

# 不同背板晶硅光伏组件在湿热环境下的性能研究\*

曾湘安, 冯江涛, 揭敢新, 冯皓, 陈心欣, 李慧

(中国电器科学研究院有限公司//工业产品环境适应性国家重点实验室, 广东 广州 510300)

**摘要:** 选取 CPE、KPE、TPT、AAA 四种不同背板制备的多晶硅光伏组件, 将其直接固定电阻负载投试到海南琼海湿热气候环境试验场, 研究四种不同背板晶硅组件在真实环境应用的性能变化规律。利用热电偶对组件表面工作的温度进行实时监测以及利用实验室 I-V 测试仪对试验组件的 I-V 特性参数进行周期性测试, 记录这些参数随组件试验时间的变化情况。结果表明: 试验组件的温度越高, 其最大功率、填充因子衰减越大。CPE、KPE、TPT 和 AAA 四种不同背板的组件, 整体温度最高和最大功率 (Pm)、填充因子 (FF) 的衰减最大, 串联电阻的增加最多均为 CPE 背板组件, 其次是 KPE 背板组件, TPT 背板组件次之, 最小为 AAA 背板组件。

**关键词:** 光伏背板; 光伏组件; 组件表面温度; 多晶硅

**中图分类号:** TM914.4<sup>+1</sup> **文献标志码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2016) 04-0063-05

## Performance of crystalline silicon PV modules with different backsheet applied in the humid and hot climate

ZENG Xiang'an, FENG Jiangtao, JIE Ganxin, FENG Hao, CHEN Xinxin, LI Hui

(Director of International Cooperation Department of Industrial Products Environmental Adaptability State Key Laboratory // China National Electric Apparatus Research Institute (CEI), Guangzhou 510300, China)

**Abstract:** The polysilicon PV modules with CPE, KPE, TPT and AAA backsheets loaded with fixed resistance were studied for the performance of the long term exposure in the hot and humid climate test site (Qionghai, Hainan). The surface temperature of modules were recorded by the thermocouple sensors for real-time monitoring and the I-V properties of modules were tested by I-V tester after a certain time. The results showed that the maximum power and fill factor degraded remarkably with increasing temperature of PV modules. Compared with other modules, the module with CPE backsheet had the highest surface temperature, then the most severe degradation of maximum power and fill factor and the bigger increase of series resistance.

**Key words:** PV backsheet; PV modules; module surface temperature; polysilicon

光伏背板由于其具有较好的散热功能和较高的红外发射率, 能降低组件的整体工作温度而得以广泛应用<sup>[1-4]</sup>, 背板作为光伏组件的重要组成部分, 在户外应用环境下能保护电池片不受水分的侵蚀, 同时也有阻隔氧气防止电池片氧化等作用, 具有可

靠的绝缘性、阻水性、耐老化性<sup>[5-9]</sup>。

目前光伏市场中出现的背板一般均具为三层结构 (PVDF/PET/PVDF), 外层保护层 PVDF 具有良好的抗环境侵蚀能力, 中间层为 PET 聚脂薄膜具有良好的绝缘性能, 内层 PVDF 和 EVA 具有良

\* 收稿日期: 2015-12-21

基金项目: 国家科技部国际合作专项资助项目 (2014DFA61960); 广州市科学研究专项资助项目 (201504010026)

作者简介: 曾湘安 (1988 年生), 女; 研究方向: 光伏组件环境可靠耐久性; E-mail: zeng\_xiangan@126.com

好的粘接性能<sup>[3-7]</sup>。光伏背板的种类比较多,不同厂家、不同结构会有不同的命名方法,例如:TPT、TPE、KPK、KPE、AAA、PET、PPE、FPF、FPE等等不同的背板名称。其中:T为指杜邦公司的聚氟乙烯(PVF)薄膜,商品名为Tedlar;K指Arkema公司生产的PVDF专利商标名为K(Kynar);P为指PET薄膜——聚对苯二甲酸乙二醇酯薄膜(背板的骨架);E为指EVA(VA含量较低),或者聚烯烃PO;A为改性聚酰胺(简称PA,Nylon)Isovolta开发有AAA结构背板;F为指氟碳涂料:PTFE(聚四氟乙烯)涂料;PVDF(聚偏氟乙烯)涂料;FEVE氟乙烯与乙烯基醚的共聚物。当然很多涂料型背板厂家为了强调自己产品的质量好,也自称F为" T"<sup>[6-9]</sup>。

