

## 激光显微光谱分析仪的设计参数及改进措施

**Abstract:** Described in this paper is the selection of optimum parameters for model WJX-I laser microspectrumeter.

近两年来,我们针对 WJX-I 型激光显微光谱分析仪存在的问题,采取了一系列措施,研制成 WJX-II 型仪器(以下简称“II 型仪器”),其性能有明显的提高。

### 1. 提高机械稳定性

由于平行平面腔对调整精度要求很高,而原 I 型仪器机械稳定性不够,我们主要从如下两方面着手。

(1) 改进激光器及光学谐振腔的固定机构:原激光器的机械结构主要采用弹簧铰链式,很不稳定,而且结构繁琐,不便拆修。现改为一顶四拉结构,稳定性好、结构简单、调节方便。

(2) 改变调  $Q$  方式:原 I 型仪器采用转镜调  $Q$ ,其优点是调  $Q$  元件的插入损耗小,抗激光破坏能力强,因此可以获得较大的输出能量和功率;但它有一个致命的缺点,即转镜高速旋转而引起的振动,严重地影响了激光器的机械稳定性,除给使用带来不便外,更重要的是影响了实验的精确性。BDN 对激光显微光谱分析是一种稳定、经济、方便的调  $Q$  染料。我们采用了 BDN 染料调  $Q$  代替转镜调  $Q$ ,不仅根本上解决了机械结构稳定性的问题,而且提高了分析的精确性和可靠性。

### 2. 提高调节精度及使用性能

(1) 工作台部分: I 型仪器采用了带中间齿轮的间接传动机构,这种机构装调困难,结构复杂,手轮空回及齿间间隙均较大,运动欠平稳,还易产生自动下滑现象。在 II 型设计中,改用了直接传动结构,改变了手轮的结构及形状。电极架和工作台尽量采用轻质材料,减轻自重。这样使结构简单,缩短了传动链,调节舒适、平稳、无空回,消除了自动下滑现

象。

原 I 型工作台行程只有 25 毫米左右,其有效行程仅 10~15 毫米。这就是说厚度超过 10 毫米的试样就不能分析了。在 II 型设计中修改了整机及光学系统的有关尺寸,使工作台行程增大到 40 毫米,有效行程在 30 毫米左右。这样就能较好地适用于各种不同厚度的试样。工作台的微调部分备有测定孔径深度的读数,从而能计算出消耗试样的量。

(2) 棱镜转换部分: I 型仪器的棱镜转换部分采用了曲柄连杆及平面弹子相结合的结构来实现两个方向的运动,结构复杂、笨重、装调困难、定位精度和重复精度都较低,噪声及震动较大,容易失灵。II 型改用了简单的抽拉结构,既保证了精度又简化了结构,加工及装调都较容易,稳定性好。

(3) 光路部分:这一部分针对 I 型的光源径向不可调的缺点,后来进行了改型设计,使光源既径向可调又轴向可调,在轴向调节中灯丝不再旋转且结构简化,装调方便。

(4) 双目棱镜部分: I 型的双目棱镜采取旋转调节方式,最小眼距太大(>60 毫米),II 型仪器采用了移动式调节机构,眼距可在 54~70 毫米内连续调节,能适应各种不同瞳孔间距的观察者。

### 3. 提高分析灵敏度

在激光显微光谱分析中,提高灵敏度的主要方法是充分利用试样被激光蒸发的蒸气云。过去大多数人认为发射光谱的获得,是激光轰击试样,将试样气化呈原子或离子状态的蒸气云,这些蒸气云上升到辅助电极间隙中,引起已预加电压的辅助电极放电,从而再次激励蒸气云,受激的原子、离子跃迁到基态发出光谱。

