

太阳能电池用 α -SiC_x:H 薄膜热处理性能研究

蒋 敏¹, 问明亮², 席珍强²

(1. 杭州士兰集成电路有限公司, 杭州 310018; 2. 浙江理工大学材料工程中心, 杭州 310018)

摘 要: 对不同温度下 PECVD 沉积的 α -SiC_x:H 薄膜进行 750℃、30 s 的快速热处理性能研究,并利用紫外-可见-近红外分光光谱仪、光学膜厚测试仪和微波光电子衰减仪对样品反射率、折射率和少子寿命进行表征。结果表明,快速热处理会使 α -SiC_x:H 薄膜折射率升高,但对薄膜反射率的影响不大。较低温度(<300℃)沉积的薄膜在快速热处理之后钝化效果提升,较高温度(≥300℃)沉积的薄膜在快速热处理之后钝化效果有所下降。

关键词: α -SiC_x:H 薄膜; 快速热处理; 光学性能; 钝化性能

中图分类号: TM914. 41 **文献标识码:** A

0 引 言

PECVD 沉积的碳化硅薄膜作为一种新型的减反射钝化薄膜具有诸多优良的性质^[1-4]。目前对太阳能电池用碳化硅薄膜的研究主要集中在薄膜的沉积条件对其各种性质的影响^[5-6]。在太阳能电池制备工艺流程中存在多个高温处理过程,这些热处理过程会对薄膜的钝化效果、光学性能以及结构产生什么样的影响,目前国内外少有文献报道。因此研究热处理对碳化硅薄膜的性质的影响具有重要意义。

温度是影响 PECVD 沉积薄膜的一个重要参数,衬底温度过低或过高都不利于薄膜沉积。一般情况下,对碳化硅薄膜来说,低温沉积能够使其制备后保持良好的性能,并且可以降低工业生产能耗,进而降低成本。

本文采用 PECVD 法,以单晶及多晶硅片为衬底、纯 SiH₄ 和纯 CH₄ 为气源,在不同衬底温度下制备了 α -SiC_x:H 薄膜,并在 750℃对样品进行了 30 s 快速热处理,研究薄膜光学性能和钝化性能的变化规律。

1 实 验

1.1 实验方法

衬底材料为 P 型(100)单晶抛光硅片和 P 型多晶硅片,硅片尺寸为 1.5 cm×1.5 cm。采用中国科学院

微电子研究所 HQ-2 型 PECVD 在衬底材料上沉积 α -SiC_x:H 薄膜,参数如表 1 所示。沉积薄膜后的样品在氮气气氛保护下进行 750℃、30 s 的快速热处理。

表 1 薄膜沉积参数

衬底温度/℃	硅烷流量/(cm ³ /min)	甲烷流量/(cm ³ /min)	射频功率/W	沉积时间/min
200	10	20	50	10
250	10	20	50	10
300	10	20	50	10
350	10	20	50	10
400	10	20	50	10
450	10	20	50	10

1.2 测试设备

采用岛津 UV-3150 型紫外-可见-近红外分光光谱仪测试薄膜反射率。本实验中选取波长范围为 250~1 200 nm,采样间隔 2 nm。

采用 F20-Filmetrics 光学膜厚测试仪测试薄膜折射率。

采用匈牙利 Semilab 公司生产的 WT-85 型微波光电子衰减仪(μ -PCD)测试样品少子寿命。

2 结果与讨论

2.1 快速热处理对不同温度下沉积的薄膜光学性能的影响

研究 750℃、30 s 快速热处理对薄膜折射率的

收稿日期: 2011-05-23

作者简介: 蒋 敏(1976-),男,浙江象山人,工程师,大学本科,主要从事薄膜外延生长的研究。

影响,其结果如图 1 示。图 1 可以看出,在沉积过程中(热处理前),随着衬底温度的升高,薄膜的折射率逐渐上升,200℃时沉积的薄膜折射率为 2.3,当温度升高到 400℃时,沉积的薄膜折射率增加到 2.46。这是由于随着衬底温度的增加,更多的 SiH₄ 和 CH₄ 被电离成等离子,并且温度增高致使离子活性增加,更多的离子参加反应,使薄膜更加致密,导致折射率的上升;在快速热处理之后,各温度下沉积的薄膜折射率均有大幅度提高,这是由于高温下的热处理使得薄膜中的 H 逸出,促进 Si-C 键的生成,薄膜进一步致密化,导致折射率的增高。