不同的光伏背板其性能有一定的差异,而背板的材质与质量对组件的使用性能和使用寿命有非常大的影响<sup>[9-10]</sup>,虽然有文献报道说背板的材质和性能基本决定了组件的使用寿命且对组件的电学性能也有很大的影响,但尚未有论文对不同材质背板组件的户外应用性能进行系统的研究分析。本文将目前市场上主流的CPE、KPE、TPT、AAA四种不同背板的多晶硅光伏组件投试在海南琼海湿热气候环境试验场,对这四种不同背板组件的户外应用性能进行系统的研究。试验中组件均直接固定电阻负载,45°固定倾斜角南向安装<sup>[11-13]</sup>,采用热电偶对这些组件的表面工作温度进行实时监测,利用实验室I-V测试系统对这些组件的I-V特性参数进行测试,记录这些参数随组件试验时间的变化情况,分析得到CPE、KPE、TPT、AAA四种不同背板晶硅光伏组件在湿热气候环境应用的性能变化规律。该试验对光伏组件选用合适的背板有一定的指导作用,也为开发更好的适应湿热环境的背板材料提供参考依据,可见该试验和结论对实际生产和理论研究,都有一定的指导作用。

## 1 实验测试

实验中,将CPE、KPE、TPT、AAA四种不同背板材料以及其他材料包括同样的电池片、相同的EVA等一起通过目前常规的组件加工工艺制备成四种多晶硅光伏组件,这四种光伏组件只有背板不同,其余均相同,组件为60片电池,额定功率240 W,组件尺寸:1 650 mm × 990 mm × 40 mm。将这些多晶硅光伏组件投试在海南琼海湿热气候环境试验场,组件采用直接固定电阻负载安装,电阻

阻值为4 Ω陶瓷芯电阻,组件安装角均为南向45°。

在实验中,采用功率500 W T型热电偶(Omega, T型)对这些组件表面各处温度进行实时监测,并用KT800中长图彩屏无纸记录仪对热电偶采集数据进行记录。每隔一段时间,将组件回样到实验室用AAA瞬态光伏组件模拟器I-V测试系统(halm,型号:cetisPV-XF2-M)进行STC状态下的I-V测试。

## 2 结果与讨论

便于分析,将测试结果分为实时监测的组件表面工作温度和实验室回样测试的STC状态下的I-V特性参数两个方面进行分析和讨论。

为了观察这些组件的实时工作情况,实验中采用热电偶对这些组件的表面工作温度进行实时监测,试验组件的表面工作温度监测点分布如图1所示,其中1、2、3、4温度监测点位于试验组件前表面,分别是接线盒对应正面处、右上角处、中心处、左下角处;5、6、7、8温度监测点位于组件背板处,分别对应接线盒旁边、右上角、中心、左下角。

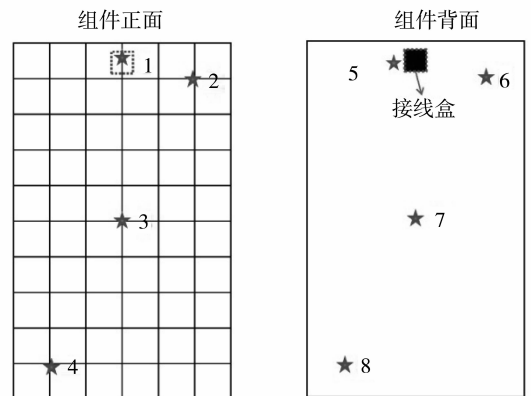


图1 试验组件温度监测点分布图

Fig. 1 Distribution of temperature monitoring spots on the test PV Modules

将记录的试验组件表面工作温度进行处理分析,得到试验期间各个监测点的年均值、年极大值、年极小值分布图如图2所示,其中(a)为组件试验期间各个监测点的年均值分布曲线,(b)为组件各个监测点的年极大值分布曲线,(c)为组件各个监测点年极小值分布曲线。

