

Research on the Preparation and Conversion Efficiency of Solar Cell Window Layer

Xiaocong Yang¹, Xiuxia Zhang^{1,2}, Xiuli Lou¹, Junxia Wen¹, Daojie Jiang¹

¹School of Electronics and Information Engineering, Beifang University of Nationalities, Yinchuan

²School of Instrument Science and Optoelectronics Engineering, Hefei University of Technology, Hefei

Email: 403061006@qq.com

Received: Apr. 4th, 2014; revised: Apr. 16th, 2014; accepted: Apr. 23rd, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Nano-diamond slurry was got by mixing with nano-diamond powder, ethyl cellulose and solvent in a certain quality. Then the mixed solvent was dropped on ultra-white glass which fixed on sol-gel glue rejection machine. The machine was set 3000 r/min to get film. At last, nano-diamond film was got by sintering. Sintered glass was treated as the window layer of solar battery, and then the conversion efficiency and the impact factor were tested through the I-V characteristics system. The different solar cells were contrasted and analyzed. So nano-diamond film's self-cleaning function can be got. What's more, it can improve the conversion efficiency of the solar cell.

Keywords

Nano-Diamond, Transparent Film, Solar Cell, Conversion Efficiency

太阳能电池窗口层的制备及其转换效率的研究

杨小聪¹, 张秀霞^{1,2}, 娄秀丽¹, 温俊霞¹, 江道节¹

¹北方民族大学电信学院, 银川

²合肥工业大学仪器科学与光电工程学院, 合肥

Email: 403061006@qq.com

收稿日期：2014年4月4日；修回日期：2014年4月16日；录用日期：2014年4月23日

摘要

将纳米金刚石粉末、乙基纤维素按一定的质量比混合后加入溶剂制成纳米金刚石浆料。用玻璃棒将溶胶滴在固定在溶胶凝胶甩胶机的超白玻璃上，溶胶凝胶甩胶机3000转/分甩胶成膜，再经过热烧结后得到透明的纳米金刚石薄膜。将烧结好的薄膜玻璃作为太阳能电池的窗口层，通过I-V特性测试系统测试其转换效率、影响因子等。并与未镀膜洁净的、未镀膜户外放置一段时间、镀膜户外放置一段时间的太阳能电池的各项数据进行对比分析。最后得出在太阳能电池表面制备纳米金刚石透明薄膜有自清洁功能，可以提高太阳能电池转换效率。

关键词

纳米金刚石，透明薄膜，太阳能电池，转换效率

1. 引言

随着太阳能电池的研究与广泛应用，如何提高太阳能电池的转换效率是各国研究人员关注的热点。目前使用最多的三种太阳能电池是单晶硅、多晶硅和非晶硅太阳能电池。在实验室条件下，这三种太阳能电池最高转化效率分别是 24.7%、18%和 15%左右，而在实际使用中它们的转化效率则分别是 14.3%、10%和 8%左右，远远低于实验室的理论转化率。主要是由于户外的太阳能电池板在使用一段时间后其表面积聚的灰尘和污垢影响太阳电池的进光量，并且太阳能电池板表面的灰尘不易自清除，管理成本高，而且表面清洗造成器件的性能和使用寿命降低[1]-[7]。目前，在硅片的光电转换效率已经逐步接近理论极限值(30%)的情况下，从太阳能电池的制备工艺上提高效率不仅成本巨大，而且效率的提高空间不大，而对太阳能电池板表面进行自清洁和减反射技术处理成本低，效率的提高空间大。因此，如何保证户外太阳能电池板清洁，减小太阳能电池表面的光学损失成为本领域研究人员所关注的重要问题。

近年来，各国政府就纳米级材料在太阳能电池窗口表面的自清洁方面投入了大量的人力物力。由于纳米级材料具有和极大的表面活性，具备许多传统材料没有的优越性。纳米金刚石除了具有纳米材料所具有的超细化、颗粒小、比表面积大等特性之外，还具有自清洁性、化学性能稳定，耐高温和防腐性能。另外纳米金刚石本身还具有很好的透光性能，除一部分 2.2 μm 到 6.5 μm 的红外波段外，能透过从 0.22 μm 到 25 μm 的波段也就是紫外波段直至亚毫米波段远红外的大部分区域。所以成为当代高科技应用研究的热点之一。而纳米金刚石更是具有优良的透光性能、化学稳定性高、工作温度范围大、耐腐蚀等优点，因此本文提出一种在太阳能电池窗口制备纳米金刚石薄膜的方法[8]-[10]。