但我们在实验中发现,激光经过已预加电压的辅助电极时,便引起放电(聚焦后的激光功率密度可达  $1.5 \times 10^5$  瓦/厘米<sup>2</sup>,当辅助电压在 2.25 千伏以上时,电场强度为  $4 \times 10^6$  伏/米)。这一事实说明,在激光尚未到达试样以前,辅助电极已提前放电,其放电不是由于蒸气云的激发而是由于强激光的激发,这对于充分利用蒸气云是十分不利的,辅助电极放电相当于一个爆炸式的脉冲电弧放电,它产生的高压高温气团将阻碍蒸气云进入电极间隙。采用辅助电极延时加压,让蒸气云浓度最大部分进入到电极间隙时,电极再加压放电,这样就可充分利用蒸气云,大大提高了分析灵敏度。而且由于采取延时加压措施,使它能够通过以高电压小电容的方式提高火花激励的功率,使其能量能得到有效的利用。由于电容减小,放电时间缩短,从而降低了谱线背景和试样烧伤的面积,这也使得灵敏度进一步提高。

经过试验和推算,我们得出延迟时间在 300~800 微秒之间较为适宜<sup>[1]</sup>。

实现辅助电极延时加压的方法有多种, I 型是

在辅助放电回路中增设附加延时放电间隙,用与氙灯点燃同样的电路,只不过这个点燃时间是可控的。这种方法比较简单,但实验中发现有两个缺点。一是间隙放电能量损耗较大,二是当辅助电极在 3000 伏以上时,延时间隙会发生自放电现象,使延时加压失去控制。后来我们将它由放电间隙控制改为用 1011 型激光开关管控制,这样减小了能量损耗,高压下也不会发生自放电现象。

由于对 II 型仪器采取了一系列改进措施,使仪器的各项技术性能比 I 型仪器有很大的提高,其主要技术指标与民德新产品 LMA-10 型仪器相近。

### 参 考 文 献

- [1] “WJX- 型激光显微光谱分析仪鉴定资料汇编”,合肥工业大学,1978. 9.

(合肥工业大学 龚维纯

1982 年 3 月 2 日收稿)

## 激光退火的一点笔记

**Abstract:** Cooling rate being an important parameter for laser annealing is estimated approximately to be proportional to  $\tau^{-3/2}$  ( $\tau$  indicates the pulse duration) under the condition of constant input energy. When  $\tau$  goes from 25 ns to 25 ps, however, the cooling rate increases only by about an order of magnitude by our calculation.

半导体激光退火、激光诱导表面沉积杂质的扩散、激光感应材料相变等应用研究中,都需要了解激光作用后材料的降温速率。使用毫微秒激光脉冲可以使多晶铝表面形成一薄薄的非晶层<sup>[1]</sup>,用微微秒激光脉冲既能使硅单晶形成非晶,也能使非晶变成具有多层结构的晶态物质<sup>[2,3]</sup>。简单理论指出,脉冲愈短,降温速率愈高,估算在微微秒的脉冲作用下降温速率会达  $10^{14}$  K/秒。但事实上我们用热熔化模型计算的结果是,可能达到的降温速率要比这个数值低三个数量级。

解一维的热传导方程可以得到材料表面的温度与时间的关系

$$T = \frac{2F\sqrt{\kappa t}}{K\sqrt{\pi}}, \quad 0 < t < \tau \quad (1a)$$

$$T = \frac{2F\sqrt{\kappa}}{K\sqrt{\pi}}(\sqrt{t} - \sqrt{t-\tau}), \quad t > \tau \quad (1b)$$

其中  $F$  为被吸收的能量;  $K$  为材料的热导率;  $\kappa$  为热扩散系数;  $\tau$  为激光脉冲宽度。由(1b)不难看出,在等功率的激光束作用后,材料的降温速率正比于  $\tau^{-1/2}$ ,而在等能量的激光束作用后,降温速率正比于  $\tau^{-3/2}$ 。

在超短脉冲作用下,由于热扩散长度  $\sqrt{2\kappa\tau}$  与材料的吸收长度相接近,材料表面层的吸收就必须考虑,薄层内的吸收等效于热传导中的热源。这时热传导方程没有解析解而要用差分作近似计算。

文献[4]假定射到硅表面的激光能量为 1 焦耳/厘米<sup>2</sup>,激光波长为 6943 Å,脉冲宽度为 25 毫微秒,