ICS 27.160

F12

CPIA

中国光伏行业协会标准

T/CPIA XXX—2020

|  |  |
| --- | --- |
|       |  |

**钙钛矿太阳电池及组件的电流-电压(*I*-*V*)特性测量方法**

**Test Method of *I*-*V* characterization of Perovskite Solar Cells**

2020 - XX- XX发布 2020- XX- XX实施

中国光伏行业协会   发布

目 次

[目 次 II](#_Toc63425695)

[前  言 1](#_Toc63425696)

[1. 范围与目的 1](#_Toc63425697)

[2. 规范性引用文件 1](#_Toc63425698)

[3. 术语和定义，符号和缩略语 2](#_Toc63425699)

[4. 设备要求 2](#_Toc63425700)

[5. 太阳电池的测试过程 3](#_Toc63425701)

[6. 组件的测量过程 7](#_Toc63425702)

[7. 测试报告 11](#_Toc63425703)

[附录1 13](#_Toc63425704)

[附录2 16](#_Toc63425705)

[附录3 20](#_Toc63425706)

前  言

为提高我国钙钛矿太阳电池的测试水平，保证钙钛矿太阳电池测试过程的规范与结果的可靠性，规范钙钛矿太阳电池的测试效率的准确性、科学性与可靠性，特制定本认证技术规范。

本标准由中国光伏行业协会标准化技术委员会归口。

本标准主要起草单位：中国计量科学研究院、国家太阳能光伏产品质量监督检验中心、北京理工大学、北京大学、中国科学院上海微系统所、武汉理工大学、常州大学、江南大学、北京曜能科技有限公司、杭州纤纳光电科技有限公司、德国莱茵TUV。

本标准主要起草人： 熊利民、陈棋、周欢萍、恽旻、刘桂林、彭勇、刘正新、孟海凤、王亿、袁宁一、颜步一、时强、段野、朱冰洁、宰华超、王书博、刘伟。

钙钛矿太阳电池及组件的电流-电压(*I*-*V*)特性测量方法

**1. 范围与目的**

本标准规定了钙钛矿太阳电池(以下简称“太阳电池”)、钙钛矿组件(以下简称“组件”)电流-电压(*I*-*V*)特性的测量方法。

含钙钛矿活性层的叠层太阳电池及组件可参照本标准。

**2. 规范性引用文件**

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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。

IEC 60891 光伏器件.测定I-V特性的温度和辐照度校正方法用程序（Photovoltaic devices - Procedures for temperature and irradiance corrections to measured I-V characteristics）

IEC 60904-1 光伏器件 第1部分：光伏电流—电压特性的测量（Photovoltaic devices—Part 1: Measurement of photovoltaic current-voltage characteristics）

IEC 60904-2 光伏器件 第2部分：标准太阳电池的要求（Photovoltaic devices—Part 2: Requirements for reference solar devices）

IEC 60904-4 光伏器件 第4部分：标准光伏器件的溯源链建立程序（Photovoltaic devices - Part 4: Photovoltaic reference devices - Procedures for establishing calibration traceability）

IEC 60904-9 光伏器件 第9部分：太阳模拟器性能要求（Photovoltaic devices—Part 9: Solar simulator performance requirements）

IEC TR 63228 有机、染料与钙钛矿太阳电池测试规范（Measurement protocols for photovoltaic devices based on organic, dye-sensitized or perovskite materials）

**IEC 61215-1:2016 地面光伏组件设计鉴定和定型：测试要求**

**IEC 61215-2:2016 地面光伏组件设计鉴定和定型：测试序列**

**IEC 61215-1-4:2016针对薄膜铜铟镓硒光伏组件的特别要求**

**JJF 1622-2017 太阳电池校准规范：光电性能**

**3. 术语和定义，符号和缩略语**

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

标准测试条件 standard test conditions (STC)

总辐照度为 1000W/m2，符合AM 1.5标准太阳光谱辐照分布，被测样品的温度为25℃。

3.2

标定值 calibrated value

 标定值，即标准太阳电池在标准测试条件下产生的短路电流值，通过IEC 60904-4规定的方法测得。当标准太阳电池在太阳模拟器辐照下的短路电流等于标定值时，可认为光源辐照度达到1000 W/m2。

