

文章编号: 0258-7025(2008)Supplement2-0328-03

# NH<sub>3</sub>/SiH<sub>4</sub> 流量比对多晶硅/氮化硅复合层 电池光电性能的影响研究

赵浩峰 王 玲 谢爱根 颜 开 吴红艳 刘 斌 黄廷立 肖育辉

(南京信息工程大学数理学院材料物理系, 江苏 南京 210044)

**摘要** SiN 薄膜因为具有良好的减反射性质和钝化作用, 越来越广泛地应用于晶硅太阳能电池的制造工艺中。用等离子体化学气相沉积(PECVD)法, 通过改变流量比、气体总量及基底温度等工艺参数沉积 SiN 薄膜, 研究了流量比对多晶硅太阳能电池上所沉积的氮化硅薄膜性能的影响。实践表明, NH<sub>3</sub>/SiH<sub>4</sub> 气体流量比为 11.5:1 时电池材料具有最佳的光电性能。

**关键词** 太阳能电池; 多晶硅/氮化硅复合层; 光电转化效率; 少子寿命

**中图分类号** TB34      **文献标识码** A      **doi:** 10.3788/CJL200835s2.0328

## Effect of NH<sub>3</sub>/SiH<sub>4</sub> Flow Rate Ratio on the Performance of Polysilicon/SiN Composite Solar Cell

Zhao Haofeng Wang Ling Xie Aigeng Yan Kai Wu Hongyan

Liu Bin Huang Tingli Xiao Yuhui

(Material Physics Department, Nanjing University of Information Science and Technology,  
Nanjing, Jiangsu 210044, China)

**Abstract** SiN thin film has the passive role and the good nature of reducing the reflection, so it already be widely applied in the crystal silicon solar cell's fabrication technology. This paper deals with effect of NH<sub>3</sub>/SiH<sub>4</sub> on the performance of solar cell. The test results show that NH<sub>3</sub>/SiH<sub>4</sub> gas ratio affect the transforming efficiency and minority carrier lifetime of solar cell and optimized NH<sub>3</sub>/SiH<sub>4</sub> is 11.5:1.

**Key words** solar cells; poly-silicon/ SiN composite; opto-electronic transforming efficiency; minority carrier lifetime

## 1 引 言

近些年来由于全世界对能源问题越来越重视, 太阳能电池制备工艺取得了飞速的发展<sup>[1~3]</sup>。目前人们在努力研究更先进的太阳能电池制作工艺和寻求更好、更廉价的电池材料, 以达到提高转化效率、降低成本的目的。但是在提升电池光电转换效率方面, 晶硅电池领域还有待更进一步的探索和研究<sup>[4,5]</sup>。本文拟通过改变等离子体化学气相沉积(PECVD)的 NH<sub>3</sub>/SiH<sub>4</sub> 流量比研究光电转换效率、薄膜厚度、折射率及少子寿命等的变化。

## 2 实验过程

图 1 为等离子体化学气相沉积(PECVD)装置。

取同一生产厂家的的硅片 1000 片分成 5 组。为了消除不同石墨舟对镀膜造成的差异, 每组都放在同一个石墨舟内进行镀膜。二次清洗后开始第一次正面镀膜, 完成后从中随机抽取两片并做好标识以利于测试少子寿命研究其钝化效果。测试完成后将前面取出的两片按标识放在石墨舟内进行背面镀膜, 完成后测量其少子寿命。当双面镀膜完成后让这批次的硅片从同一条丝网印刷线上流下, 测试其光电转换效率。另外在每组实验中每次放入两片抛光片, 它的作用是镀完膜后用来测量膜厚和折射率。流量比在 10:1~13:1 之间变化, 气体流量为 6450 cm<sup>3</sup>/min, 沉积时间为 770 s, 温度为 430 °C。舟使用次数为 20。

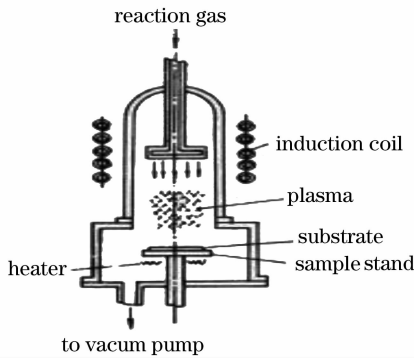


图 1 PECVD 装置

Fig. 1 PECVD equipment

### 3 实验结果及分析

#### 3.1 不同 $\text{NH}_3/\text{SiH}_4$ 流量比对电池转换效率的影响

图 2 为效率曲线。可以看出, 电池效率在气体流量为  $6450 \text{ cm}^3/\text{min}$  时,  $\text{NH}_3/\text{SiH}_4$  比率为 11.5:1 (5980:520) 时效率达到最高 16%, 之后随  $\text{SiH}_4$  量的减少效率有所下降;  $\text{SiH}_4$  量继续减少, 大约在 12.5:1 时效率有所提升, 但效果不是很好。其原因为在  $\text{NH}_3/\text{SiH}_4$  比率为 11.5:1 时, 用光电子能谱仪测得的 Si/N 趋于 0.75, 即所生成的氮化硅基本为  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , 正好达到化合物的正常配比。如果变动  $\text{NH}_3/\text{SiH}_4$  的比例, 则会趋向于富硅或富氮, 都会导致折射率增大, 从而减少光的吸收。

