



جمهوری اسلامی ایران

Islamic Republic of Iran

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

Institute of Standards and Industrial Research of Iran



استاندارد ملی ایران

۸۴۸۶

چاپ اول

ISIRI

8486

1st.edition

**عملکرد الکتریکی سلول های فتوولتائیک با**

**استفاده از سلول های مرجع تحت نور خورشید**

**شبه سازی شده - روش آزمون**

Electrical performance of photovoltaic cells  
using reference cells under simulated sunlight  
- Test method

## « بسمه تعالی »

آشنایی با مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب قانون، تنها مرجع رسمی کشور است که عهده دار وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) میباشد.

تدوین استاندارد در رشته های مختلف توسط کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط با موضوع صورت میگیرد. سعی بر این است که استانداردهای ملی، در جهت مطلوبیت ها و مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فنی و فن آوری حاصل از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع شامل: تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، بازرگانان، مراکز علمی و تخصصی و نهادها و سازمانهای دولتی باشد. پیش نویس استانداردهای ملی جهت نظرخواهی برای مراجع ذینفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال میشود و پس از دریافت نظرات و پیشنهادها در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که توسط مؤسسات و سازمانهای علاقمند و ذیصلاح و با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می شود نیز پس از طرح و بررسی در کمیته ملی مربوط و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی چاپ و منتشر می گردد. بدین ترتیب استانداردهایی ملی تلقی می شود که بر اساس مفاد مندرج در استاندارد ملی شماره (۵) تدوین و در کمیته ملی مربوط که توسط مؤسسه تشکیل میگردد به تصویب رسیده باشد.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد میباشد که در تدوین استانداردهای ملی ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندیهای خاص کشور، از آخرین پیشرفتهای علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی استفاده می نماید.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون به منظور حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردها را با تصویب شورای عالی استاندارد اجباری نماید. مؤسسه می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آنرا اجباری نماید.

همچنین بمنظور اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمانها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و گواهی کنندگان سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاهها و کالیبره کنندگان وسایل سنجش، مؤسسه استاندارد اینگونه سازمانها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران مورد ارزیابی قرار داده و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آنها اعطا نموده و بر عملکرد آنها نظارت می نماید. ترویج سیستم بین المللی یکاها، کالیبراسیون وسایل سنجش تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی از دیگر وظایف این مؤسسه می باشد.

نشانی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران : کرج - شهر صنعتی، صندوق پستی ۱۶۳-۳۱۵۸۵

۱ دف مرکزی : تهران - ضلع جنوبی میدان ونک - صندوق پست : ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵

تلفن مؤسسه در کرج: ۰۲۶۱-۲۸۰۶۰۳۱-۸ (

تلفن مؤسسه در تهران: ۰۲۱-۸۸۷۹۴۶۱-۵ (

دورنگار: کرج ۰۲۶۱-۲۸۰۸۱۱۴ - تهران ۰۲۱-۸۸۸۷۰۸۰-۸۸۸۷۱۰۳ )

بخش فروش - تلفن: ۰۲۶۱-۲۸۰۷۰۴۵ - دورنگار: ۰۲۶۱-۲۸۰۷۰۴۵ ☆

پیام نگار: [Standard @ isiri.or.ir](mailto:Standard@isiri.or.ir) :

بهاء: ۲۳۷۵ ریال

*Headquarters :Institute Of Standards And Industrial Research Of IRAN*

31585-163 Karaj – IRAN P.O.Box: ۳  
0098 (261) 2806031-8 *Tel.(Karaj):* (

0098 (261) 2808114 *Fax.(Karaj):* )

**Central Office :** *Southern corner of Vanak square , Tehran*

14155-6139 Tehran - IRAN P.O.Box:  
0098(21)8879461-5 *Tel.(Tehran):* (

0098 (21) 8887080,8887103 *Fax.(Tehran):* )

*Standard @ isiri.or.ir* *Email:* :