3.3

总面积 total solar cell area

太阳电池或组件上表面外部边缘所确定的面积。

注：非平面型太阳电池或组件的总面积是投影到光源模拟器工作平面上的面积。

3.4

光阑面积 aperture area

掩膜版允许光照至太阳电池或组件的面积。

注：光阑面积应小于太阳电池或组件的总面积。

3.5

光电转换效率 power conversion efficiency

太阳电池或组件的最大功率(Pmax)除以光功率，光功率为总面积(St)与光源辐照度(E)的乘积，即：Pmax/(E×St)。光电转换效率也可简称效率。

3.6

实际光电转换效率 practical power conversion efficiency

太阳电池或组件的最大功率(Pmax)除以光功率，光功率为光阑面积(Sap)与光源辐照度(E)的乘积，即：Pmax/(E×Sap)。 实际光电转换效率也可简称实际效率。

**4. 设备要求**

**4.1 预处理设备**

组件的预处理设备满足IEC 61215-2中稳定性试验的设备要求。

太阳电池的预处理可采用组件的预处理设备。

**4.2 钙钛矿太阳电池最大功率测试设备**

钙钛矿太阳电池最大功率测试设备包括：

a) 太阳模拟器：符合IEC 60904-9中规定的AAA级要求；

b) 标准太阳电池：符合IEC 60904-2的要求；

c) 测试架：使被测太阳电池样品处于标准太阳电池校准光源时所处位置，对于多光源模拟器，应使测试的太阳电池样品处于设备规定的工作平面上；

d) 掩膜版：符合IEC 60904-1的要求；

e) 太阳电池功率测试设备：符合IEC 60904-1的要求。

f) 温度监控设备：符合IEC TR 63228第10部分的要求。

**4.3太阳电池面积测试设备**

太阳电池面积测试设备包括：

a) 太阳电池总面积测量设备：可采用常规量具，精度优于1 mm。对于面积较小的电池与组件，建议选用光学测量设备，如影像测量仪，精度优于0.1 mm。

b) 太阳电池光阑面积测量设备：建议采用影像测量仪，精度优于0.1 mm。

**4.4组件最大功率测试设备**

组件最大功率测量设备要求同4.2。

**4.5 组件面积测试设备**

组件面积测试设备要求同4.3。

**5. 太阳电池的测试过程**

**5.1 太阳电池样品的预处理**

太阳电池执行电流-电压(*I*-*V*)特性测试的预处理为非必选项目，若要执行预处理，可参照组件预处理步骤执行。

**5.2 太阳电池最大功率的测量**

5.2.1 太阳电池测量的准备工作

将太阳模拟器调整至稳定的工作状态。

对被测样品进行外观检查，并排除其他影响测试结果的因素。

将被测样品的温度稳定在测试规定的温度范围内。

检查最大功率测试设备的工作状态及设备与被测样品的连接性能。

5.2.2 太阳电池的测量方法

该部分包括电流-电压（*I*-*V*）特性快速测试法、十点准稳态拟合法以及最大功率点电压扫描法。基于三种方法执行测量所得的结果具有同等的准确性，具体的测试流程包括：

5.2.2.1 方法一：电流-电压(*I*-*V*)特性快速测试法

a) 将标准太阳电池置于样品架上，使其位于测试平面内，并保证标准太阳电池位于太阳模拟器出射光斑的中心位置（或太阳电池法线与模拟器光源出射光束的中心线平行）；使用测温装置测量标准太阳电池的温度，并通过控温装置控温，使得在测试过程中，标准太阳电池维持在（25.0±1.0）℃；根据标准太阳电池的标定值（需考虑光谱失配修正因子），调整太阳模拟器在样品面上辐照度（同时使测试光源的辐照度空间不均匀性满足IEC 60904-9中的A级要求），样品所接收辐照度为1000 W/m2；

b）在不改变太阳模拟器设置的条件下，调整测试架高度和位置，将被测样品施加掩模版，随后替换标准太阳电池，中心位置对准，样品面高度与标准太阳电池一致；用控温装置对太阳电池的温度进行控制，使得在测量过程中，被测样品的温度维持在（25.0±2.0）℃；

