

非晶态硅氯氢薄膜的光电导

孔光临 杨喜荣 刘昌灵 郑秉茹

(中国科学院半导体研究所)

李禾

(中国科学技术大学)

1983年7月6日收到

目前,存在于非晶硅材料中的一个重要问题是其稳定性,氢虽能起饱和悬键或使无规网络软化的作用而使隙态密度降低,但由于它对温度及光照等因素敏感而稳定性差. 解决的途径之一是用卤族元素代替氢. a-Si:F:H 就具有较好的热稳定性^[1]. SiCl₄ 是比 SiF₄ 和 SiH₄ 都便宜而广泛应用于半导体工业中的物质,采用 SiCl₄ 作为原材料的 a-Si:Cl:H 的研究更具有实际意义. 我们曾在早期的文章^[2]中发表了对 a-Si:Cl:H 的初步研究结果,本文报道我们对 a-Si:Cl:H 的光电导的研究结果.

a-Si:Cl:H 薄膜是用辉光放电分解 SiCl₄ + SiH₄ + H₂ 混合气体的方法沉积在石英衬底上,膜厚约为 0.5 微米,薄膜中的氯含量用光电子谱进行分析,分析结果与沉积时流量比 (SiCl₄/SiCl₄ + SiH₄) 的比较见表 1.

表 1

样品号	沉积温度(°C)	(SiCl ₄ /SiCl ₄ + SiH ₄)	Cl (at%)	E _g (eV)
1	300	3	—	0.70
2	300	17	1.1	0.80
3	300	29	4.5	0.87
4	300	44	3.4	0.85
5	300	67	4.7	0.85
6	300	100	4.0	0.85
7	350	8	3	
8	350	40	5	
9	350	80	7.5	

为测量光电导,在薄膜上蒸上一层铝共平面电极,缝宽约为 0.1mm. 用调制的交变光照射样品,光电流信号通过锁相放大器测量.

图 1 是在 300°C 下沉积的 a-SiCl:H 薄膜的光电导谱,与 a-Si:H 的光电导谱很相似^[3]. 在 1.5 eV 以后开始本征的光电导峰,在 1.5eV 以下拖一个“尾巴”. 我们认为,与 a-Si:H 类似,在 a-Si:Cl:H 中光电导也主要是由激发到导带迁移率边以上的电子输运:本征光电导是由价带激发到导带的电子,1.5 eV 以下的尾部则是由费米能级以下的定域态激发到导带的电子而产生.

从图 1 还可以看到,当氯含量增加时,光电流减小,从下面的讨论可知,这是由于费米能级 E_f 随氯含量增加而下降造成的: 由文献[4]中图 3 可以看到: 由于掺 P 型杂质而引起的 E_f 下降使光电导急剧下降。

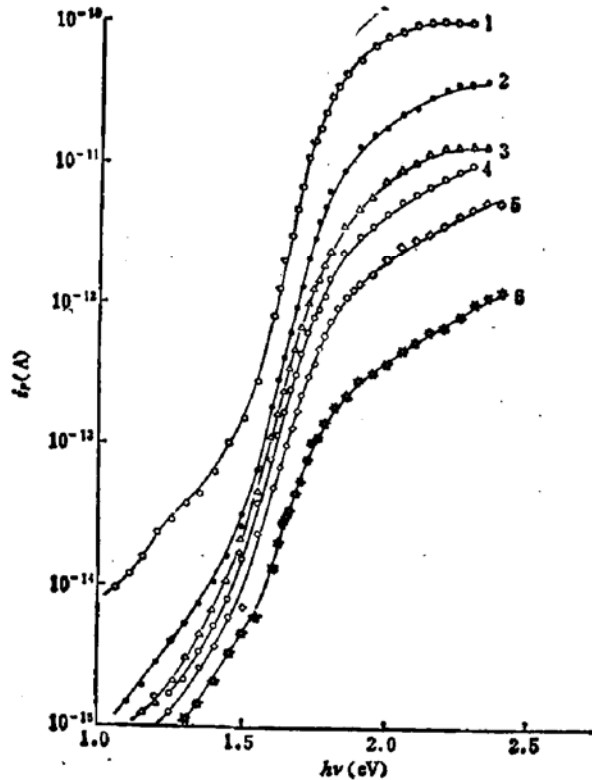


图 1 a-Si:Cl:H 的光电导谱
图中数字为样品号(参见表 1)

