

# 不同种缺陷电池片室内热斑研究

蹇康<sup>1,2</sup>, 张臻<sup>1,2</sup>, 熊震<sup>2</sup>, 全鹏<sup>2</sup>, 吴明东<sup>2</sup>, 张圣成<sup>2</sup>

(1.河海大学机电工程学院, 常州 213022;

2. 天合光能有限公司光伏科学与技术国家重点实验室, 常州 213031)

## 1 研究背景与内容

能源形势日益严峻的今天, 光伏发电的作用与应用前景正日益得到社会的普遍认同, 开展光伏发电的研究也越来越具有现实意义。在占地面积较大的光伏矩阵中, 外界物体的遮挡以及组件表面的污垢等都会在组件表面形成部分阴影, 而使整个光伏阵列出现热斑现象。严重的热斑效应可导致电池组件局部烧毁或形成暗斑、焊点熔化、封装材料老化或盖板玻璃炸裂等永久性损坏。

本文研究了不同缺陷电池片在室内环境下的热斑情况, 通过在单个缺陷光伏电池片正负极施加 12V 反偏电压, 模拟出电池片在户外状态下热斑发生时的状况。并使用红外热成像仪观察电池片的温度分布, 收集数据总结出规律, 并对比了红外热成像与电致发光图像结果。

## 2 研究结果与讨论

### 2.1 加 12V 反偏电压的温度变化

实验是在 22℃ 的环境温度下进行, 安放有不同种层压后的缺陷电池片, 如隐裂、虚焊、断栅等, 将这些电池片接 12V 的反偏电压, 并将电池片遮光, 不受光照的影响, 此时电池片处于负载状态, 消耗功率, 从而引起热斑失效。待组件温度稳定后使用红外热成像仪拍摄电池片的背板温度,

电池片的最高、平均及最低温度, 如图 1 所示, 其中隐裂电池片的温升最小, 温度分布十分均匀, 几乎没有热斑产生。其他缺陷电池片的最高温度均有不同程度的上升, 其中断栅电池片温升最高, 其温度分布见图 2, 可以看到电池片边缘出现明显热斑。

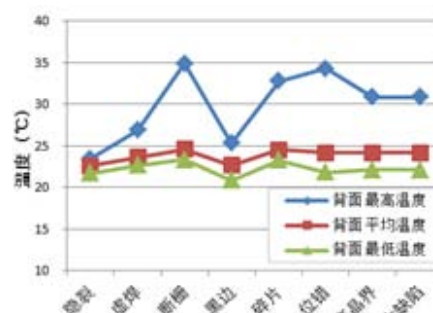


图 1 不同缺陷电池片的温度大小

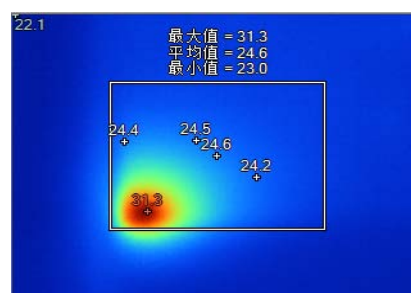


图 2 红外拍摄的断栅电池片温度分布

### 2.2 不同反偏电压下电流变化与温度分布

当施加的反偏电压不断增加时, 因为电池片缺陷种类的不同, 温度分布也会有明显的差别, 图 3 显示的是随着反偏电压的提升, 黑边缺陷电池片的温度分布变化。在反偏电压为 11V 时, 温度差异不大, 反

偏电压为 13V 时, 电池边缘温度明显升高, 而当反偏电压为 17V 时, 最高温度点出现在电池片的上部, 当反偏电压为 21V 时, 电池片出现背板鼓包。

通过温升曲线查看最高温度的变化, 可发现反偏电压小于 13V 时, 温度上升平缓, 随着反偏电压的上升, 最高温度急剧升高。而根据拍摄的不同种缺陷电池的红外热成像图, 发现最高温度都在 240℃ 附近, 这时电池片被击穿, 处于被导通的状态。

通过对比不同类型缺陷电池的实验结果, 电池片易热斑失效的位置多集中于电池片的边缘或角落区域。由于电池片在制造时边缘 PN 结刻蚀不均匀, 残留的 PN 结形成了漏电通道, 在热斑发生时, 这些区域发热明显<sup>[1]</sup>。

