

## · 研究简报 ·

## 射频溅射a-Si:H的光致发光光谱

林再民 丁小宁 彭少麒

(物理学系)

在非晶硅 a-Si:H 中, 由于长程无序性以及悬键、杂质缺陷的存在, 使其迁移率隙中存在一定的局域态。这些态对材料的电学和光学性质均有很大的影响。光致发光谱能简易地提供有关局域态密度及其分布的很多有用信息, 是研究非晶硅的一种很好的手段。另一方面, 衬底温度是制备 SP-a-Si:H 的一个十分重要的工艺参数。

本实验目的是研究 SP-a-Si:H 的光致发光特性, 着重探讨衬底温度及退火对该特性的影响。

### 1. 测试方法

测试装置如图 1 所示。把待测样品固定在样品架上, 放入杜瓦瓶内, 选取适当的位置, 再液(77K)。开启光源系统, 选择适当的激光功率值(本实验用 225mW)。从单加入氮板机打入命令, 并利用小型打印机或双笔 X-Y 记录仪记录结果。

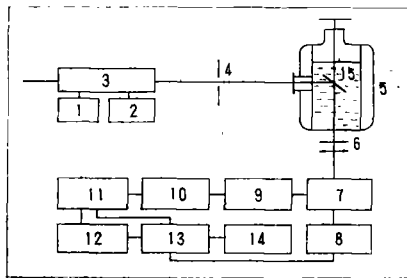


图 1 测试装置

- |              |                |
|--------------|----------------|
| 1. 激光电源      | 9. 探测器         |
| 2. 激光功率稳定器   | 10. 前置放大器      |
| 3. $A_1$ 激光管 | 11. 选频放大器      |
| 4. 斩波器       | 12. 双笔 X-Y 记录仪 |
| 5. 样品致冷装置    | 13. 单板机控制系统    |
| 6. 透镜组       | 14. 小型打印机      |
| 7. 单色仪       | 15. 被测样品       |
| 8. 单色仪传动装置   |                |

### 2. 样品制备及实验结果

采用氢氩混合气体溅射淀积样品, 溅射时, 气压比  $P_{H_2} / P_{Ar+H_2} = 30\%$ , 衬底温度分别为  $30^\circ\text{C}$  和  $250^\circ\text{C}$ , 薄膜厚度约为  $1\mu\text{m}$ 。测量结果如下:

#### (1) 衬底温度的影响

本文于 1985 年 8 月收到

由图 2 可得表 1 所列数据。表 1 表明提高衬底温度，主发光峰峰值强度  $I_{PL}^P$  及其能量  $E_{PL}^P$  增大，而宽度  $W_{fwhm}$  减小；低能处的小发光峰 I 基本消失。

(2) 退火的影响

图 3 中  $N(E_F)$  为利用空间限制电流法测得的费米能级以上 0.1eV 范围 的平均态密度；光暗电导比  $(\Delta\sigma_P/\sigma_D)$  的测量使用卤钨灯作光源，光强为  $100\text{mW}/\text{cm}^2$ ； $I_{PL}^P$  为主发光峰的峰值强度。

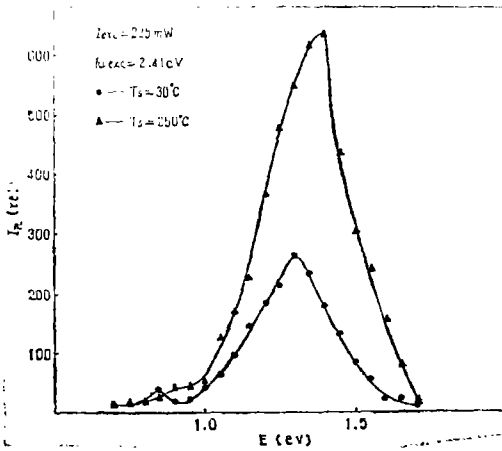


图 2

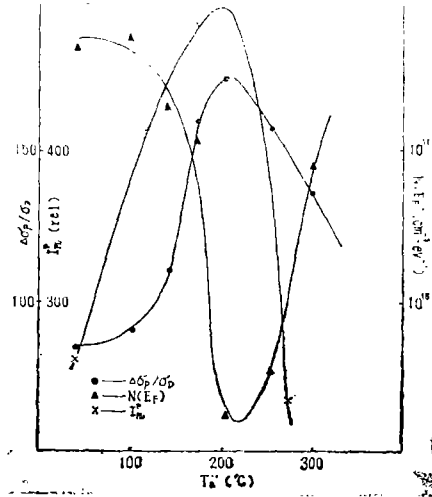


图 3

表 1

衬底温度 $T_s$	峰值能量 $E_{PL}^P$ (eV)		峰值宽度 $W_{fwhm}$ (eV)		峰值强度 $I_{PL}^P$ (rel)	
	I	II	I	II	I	II
250°C	-	1.40	-	$3.20 \times 10^{-1}$	-	631
30°C	$8.50 \times 10^{-1}$	1.30	-	$3.45 \times 10^{-1}$	33	262