2. 实验

在制备纳米金刚石薄膜之前，首先要把玻璃衬底清洗干净，防止玻璃上沾染杂物影响制备薄膜和最后的测试结果。过程：先用洗涤剂多次清洗，然后再用无水乙醇(浓度大于 99%)和去离子水分别清洗干净，最后吹干放入干燥洁净的环境中待用。

纳米金刚石浆料的制备：称量并研磨纳米金刚石(粒径为 100 nm)使其团聚体散开，然后将纳米金刚石、乙基纤维素按一定的质量比混合作为溶质，纳米金刚石、乙基纤维素和松油醇的质量比为 1:3:24。再将溶剂按一定重量比加入后超声分散 2~3 小时加热搅拌后，再用 450 目的筛过筛，将配制的纳米金刚

石浆料自然冷却至室温。

纳米金刚石薄膜的制备：将玻璃衬底固定在溶胶凝胶甩胶机上后，用玻璃棒将纳米金刚石浆料滴在玻璃上，转速设定为 3000 转/分钟、时间为 10 秒，启动溶胶凝胶甩胶机甩胶，甩胶后获得透明的纳米金刚石薄膜。其原理是利用离心力使滴在玻璃片上的浆料均匀涂抹，薄膜厚度与不同胶液和基片间的粘滞系数有关，也与旋转速度及时间有关。因此要在玻璃基片上获得整个表面均匀的薄膜，转速的设定是很重要的，要共同考虑溶胶在玻璃表面的流动性和玻璃尺寸的大小。如果转速不高，获得的膜层厚度不均匀；如转速过高，一次成膜的厚度会薄，需多次反复成膜。

热烧结处理：对纳米金刚石薄膜进行热烧结是一个重要的过程。热烧结处理主要有两个目的：一是通过浆料本身的表面张力作用使表面更加均匀平整，并且使纳米金刚石薄膜干燥并牢固地粘附在衬底上；二是使薄膜表面所含制浆材料充分分解蒸发掉，使纳米金刚石露出薄膜表面，有利于太阳光子进入太阳能电池板，提高光子的利用率。如果制浆材料(乙基纤维素)不能很好的去除会影响纳米金刚石薄膜的透光率和自清洁能力。烧结曲线主要包括 2 个升温阶段、2 个恒温阶段和一个降温阶段。首先加热到 340 K 保持 25 分钟，然后又加热到 400 K 保持 100 分钟，再然后加热到 600 K 保持 60 分钟，最后自然冷却至室温。烧结得到能够牢固粘附在玻璃上且表面均匀的薄膜。其热烧结曲线如图 1 所示。

测试阶段：本实验主要是对纳米金刚石薄膜作为太阳能电池窗口层转换效率的对比测试，进而得出纳米金刚石薄膜作为增透膜的可行性。主要测试的是太阳能电池的转换效率等。太阳能电池的转换效率 η 的通常定义是：太阳能电池的最大输出功率 ($V_m \cdot I_m$) 与在标准光照条件下入射到太阳能电池的光总功率之比 (P_{in} 是入射光的能量密度， S 为太阳能电池的面积)即：

$$\eta = \frac{V_m \cdot I_m}{S \cdot P_{in}} \times 100\% \quad (1)$$

标准光照条件即： $P_{in} = 1000 \text{ W/m}^2$ ，太阳能电池的温度 $T = 25^\circ\text{C}$ ，大气质量 $AM = 1.5$ 。

实验中选用的是单节单晶硅太阳能电池片，面积为 2.8 cm^2 。采用 7-IV50S 太阳能电池 IV 测试仪(北京赛凡光电仪器有限公司)来测试太阳能电池的转换效率，其测试仪如图 2 所示。主要是对封装有洁净玻璃的、表面镀有纳米金刚石薄膜的，以及将其放入户外一段时间有灰尘的电池片进行比较。