注：如缺乏控温系统，则需对其结温进行测量，测量方法可参照附录3中的方法进行。然后利用IEC 60891介绍的方法1或方法2进行修正。

c）设置扫描方向、电压范围、 扫描间隔和扫描速度等，测量被测太阳电池的正反扫电流-电压特性，记录开路电压 *V*oc，短路电流 *I*sc，最大输出功率 *P*max等参数；如必要，可恒定加载最大功率电压对应的偏压，连续采集电流信号，得到稳态输出曲线，得到稳态输出功率 *P*s。若正反扫测得的电流-电压特性不一致，则认为被测样品有迟滞效应。

注: 由短路电流*I*sc扫描至开路电压*V*oc为正向扫描(简称正扫)；由开路电压*V*oc扫描至短路电流*I*sc为反向扫描(简称反扫)。

5.2.2.2 方法二：十点准稳态拟合法

当被测样品具有较高的稳定性，可在一系列偏置电压点分别进行独立的电流测试，获得较为稳定的电流值，通过对一系列测试结果的拟合可获得被测样品的*I*-*V*特性。

a) 在5.2.2.1的步骤c)的基础上取得开路电压*V*oc、短路电流*I*sc的信息进而设定测试范围，随后执行以下测试步骤；

b) 设置扫描方向、电压范围、 扫描间隔和扫描速度等，执行正向或反向的快速测试，记录测得非稳态开路电压 *V* TBD, oc，非稳态短路电流 *I*TBD, sc，非稳态最大输出功率 *P* TBD, max (包括*V*TBD, m与*I*TBD, m)等参数。

c) 根据快速测试的得到的被测太阳电池非稳态开路电压值，通过持续检测电流信号（每隔1 s取一次测试值）直至开路电压的电压值的相对变化在5.0%以内，确定待测太阳电池的准稳态开路电压值（*V*s, oc）；

f) 选取零电压（短路）点至开路电压点中的8处(共10处测量点)偏置电压点，偏置电压点选取的推荐方法为：（1）零电压（短路）点（*V*s, sc）、准稳态开路电压点（*V*oc, s）、步骤d）测得的准稳态最大功率点电压（*V*TBD, m），（2）在零电压点与最大功率点之间取3处电压点分别为0.50×*V*TBD, m、0.80×*V*TBD, m、0.90×*V*TBD, m，（3）准稳态开路电压点与最大功率点之间取4处电压点分别为 *V*TBD, m、 0.15×*V*s, oc +0.85×*V*TBD, m、0.45×*V*s, oc +0.55×*V*TBD, m、0.60×*V*s, oc, s +0.40×*V*TBD, m、0.80×*V*s, oc +0.20×*V*TBD, m，所有偏置电压点的有效位数均保留到测试仪器最小有效位数；

g) 在设定的测试辐照度与环境条件下依次对设定的8处偏置电压(*V*s, oc与Vs，sc已测)点进行电流值的测试（每隔1 s取一次测试值），当每处电压点测得的电流值波动先对变化在5.0%以内时，确定每一处偏置电压点的电流值；

h) 将上述10点测得的稳定的电压值与电流值使用三次样条插值(自由边界条件)进行拟合，确定该测试钙钛矿太阳电池的准稳态电流-电压(*I*-*V*)特性曲线，并随后根据准稳态电流-电压(*I*-*V*)特性曲线的结果对其进行光电转换效率的计算；

i) 以步骤f)的10点测试的准稳态结果给出钙钛矿太阳电池的效率评价，若在准稳态测试过程中待测器件失效，则以步骤d)中的正反扫结果或使用5.2.2.1的电流-电压(*I*-*V*)特性快速测试法重新进行评定，并在最终报告中标注未通过十点准稳态拟合法的测试；

j) 根据上述测试流程计算待测钙钛矿太阳电池的最大输出功率与光电转换效率。

5.2.2.3 方法三：最大功率点电压扫描法

当因被测样品稳定性、温度控制或其他原因无法或不需要得到完整的稳态输出IV曲线时，可通过在估算的最大功率点电压附近扫描来获得被测样品的最大功率。

a) 将待测样品放置于与5.2.2.1中相同辐照度的稳态光源下，并对被测样品的温度进行监测与控制。

b) 对被测样品恒定加载5.2.2.1中确定的最大功率点电压值，连续采集电流信号，一般的每个点之间的采集间隔不少于1秒钟，当电流波动值小于5.0%时，即认为达到稳态输出状态，可计算到相应的稳态输出功率作为被测样品的最大输出功率。

c) 因为实际最大功率点电压可能与5.2.2.1中确定的有差异，可选的，对5.2.2.3 b)中加载的电压值执行较小的变化（通常为原测试*V*max 附近±2%的量级），以找到实际的最大功率点电压，每次变化后，都需要测量该电压点的电流值，当电流波动值小于5.0%时，认为待测样品到达稳态输出状态。