退火的环境真空度为  $10^{-4}$  托，时间为 30 分钟。经不同温度退火后进行测量，结果表明： $(\Delta\sigma_P/\sigma_D)$  与  $I_{PL}^P$  开始随退火温度  $T_a$  的升高而增大，当  $T_a$  升至约  $210^\circ\text{C}$  时，转为下降； $N(E_F)$  的变化则刚好相反，其变化转折点温度也约为  $210^\circ\text{C}$ 。

另外，低温衬底 ( $T_s = 30^\circ\text{C}$ ) 样品经退火处理后，其可能达到的  $I_{PL}^P$  最大值约为 500 (rel)，显著低于高温衬底 ( $T_s = 250^\circ\text{C}$ ) 样品的  $I_{PL}^P$  (631 rel)。

3. 讨论

1. 对以上实验结果，我们认为<sup>(1)</sup>，SP-a-Si:H 样品中的氢有两种存在状态 I 和

Ⅱ, 前者为存在于材料间隙或孔洞中的不均匀富集相(其中相当数量的氢未与硅键合), 后者是较为均匀分布于材料体内的状态(形成硅氢键)。衬底温度升高, 使淀积过程中氢、硅原子在薄膜表面的迁移增强, 从而使淀积出来的样品中Ⅱ相所占的体积远大于Ⅰ相, 结果使样品缺陷减少, 能隙中的缺陷态密度降低, 低能峰消失。同时由于非辐射复合的旁路作用减弱, 使 $I_{PL}^P$ 增大; 另一方面, 由于Ⅱ相占的体积大, 使样品的无序度减弱, 从而使得与材料无序程度相关的带尾态分布变窄。假定迁移率边不移动, 这时材料的光学隙增大。由此可解释峰值宽度减小, 峰值能量增大的结果。而前人关于主发光峰宽度与工艺参数无关的结论<sup>[2]</sup>, 显然是值得商榷的。

2. 提高退火温度, 可能有利于Ⅰ相中原来未与硅键合的氢扩散到合适的位置与悬挂键形成Si—H键, 从而使缺陷态密度降低, 辐射复合几率增大,  $I_{PL}^P$ 增大。当退火温度 $T_a$ 继续增大, 由于氢的析出使 $I_{PL}^P$ 下降。

上面的讨论同时适用于图3中其他两曲线的结果。 $N(E_F)$ 虽只反映很小范围内的分布情况, 但参量 $\Delta\sigma_P/\sigma_D$ 却能反映整个局域态的情况。综合两参量, 我们基本上能判明材料缺陷态密度的相对大小, 由得出的 $N(E_F)\sim T_a$ 和 $\Delta\sigma_P/\sigma_D\sim T_a$ 曲线可见, 在210℃附近,  $N(E_F)$ 最小而 $\Delta\sigma_P/\sigma_D$ 最大, 由此可认为这时的缺陷态密度最低, 这和相应的 $I_{PL}^P$ 最大的结果相吻合。

以上结果还表明: 退火只能改变两相中氢的分布, 未能改变两相的体积比, 故未能通过对水冷衬底样品进行退火处理而使其结构变得与高温衬底样品相同, 从而使低衬底温度样品性能改善至如同高温衬底样品, 这和Moustakas的预言是不相符的<sup>[3]</sup>。

### 参 考 文 献

- [1] 彭少麒等, 第四届全国非晶态材料和物理学术讨论会文摘, P.39(1985.西安)。
- [2] W. Paul and D. A. Anderson, *Solar Energy materials*, 5 (1981), 229.
- [3] T. D. Moustakas, *Journal of Electronic materials*, 8 (1979) 3.

## Photoluminescence Spectra of RF Sputtered a-Si:H

Lin zaiming Ding Xiaoning Peng Shaoqi

### Abstract

The photoluminescence features of r.f. sputtered a-Si:H has been investigated, with special emphasis on the influence of the substrate temperature and annealing. The results indicate that either suitable substrate temperature or annealing can improve the qualities of the amorphous silicon (a-Si:H) films.