2375”RLS *Price:*

## کمیسیون استاندارد "عملکرد الکتریکی سلول های فتوولتائیک با استفاده از

### سلول های مرجع تمت نور فورشید شبیه سازی شده- روش آزمون"

#### رئیس

صرافعی، محسن

(دکترای فیزیک)

#### سمت یا نمایندگی

دانشگاه زنجان

#### اعضاء

سهیلی، عبدالکریم

(لیسانس فیزیک)

شرکت کابل کمان

شاهنواز، محمدرضا

(فوق لیسانس مهندسی شیمی)

سازمان انرژی های نو ایران(سانا)

رهروی، مجید

(فوق لیسانس انرژی)

شرکت برق منطقه ای زنجان

زارعی، علی

(لیسانس مهندسی برق)

سازمان انرژی های نو ایران(سانا)

عابدینی، یوسفعلی

(دکترای فیزیک)

دانشگاه زنجان

#### دبیر

خدائی فرد، شراره

(فوق لیسانس فیزیک)

اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان زنجان

# اعضای شرکت کننده در سیصد و سی و ششمین اجلاس کمیته ملی برق و

## الکترونیک مورخ ۸۴/۷/۱۸

### رئیس کمیته ملی

ثابت مرزوقی، اسحق  
(فوق لیسانس برق)

### نماینده

دانشگاه تهران

### اعضاء

اعظم، داریوش

(لیسانس معماری)

انجمن انرژی خورشیدی ایران

خدائی فرد، شراره

(فوق لیسانس فیزیک)

اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان زنجان

خضرائی، آزیتا

(فوق لیسانس)

اداره کل برق و الکترونیک مؤسسه

رحیمی، آرام

(فوق لیسانس اقتصاد انرژی)

سازمان بهینه سازی

زارعی، علی

(لیسانس مهندسی برق)

سازمان انرژی های نو ایران

شاه محمدی، فاطمه

(فوق لیسانس سیستم های انرژی)

سازمان بهینه سازی

شاهنواز، محمدرضا

(فوق لیسانس مهندسی شیمی)

سازمان انرژی های نو ایران

شیروانی، فهیمه

(دیپلم اقتصاد)

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

نظافتی، حیدر

(فوق لیسانس قدرت)

توانیر

نماینده ریاست مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

نوروزی، سعید

(دکتر)

دبیر کمیته ملی

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

طوماریان، سهیلا

(لیسانس مهندسی الکترونیک)

## فهرست مندرجات ..... صفحه

ب	پیش گفتار	ب
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۲	مراجع الزامی	۲
۳	اصطلاحات و تعاریف	۳
۵	اصول روش آزمون	۵
۶	اهمیت و کاربرد	۶
۷	وسایل لازم	۷
۱۰	روش اجرای آزمون	۱۰
۱۱	روش محاسبه	۱۱
۱۳	گزارش آزمون	۱۳
۱۵	دقت و پیش مقدار	۱۵
۱۶	کلید واژه ها	۱۶
۱۷	پیوست	۱۷

## پیش‌گفتار

استاندارد "عملکرد الکتریکی سلول های فتوولتائیک با استفاده از سلول های مرجع تحت نور خورشید شبیه سازی شده- روش آزمون" که پیش نویس آن توسط کمیسیونهای مربوط تهیه و تدوین شده و در سیصد و سی و پنجمین جلسه کمیته ملی استاندارد برق و الکترونیک مورخ ۷/۱۸/۸۴ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ بعنوان استاندارد ملی ایران منتشر می شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفتهای ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هرگونه پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین برای مراجعه به استانداردهای ایران باید همواره از آخرین تجدیدنظر آنها استفاده کرد.

در تهیه و تدوین این استاندارد سعی شده است که ضمن توجه به شرایط موجود و نیازهای جامعه، در حد امکان بین این استاندارد و استاندارد ملی کشورهای صنعتی و پیشرفته هماهنگی ایجاد شود. منبع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد بکار رفته به شرح زیر است:

1. ASTM E 948:1995 Standard Test Method for electrical performance of Photovoltaic Cells Using Reference Cells Under Simulated Sunlight.



