中国光伏行业协会标准

中国太陽光発電協会標準

《**钙钛矿太阳电池及组件的电流-电压(*I*-*V*)特性测量方法**》

「ペロブスカイト太陽電池およびモジュールの電流電圧（I-V）特性の測定方法」

征求意见稿编制说明

コメントのためのドラフトの準備のための指示

**一、任务来源　タスクのソース**

根据中国光伏行业协会2020年9月21日《关于印发2020年第一批光伏协会标准制修订计划的通知》的相关要求，《钙钛矿电池及组件的电流-电压（*I*-*V*）特性测量方法》（2020003-CPIA）由中国计量科学研究院和无锡市产品质量监督检验院联合牵头负责，中国光伏行业协会标准化技术委员会负责技术归口和管理，项目制定周期为12个月。

2020年9月21日の中国太陽光発電協会の「2020年の太陽光発電協会基準改訂計画の最初のバッチの印刷と配布に関する通知」の関連要件によると、「ペロブスカイト太陽電池の電流電圧（I-V）特性の測定方法とモジュール」（2020003-CPIA）は、中国計量アカデミーと無錫製品品質監督検査研究所が共同で主導し、中国太陽光発電産業協会の標準化技術委員会が技術の集中化と管理を担当しています。プロジェクトの策定サイクルは12か月です。

**二、编制原则　編制原則**

本标准在制定过程中主要按照下述原则编制标准内容：

この規格の策定中、規格の内容は主に次の原則に従って作成されました。

测试方法科学、先进、合理、安全、环保的原则；

試験方法は、科学的で、高度で、合理的で、安全で、環境にやさしいものです。

发扬民主、协商一致、共同确认的原则；

民主主義、コンセンサス、相互確認の原則を推進する。

与现行有效标准协调一致的原则。

現在有効な基準との調和の原則。

**三、标准编制背景　標準編制背景**

钙钛矿太阳电池及组件，是下一代的高效薄膜光伏技术的代表。近几年来，国际和国内科技部届、教育届、产业界都在大力发展高效钙钛矿电池及组件技术。国内以北京大学、清华大学、北京理工大学、中国科技大学、西安交大、上海交大、西湖大学、华南理工、南京理工大学、常州大学为代表广泛开展高效及稳定的钙钛矿电池研究，产业界也以杭州纤纳、北京曜能、保利协鑫、华能电力、众能光电等企业为代表制造商用化的钙钛矿组件。

ペロブスカイト太陽電池とモジュールは、次世代の高効率薄膜太陽光発電技術の代表的なものです。近年、科学技術、教育、産業の国際および国内省庁は、高効率のペロブスカイト電池および部品技術を精力的に開発しています。北京大学、清華大学、北京理工大学、中国科学技術大学、西安交通大学、上海交通大学、西湖大学、華南理工大学、南京工科大学、常州大学の代表者は効率的で安定したペロブスカイト電池に関する広範な研究を実施しました。杭州纤纳、北京曜能、保利协鑫、华能电力、众能光电などの企業も、商業化されたペロブスカイトコンポーネントを製造しています。

但是，评价钙钛矿太阳电池及组件光电转化效率的关键指标，电流-电压（*I*-*V*）特性的测量方法，一直是一个空白，目前仅仅是参考晶体硅电池及组件的测量方法进行间接测量，不但缺少用钙钛矿太阳电池材料直接制作的标准电池及标准组件，而且各个高校及企业测量用的电压和电流扫描速率，扫描频率，光谱范围都是五花八门，缺乏统一的标准。

しかし、ペロブスカイト太陽電池やモジュールの光電変換効率を評価するための重要な指標である電流-電圧（IV）特性の測定方法は、常に空白であり、現在、結晶シリコン電池やモジュールの測定方法を参照した間接測定にすぎません。ペロブスカイト太陽電池材料で直接作られた標準セルと標準コンポーネントが不足しており、さまざまな大学や企業が測定に使用する電圧と電流のスキャン速度、スキャン周波数、スペクトル範囲が異なります。そして統一された基準の欠如があります。

因此急需制定统一的钙钛矿太阳电池及组件电流-电压（*I*-*V*）特性测量的方法标准。

したがって、ペロブスカイト太陽電池およびモジュールの電流-電圧（I-V）特性を測定するための統一された方法標準を策定することが急務です。

**四、国内外标准现状　国内外の標準の現状**

目前国内外均尚无统一的钙钛矿太阳电池及组件的电流-电压（*I*-*V*）特性测量方法。现有的IEC 60904系列是对光伏电池的通用检测标准，主要适用于晶体硅、硅基薄膜、CIGS等电池，不完全适用于钙钛矿太阳电池。IEC TR 63228规定了有机、染料敏化、钙钛矿太阳电池的基本测试原则，但缺乏对电流-电压（*I*-*V*）特性测量中的具体方法、步骤和设备要求。

