

辉光放电非晶态硅薄膜光、暗电导率特性的研究

李大中 宋学文 戴国才

(山东大学物理系)

一、引言

非晶态硅 (a-Si) 太阳能电池的研究,是近几年来世界上引人注目的一个重要课题. 主要原因是 a-Si 材料成本低,而且在用于制造太阳能电池时具有某些较好的性能,如在太阳光谱峰值附近, a-Si 的光吸收系数比单晶硅高出近一个数量级. 早在 1976 年,就有人制得了能量转换效率高达 5.5% 的 a-Si 太阳能电池^[1].

目前制备 a-Si 薄膜最常用的是辉光放电法. 我们对用此法如何制备具有优良光响应特性的掺氢非晶硅(a-Si:H)薄膜进行了探讨. 一般认为, a-Si:H 薄膜的电子性质在广泛的范围内是制备工艺参数的函数^[2]. 因此,我们在现有的实验室条件下,对 a-Si:H 薄膜的光电导率(σ_p)、暗电导率(σ_D)以及两者比率(σ_p/σ_D)和某些工艺参数,例如放电电极板距离(d),气体流量(V),放电功率及衬底温度(T_d)等之间的关系进行了探讨. 据我们所知,迄今已报道的最好的 a-Si 薄膜的光电导率,在 AM1 光源照射下为 $10^{-4} \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ 的数量级^[3],我们制备的 a-Si:H 薄膜也得到了同样的数量级.

二、基本设备和工艺条件

所用设备如图 1 所示. 整个设备为一频率为 11MHz 的电容耦合系统. 反应室是用 $\phi=85\text{mm}$ 的石英管烧制成,上下极板为 $\phi=60\text{mm}$

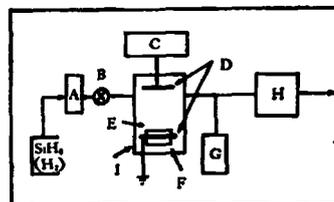


图 1 辉光放电设备示意图

A 为流量计; B 为针阀; C 为射频源;
D 为极板; E 为衬底; F 为加热器;
G 为真空计; H 为机械泵; I 为反应室

的不锈钢圆片,加热器可使全衬底均匀加热,并能使温度连续可调. 所用气体为 SiH_4 (10%) 和 H_2 (90%) 的混合气体.

放电在两极板之间进行. 反应室预抽真空到约 10^{-2} Torr, 将衬底加热后,以固定的气体流量 (V) 通入反应气体,使反应室中的压强稳定在 1 到几个 Torr 后就可开始放电. 放电功率一般为 15W, 淀积速率约 $10 \text{ \AA}/\text{sec}$. 在薄膜制备过程中,以上条件均保持不变.

三、实验结果和讨论

图 2 中的 (a), (b) 和 (c) 分别表示衬底温度 T_d 对薄膜的室温 σ_p 和 σ_D 的影响. 图 2(a) 中 σ_p 是在模拟 AM1 光(碘钨灯光经 2cm 水层过滤,光强为 $95\text{mW}/\text{cm}^2$) 照射下测得的; 图 2(b) 中 σ_p 是在波长 $\lambda = 6328 \text{ \AA}$, 入射光强为 $0.5\text{mW}/\text{cm}^2$ 的单色光照射下测得的.