## عملکرد الکتریکی سلول های فتوولتائیک با استفاده از سلول های مرجع

### تمت نور خورشید شبیه سازی شده - روش آزمون

#### ۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد، تعیین و ارائه روش آزمون برای تعیین عملکرد الکتریکی سلول فتوولتائیک تحت نور خورشید شبیه سازی شده به منظور تعیین یک روش اجرای آزمون برای سلول مرجع کالیبره شده، می باشد.

۲-۱ اندازه گیری های عملکرد الکتریکی به منظور انتخاب یک مجموعه شرایط گزارش استاندارد<sup>۱</sup> (SRC) ( به جدول ۱ مراجعه کنید) یا شرایط ویژه کاربر، گزارش می شوند.

۱-۲-۱ SRC یا شرایط ویژه کاربر شامل دمای سلول، تابش کل و توزیع تابش طیفی مرجع می باشد.

۳-۱ این روش آزمون فقط برای سلول های فتوولتائیک با پاسخ خطی در محدوده مورد نظر به کار می رود.

۴-۱ پارامترهای عملکرد تعیین شده توسط این روشهای آزمون فقط در زمان آزمون به کار می رود و سطح عملکرد گذشته و یا آینده را بیان نمی کند.

۵-۱ تاکنون استاندارد ایزو مشابه این استاندارد منتشر نشده است.

۶-۱ این استاندارد تمام موارد مرتبط با ایمنی را بیان نمی کند ولی بر بکارگیری آن تأکید دارد. رعایت تمام موارد مربوط به ایمنی، محدودیت های قانونی و کاربردی بر عهده استفاده کننده این استاندارد می باشد.

## جدول ۱- شرایط گزارش استاندارد

یادآوری ۱- ثابت خورشیدی فرازمینی و تابش طیفی که در جداول استاندارد ASTM E490 شرح داده شده است بیانگر آخرین اندازه گیری های این مقادیر نمی باشد. مرکز جهانی تابش، با قابلیت اطمینان زیاد مقدار  $1367 \text{ Wm}^{-2}$  را برای ثابت خورشیدی تابش فرا زمینی سفارش کرده است.

توزیع تابش طیفی مرجع	تابش کل ( $\text{Wm}^{-2}$ )	دما ( $^{\circ}\text{C}$ )
جدول ASTM E891	۱۰۰۰	۲۵
جدول ASTM E892	۱۰۰۰	۲۵
جدول ASTM E490	۱۳۵۳	۲۵

## ۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد به آن ها ارجاع شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد محسوب می شود. در مورد مراجع دارای تاریخ چاپ و /یا تجدید نظر، اصلاحیه ها و تجدیدنظرهای بعدی این مدارک مورد نظر نیست. معهدا بهتر است کاربران ذینفع این استاندارد، امکان کاربرد آخرین اصلاحیه ها و تجدیدنظرهای مدارک الزامی زیر را مورد بررسی قرار دهند. در مورد مراجع بدون تاریخ چاپ و /یا تجدیدنظر، آخرین چاپ و /یا تجدید نظر آن مدارک الزامی ارجاع داده شده مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

استاندارد ملی ایران ۸۴۸۵ : ۱۳۸۴- مشخصات شبیه ساز خورشیدی برای

آزمایش فتوولتائیک زمینی.

