

## 非晶硅少子扩散长度的测量\*

徐 乐 刘 启 一

(南开大学物理系)

**(一) 引言** 非晶硅少子扩散长度对非晶硅太阳能电池的性能有重要影响,它是表征非晶硅材料质量的重要参数. 最近 Dresner<sup>[1,2]</sup> 和 Moore<sup>[3]</sup> 分别用表面光电压法 (SPV 法) 测量非晶硅少子扩散长度获得成功. 但前者需要超高真空系统,样品表面要经过溅射和退火,后者使用非晶硅液体肖特基势垒,装置较烦. 我们试用顶层淀积了金属镍的非晶硅薄膜作样品,利用镍和非晶硅膜构成的金属肖特基势垒进行表面光电压测量,获得成功. 这样既不需要对样品表面进行复杂的处理,也免去了制备液体肖特基势垒的麻烦,测量设备比较简单,从而可能使测定非晶硅少子扩散长度成为检测和改进非晶硅质量的一种重要的常规手段.

**(二) 基本原理** 当光子能量  $h\nu > E_g$  的单色光照射非晶硅表面时,在光照面和无光照的背面之间可以检测到由于表面势垒中少子浓度的增加引起的光电压,这光电压称之为表面光电压. 对  $h\nu > E_g$  的各种波长的光,调节入射光子通量  $I$ ,保证所产生的表面光电压值  $\Delta V$  为常数. 在满足以下几个条件<sup>[4]</sup>:  $W < 1/\alpha < d, L \ll d, n \gg P$  时,

$$I = C(L + 1/\alpha), \quad (1)$$

式中  $C$  为与波长无关的常数,  $W$  为表面势垒宽度,  $\alpha$  为光吸收系数,  $d$  为未掺杂的非晶硅膜厚度,  $L$  为扩散长度,  $n$  为多数载流子密度,  $P$  为少数载流子密度. 由式 (1) 可知,  $I$  和  $I/\alpha$  为直线关系,由该直线在  $1/\alpha$  轴上的截距可得到扩散长度  $L$ .

**(三) 实验和讨论** 样品制备采用通常的辉光放电法,使氩稀释的硅烷分解、淀积. 衬底温度为  $270^\circ\text{C}$ . 首先在不锈钢衬底上淀积一薄层掺磷的  $a\text{-Si:H}$ , 随即淀积一层厚度为  $2.2\text{--}4.0\mu\text{m}$  的未掺杂的  $a\text{-Si:H}$  薄膜,最后蒸发一层很薄的镍膜. 样品面积为  $1\text{cm}^2$ .

测量装置方框图如图 1 所示. 光源为放映机灯泡,通过 WDF-1 型反射式单色仪得到单色光. 交变的单色光照在样品表面的薄镍层上,产生交流表面光电压. 由于非晶硅中缓慢的陷阱释放效应,斩波频率必须很低,我们采用的频率为  $3.2\text{Hz}$ . 从与薄镍接触的钨针和不锈钢衬底之间取 SPV 信号输入到锁相放大器 (9505E 型,美国 EG and G 公司产品),光强的测量用 BZ-2 型红外接收器,其输出由锁相放大器读出. 偏置光源为白光,它照射在样品上产生一个直流光电压. 所有的测量在暗屏蔽室内进行.

吸收系数由测量透射率和反射率获得<sup>[5]</sup>. 目前,在制备样品时,我们在同一工艺条件下,不同炉得到的样品,其吸收系数有一定的离散性. 图 2 给出同一工艺条件,淀积时间不同因而样品厚度不同的三个样品的吸收系数. 可以看出,图 2 中曲线 A 和 C 的差别是

\* 1983年11月11日收到.

较大的。由于用 SPV 法测扩散长度时,其精度依赖于吸收系数的测量精度,故我们测定吸收系数的样品是与测扩散长度的  $a\text{-Si:H}$  膜同炉淀积的,只是衬底为玻璃。由于样品较厚,难于测出短波段的透射率,因此我们测量数据的波长范围较窄,在  $\alpha^{-1} < 0.5\mu\text{m}$  时,无测量点。但这个波长范围已足以确定所需的  $I-1/\alpha$  直线。

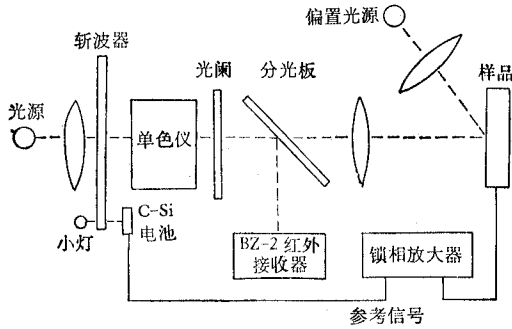


图 1 测量装置方框图

Fig. 1 Schematic diagram of the surface photovoltage set-up

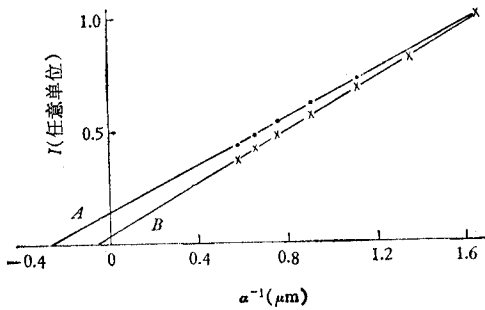


图 3 SPV 法测量未掺杂  $a\text{-Si:H}$  时,相对光子通量和光吸收系数倒数的关系曲线。对每一条直线,直流和交流光电压均保持常数,直线 A 对应于直流光电压为零,直线 B 对应于直流光电压为 0.35V。