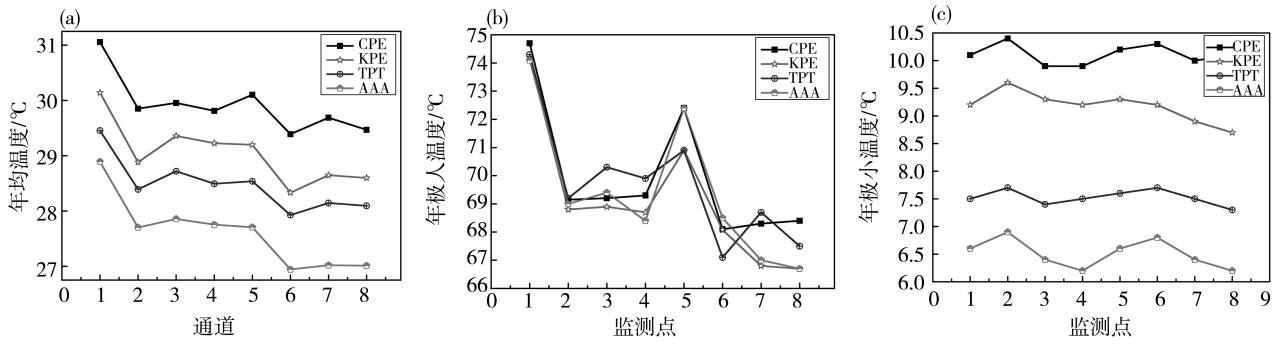


图 2 组件试验期间的 8 个监测点年均温度、年极大温度、年极小温度分布图

Fig. 2 The yearly average, maximum and minimum temperatures of eight surface temperature monitoring spots on the test PV modules

(a) 年均温度；(b) 年极大温度；(c) 年极小温度

由图 2 (a) 能看出无论哪个温度监测点, CPE 背板组件的年均温度均最高, 其次是 KPE 背板组件, TPT 背板组件的年均温度次之, 最低为 AAA 背板组件的年均温度。由图 2 (a) 可以看出对于 8 个温度监测点年均温度, CPE 背板组件均比 KPE 背板组件高约 1 °C, KPE 背板组件均高 TPT 背板组件 0.5 °C, 而 TPT 背板组件又高出 AAA 背板组件约 1 °C。此外, 由图 2 (a) 也可看出对于所研究的四种背板组件, 其最高年均温度均出现在监测点 1 处即接线盒对应的前表面玻璃处, 最低年均温度基本都出现在背面下角处, 且由图可知前表面的温度比背面的温度稍高。

由图 2 (b) 可知, 试验组件的年极大温度均出现在监测点 1 处, 即接线盒对应的前表面玻璃处。CPE、KPE、TPT 和 AAA 这四种背板组件的实测年极大温度分别为 74.7、74.2、74.3 和 74.1 °C。此外, 不论是前表面还是背表面, 接线盒处的监测点的年极大温度均为最高。而且, 前表面监测点的年极大温度均比相应位置处的背面监测点的高。

由图 2 (c) 可知每个试验组件的年极小温度各个监测点均相差不大, 但由图明显可知 CPE 背板组件的各点的年极小温度比 KPE 背板组件的高, 而 KPE 背板组件的年极小温度又高于 TPT 背板组件, 最低为 AAA 背板组件。

将试验组件八个温度监测点的温度进行统计分析, 得到组件试验期间整体的月均值温度、月极大温度、月极小温度分布曲线如图 3 所示, 其中 (a) 表示试验组件的整体月均温度, (b) 为试验组件的整体月极大温度, (c) 是试验组件的整体月极小温度。