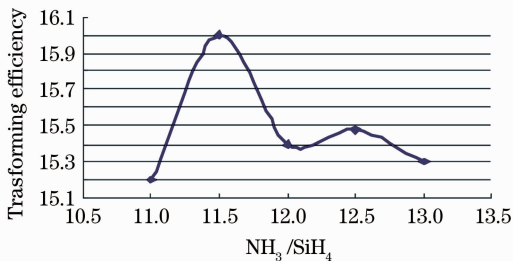


图 2 不同  $\text{NH}_3/\text{SiH}_4$  气体流量比的电池转换效率

Fig. 2 Effect of  $\text{NH}_3/\text{SiH}_4$  on the transforming efficiency of solar cell

在 12.5:1 时出现回升的原因为, 随着薄膜厚度的增加, 由四分之一波长减反射膜的原理, 从薄膜下表面返回到薄膜上表面的反射光与从上表面的反射光相位相差  $180^\circ$ , 所以两者在一定程度上抵消。这样就减少了光的反射能量损失, 使更多的能量进入到硅片的 PN 结中。

#### 3.2 不同 $\text{NH}_3/\text{SiH}_4$ 流量比对镀膜前后少子寿命影响

图 3 为不同  $\text{NH}_3/\text{SiH}_4$  流量比镀膜前后少子寿命的比较。从图 3 可以看出, 对背表面进行氮化硅

镀膜后, 少子寿命与单层膜相比不论是哪个气体流量比都有了很大的提高。少子寿命在 11.5:1 的两边有一个下降的趋势, 这是因为在氮化硅沉积的时候, 氢原子对其表面悬挂键饱和度不够。用傅里叶红外光谱仪 (FTIR) 测试结果证明氢含量很少, 对表面态氢钝化效果不是很好。

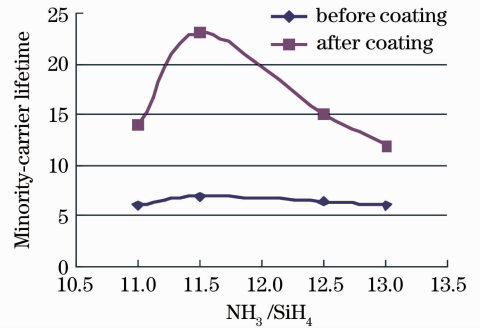


图 3 不同  $\text{NH}_3/\text{SiH}_4$  流量比对少子寿命的影响

Fig. 3 Effect of  $\text{NH}_3/\text{SiH}_4$  on the minority-carrier lifetime

#### 3.3 不同 $\text{NH}_3/\text{SiH}_4$ 流量比对折射率的影响

图 4 为不同气体流量比所对应的氮化硅的折射率。由图 4 可以看出, 气体流量比在 11.5:1 时为 2.02。由于太阳光在波长  $\lambda$  为 630 nm 处能量最强, 所以减反射膜参数应该为 630 nm 的光线反射最小。根据公式  $n_1^2 = n_0 n_2$  ( $n_0 = 1$  为空气折射率,  $n_2 = 3.85$  为本征硅折射率), 解得氮化硅薄膜折射率  $n_1 = 1.92$ 。该计算值十分接近实验值。所以, 为了保证光线反射最小,  $\text{SiH}_4/\text{NH}_3$  的比值取 11.5:1 最好。

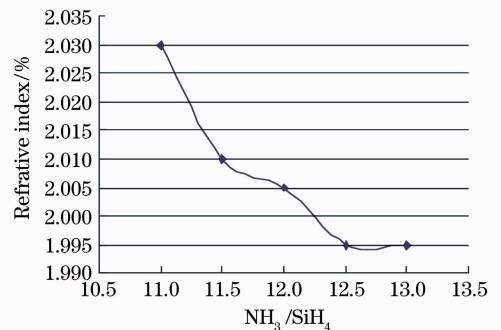


图 4 不同  $\text{NH}_3/\text{SiH}_4$  气体流量比的  $\text{Si}_3\text{N}_4$  的折射率

Fig. 4 Refractive index of  $\text{NH}_3/\text{SiH}_4$  on the thickness of  $\text{Si}_3\text{N}_4$  film

## 4 结 论

实验表明, 沉积氮化硅减反射薄膜的最优参数为, 气体总量为  $6450 \text{ cm}^3/\text{min}$ ;  $\text{SiH}_4/\text{NH}_3$  气体流量比为 11.5:1; 温度为  $430^\circ\text{C}$ 。此时, 转换效率达到 16%, 少子寿命达  $23 \mu\text{s}$ 。

## 参 考 文 献

- 1 Guan Saomao, Wang Xun. Technology of Surface Passivation on Semiconduct and Its Application[M]. Beijing: National Defence Industry Press, 1981. 23~40  
管绍茂,王 迅. 半导体表面钝化技术及其应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 1981. 23~40
- 2 Schmidt J, Kerr M. Highest-quality surface passivation of low-resistivity p-type silicon using stoichiometric PECVD silicon nitride[J]. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2001, **65**: 585~588
- 3 Que Ruiling. Silicon Materials Science and Technology [M]. Hangzhou: Zhejiang University Press, 2000. 45~88  
阙端麟. 硅材料科学与技术[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2000. 45~88
- 4 Yang Hong, Wang He, Chen Guangde *et al.*. Passivation of SiN of polycrystal solar cell[J]. *Semiconductor Information*, 2001, (6): 39~41  
杨 宏,王 鹤,陈光德 等. 多晶硅太阳能电池的氮化硅钝化[J]. 半导体情报, 2001, (6): 39~41
- 5 Yelundur V, Rohatgi A, Jeong J W *et al.*. PECVD SiNx induced hydrogen passivation in string ribbon silicon [C]. 28th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, 2000. 91~96