現在、国内外でペロブスカイト太陽電池とモジュールの統一された電流-電圧（I-V）特性測定方法はありません。既存のIEC60904シリーズは、太陽電池の一般的な試験規格であり、主に結晶シリコン、シリコンベースの薄膜、CIGSなどのセルに適していますが、ペロブスカイト太陽電池には完全には適していません。IEC TR 63228は、有機、色素増感、およびペロブスカイト太陽電池の基本的なテスト原則を規定していますが、電流-電圧（I-V）特性測定のための具体的な方法、手順、および機器要件がありません。

**五、标准编制过程　標準編制プロセス**

**1.** 2020年9月21日，《钙钛矿电池及组件的电流-电压（*I*-*V*）特性测量方法》协会标准制定计划正式下达。

「ペロブスカイト電池およびモジュールの電流-電圧（I-V）特性の測定方法」協会標準制定計画が正式に発表されました。

**2.** 2020年10月，由11家单位组成的编制组正式成立，并于2020年10月26日在北京理工大学召开了启动会暨第一次讨论会，针对标准草案的内容，形成如下修改意见：

11ユニットからなる編制グループが正式に設立され、2020年10月26日に北京理工大学でキックオフミーティングと最初のディスカッションミーティングが開催されました。基準案の内容に以下の修正が加えられました。

1. 编制组认为钙钛矿电池名称有可能造成太阳电池与电池的概念混淆，因此建议更名为：钙钛矿太阳电池及组件的电流-电压(I-V)特性测量方法

編集チームは、ペロブスカイト電池の名前が太陽電池と電池の概念を混同する可能性があると考えているため、名前を次のように変更することをお勧めします：ペロブスカイト太陽電池の電流-電圧（IV）特性測定方法モジュール

1. 第1章标准范围与目的：编制组认为需先做好钙钛矿太阳电池的电流-电压检测方法，再进行叠层太阳电池的效果开发，建议增加一句描述：叠层太阳电池的电流-电压（*I*-*V*）特性测量参照本标准。

第1章標準の範囲と目的：編集チームは、ペロブスカイト太陽電池の電流-電圧検出方法を最初に行う必要があると考えており、次にタンデム太陽電池の効果開発を提案します。説明を追加することをお勧めします。タンデム太陽電池の説明電流-電圧（IV）特性測定は、この規格を参照しています。

（3）第3章术语与定义：编制组建议在该部分需要增加太阳电池的示意图，说明钙钛矿太阳电池的面积定义；在标准的正文与测试报告中均需说明太阳电池测试面积的定义或具体所指；删除对测试环境尤其是测试湿度条件的限制，以此扩展本标准的适用范围。

第3章用語と定義：編集グループは、ペロブスカイト太陽電池の領域の定義を説明するために、太陽電池の概略図をこの部分に追加する必要があることを示唆しています;太陽電池テスト領域の定義または特定のポイントはこの規格の適用範囲を拡大するために、試験環境、特に試験湿度条件の制限を削除するを参照してください。

（4）第4章设备要求：编制组建议，就设备的精度、设备使用环境与设备使用过程中的电压步进速率进行详细地讨论与确认；需要确认标准化的测试夹具与测量仪器，保证测量结果的不确定度。建议该章接增设4.4光谱测量与失配，该章节可引用IEC标准，但也与该标准有细致地区别。

第4章機器の要件：機器の精度、機器の使用環境、および機器の使用中の電圧ステップレートについて詳細に話し合い、確認するための編集グループの推奨事項。標準化されたテストフィクスチャを確認する必要があります。測定結果の精度を確保するための測定器。確実性。この章に4.4スペクトル測定と不一致を追加することをお勧めします。この章ではIEC規格を参照できますが、この規格とは少し異なります。

（5）第5章测试方法：编制组建议删除预处理环节；修改并增加测试方法，由目前的十三点拟合法修改并增加为十点拟合法与最大光功率法二选一的测试方法。二种方法分别由北京理工大学、北京大学（十点拟合法）与上海微系统所（最大光功率法）进行细节修正；明确扫描时间等。

第5章テスト方法：編制チームは、前処理リンクを削除することをお勧めします。現在の13ポイントフィッティング方法から変更され、10ポイントフィッティングの1つであるテスト方法として追加されたテスト方法を変更して追加します。方法と最大光パワー法。2つの方法は、北京理工大学、北京大学（10点フィッティング法）および上海マイクロシステムズ研究所（最大光パワー法）によってそれぞれ変更され、スキャン時間が明確になります。

（6）草案的测试报告：编制组成员建议增加对失配因子与模拟器光源稳定性的说明；附件目录中建议测试湿度不宜超过75%。

ドラフトテストレポート：編集チームのメンバーは、不一致係数とシミュレータの光源の安定性の説明を追加することを提案しています。付録カタログでは、テスト湿度が75％を超えないようにすることをお勧めします。