注：在使用上述三种方法扫描*I*-*V*曲线时，读取太阳电池的电流和电压，若条件允许，可同时记录辐照度监测器和温度探测器的输出结果。对于温度的记录来说，若测量时间较短不足以引起温度变化，在*I*-*V*曲线采集期间或之前或之后，对每个设备进行一次温度测量即可。

**5.3 太阳电池面积的测量**

5.3.1 太阳电池光阑面积的测试

使用影像测量仪测定钙钛矿太阳电池的光阑面积*S*ap。

对于光阑面积较小的钙钛矿太阳电池，推荐使用专用影像测量仪进行测试，测定待测器件的光阑面积，测量过程中测得长度的精度应优于0.1 mm。

5.3.2 太阳电池总面积的测试

用组件面积测量设备测定电池总面积*S*t。

对于面积较小的钙钛矿太阳电池，推荐使用专用影像测量仪进行测试，测定待测器件的总面积，测量过程中测得长度的精度应优于0.1 mm。

对于规则的矩形电池，可以使用常规尺寸量具测量钙钛矿太阳电池外部边缘尺寸，再计算得到钙钛矿太阳电池的总面积。

**6. 组件的测量过程**

所有钙钛矿太阳电池组件在送检前都应保证电学参数处于稳定状态。所有组件都应按照规定步骤执行测试，并直接测量其输出功率。只有经过了多次重复测试得到了稳定输出功率的组件，方可进行输出功率测试。测试需在温度和光源（光谱以及光强）稳定条件下进行，模拟光源比自然光源稳定性更好，室内测试比户外测试更稳定。

**6.1 预处理**

组件执行电流-电压(*I*-*V*)特性测试的预处理为非必选项目，若要执行预处理，可参照以下步骤执行。

6.1.1 组件样品的预处理

组件执行电流-电压(*I*-*V*)特性测试前推荐预处理，按照IEC 61215-1-4、IEC 61215-2:2016的中规定的稳定性预处理方法进行。

注：其他类型组件参照本标准进行预处理。

6.1.2 预处理达到稳定的定义

使用以下公式判断待检组件是否达到稳定输出功率：

 (1)

其中，$x=0.02$；*P*1，*P*2，*P*average分别是连续进行三次功率测量时得到的组件功率的极大、极小和平均数值。

6.1.3光照预处理相关程序

6.1.3.1模拟光照预处理的设备与环境

a) 符合IEC 60904-9中CCC级太阳光模拟器或更优的模拟器。

b) 带有积分器的参考设备，用于监测辐照度。

c) 按照制造厂规定的要求，安装组件支架，在模拟器规定的测试平面内安装规定设备。

d) 使用规定设备将辐照度设置在800 W/m2和1000 W/m2之间。并记录辐照度。

e) 曝露在模拟器下，组件温度应保持在55℃以下。使用温度检测设备（精度在±0.5℃的范围内）对组件温度进行检测，温度监测点应安置在对组件平均温度测量有代表性的位置。