3. 结果与讨论

首先对封装有洁净玻璃的太阳能电池片和表面镀有纳米金刚石薄膜的太阳能电池片进行 IV 测试，得

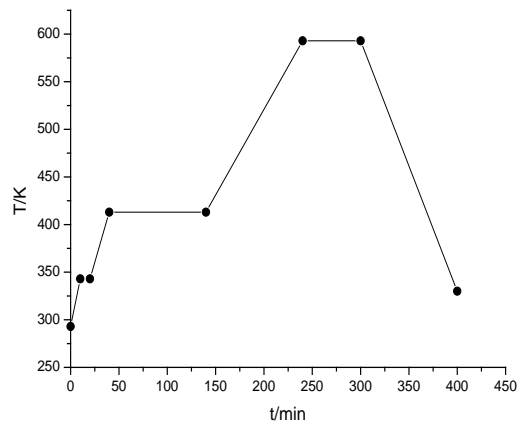


Figure 1. Thermal sintering curve of nano-diamond films

图 1. 纳米金刚石薄膜的热烧结曲线

到其转换效率分别为 8.467% 和 7.406%。实际对比图如图 3 所示，曲线图如图 4 所示。从图片以及测试结果我们可以看出，表面镀有纳米金刚石薄膜的太阳能电池转换效率有所下降，大约降低 1%。

然后将他们都放入户外大约一个月的时间，可以明显看出封装有洁净玻璃的太阳能电池片的表面已经覆盖有较厚的一层灰尘，而且粘结的比较牢固，镀有纳米金刚石薄膜的太阳能电池片表面则较干净，进而又对其进行 IV 特性测试。曲线图如图 5 所示，从测试结果可以看出，表面被大量灰尘覆盖的太阳能电池片的转换效率已经大大降低，甚至降低到 2% 左右。而镀有纳米金刚石薄膜的转换效率则变化不大，仍然保持在 7% 左右。说明在太阳能电池表面镀有纳米金刚石薄膜虽然开始对转换效率稍微有些下降，但是从长期使用来看在太阳能电池表面镀有纳米金刚石薄膜是有利的。而未镀膜的太阳能电池片在户外一段时间后就被大量灰尘覆盖且不容易清除，转换效率大大降低。

4. 结论

本文利用溶胶凝胶法在太阳能电池窗口制备纳米金刚石薄膜，并通过 IV 测试系统进行转换效率等的测试，最终得出，纳米金刚石薄膜作为太阳能电池窗口层材料具有一定的研究意义。纳米金刚石不仅具



Figure 2. IV characteristics tester of Solar cell
图 2. 太阳能电池 IV 特性测试仪

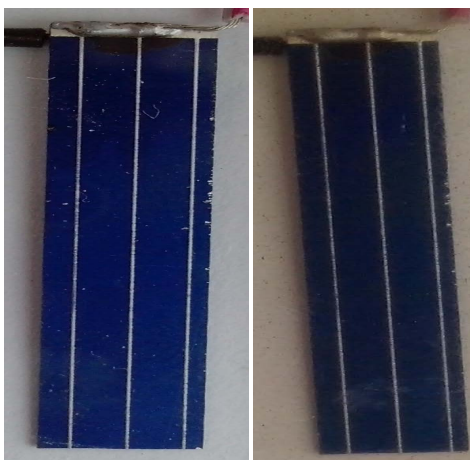


Figure 3. solar cells actual comparison pictures of clean (left) and nano-diamond film (right)
图 3. 洁净(左)和纳米金刚石薄膜(右)太阳能电池片实际对比图