图 3 中两条曲线分别表示在上述两种光照条件下,比率 σ_p/σ_D 随衬底温度 T_d 变化的

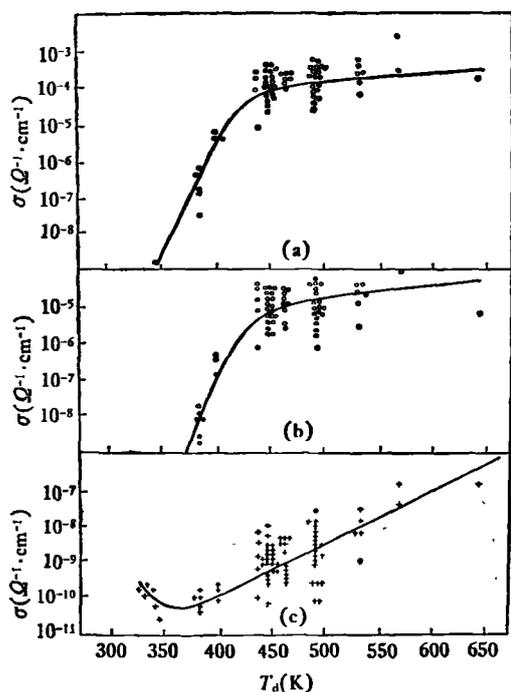


图 2

(a) 室温 σ_p 随 T_d 变化的曲线, σ_p 是在模拟 AM1 光照射下测得的; (b) 室温 σ_p 随 T_d 变化的曲线, σ_p 是在波长为 6328 \AA 的单色光照射下测得的; (c) 室温 σ_D 随 T_d 变化的曲线

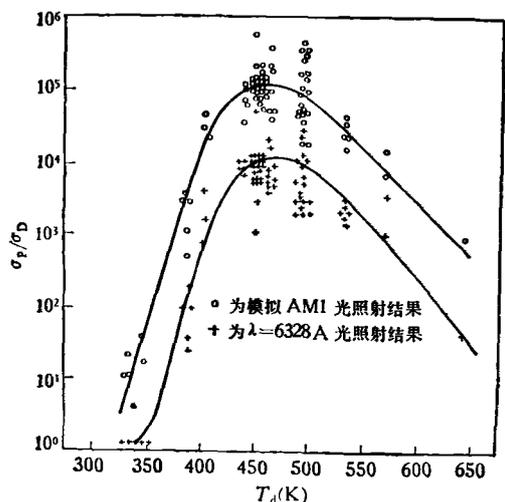


图 3 σ_p/σ_D 随 T_d 变化的曲线

情况。

上述薄膜制备过程中, 除 T_d 外其它工艺条件为: 放电电极距离 d 约为 2 cm , 气体流量 V 约为 95 ml/min 。

物理

上述结果中, 值得注意的有以下几点:

1. σ_D 随 T_d 变化的曲线中, 在 360 K 左右有一最小值, 近似为 $10^{-11} \text{ Q}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ 。此变化规律的特点和数值与国外报道的典型结果符合得很好^[4]。按已有的解释, 在 $T_d < 360 \text{ K}$ 制备的薄膜为 P 型, 在 $T_d > 360 \text{ K}$ 制备的薄膜为 n 型。这种由 P 型到 n 型的变化意味着在不同 T_d 下制备的薄膜中缺陷情况不同, 它们使费米能级 E_F 在能隙中的位置随 T_d 的升高向导带一边移动。

2. 由 σ_p 随 T_d 变化的曲线可知, 从 300 K 到 500 K 的温度范围内, σ_p 迅速增大, 最后达到一饱和值。此规律与一些文献所报道的辉光放电 a-Si:H 薄膜中光生载流子的复合寿命随 T_d 变化的规律基本相同^[5]。

3. 比率 σ_p/σ_D 具有较好的规律性, 在 $T_d = 470 \text{ K}$ 左右有一最大值, 在 AM1 光照射下约为 10^5 , σ_p 为 $10^{-4} \text{ Q}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ 的数量级。这一结果为实际应用提供了工艺上的依据。

4. 本实验中所制得薄膜的 σ_p 为 $10^{-4} \text{ Q}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ 的数量级, 少数样品的 σ_p 达到 $10^{-3} \text{ Q}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ 的数量级, 这说明用本文所描述的设备, 通过适当的控制有关工艺条件, 可以制备出光电性能良好的 a-Si:H 薄膜。