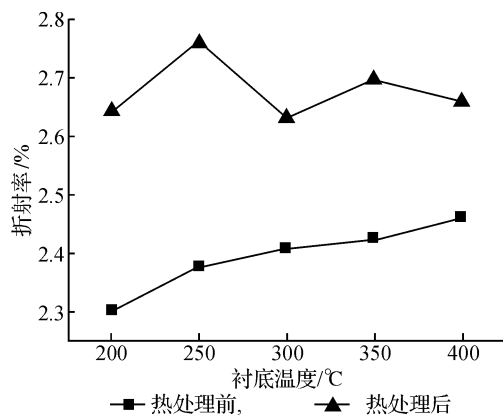


图 1 不同衬底温度沉积的薄膜热处理后折射率的变化

750℃、30 s 的快速热处理对不同温度下沉积的 α -SiC_x:H 薄膜反射率的影响如图 2 所示。从图 2 (a)可以看出,热处理之前随着沉积温度的变化,薄膜的反射率也出现变化。这与沉积的薄膜的致密度有关,不同沉积温度使得薄膜的致密度不一样,折射率也随之变化,从而导致薄膜反射率各异,但均有良好的减反射效果,最低使反射率降低到了 10% 以下。

在经过 750℃、30 s 的快速热处理后,薄膜的反射率如图 2(b)所示。快速热处理使得各温度下沉积的薄膜的反射率在 500 nm 以下波段出现少许波动,在 500~900 nm 波段基本不变,薄膜的减反射效果比较稳定。这是由于热处理后薄膜折射率升高,但厚度减小,两者相乘得到的光学厚度值基本不变导致的。

2.2 快速热处理对不同温度下沉积的薄膜之钝化性能的影响

不同温度下沉积的 α -SiC_x:H 薄膜快速热处理前后的少子寿命变化如图 3 所示。从图 3 可以看出,沉积 α -SiC_x:H 薄膜后,衬底的少子寿命都有所提高,并且随着沉积温度的升高呈现出先升后降的趋势。对于单晶硅样品,如图 3(a)在 350℃沉积薄膜的样品少子寿命达到了峰值,11.766 μ s;在 400℃沉积的薄膜钝化效果有所下降,衬底少子寿命为

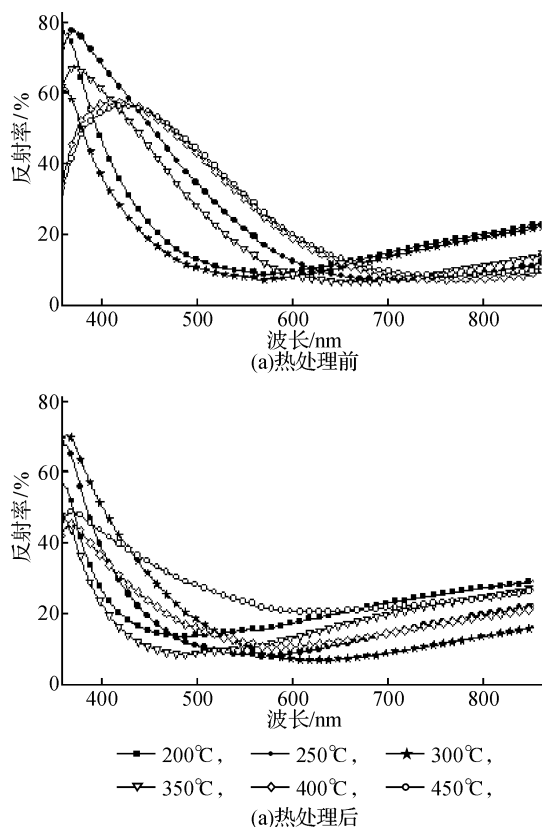


图 2 不同沉积温度沉积的薄膜热处理前后的反射率

10.46 μ s。分析认为,随着衬底温度的增加,沉积气体分解的产物增加,大量的固定电荷聚集到衬底表面,加强了表面钝化作用;同时,表面界面态密度降低,导致电子/空穴表面复合速率降低,表面钝化作用再次增强;温度的增加也使得 H 向衬底的扩散作用增强^[7],加强了体钝化作用,因此少子寿命提高。但当温度过高时,薄膜中的 Si-C 结合态增加,薄膜结构过于致密,不利于 H 的扩散,导致体钝化作用减弱,少子寿命增加幅度降低。

经过快速热处理之后,在较低温度下沉积的 α -SiC_x:H 薄膜其钝化效果有所增强,如图 3(a)所示,200℃沉积薄膜的样品在快速热处理之后,少子寿命从 8.47 μ s 上升到了 10.3 μ s,250℃沉积薄膜的样品少子寿命从 10 μ s 左右上升到了 13.356 μ s;300℃沉积薄膜的样品少子寿命则有所下降,从 11 μ s 降到了 10.09 μ s;350℃和 400℃沉积薄膜的样品少子寿命下降显著。这是由于低温沉积的薄膜 H 含量较高,而且没有充分扩散到硅片中,在热处理后,H 原子再继续扩散到硅片体内,增加钝化效果。对于较高温度下沉积的 α -SiC_x:H 薄膜,在热处理过程之后,其钝化效果有所下降。这是因为在较高温度下沉积的薄膜,H 原子已经基本起到钝化作用,在热处理之后致使 Si-H、C-H 键断裂,破坏了