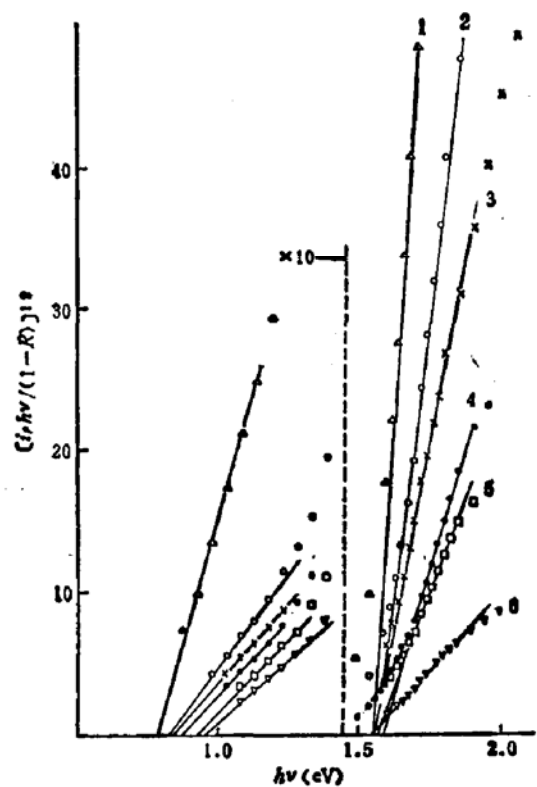


图 2 a-Si:Cl:H 的 $[i_p h\nu / (1 - R)]^{1/2} - h\nu$ 图
图中标号为样品号(见表 1)

仿照 R. J. Hoveland 等^[3],如果 $ad < 1$ (α 为吸收系数, d 为样品厚度)可由 $[i_p h\nu / (1 - R)]^{1/2} \sim h\nu$ 曲线(其中 i_p 为光电流, $h\nu$ 为光子能量, R 为反射率)的直线部分外推,与 $h\nu$ 轴相交的截距来估计光学带隙 E_0 和费米能级 E_f 的位置。本实验中样品厚度约为 0.5 微米与所用曲线部分相应的吸收系数 $\alpha < 10^4 \text{cm}^{-1}$ 满足条件 $ad < 1$ 。图 2 就是在相同衬底温度 $T_s = 300^\circ\text{C}$ 下沉积的但氯含量不同的一组样品的这种曲线。从急剧上升的直线部分,我们得到光学带隙 E_0 约在 1.5 到 1.6eV 之间,随氯含量的变化不明显;从曲线尾部外推而得到 E_1 ,它可以看做是 E_f 与导带迁移率边 E_c 的距离,因为我们曾经认为光电导曲线的尾部是由 E_f 以下的定域态激发到导带的电子所贡献。可以看到 E_f 随氯含量的增加而下降。电导激活能 E_0 的测量也有这样的趋势(见表 1)。但所得 E_f 的数值有差异,这可能由于光电导尾部的测量信号很小,不够准确所造成。随氯含量增加 E_f 下降可能由于:

1. 氯的加入减少了靠近导带的隙态或增加了靠近价带的隙态。
2. 以某种形式存在于 a-Si 网络中的氯起受主杂质的作用。

在 350°C 下沉积的 a-Si:Cl:H 薄膜的光电导要比上述一组样品小得多。是否由于在较高沉积温度下会有更多的氯溶入而 E_f 大幅度下降所引起,尚有待进一步实验证实。

参 考 文 献

- [1] S. R. Orshinsky and A. Madan, *Nature*, 276, 482 (1978).
- [2] Z. M. Chen, X. B. Liao and G. L. Kong, *Solar Energy Materials*, 7, 149 (1982).
- [3] R. J. Loreland, W. E. Spear and A. Al-sharbaty, *J. Non-Cryst. Solids*, 13, 55 (1973/74).
- [4] D. A. Andevson and W. E. Spear, *Phil. Mag.*, 36, 695 (1977).

Photoconductivity in a-Si:Cl:H Films

Kong Guanglin , Yang Xirong, Liu Changling Zheng Bingru

(*Institute of Semiconductors, Academia Sinica*)

Li He

(*University of Science and Technology of China*)

Abstract

The photoconductivity spectra of a-Si:Cl:H films under photon energies of 1.0 to 2.4 eV are investigated. It is found that the Fermi level E_f shifts downward with the increase of chlorine content in the films.