**3.** 2020年11月—12月，编制组对测量中涉及的温度、辐照度修正问题，拟合法步骤问题，参考标准IEC 60891，IEC TR 63228等标准进行了详细的线上讨论，选择其中一部分编入本标准中。

編制チームは、IEC60891やIECTR 63228などの規格を参照して、測定に関連する温度と放射照度の補正の問題、およびフィッティング方法の手順について詳細なオンラインディスカッションを実施し、この規格に含めるものをいくつか選択しました。

**4.** 2020年12月29日，编制组在常州大学召开了第二次标准讨论会，形成修改意见如下：

編制チームは常州大学で第2回標準討論会を開催し、以下の修正案を作成しました。

（1）对国际新标准IEC TR 63228和IEC 60891进行了解读和介绍，并考虑使用IEC 60891中的温度修正方法1 和 方法 2。

（1）新しい国際規格IEC TR63228およびIEC60891が解釈および導入され、IEC60891の温度補正方法1および方法2が考慮されています。

（2）讨温度测量方法和测量要求。建议使用 等同样品的 PT100热电偶测量，加衬底加遮光Mask，同时做温度系数测量，编制组各单位提供样品（含PT100）及夹具。

（2）温度測定方法と測定要件について話し合う。 測定用サンプルと同等のPT100熱電対を使用し、基板と遮光マスクを追加し、同時に温度係数を測定することをお勧めします。編集グループの各ユニットは、サンプル（PT100を含む）とフィクスチャを提供します。

**5.** 2021年1月，主要牵头起草人员赴杭州纤纳、北京曜能，对钙钛矿组件的温度测量、*I*-*V*测量夹具引入的误差等问题进行现场试验讨论。

主な起草人は、杭州纤纳と北京曜能に行き、ペロブスカイト成分の温度測定とI-V測定治具によって導入された誤差に関するオンサイトテストディスカッションを実施しました。

**6.** 2021年2月5日，编制组进行了线上集中讨论，形成意见如下：

準備チームは集中的なオンラインディスカッションを実施し、次のように意見を形成しました。

（1）测试方法部分修改原则：说明测试方法使用的目的与原因；全员检查测试方法的合理性并给出可靠的参考文献或实验数据证明；检查测试方法的文字、断句与逻辑关系；*I*-*V*特性测量方法3需要给出具体定量的范围；组件详细检查IEC标准，若完全照抄则仅需引用，若有不同，则详细说明不同之处并提供必要的实验数据。

（1）試験方法の変更の原則：試験方法の目的と理由を説明する;すべてのスタッフが試験方法の合理性をチェックし、証明するための信頼できる参照または実験データを提供する;のテキスト、文および論理的関係をチェックする試験方法; IV特性測定方法3は特定の定量範囲を与える必要があります;コンポーネントはIEC規格に従って詳細にチェックされ、完全にコピーされている場合は引用するだけで済みます。違いがある場合は、違いと必要な実験データを提供します。

（2）其他章节部分修改原则。效率计算章节：检查文本与符号；测试报告章节：确认第三方专业机构的报告组成；附录章节：附录2删除，附录3改为附录2，确认附录2保留在标准中作为实例或作为标准编制说明。

（2）他の章の部分的な改訂の原則。効率計算の章：テキストと記号の確認;テストレポートの章：サードパーティの専門組織のレポート構成の確認;付録の章：付録2が削除され、付録3が付録2に変更され、付録2が標準に保持されていることを確認する例として、または標準的な準備手順として。

**7.** 2021年4月，形成征求意见稿。

コメントのドラフト

**六、标准主要内容**

**（一）设备要求**

**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。

**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。

**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.组件最大功率测试设备**

组件最大功率测量设备要求同2。

**5. 组件面积测试设备**

组件面积测试设备要求同3。

**（二）太阳电池的测试过程**

**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。

**2. 太阳电池最大功率的测量**

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。

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：

2.2.1 方法一：电流-电压(*I*-*V*)特性快速测试法

2.2.2 方法二：十点准稳态拟合法

2.2.3 方法三：最大功率点电压扫描法

**3 太阳电池面积的测量**

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。

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。

**（三） 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。

**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。

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。

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。

1.3光照预处理相关程序

1.3.1模拟光照预处理的设备与环境

1.3.2初始预处理

1.3.3光照预处理的步骤

1.3.4其他预处理程序

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。

**2 组件*I*-*V*特性的测量**

2.1 组件使用模拟光源的室内测量

2.2 组件使用自然光源的户外测量

**3组件面积的测量**

**（四）计算**

1 光电转换效率计算

**（五）与国内有关现行法律、法规和强制性标准的关系**

该标准符合国家有关法律、法规的要求，与现行国家强制性标准协调一致。

**（六）标准实施的建议**

本标准建议作为推荐性协会标准实施。

标准编制组

2021年4月