其结构,H原子逸出,降低薄膜钝化性能。多晶硅样品少子寿命趋势与单晶硅基本一样,如图 3(b)所示。

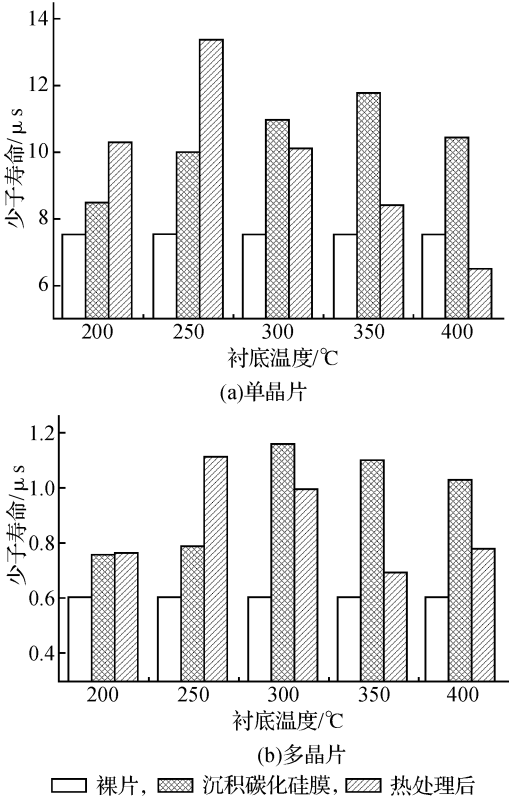


图 3 不同温度沉积的薄膜少子寿命变化

3 结 论

- a)随沉积温度的升高, α -SiC_x:H 薄膜折射率呈增加趋势。快速热处理会使 α -SiC_x:H 薄膜的膜厚降低,折射率升高,但薄膜光学厚度基本不变,对薄膜反射率的影响不大。
- b)随沉积温度的升高, α -SiC_x:H 薄膜的钝化

效果呈现出先增后降的趋势。较低温度沉积 ($<300^{\circ}C$) 的薄膜在快速热处理之后钝化效果增强,较高温度沉积 ($\geq 300^{\circ}C$) 的薄膜在快速热处理之后钝化效果有所下降。

参考文献:

[1] Ferre R, Martín I, Ortega P, et al. N-type emitter surface passivation in c-Si solar cells by means of antireflective amorphous silicon carbide layers[J]. Journal of Applied Phycology, 2006, 100(7): 73703-737109.

[2] Martín I, Vetter M, Orpella A, et al. Characterization and application of α -SiC_x: H films for the passivation of the c-Si surface[J]. Thin Solid Film, 2002, 403-404: 476-479.

[3] Hossain M, Perez J R S, Rivera J M R, et al. Novel process for low temperature crystallization of α -SiC: H for optoelectronic applications[J]. Journal of Materials Science, 2009, 20(1): 412-415.

[4] Oliveira A R, Carreno M N P. N and p-type doping of PECVD α -SiC: H obtained under “silane starving plasma” condition with and without hydrogen dilution[J]. Materials Science and Engineering B, 2006, 128(2): 44-49.

[5] Hussam E A, Elgamel. High efficiency polycrystalline silicon solar cells using low temperature PECVD process [J]. IEEE Transactions on Electron Devices, 1998, 45(10): 2131-2137.

[6] 张翼英, 杜丕一, 韩高荣, 等. PECVD 法制备 α -Si_{1-x}C_x:H 薄膜的结构及光学性能研究[J]. 真空科学与技术学报, 2005, 25(3): 192-195.

[7] Chen Z, Rohatgi A, Bell R O, et al. Defect passivation in multicrystalline-Si materials by plasma-enhanced chemical vapor deposition of SiO₂/SiN coatings[J]. Applied Physics Letters, 1994, 65(16): 2078-2080.

Thermal Properties of α -SiC_x:H Thin Films for Solar Cells

JIANG Min¹, WEN Ming-liang², XI Zhen-qiang²

(1. Hangzhou Silan Integrated Circuit Co., Ltd, Hangzhou 310018, China;

2. Material Engineering Center, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: The α -SiC_x:H thin films prepared at different deposition temperature are annealed by rapid thermal processing (RTP) in this paper. The influence on reflectivity, refractive index and the minority carrier lifetime of samples is studied. The preliminary results show that the refractive index of the thin films increases after RTP, but the reflectivity has rare changes. Low temperature annealing ($<300^{\circ}C$) can improve the passivation effect obviously, but high temperature weakens ($\geq 300^{\circ}C$) the passivation effect.

Key words: α -SiC_x:H thin films; RTP; optical properties; passivation

(责任编辑: 张祖尧)