6.1.3.2初始预处理

应通过将组件在模拟光源下，对所有测试组件进行多个片段的初始预处理，每个片段的辐照剂量不大于10 kWh/m2。

6.1.3.3光照预处理的步骤

a) 在组件温度允许范围内，使用最大功率点测试方法测量每个组件的输出功率。

b) 将组件连接电学载荷至最大功率点附近(相对不确定度≤2.0%)。

c) 记录下辐照度的等级，辐照剂量，温度和组件使用的电阻载荷

d) 要求每个组件参考6.1.3.2初始预处理部分规定的辐照剂量，进行多个片段的辐照，直到所测的最大输出功率数值e达到稳定。稳定的定义参考6.1.3.1。

e) 最大输出功率的测量方法参考IEC61215-2 MQT 02程序。

f) 电池组件最大输出功率的测量之间的辐照剂量应保持基本一致，每次测量间的最大辐照剂量为10kWh。

g) 在报告中写明电池组件达到稳定状态时的辐照总剂量、温度等其它所有参数。

6.1.3.4其他预处理程序

目前暂时没有其它建议的预处理方式。

6.1.3.5 最终稳定

在测试顺序完成后，对所有电池组件进行最终稳定，若满足6.1.2中关于预处理达到稳定的定义的规定范围，则满足稳定性测试的要求。

**6.2 组件*I*-*V*特性的测量**

6.2.1 组件使用模拟光源的室内测量

a) 使用符合IEC 60904-9中AAA级或者更优的太阳光模拟器；

b) 需有积分器用于检测辐照度，由此判定输入功率；

c) 组件需与光源保持垂直，辐照度测试设备需与电池组件保持共面；

d) 使用规定装置将光源辐照度调整为800 W/m2至1200 W/m2之间；

e) 组件温度的检测方法：使用复合符合IEC TR 63228-10的要求的温度传感器测量温度。将电池组件置于光源下10分钟后，将温度传感器按照IEC 60891 ED3(82/1735/CDV)5.2 d规定情况所示在4个位置上测量其温度，当所有位置上温度传感器上显示的温度变化在±2.0℃的范围内，且同一位置上3次重复测量得到的温度值变化在±2.0℃范围内时，视为温度稳定。取测得的温度平均值为电池组件平均温度，测试报告中需标明测试时组件的实际平均温度。

注：温度的测量方法可参照附录2中的方法进行。

f) 曝露在模拟器下后，待组件温度保持恒定之后，记录下组件平均温度。即可进行输出功率检测。

g) 输出功率检测和*I*-*V*曲线的获得：1、输出功率的获得。使用电子设备追踪待检电池组件在最大功率点或者电气最大功率点追踪点的电阻载荷大小（MPPT），由此算出电池组件的输出功率。2、*I*-*V*曲线的获得。使用钙钛矿太阳电池器件测量中所述的10点准稳态拟合法，分别对电池组件的电压进行偏压准稳态测试，通过拟合计算待测组件的*I*-*V*曲线。

h) 电池组件光电转化效率的计算。使用如下公式计算光电转化效率（*η*）。

  (2)

其中输入功率由辐照计提供。

6.2.2 组件使用自然光源的户外测量

a) 组件需按照厂商规定安装支架，电池组件测量过程中需要面向光源；

b) 在组件同面处安装带有积分装置的辐照计，实时测量辐照度。此辐照度值视为输入功率。

c) 当天气良好、无雨雪等恶劣天气条件下，组件表面辐照度>700 W/m2时，进行检测。

d) 组件温度的检测方法与6.2.1一致。

e) 曝露在自然光源下后，待组件温度保持恒定之后，记录下组件平均温度。即可进行输出功率检测。

f) 输出功率和*I*-*V*曲线的获得与6.2.1一致。

g) 电池组件光电转化效率的计算方法与6.2.1一致。其中输入功率由辐照计实时提供。

**6.3组件面积的测量**

如图6.1所示，组件的面积可以分为：组件总面积和光阑面积两种类型，这两种面积类型需在测试报告中分别标明。使用光阑面积测量时，需使用掩模版界定光阑面积。



图6.1 组件面积界定方式

组件实际面积和光孔面积的测量方式如下：

1. 组件总面积测量设备：可采用常规量具，精度优于1 mm，。对于面积较小的电池组件，建议选用光学测量设备，如影像测量仪，精度优于0.1 mm。
2. 组件光孔面积测量设备：建议采用影像测量仪，精度优于0.1 mm。

**7. 计算**

7.1 光电转换效率计算

光电转换效率按照（1）计算：

  $η\_{t}=\frac{P\_{max}}{G×S\_{t}}×100\%$ (1)

式中：

*η*t：光电转换效率;

*P*max：为电流-电压(*I*-*V*)特性测试中测得的太阳电池或组件的最大功率；

*S*t：为被测太阳电池或组件的总面积；

*E*：为被测太阳电池或组件上表面入射光的辐照度。

7.2 实际光电转换效率计算

实际光电转换效率按照（2）计算：

  $η\_{t}=\frac{P\_{max}}{G×S\_{t}}×100\%$ (2)

