

团 体 标 准

T/CPIA 0051—2023

晶体硅光伏电池金属电极接触电阻率测试 方法 传输线模型法 (TLM)

Test method for contact resistivity of crystalline silicon photovoltaic
cell metal electrode transfer length method (TLM)

中国光伏行业协会
China Photovoltaic Industry Association

2023 - 10 - 15 发布

2023 - 10 - 30 实施

中国光伏行业协会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 方法原理	1
5 要求	2
6 样品制备	2
7 测试步骤	3
8 报告	4



前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国光伏行业协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：英利能源（中国）有限公司、英利能源发展有限公司、英利能源发展（保定）有限公司、中国电子技术标准化研究院、常熟阿特斯阳光电力科技有限公司、晶科能源（海宁）有限公司、天合光能股份有限公司、江苏润阳新能源科技股份有限公司、中国科学院上海微系统与信息技术研究所新能源技术中心、无锡帝科电子材料股份有限公司、贺利氏光伏（上海）有限公司、中国国检测试控股集团股份有限公司、一道新能源科技股份有限公司、隆基绿能科技股份有限公司。

本文件主要起草人：张东升、齐占胜、王静、李英叶、王子谦、李淮宁、许涛、李宁、杜文星、陈如龙、时强、张洪旺、金若鹏、张惠登、李家栋、任改改。



晶体硅光伏电池金属电极接触电阻率测试方法 传输线模型法 (TLM)

1 范围

本文件规定了用传输线模型法 (TLM) 测试晶体硅光伏电池金属电极接触电阻率的测试方法, 包含方法原理、要求、样品制备、测试步骤、数据处理和报告。

本文件适用于在暗室环境下晶体硅光伏电池金属电极接触电阻率测量。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中, 注日期的引用文件, 仅该日期对应的版本适用于本文件; 不注日期的引用文件, 其最新版本 (包括所有的修改单) 适用于本文件。

GB/T 2297 太阳光伏能源系统术语

GB/T 14264 半导体材料术语

3 术语和定义

GB/T 2297和GB/T 14264界定的术语和定义适用于本文件。

4 方法原理

在硅片样品上印刷、烧结间距相同的6根矩形栅线如图1所示, 分别以栅线1到栅线2、栅线3、栅线4、栅线5和栅线6的间距作为横坐标, 用微欧计测量的电阻值 R_T 为纵坐标, R_T 组成如公式 (1) 所示。对栅线间距和 R_T 进行曲线拟合得到栅线与硅片的接触电阻、有效电流传输距离。再结合栅线长度根据公式 (2) 计算接触电阻率。

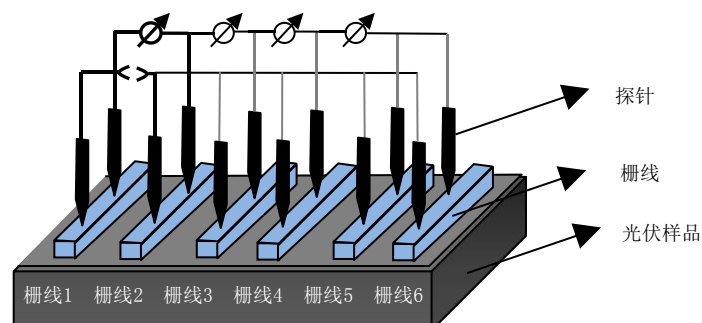


图1 测试原理示意图

$$R_T = 2R_C + 2R_m + R_S \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- R_T ——测量的每两根栅线间总的电阻，单位为欧姆（ Ω ）；
- R_c ——金属栅线和半导体的接触电阻，单位为欧姆（ Ω ）；
- R_s ——半导体电阻，单位为欧姆（ Ω ）；
- R_m ——金属栅线的电阻，单位为欧姆（ Ω ）。

$$\rho_c = \frac{L_T \times R_c \times W}{\text{Coth}\left(\frac{d}{L_T}\right)} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- ρ_c ——金属栅线和半导体接触电阻率，单位为毫欧·平方厘米（ $\text{m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ ）；
- W ——栅线长度，单位为毫米（ mm ）；
- L_T ——有效电流传输距离，单位为微米（ μm ）。

5 要求

5.1 微欧计

测量精度：1 $\text{m}\Omega$ 。

5.2 测量环境条件

温度：23 $^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ ；湿度：60% $\pm 20\%$ ；暗室环境。

6 样品制备

6.1 制备表面方阻均匀一致的硅片样品，片内方阻均匀性应满足 $W_t \leq 5\%$ ，均匀性按公式（3）进行计算：

$$W_t = \frac{R_{\square\text{Max}} - R_{\square\text{Min}}}{R_{\square\text{Max}} + R_{\square\text{Min}}} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- W_t ——片内方阻均匀性，百分比值；
 - $R_{\square\text{Max}}$ ——片内方阻最大值，单位为欧姆/方块（ Ω/\square ）；
 - $R_{\square\text{Min}}$ ——片内方阻最小值，单位为欧姆/方块（ Ω/\square ）；
- SE电池需要轻掺区和重掺区同时满足方阻均匀性的要求。