Fig. 3 Plot of relative photon flux vs. reciprocal optical absorption coefficient in undoped  $a\text{-Si:H}$  using SPV method. Both the ac and dc photovoltage are kept constant for each curve. In curve A, the dc photovoltage is zero; in curve B, it is 0.35V

图 3 为测得的  $I-1/\alpha$  关系曲线。未加偏置光时得直线 A,  $\Delta V$  为 32mV, 所加的偏置光导致 0.35V 直流光电压时得直线 B, 其  $\Delta V$  为 20 $\mu$ V。由测量数据按最小平方拟合计算得到  $L$ <sup>[6]</sup>。由直线 A 得到  $L$  为 0.26 $\mu\text{m}$ , 直线 B 得到  $L$  为 0.06 $\mu\text{m}$ 。

图 4 显示出不同偏置光强对  $L$  的影响。当不加偏置光时,测出的实际是场协助下的漂移长度,随着偏置光强的增加,表面势垒的宽度和高度均减小,电场协助的作用减小。当偏置光强产生的直流光电压为 0.34V 时,  $L$  等于 0.06 $\mu\text{m}$ , 这相应于偏置光强约为 10mw/

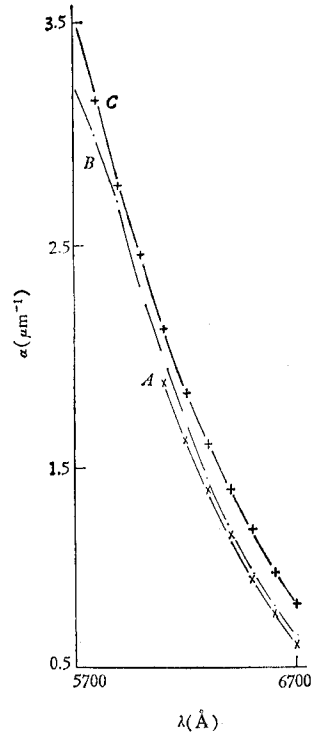


图 2 同一工艺条件下制备的  $a\text{-Si:H}$  膜(厚度不同),其光吸收系数  $\alpha$  和波长的关系

Fig. 2 The optical absorption coefficient  $\alpha$  as function of wave length in  $a\text{-Si:H}$  films prepared in the same condition with the exception of the thicknesses of samples

$\text{cm}^2$ . 进一步增加偏置光使直流光电压为  $0.36\text{ V}$  时, 相应的偏置光强约增加了一倍, 所得的  $L$  在实验精度范围内不变, 这个不随偏置光强变化的  $L$  即为与场无关的热扩散长度. 相应的  $\mu\tau \sim 10^{-9}\text{cm}^2/\text{V}$ . 它比文献[7]报道的约大一个数量级, 但较文献[1—3]报道的小得多. 这是因为我们的非晶硅材料的质量, 目前尚不如文献[1—3]测试的样品的质量. 由  $L$  的测量结果显示, 必须进一步改进我们制备未掺杂非晶硅的工艺条件, 减少材料中的复合中心, 提高它们的扩散长度, 这才有可能做出较好的非晶硅太阳电池. 图 4 中数据的离散性是由于  $L$  随位置而变引起的, 这和文献[2]的结果是一致的.

本项工作中, 周桢华和陆靖谷同志帮助制备了样品, 在此表示感谢.

### 参 考 文 献

- [ 1 ] J. Dresner, D. J. Szostak and B. Goldstein, *Appl. Phys. Lett.*, **38** (1981), 998.
- [ 2 ] B. Goldstein, J. Dresner and D. J. Szostak, *Phil. Mag.*, **B46** (1982), 63.
- [ 3 ] A. R. Moore, *Appl. Phys. Lett.*, **40** (1982), 403.
- [ 4 ] A. M. Goodman, *J. Appl. Phys.*, **32** (1961), 2550.
- [ 5 ] Xu Le, D. K. Reinhard and M. G. Thompson, *IEEE on ED*, **ED-29** (1982), 1004.
- [ 6 ] W. E. Phillips, *Solid State Electronics*, **15** (1972), 1097.
- [ 7 ] R. O. Bell, *Appl. Phys. Lett.*, **36** (1980), 936.

## MEASUREMENT OF DIFFUSION LENGTH OF HOLES IN a-Si:H

Xu Le, Liu Qiyi

(Department of Physics, Nankai University)

The results of a study in the diffusion length of holes in a-Si:H by measuring the surface photovoltage of the metal (Ni) Schottky barrier is reported. The change of field-assisted hole transport with bias light was observed. It is believed that measurement of diffusion length by this method may become a useful way of detecting and improving the quality of a-Si:H.

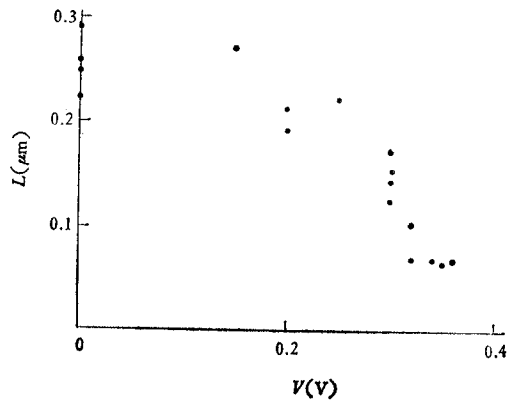


图 4  $L$  和偏置光强(直流光电压)的关系, 数据的离散性是由于  $L$  随位置而变

Fig. 4  $L$  as function of bias light(dc photovoltage), the scatter of data is due to the local variations of  $L$