式中：

*η*a：为太阳电池或组件的实际光电转换效率；

*P*max：为电流-电压(*I*-*V*)特性测试中测得的太阳电池或组件的最大功率；

*S*ap：为被测太阳电池或组件的光阑面积；

*E*：为被测太阳电池或组件上表面入射光的辐照度。

**8. 测试报告**

实验机构应给出符合ISO/IEC 17025要求的实验报告，报告包括下列信息；

a) 标题；

b) 实验室的名称、地址和完成测试的地点；

c) 报告的每一页均有独特的标识；

d) 需要是有客户的名称和地址；

e) 相关的取样方式；

f) 采用的试验标准；

g) 试验样品的描述，必要时附加样品照片信息；

h) 试验样品的特点和条件；

i) 需要时标注收到试验样品的日期和试验日期；

j) 所用的试验方法；

k) 检验结果需包括钙钛矿太阳电池的面积、特定测试条件、钙钛矿太阳电池的最大功率、钙钛矿太阳电池的光电转换效率等影响测试结果的参数；

l) 实验结果估计不确定度的申明（必要时）；

m) 签名和标识，或等效识别试验员，其对报告的内容及颁发日期负责；

n) 对试验仅与相关实验项目结果的申明（必要时）；

o) 实验室出具的报告应完整采用，只有经实验室书面许可才可使用部分的申明。

**附录1**

（资料性附录）

证书编号\*\*\*\*\*\*\*\*-\*\*\*\*

**太阳电池测试报告**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1. 测试条件

标准太阳电池：太阳模拟器等级：温度传感器/控制系统：扫描区间、方向和扫描速度：掩膜版光阑面积：1. *I*-*V*特性曲线和参数

以上述标准太阳电池标定太阳模拟器辐照度至1000 W/m2，校准被测钙钛矿太阳电池的*I*-*V*特性。电流-电压(*I*-*V*)特性快速测试法*I*-*V*特性曲线如下图所示：正扫：反扫： 关键参数如下表：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 扫描类型 | 短路电流 | 开路电压 | 填充因子 | 最大功率 | 转换效率 |
| *I*sc(mA) | *V*oc(mV) | *FF*(%) | *P*m(mW) | *η*(%) |
| 正扫 |  |  |  |  |  |
| 反扫 |  |  |  |  |  |

 十点准稳态拟合法*I*-*V*特性曲线如下图所示：关键参数如下表：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 扫描点数 | 短路电流 | 开路电压 | 填充因子 | 最大功率 | 转换效率 | 扫描时间 |
| *I*sc(mA) | *V*oc(mV) | *FF*(%) | *P*m(mW) | *η*(%) | *t*(s) |
| 十点 |  |  |  |  |  |  |

最大功率点电压扫描法扫描的*P*max-*t*如下图所示：关键参数如下表：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 扫描位置 | 所测点电流 | 所测点电压 | 所测点功率 | 辐照光效率 | 扫描时间 |
| *Im*(mA) | *Vm*(mV) | *P*m(mW) | *P*(mW) | *t*(s) |
| 初始最大功率点 |  |  |  |  |  |
| 电压波动( mV) |  |  |  |  |  |
| 电压波动( mV) |  |  |  |  |  |

 |
| 测试/检验人员签字 |   日期： |
| 测试单位意见：签字：日期 | 送样单位意见：签字：日期： |

证书编号\*\*\*\*\*\*\*\*-\*\*\*\*

**组件测试报告**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1. 测试条件

|  |  |
| --- | --- |
| 室内测量 □ | 室外测量 □ |
| 标准太阳电池：太阳模拟器等级：温度传感器/控制系统：扫描区间和扫描时间：掩膜版光阑面积： | 标准太阳电池：太阳辐照度：温度传感器/控制系统：扫描区间和扫描时间：掩膜版光阑面积： |

1. *I*-*V*特性曲线和参数

以上述标准太阳电池标定太阳模拟器辐照度或室外光强至设定值，校准被测钙钛矿太阳电池的*I*-*V*特性。 十点准稳态拟合法*I*-*V*特性曲线如下图所示：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 扫描点数 | 短路电流 | 开路电压 | 填充因子 | 最大功率 | 转换效率 | 扫描时间 |
| *I*sc(mA) | *V*oc(mV) | *FF*(%) | *P*m(mW) | *η*(%) | *t*(s) |
| 十点 |  |  |  |  |  |  |

 |
| 测试/检验人员签字 |   日期： |
| 测试单位意见：签字：日期 | 送样单位意见：签字：日期： |