由图 3 (a) 可知试验组件的整体月均温度峰值出现在 6 月和 8 月, 而每月整体月均温度排序: CPE 背板组件 > KPE 背板组件 > TPT 背板组件 > AAA 背板组件, 且 CPE 背板组件的整体月均温度较 KPE 背板组件的高约 1 °C, KPE 背板组件的整体月均温度比 TPT 背板组件月均温度又高约 0.5 °C, 而 TPT 背板组件的整体月均温度又较 AAA 背板组件的高约 1 °C。

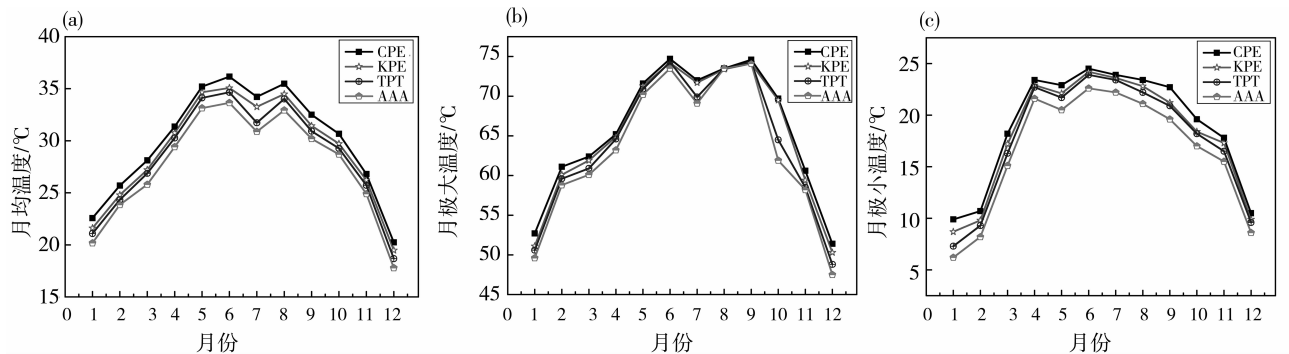


图 3 组件试验期间整体的各月月均温度、月极大温度、月极小温度分布图

Fig. 3 The monthly temperature of the test PV modules

(a) 整体月均温度；(b) 整体月极大温度；(c) 整体月极小温度

由图 3 (b)、(c) 可以看出四种不同背板组件整体极大温度峰值均出现在 6 月和 9 月, 而每月的整体月极大温度均相差不大, 其每月整体极大温度排序与月均温度一样: CPE 背板组件 > KPE 背板组件 > TPT 背板组件 > AAA 背板组件。从图 3

(c) 可知四种试验组件的每月整体月极小温度的排序与其月均值温度相同, 但其峰值出现在 6 月。

在组件试验一段时间后将其回样到实验室, 进行 STC 状态下的  $I-V$  测试, 得到 4 种不同背板组件的各种电性能参数值随试验时间的变化关系 (图 4),