图 4 表示放电电极距离 d 和室温 σ_p 及 σ_D 的关系。其它制备条件为: T_d 约为 450 K , 气

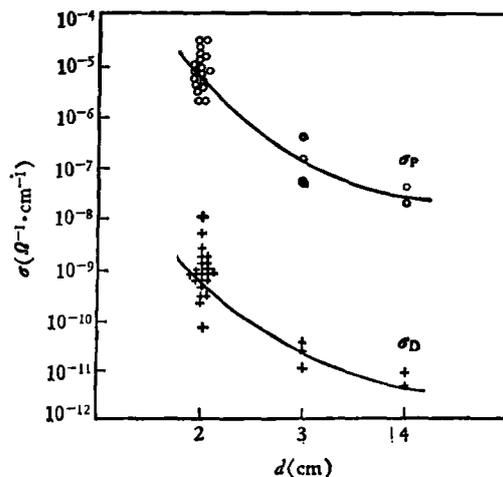


图 4 放电电极距离 d 对室温 σ_p 和 σ_D 的影响, σ_p 是在 $\lambda = 6328 \text{ \AA}$ 的单色光照射下测得的

体流量 V 约为 95ml/min. 从图中可以看出, 在实验范围内, σ_p 和 σ_D 都随 d 的增大而变小, 但两者的比率却基本上保持不变. 据此, 要获得大的 σ_p 应取较小的电极距离; 而欲获得较高的暗电阻率, 则需取较大的电极距离.

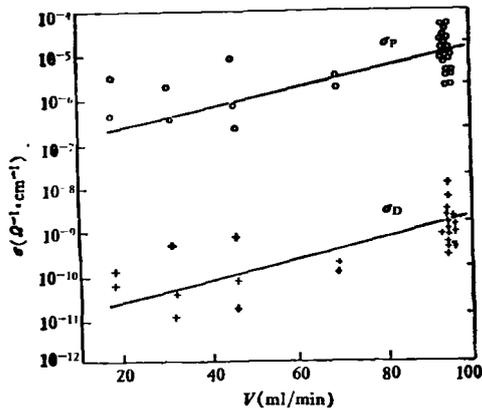


图5 气体流量 V 与室温 σ_p 及 σ_D 的关系 (σ_p 是在 $\lambda = 6328 \text{ \AA}$ 的单一光照射下测得的)

图5表示气体流量 V 与室温 σ_p 及 σ_D 的关系. 其它制备条件为: T_d 约为 450K, d 为 2cm. 从图中可以看出, 在这些条件下, σ_p 和 σ_D

皆随 V 的增大而变大, 同时比率 σ_p/σ_D 基本保持不变. 据此, 我们可通过调整 V 来得到不同的薄膜.

除上述所示的有关工艺参数对 σ_p , σ_D 以及 σ_p/σ_D 有影响外, 本实验过程中还发现放电功率的大小也有明显的影响. 例如, 在大的功率条件下所得薄膜一般性能较差.

本项工作得到陆大荣副教授、陈友鹏、马洪磊老师及余亦舜、郭青长、刘继田等同志的大力支持和帮助, 在此表示衷心感谢.

参 考 文 献

- [1] D. E. Carlson et al., *J. Electr. Mater.*, 6(1977), 95.
- [2] P. J. Zanzuchi et al., *J. Appl. Phys.*, 48-12 (1977), 5227.
- [3] A. Madan et al., *Appl. Phys. Lett.*, 37-9(1980), 826.
- [4] N. F. Mott and E. A. Davis, *Electr. Processes in Non-Crys. Materials*, Second Edition, Oxford University Press, (1979), 365.
- [5] Ref. [4], 257.

连续染料激光器的稳频

傅 济 时

(北京大学无线电系)

连续波染料激光器是目前唯一在整个可见光谱区内波长能连续可调的连续波激光器. 经十余年的研究, 其性能有了很大改善, 现已成为在可见光谱区内光谱学的重要工具, 而且在其它科学技术领域例如激光化学、同位素分离等等也得到了广泛的应用. 但是, 作为激光光谱学的光源, 不经稳频的染料激光器, 其频率稳定性较差, 例如商品环形染料激光器秒级峰-峰频率波动约为 20MHz, 漂移就更大, 远不能满足高分辨率激光光谱学的要求. 但经稳频后用于激光光谱学, 其分辨率可优于 10^{-10} , 大大超过

传统光谱学的分辨率; 而它可能得到的极高频率稳定度^[1], 使人们自然把它视为未来激光频率标准的最佳候选者.

目前作为高分辨率激光光谱仪的染料激光器, 其长期频率稳定性和准确度同碘分子(或甲烷)饱和吸收稳频的氮氟激光器 (10^{-12} 量级) 相比, 其绝对频率漂移率 $\leq 1\text{kHz}/\text{min}$, 连续扫频范围宽达 900MHz, 步进分辨率为 1kHz, 谱线线宽为 2kHz^[2]. 下面就连续染料激光器的稳频及高分辨率激光光谱仪的几种稳频方案作一简要介绍.