

硅片厚度对多晶硅太阳能电池性能的影响

王涛*, 王正志

(国防科技大学自动化学院, 湖南省 长沙市 410073)

摘要: 为了进一步降低多晶硅太阳能电池的成本, 研究了硅片厚度对多晶硅太阳能电池的短路电流密度、开路电压和效率的影响。可以看出, 在保证多晶硅太阳能电池性能不变或者提高的前提下, 硅片厚度可以减小到 $200\ \mu\text{m}$, 如果继续减小厚度, 电池的性能将会下降。
关键词: 硅片厚度 短路电流密度 开路电压 效率

Influence of Wafer Thickness on the Performance of Multicrystalline Silicon Solar Cells

WANG Tao, WANG Zheng-zhi

(Automation College, National University of Defence Technology, Changsha,
410073, China)

Abstract: In order to further diminish the cost of multicrystalline silicon solar cells, this paper investigated the influence of wafer thickness on short circuit current density, open circuit voltage and efficiency of multicrystalline silicon solar cells. In the precondition of assuring the fixedness or improvement in performance of multicrystalline silicon solar cells, the wafer thickness can be reduced to $200\ \mu\text{m}$, if the thickness is further diminished, the performance would decline.

Keywords: wafer thickness; short circuit current density; open circuit voltage; efficiency

1. 引言

提高太阳能电池的光电转换效率和降低成本是太阳能电池研究的主要方向, 薄膜太阳能电池能够大幅度降低材料的用量, 是降低太阳能电池成本最有效的手段^[1]。多晶硅 (mc-Si) 太阳能电池在 2005 年的世界太阳能电池市场中占的份额是 58%^[2]。所以, 在保证太阳能电池性能不变甚至提高的前提下, 减少 mc-Si 太阳能电池硅片厚度对降低光伏能源的成本具有重要意义。

2. 硅片厚度对短路电流密度 J_{sc} 的影响

当使用更薄的多晶硅片时, 要面临的一个问题是表面的复合与基区的材料质量。已经有实验证实, 在使用 SiN_x 作为前表面钝化层和 Al 作为背面场 (BSF) 时, 当多晶硅片

作者简介: 王涛, (1982-), 男, 山东人, 国防科技大学自动化学院在读硕士生研究生, 研究方向: 太阳能光伏技术—硅太阳能电池研究; 王正志, (1956-), 男, 上海人, 国防科技大学教授, 博士生导师, 专长半导体物理学, 研究方向为太阳能电池。

联系方式: 通信地址: 湖南省长沙市国防科技大学自动化学院五队, 王涛。邮编: 410073; E-mail: wangtaotxt@yahoo.com.cn 手机: 13054182131

厚度大于 $200\ \mu\text{m}$, J_{sc} 与硅片厚度是相互独立的关系, 只有硅片厚度小于 $200\ \mu\text{m}$, J_{sc} 才随着厚度的减少而减少^[3]。BSF 能阻碍光生少子向背表面运动, 降低背表面复合, 有利于 p/n 结对载流子的收集。厚度低时, 基体对入射光的吸收减少, 此时 BSF 对太阳电池的短路电流密度的影响就更明显。 SiN_x 作为前表面钝化层可以降低表面复合并且提高基区材料的质量。但是, 当硅片厚度很低时, 很多低能量光子将穿过硅片而不能被吸收, J_{sc} 会出现降低的趋势。

3. 硅片厚度对开路电压 V_{oc} 的影响

在 mc-Si 太阳电池的背面使用 Al-BSF 时, 如果硅片厚度大于 $200\ \mu\text{m}$, 开路电压 V_{oc} 与硅片厚度就是独立的关系^[3]。 V_{oc} 是温度 T 、光生电流 J_L (理想情况下它等于 J_{sc}) 还有饱和电流 J_0 的函数:

$$V_{oc} = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{J_L}{J_0} + 1 \right) \quad (1)$$

一个硅太阳电池的饱和电流 J_0 取决于有效的复合速度。基区对于饱和电流的作用可以表示为^[4]:

$$J_{op} = \frac{qD_p n_i^2}{L_p N_a} * F_p \quad (2)$$

$$\text{其中, } F_p = \frac{S_p \cosh\left(\frac{W_p}{L_p}\right) + \frac{D_p}{L_p} \sinh\left(\frac{W_p}{L_p}\right)}{\frac{D_p}{L_p} \cosh\left(\frac{W_p}{L_p}\right) + S_p \sinh\left(\frac{W_p}{L_p}\right)} \quad (3)$$

如果硅片基区厚度 W_p 与基区扩散长度 L_p 有的关系为: $W_p \gg L_p$ 时, 那么

$$\cosh\left(\frac{W_p}{L_p}\right) = \sinh\left(\frac{W_p}{L_p}\right), F_p \text{ 变成常数 } 1, \text{ 硅片厚度对 } V_{oc} \text{ 的影响就被抵消了, 所以, 硅片}$$

比较厚时, V_{oc} 与硅片厚度相互独立。

4. 硅片厚度效率的影响

在硅片厚度大于 $200\ \mu\text{m}$ 时, 使用 Al-BSF 的 mc-Si 太阳电池的效率是与硅片厚度相互独立的^[3]。对于厚度小于 $200\ \mu\text{m}$ 的硅片, 高基区质量的太阳电池效率会随着厚度的减小而减少, 对于低基区质量的太阳电池, 效率仍然是常数^[3]。

5. 结论

在标准的工业处理步骤下^[3], $200\ \mu\text{m}$ 的硅片厚度是 mc-Si 太阳电池性能减少的起始点。当多晶硅片厚度小于 $200\ \mu\text{m}$ 时, mc-Si 太阳电池的主要电学参数开始减少。在降低硅片厚度以减少光伏成本时, 要使用有效的表面钝化方法来减少表面复合与提高基区质量。

参考文献

- [1] 廖华, 林理彬, 刘祖明 等. 多晶硅薄膜太阳电池厚度和晶粒尺寸对其性能的影响 [J]. 太阳能学报. Vol. 24, No. 2, 264
- [2] Photovoltaic Technology Research Advisory Council (PV-TRAC) of European Commission. A vision for photovoltaic technology [C]. 2005, 22