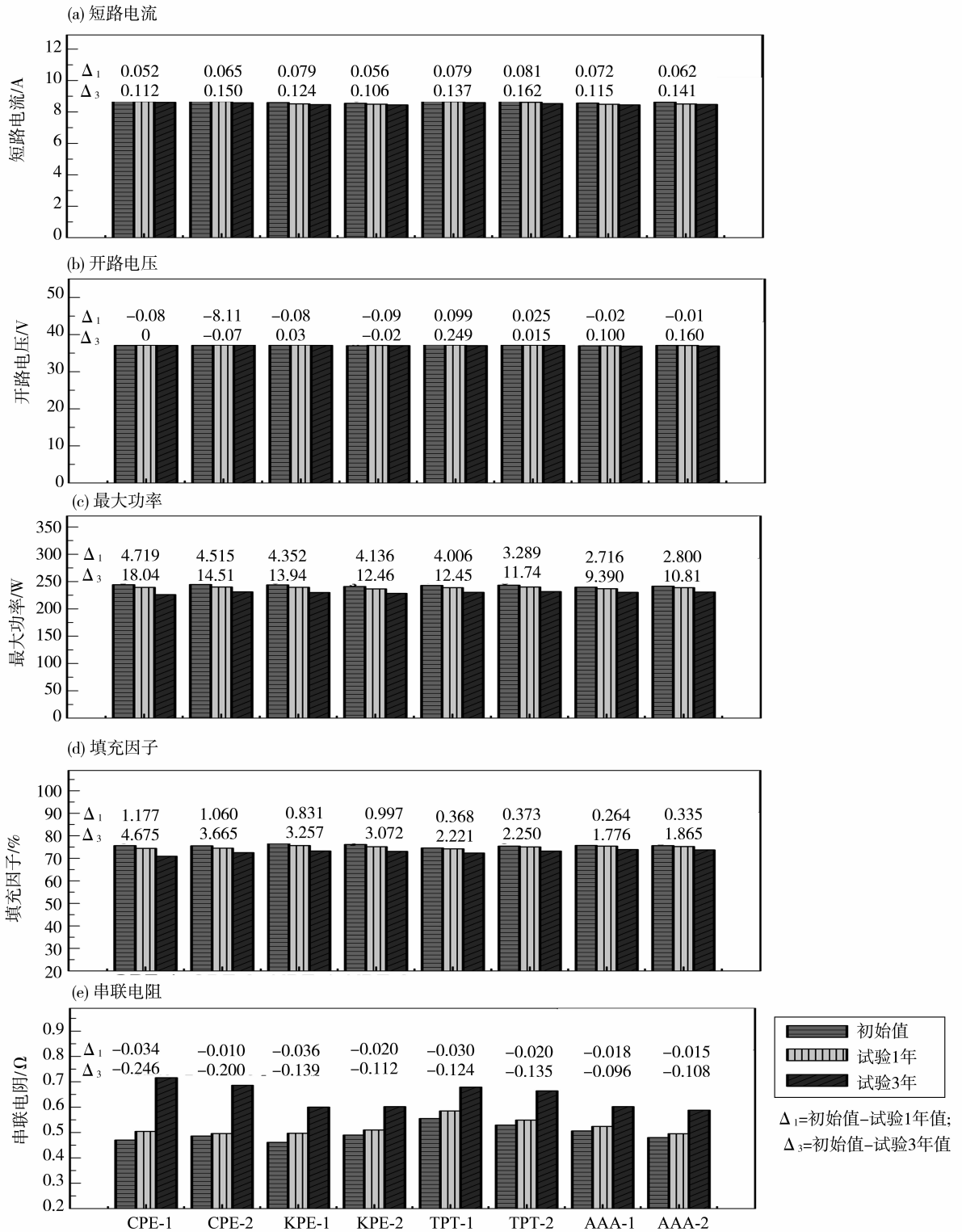


图 4 试验组件的各种电性能参数随试验时间的变化分布图

Fig. 4 The relationship between electrical characteristic parameters of all test PV modules and test time

其中(a)为所有试验组件的短路电流随试验时间的变化柱状图,(b)表示所有试验组件的开路电压随试验时间的变化柱状图(c)是所有试验组件的最大功率随试验时间的变化柱状图,(d)为组件填充因子与试验时间的变化柱状图;(e)是组件串联电阻与试验时间的变化柱状图。

从图4(a)、(c)、(d)可知所有试验组件的短路电流、最大功率、填充因子随着试验时间的增长均有不同程度的衰减,且衰减随着组件试验时间的增长而增大;由图4(a)也可看出CPE、KPE、TPT、AAA四种不同背板组件在湿热环境下暴露相同时间后的短路电流衰减相差不大;而从图4(c)、(d)可知暴露相同时间后其最大功率、填充因子衰减量由大到小的顺序依次是CPE、KPE、TPT和AAA背板组件。