---

Standard reporting conditions

- ۲-۲ استاندارد ملی ایران ۸۴۸۷ : ۱۳۸۴- تعیین پارامتر عدم تطبیق طیفی بین یک قطعه فتوولتائیک و یک سلول مرجع فتوولتائیک- روش آزمون
- ۳-۲ استاندارد ملی ایران ۸۴۸۸ : ۱۳۸۴- اندازه گیری پاسخ طیفی سلول های فتوولتائیک- روش آزمون.
- ۴-۲ استاندارد ملی ایران ۸۴۹۰ : ۱۳۸۴- کالیبراسیون سلول های مرجع اولیه فتوولتائیک غیرمتمرکز سیلیکونی تحت تابش کلی - روش آزمون.
- ۵-۲ استاندارد ملی ایران ۸۴۹۱ : ۱۳۸۴- مشخصات ویژگی فیزیکی سلول های مرجع فتوولتائیک زمینی غیرمتمرکز.
- ۶-۲ استاندارد ملی ایران ۸۴۹۳ : ۱۳۸۴- تبدیل انرژی خورشیدی فتوولتائیک - اصطلاحات و واژه ها.
- ۷-۲ استاندارد ملی ایران ۸۴۹۴ : ۱۳۸۴- کالیبراسیون سلول های مرجع ثانویه فتوولتائیک غیرمتمرکز- روش آزمون.

2.8 ASTM E 490 Constant and Air Mass Zero Solar Spectral Irradiance Tables.

2.9 ASTM E 491 Practice for Solar Simulation for Thermal Balance Testing of Spacecraft.

2.10 ASTM E 691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of Test Method.

2.11 ASTM E 772 Terminology Relating to Solar Energy Conversion

2.12 ASTM E 891 Terrestrial Direct Normal Solar Spectral Irradiance Tables for Air Mass 1.5.

2.13 ASTM E 892 Terrestrial Solar Spectral Irradiance Tables at Air Mass 1.5 for a 37°C Tilted Surface.

2.14 ASTM E 1125 Test Method for Calibration of Primary Non-Concentrator Terrestrial Photovoltaic Reference Cells Using a Tabular Spectrum.

### ۳ اصطلاحات و تعاریف

۱-۳ در این استاندارد اصطلاحات و/ یا واژه ها با تعاریفی که در استاندارد ملی ایران ۸۴۹۳ و واژه‌نامه استاندارد ASTM E772 شرح داده شده است، به کار می رود.

۲-۳ شرح اصطلاحات ویژه در این استاندارد:

#### ۱-۲-۳ دمای سلول

دمای پیوند نیمرسانای یک سلول فتوولتائیک که بر حسب درجه سلسیوس بیان می شود.

#### ۲-۲-۳ دمای پیوند

مترادف با دمای سلول می باشد.

#### ۳-۲-۳ چشمه نور

چشمه انرژی تابشی استفاده شده برای اندازه گیری عملکرد سلول است که نور طبیعی خورشید را شبیه سازی می کند.

#### ۳-۳ نمادها

۱-۳-۳ نمادها و یکاهای زیر در این روش آزمون مورد استفاده قرار می گیرند:

A- مساحت سلول،  $m^2$

$\alpha_T$  - ضریب حرارتی سلول مرجع،  $^{\circ}C^{-1}$

C- ثابت کالیبراسیون سلول مرجع،  $Am^2W^{-1}$

E- تابش،  $Wm^{-2}$

$E_0$ - تابش گزارش استاندارد،  $Wm^{-2}$

$\eta$ - بازده، درصد

FF- عامل پرکننده، درصد

I- جریان الکتریکی، A

$I_0$  - جریان مورد انتظار SRC، A

$I_r$ - جریان اتصال کوتاه سلول مرجع، A

$I_{sc}$ - جریان اتصال کوتاه، A

M- پارامتر عدم تطابق طیفی

$P_m$ - توان حداکثر، W

$R_s$  - مقاومت سری،  $\Omega$

T- دما،  $^{\circ}C$

$T_0$ - دمای گزارش استاندارد،  $^{\circ}C$

$T_r$ - دمای سلول مرجع،  $^{\circ}C$

V- ولتاژ، V

$V_0$ - ولتاژ مورد انتظار SRC، V

$V_{oc}$ - ولتاژ مدار باز، V

## ۴ اصول روش آزمون

۴-۱ آزمون عملکرد سلول فتوولتائیک شامل اندازه گیری مشخصه (I-V) جریان الکتریکی در

برابر ولتاژ سلول است در حالیکه سلول تحت نوردهی چشمه نوری مناسب می باشد.

