

PERL硅太阳电池的性能及结构特点

史 济 群

(华中理工大学固体电子学系, 武汉430074)

文摘: 报道了PERL硅太阳电池的研制结果, 在AM1.5、25℃条件下, 电池效率 $\eta = 23.76\%$ 。阐述其结构设计上的主要特点, 并分析了高性能的机理。

关键词: 钝化发射极, 背面定域扩散, 硅太阳电池, 光电转换效率, 全钝化, 淡磷浓磷分区扩散, 倒金字塔

0 引言

PERL电池是钝化发射极、背面定域扩散硅太阳电池的简称。这是迄今世界上报道过的效率最高的硅太阳电池, 其效率达到23--24%(AM1.5, 25℃)^[1]。

1990年4月底, 作者受邀赴澳大利亚Green M A教授领导的光伏器件与系统研究中心, 对PERL电池进行研究。在AM1.5、25℃条件下, 依据美国Sandia国家实验室提供的二极标准参考电池, 在该中心测得面积为4cm²、编号S123R的PERL电池的输出参数为: 开路电压 $V_{oc} = 696.3\text{mV}$, 短路电流密度 $J_{sc} = 42.4\text{mAcm}^{-2}$, 填充因子 $F.F. = 0.8052$, 光电转换效率 $\eta = 23.76\%$ 。

本文以PERL电池的结构为出发点, 分析其结构设计上的主要特点及其带来高性能参数之机理。

1 电池结构

PERL电池的结构如图1所示。

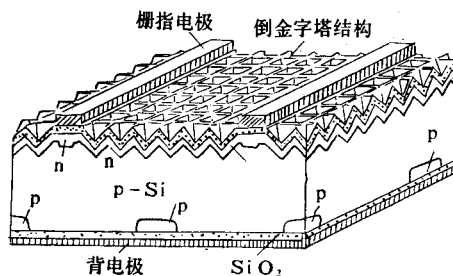


图1 PERL电池结构示意图

该电池衬底材料选用低电阻率、p型、掺硼、(100)晶向、区熔法控制、直径5.08cm(2

本文1993-9-6收到

英寸)、厚度 $280\mu\text{m}$ 、双面抛光的单晶硅片。

2 结构设计上的主要特点及高性能的机理分析

作为目前世界上效率最高的硅太阳能电池, PERL电池的结构设计有以下几个主要特点:

2.1 全钝化结构

在图1上可见,除正面极窄的栅指电极条接触以及面积甚小的背电极接触孔以外,PERL电池的双面都覆盖着热生长二氧化硅层。这是全钝化结构。二氧化硅的钝化作用,早在研究钝化发射极太阳能电池(简称PESC电池)时,已获解释⁽²⁾。该实验证明,发射极表面的钝化,减小了反向饱和电流密度 J_0 中的发射极分量 J_{0c} ,本质上,也就是降低了前表面少子复合率。由于 V_{oc} 与 J_0 的关系为:

$$V_{oc} = \frac{nkT}{q} \ln\left(\frac{J_{sc}}{J_0} + 1\right) \quad (1)$$

因此,钝化的结果,提高了 V_{oc} 值(达 652mV ⁽³⁾),也提高了与前表面复合有关的短波响应,使PESC电池效率达 19.1% ⁽³⁾。

显而易见,全钝化PERL电池比半钝化PESC电池多了背面钝化,因而前者 J_0 的基极分量 J_{0b} 随背面钝化而下降。本研究结果表明, V_{oc} 值随之提高到 696mV ,也提高了与背表面复合有关的长波响应,使PERL电池效率达 $23\sim 24\%$ 。

图2比较了PESC与PERL两种电池的典型的内量子效率实验曲线^(4,5),直观地反映出全钝化PERL电池的长波响应优于半钝化PESC电池,直至 $1\mu\text{m}$ 波长之后曲线才开始下落。而PESC电池有较高的背表面复合率,使其曲线从 $0.7\sim 0.8\mu\text{m}$ 就开始降落。

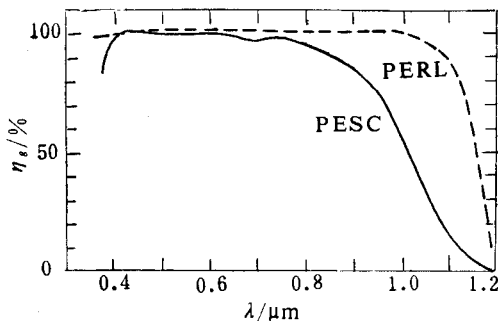


图2 PERL电池与PESC电池的内量子效率 η_i —光波长 λ 的实验曲线

下面,进行浓磷扩散,以满足栅指接触电阻小的要求;而在栅指间大面积的受光区表面,进行淡磷扩散(只要调整得适当),能满足横向电阻功耗小及短波响应好的要求。PERL电池达到 $23\sim 24\%$ 高效率,说明了这个问题;图2中PERL电池的曲线向更短波长方向延伸,优于PESC电池,也说明这是一种较好的结构设计。

2.3 背面进行定域、小面积的硼扩散

这种结构设计,减小了背电极的接触电阻,又增添了硼背表面场。此外,铝背电极与背面钝化用的 SiO_2 层一起,又组成了一个很好的背反射器。这些都有利于提高电池的 J_{sc} 、

2.2 淡磷、浓磷分区扩散

以往往往采用“紫电池”方案,即进行一次性的浅结磷扩散,来减小发射区表面浅层内“死层”的厚度,以降低发射区内少子复合,提高电池的 V_{oc} 及短波响应。可是,希望电池性能的进一步提高,会受到一次性磷扩散工艺本身的限制。因为继续减薄结深、降低磷表面浓度,虽然能再提高短波响应,可是也将引起磷扩散薄层横向电阻功耗增大及栅指接触电阻增大,可能使电池效率反而下降。PERL电池的分区、两次磷扩散解除了这个限制。在金属栅指电极

V_{oc} .

2.4 电池正面采用“倒金字塔”结构

各种实验结果表明, 这种“倒金字塔”结构的受光效果, 优于绒面及微槽结构, 即它的光反射率最低。这有利于提高电池的 J_{sc} 。

参 考 文 献

- 1 Green M A. Recent Advances in Silicon Solar Cell Performance. Conference Record, 10th EC Photovoltaic Solar Energy Conference, Lisbon, April, 1991, 250—253
- 2 Blakers A W, Green M A, Oxidation Condition Dependence of Surface Passivation in High Efficiency Silicon Solar Cells. Appl. Phys. Lett., 1985, 47: 818—820
- 3 Green M A, Blakers A W, Shi Jiqun, et al. 19.1% Efficient Silicon Solar Cell. Appl. Phys. Lett., 1984, 44: 1163—1164
- 4 Green M A, et al. Characterization of High-Efficiency Silicon Solar Cells. J. Appl. Phys., 1985, 58(11): 4402—4408
- 5 Wang A, et al. 24% Efficient Silicon Solar Cells. Appl. Phys. Lett., 1990, 57(6): 602—604

PERFORMANCE AND STRUCTURE FEATURES OF PERL SILICON SOLAR CELLS

Shi Ji-qun

(Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074)

Abstract: The result of PERL silicon solar cells is reported. Its efficiency is 23.76% (AM1.5, 25°C). Main features on structure design of PERL cells are described. From analysis, the potential of performance improvement of the cells is also discussed.

Key words: passivated emitter, rear locally-diffusion, silicon solar cell, photovoltaic conversion efficiency, entire passivation, separate light and heavy phosphorus diffusion, inverted pyramids