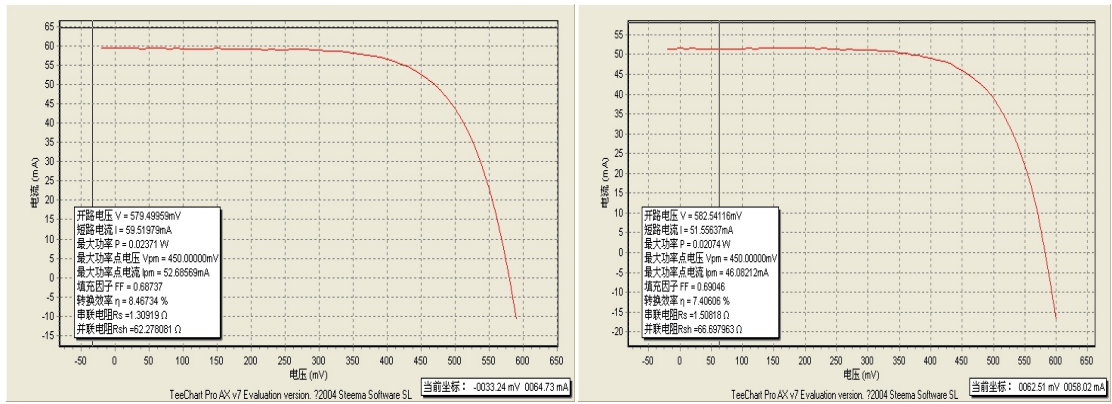


Figure 4. Solar cell IV curve of clean (left) and with nano-diamond films (right)
图 4. 洁净(左)和纳米金刚石薄膜(右)太阳能电池 IV 特性曲线

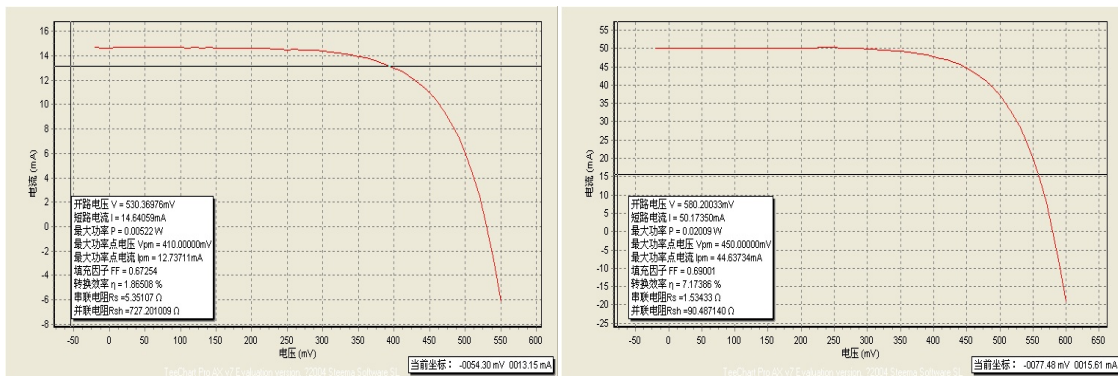


Figure 5. Solar cell IV curve of outdoors some time uncoated (left) and coating (right)
图 5. 户外一段时间未镀膜(左)和镀膜(右)太阳能电池 IV 特性曲线

有纳米材料超细化和极大的表面活性的特点，还具有自清洁性、透光性、抗腐蚀性等优点，这也是太阳能电池窗口层材料所希望具有的。该实验结果为工业化生产提供了理论依据和基础，对提高太阳能电池转换效率具有实际的应用前景。

参考文献 (References)

- [1] 赵争鸣, 刘建政, 孙晓英等 (2005) 太阳能光伏发电及其应用. 科学出版社, 北京.
- [2] 苏红兵, 陈庭金, 施兆顺 (2003) 电化学沉积生长 GaAs 薄膜的工艺研究. *电子元件与材料*, **4**, 28-29.
- [3] 庾莉萍 (2009) 提高太阳能电池效率的主要措施. *电源技术应用*, **11**, 68-69.
- [4] 徐伟民, 何湘鄂, 赵红兵等 (2011) 太阳能电池的原理及种类. *发电设备*, **2**, 137-140.
- [5] Verma, L.K., Sakhuja, M., Son, J., Danner, A.J., Yang, H., Zeng, H.C. and Bhatia, C.S. (2011) Self-cleaning and anti-reflective packaging glass for solar modules. *Renewable Energy*, **36**, 2489-2493.
- [6] 王晓栋, 沈军, 谢志勇等 (2009) 太阳能玻璃表面高强度双层减反膜制备研究. *光子学报*, **10**, 2501-2505.
- [7] 张波 (2007) 太阳能玻璃自洁涂层. *太阳能*, **4**, 40-41.
- [8] 刘芳 (2011) 纳米材料的结构和性质. *光谱实验室*, **2**, 735-738.
- [9] 张英超, 朱敦智 (2012) 纳米自清洁太阳能玻璃的研究进展. *太阳能*, **17**, 40-43.
- [10] Prado, R., Beobide, G., Marcaide, A., Goikoetxea, J. and Aranzabe, A. (2010) Development of multifunctional sol-gel coatings: Anti-reflection coatings with enhanced self-cleaning capacity. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, **94**, 1081-1088.