6.2 在硅片样品表面印刷 6 根矩形宽度为 d ($d \geq 15 \mu\text{m}$) 的栅线，每两根栅线间距为 L ($1 \text{mm} \leq L \leq 2 \text{mm}$)，烧结成电池样品，记录烧结温度，烧结后电池样品栅线无断栅。

6.3 用激光在电池样品背面沿细栅线垂直方向切割为长条状，栅线两端与硅片边缘距离为 0，样品宽度为 W ($10 \text{mm} \leq W \leq 15 \text{mm}$)。如图 2 所示。

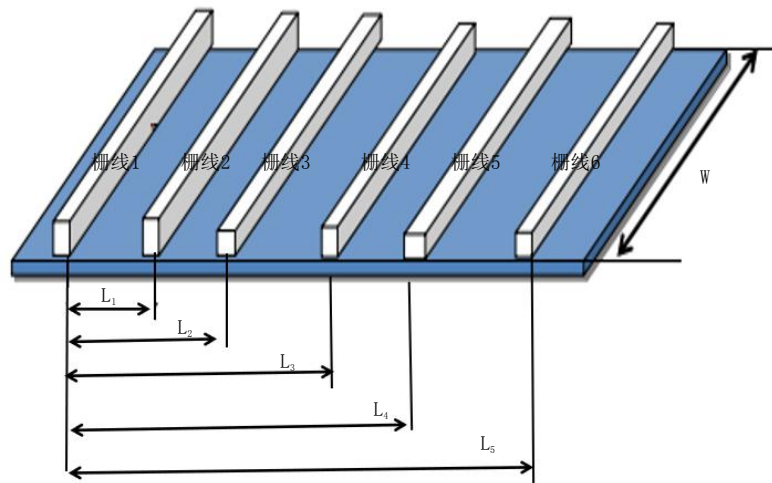


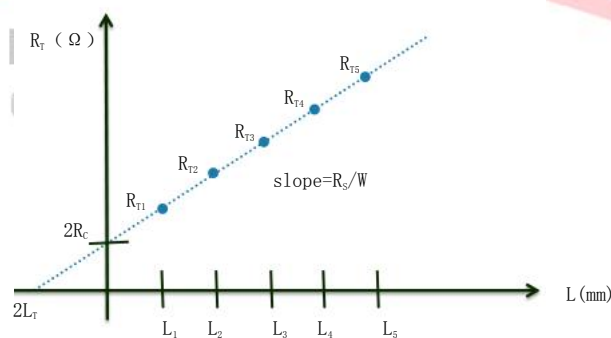
图2 电池样品示意图

7 测试步骤

7.1 将样品放置在绝缘台面上开始测试，测试探针规格为直径 1 mm 平头探针，样品如图 2 所示，以栅线 1 为起始位置，栅线 6 为终止位置，用微欧计分别测量每两根栅线间电阻并记录，测试时探针位于栅线中心位置，然后求取上述平均值记为 R_{T1} 。

7.2 重复 7.1 操作，分别测量每三根、每四根、每五根、每六根栅线间电阻并记录，然后分别求取平均值记为 R_{T2} 、 R_{T3} 、 R_{T4} 、 R_{T5} 。

7.3 以栅线 1 分别到栅线 2、栅线 3、栅线 4、栅线 5 和栅线 6 的间距 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 、 L_5 作为横坐标， R_{T1} 、 R_{T2} 、 R_{T3} 、 R_{T4} 、 R_{T5} 为对应纵坐标进行拟合，拟合曲线如图 3 所示，拟合优度应大于 0.95。



标引序号说明：

- L_1 —— 每 2 根栅线的间距，单位为毫米（mm）；
- L_2 —— 每 3 根栅线的间距，单位为毫米（mm）；
- L_3 —— 每 4 根栅线的间距，单位为毫米（mm）；
- L_4 —— 每 5 根栅线的间距，单位为毫米（mm）；
- L_5 —— 每 6 根栅线的间距，单位为毫米（mm）；
- $R_{T1} \sim R_{T5}$ —— 对应间距下的电阻测量值的平均值，单位为欧姆（ Ω ）；
- R_c —— 栅线与硅片的接触电阻，单位为欧姆（ Ω ）。

图3 栅线间距和电阻值拟合曲线



图 4 电流有效传输距离示意图

7.4 根据栅线与硅片的接触电阻、电流有效传输距离和栅线长度，按照公式（2）计算接触电阻率。电流有效传输距离如图 4 所示。

8 报告

报告应至少包含以下内容：

- a) 样品规格型号、编号；
- b) 测试仪器名称和型号；
- c) 检测结果至少包含接触电阻率（ ρ_c ）、光伏电池的方块电阻（ R_s ）、细栅线长度（ W ）、烧结温度、硅片电阻率；
- d) 本文件编号；
- e) 测量单位名称、地址和测量者；
- f) 测试日期。