此外,从图4(b)能看出无论试验多长时间,试验组件的开路电压均变化不明显。图4(e)说明试验相同时间后,试验组件的串联电阻均有所增加,其增加排序与最大功率和填充因子的衰减顺序一致,即串联电阻的增加量由大到小的顺序依次是CPE、KPE、TPT和AAA背板组件,这也与实际相符,光伏组件的串联电阻增大会导致组件的输出功率变小。

结合图3和图4不难发现,试验组件的温度越高,最大功率、填充因子衰减越大,这表明光伏组件工作温度是导致其功率衰减的一个重要因素。

### 3 结论

本文研究分析了CPE、KPE、TPT、AAA四种不同背板光伏组件在湿热气候环境下应用的性能变化规律。最后得到结论:试验组件的整体均值温度最高为CPE背板组件,其次是KPE背板组件,TPT背板组件的均值温度次之,均值温度最低是AAA背板组件;所有试验组件随着试验时间增长其短路电流、最大功率、填充因子均有不同程度的衰减,其开路电压均无明显变化,而其串联电阻均有不同程度的增加。试验相同时间后四种不同背板组件的短路电流衰减均相差不大,而其最大功率和填充因子衰减量和串联电阻的增加最由大到小的排序是CPE、KPE、TPT和AAA背板组件;结合组件的工作温度和 $I-V$ 特性参数的变化可以发现:试验组件的温度越高,试验组件的最大功率、填充因子衰减越大。

### 参考文献:

- [1] LIANG ZH N, QIN H, SHEN H, The experimental study on backplane material influencing the efficiency of solar cell[J]. *Materials Research and Application*, 2008, 2(4):432-436.
- [2] DYK van E E, SCOTT B J, MEYER E L, et al. Temperature dependence of performance of crystalline silicon photovoltaic modules[J]. *South African Journal of Science*, 2000, 96:198-200.
- [3] CARLSON D E, LIN G, GANGULY G. Temperature dependence of amorphous silicon solar cell PV parameters [C]// *IEEE Photovoltaic Specialists Conference*, IEEE, 2000:707-712.
- [4] 沈辉,曾祖勤. 太阳能光伏发电技术[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
- [5] 谢雨莹,孙韵琳,李祥志,等. 遮挡现象对大型并网光伏电站输出性能的影响[J]. *中山大学学报(自然科学版)*, 2013, 52(6):129-132.
- [6] KIM N, KANG H, HWANG K J, et al. Study on the degradation of different types of backsheets used in PV module under accelerated conditions[J]. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2014, 120(1):543-548.
- [7] JORGENSEN G J, MCMAHON T J. Accelerated and outdoor aging effects on photovoltaic module interfacial adhesion properties [J]. *Progress in Photovoltaics Research & Applications*, 2008, 16(6):519-527.
- [8] PENG Y C, FU G S, Approach to quantum dot solar cells [J]. *Chinese Journal of Materials Research*, 2009, 23(5):449.
- [9] VÁZQUEZ M, REY-STOLLE I. Photovoltaic module reliability model based on field degradation studies[J]. *Progress in Photovoltaics Research & Applications*, 2008, 16(5):419-433.
- [10] 陈镇光,邢涛,王学孟,等. 一种新型聚光光伏组件的光学设计[J]. *中山大学学报(自然科学版)*, 2015, 54(1):47-51.
- [11] DUNLOP E D. Lifetime performance of crystalline silicon PV modules[C]// *Photovoltaic Energy Conversion*, 2003. *Proceedings of World Conference on IEEE*, 2003, 3:2927-2930.
- [12] PARRETTA A, SARNO A, VICARI L R M. Effects of solar irradiation conditions on the outdoor performance of photovoltaic modules [J]. *Optics Communications*, 1998, 153(1/2/3):153-163.
- [13] OSSENBRINK H, SAMPLE T. Results of 12 years of module qualification to the IEC 61215 standard and CEC specification 503[C]// *World Conference on Photovoltaic Energy Conversion*, 2003, 2:1882-1887.