**۲-۴** سلول مرجع فتوولتائیک کالیبره شده (به بند ۶-۱ مراجعه کنید) جهت تعیین تابش کل در حین آزمون و برای محاسبه توزیع طیفی چشمه نور استفاده می شود.

**۳-۴** نور خورشید شبیه سازی شده بعنوان چشمه نوری برای اندازه گیری عملکرد الکتریکی استفاده می شود. الزامات شبیه سازی نور در استاندارد ملی ایران ۸۴۸۵ (برای کاربردهای زمینی) و استاندارد ASTM E491 (برای کاربردهای فضایی) تعریف شده است.

**۴-۴** داده های حاصل از اندازه گیری ها، توسط شرایط گزارش استاندارد یا شرایط گزارش ویژه کاربر تصحیح می شود. شرایط گزارش استاندارد در جدول ۱ تعریف شده است.

**۱-۴-۴** خطای اندازه گیری ناشی از انحراف شرایط تابش از SRC با استفاده از تابش کل اندازه گیری شده با سلول مرجع و پارامتر عدم تطابق طیفی، M، که در استاندارد ملی ایران ۸۴۸۷ تعیین شده است، تصحیح می شود.

**۲-۴-۴** خطای اندازه گیری ناشی از انحراف دمای سلول از SRC با نگهداشتن دمای سلول نزدیک مقدار دمای مورد نیاز (به بند ۷-۶-۱ مراجعه کنید)، حداقل می شود.

## **۵ اهمیت و کاربرد**

**۱-۵** هدف از این روش آزمون، تعیین و ارائه روش مشخص برای آزمایش و گزارش عملکرد الکتریکی سلول های فتوولتائیک می باشد.

**۲-۵** نتایج آزمون را می توان برای مقایسه سلول ها در میان گروهی از سلول های مشابه یا جهت مقایسه انواع مختلف نظیر محصولات کارخانجات مختلف استفاده کرد. اندازه گیری های تکراری یک سلول می تواند برای مطالعه تغییرات در عملکرد قطعه استفاده شود.

**۳-۵** این روش آزمون، عملکرد الکتریکی یک سلول بر اساس توان خروجی در یک فاصله زمانی منفرد را تعیین می کند و برای تامین مجموع توان خروجی در یک دوره تناوب زمانی و شرایط معین جهت پیش بینی خروجی انرژی بکار نمی رود.

**۴-۵** این روش آزمون نیاز به یک سلول مرجع کالیبره شده مورد انتظار توزیع تابش طیفی مرجع مناسب مانند جدول ASTM E490، ASTM E891 یا ASTM E892 دارد. وظیفه کاربر است که تعیین نماید که چه توزیع تابشی طیفی مرجعی برای یک کاربرد ویژه مناسب است.

## **۶ وسایل لازم**

### **۱-۶ سلول مرجع فتوولتائیک**

سلول مرجع کالیبره شده ای است که برای تعیین تابش کل هنگام اندازه گیری عملکرد الکتریکی بکار می رود.

**۱-۱-۶** سلول مرجع را می توان بر اساس استاندارد ملی ایران ۸۴۹۰، ASTM E1125 یا استاندارد ملی ایران ۸۴۹۴ برای کاربردهای خاص، کالیبره کرد.

**یادآوری ۱-** در حال حاضر هیچ استاندارد کالیبراسیون سلول مرجع برای کاربردهای فضایی وجود ندارد، هر چند روش های اجرایی برای کالیبره کردن سلول های مرجع برای بالن های در ارتفاع بالا و پروازهای نزدیک مدار زمین استفاده می شود.

**۲-۱-۶** برای تعیین  $I_{sc}$  سلول مرجع تحت چشمه نور باید وسایل اندازه گیری جریان (به بند ۶-۳ مراجعه کنید) استفاده شود.