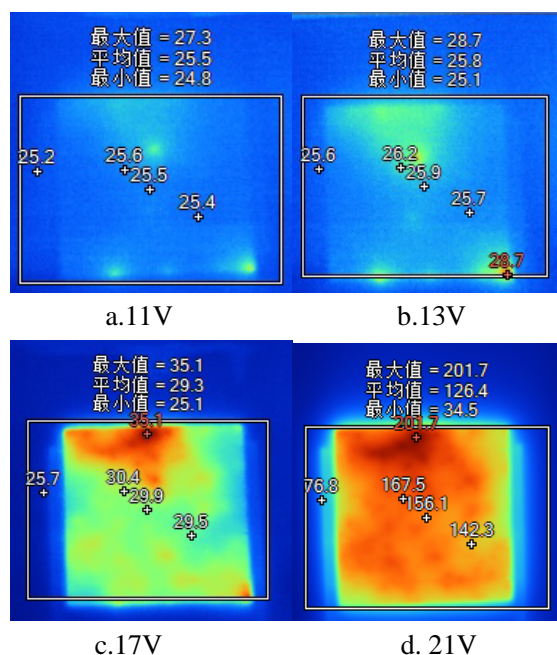


图 3 不同反偏电压下的红外热成像图

### 2.3 EL 图与缺陷电池的关系

电致发光, 简称 EL, 是通过在电池

片两极加上电压产生电场, 电子跃迁、变化、复合导致发光的一种物理现象, 在光伏中用于检测电池片中肉眼不易发现的缺陷<sup>[2]</sup>。图 7 为多晶硅太阳电池 EL 图像, 可以看到电池片表面发光强度不均匀, 杂质原子在晶体中形成少数载流子的复合中心, 降低少子寿命, 电池片效率较低, 在外加偏压下 PN 结由于注入而产生的电子—空穴辐射复合发光的几率变小, 缺陷部位少子跃迁几率降低, 使电致发光亮度减弱, 在电致发光图像上以暗斑显示出来。如图 4b、图 4d 所示, 反偏电压为 20V 时, 这时电池片漏电流急速增大, 造成雪崩击穿。通过对比下方图 4, 可以发现, 红外热成像图中温度最高的点与 EL 图有清晰的对应关系 (红圈位置)。实验的结果也表明电致发光检测技术能将电池中各种可能存在的缺陷检测出来, 并具有非接触、快速、准确的优点<sup>[3]</sup>。

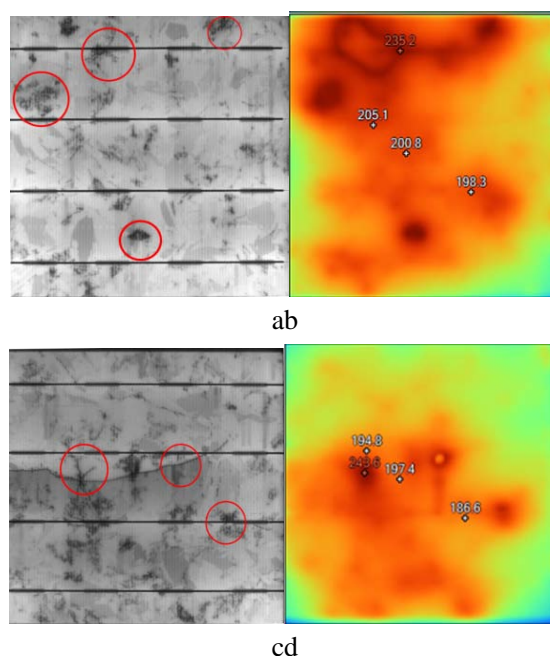


图 4 (a)正常片 EL 图像(b)正常片红外图像(c)隐裂片 EL 图像(d)隐裂片红外图像

### 3 结论

本文在对不同种缺陷电池片加上反偏电压后,通过拍摄红外热成像图,得到了不同电池片的温升曲线,结合 EL 图,得到如下结论:

1) 在接 12V 反偏电压的情况下,不同种缺陷电池温升不一样,其中隐裂电池片温升最小,断栅电池片温升最高。

2) 在对电池片加上不同的反偏电压,0-13V 之间时,电流变化均匀,此时电池片温升缓慢,而反偏电压大于 13V 时,温度急剧上升,直至电池片被击穿。且反偏电压不同,最高温度出现的区域也不一致。

3) 通过研究了 EL 图像与红外热成像图,可以看出热斑最严重的区域与 EL 图中的对应关系。EL 图中的缺陷位置在反偏电压下温度不断升高,最终导致背板鼓包、烧毁等情况。EL 图像能很好地定位出电池片的缺陷位置。

### 参考文献

[1] Kim K A, Krein P T. Photovoltaic hot spot analysis for cells with various reverse-bias characteristics through electrical and thermal simulation[J]. 2013, 1-8.

[2] Tsai D M, Wu S C, Li W C. Defect detection of solar cells in electroluminescence images using Fourier image reconstruction[J]. Solar Energy Materials & Solar Cells, 2012, 99(99):250-262.

[3] Giaffreda D, Omaña M, Rossi D, et al. Model for Thermal Behavior of Shaded Photovoltaic Cells under Hot-Spot Condition[C]// 2011 IEEE International Symposium on Defect and Fault Tolerance in VLSI and Nanotechnology Systems. IEEE Computer Society, 2011:252-258.

邮箱: zhangzhenwl@126.com