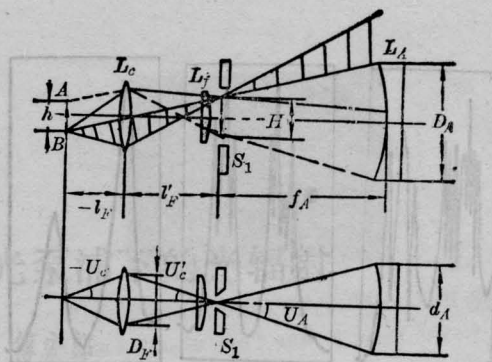


图 2

液体样品荧光聚光镜的空间位置不应相互干扰的原则,最后算得荧光聚光镜孔径角分别为  $8.482^\circ$ (固体样品)及  $8.628^\circ$ (液体样品);  $\beta = -2.028$  倍(固体样品)及  $-2.064$  倍(液体样品);工作距离分别为  $96.181 \text{ mm}$ (固体样品)及  $44.5 \text{ mm}$ (液体样品);焦距分别为  $120 \text{ mm}$ (固体样品)及  $65 \text{ mm}$ (液体样品);像距分别为  $363.379 \text{ mm}$ (固体样品)及  $199.176 \text{ mm}$ (液体样品);共轭距分别为  $559.56 \text{ mm}$ (固体样品)及  $277.676 \text{ mm}$ (液体样品);通光孔径分别为  $53.44 \text{ mm}$ (固体样品)及  $29.29 \text{ mm}$ (液体样品)。由这些数值可知,荧光聚光镜应是一个轴上成像质量较好,消色差的大孔径、较长工作距离的聚光系统。

如前所述,柱面透镜的设计原则是使氮分子激光束经柱面透镜聚焦后照射在样品上的光斑面积尽量减小。由于荧光光源的宽度  $d_c = f'_c \theta_1$ ,  $\theta_1$  为氮分子激光束在水平截面的发散角,  $\theta_1 = 0.01 \text{ rad}$ , 故欲减小  $d_c$ , 只能减小柱面透镜的焦距  $f'_c$ 。但因样品池要占据一定的空间,故要求一定的后工作距离以及柱面镜材料选用 YSZ 石英光学玻璃,价格昂贵,且加工工艺应力求简单,所以不宜采用复杂的光学系统,因此  $f'_c$  不能过小,我们选取  $f'_c = 65 \text{ mm}$ 。由于光束的最大偏转角  $U' - U = 16^\circ$ , 可采用单片柱面透镜。为了减小球差,采用两片柱面透镜结构形式,且都做成平凸形以利加工。经球差校正,最后得(对波长  $\lambda = 337.1 \text{ nm}$ )  $f'_1 = 170.000 \text{ mm}$ ,  $f'_2 = 102.418 \text{ mm}$ , 组合焦距  $f'_c = -f_c = 64.99984 \approx 65 \text{ mm}$ ; 最大弥散圆直径  $2\delta T_m = 1.19 \text{ mm}$ , 后工作距离  $L'_1 = 58 \text{ mm}$ 。用此装置对硫酸奎宁作过测量,在入射、出射狭缝宽  $1 \text{ mm}$ , 光电信增管不采取任何冷却措施的情况下,其检测灵敏度可达  $1 \times 10^{-13} \text{ g/ml}$ 。

对帮助装调的周志康、李成仁、李赤舟、刘格、刘富慧等同志表示感谢。

本项目由中国科学院科学基金委员会资助。

(收稿日期: 1986 年 10 月 27 日)