### **۲-۶ اسباب آزمون**

هم سلول مورد آزمون و هم سلول مرجع در وسیله ای نصب می شوند که الزامات زیر را برآورده می کند.

**۱-۲-۶** اسباب آزمون باید توزیع دمای جانبی یکنواختی در محدوده  $\pm 0.5$  درجه سلسیوس را در طول اندازه گیری عملکرد تضمین نماید.

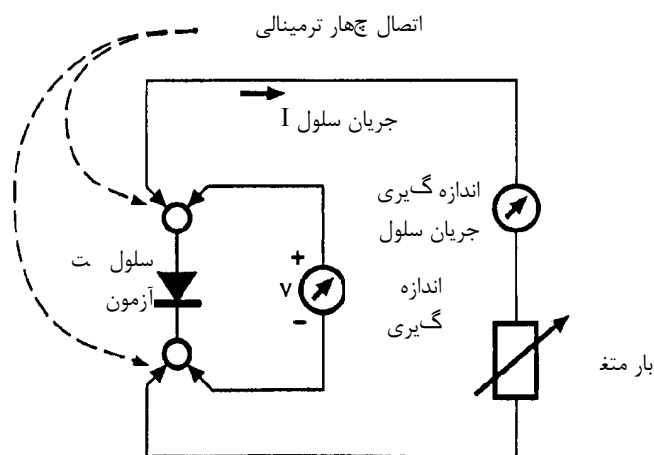
**۲-۲-۶** اسباب آزمون باید شامل پیش بینی هایی برای ثابت نگهداشتن دما هم برای سلول مرجع و هم سلول مورد آزمون، باشد (به بند ۱-۶-۷ مراجعه کنید).

**یادآوری ۲-** وقتی از چشمه نور ضربانی یا کرکره ای استفاده می کنیم، امکان دارد حتی در هنگامی که دمای سلول کنترل می شود نیز دمای سلول به محض نوردهی اولیه افزایش یابد.

**۳-۲-۶** اسباب آزمون وقتی در نور خورشید شبیه سازی شده جای داده می شود، باید اطمینان حاصل شود میدان دید سلول مرجع و سلول مورد آزمون، یکسان می باشد.

**یادآوری ۳-** بعضی از شبیه سازهای خورشیدی ممکن است مقدار قابل ملاحظه ای تابش از زاویه مورب یا غیر قائم به نمونه آزمون داشته باشند. در این حالت ها، این مهم است که سلول مورد آزمون و سلول مرجع مشخصات ضریب بازتاب و پاسخ کسینوسی یکسان داشته باشند.

**۴-۲-۶** اتصال چهار ترمینالی (که به اتصال کلون معروف است، به شکل ۱ مراجعه کنید) سلول مورد آزمون به وسایل اندازه گیری I-V (به بندهای ۳-۶ تا ۵-۶ مراجعه کنید) باید بکار رود.



**شکل ۱- شمای اندازه گیری I-V**



### ۳-۶ وسایل اندازه گیری جریان

وسیله یا وسایل بکار رفته برای اندازه گیری جریان و  $I_{sc}$  سلول مرجع باید تفکیک پذیری حداقل ۰/۰۲ درصد و خطای کل کمتر از ۰/۱ درصد جریان حداکثر اندازه گیری شده باشد را دارا باشند.

### ۴-۶ وسایل اندازه گیری ولتاژ

وسیله یا وسایل بکار رفته برای اندازه گیری ولتاژ باید تفکیک پذیری حداقل ۰/۰۲ درصد و خطای کل کمتر از ۰/۱ درصد ولتاژ حداکثر اندازه گیری شده را دارا باشند.

### ۵-۶ بار متغیر

بار الکتریکی مانند مقاومت متغیر یا چشمه تغذیه برنامه پذیر، برای کار کردن سلول مورد آزمون در نقاط مختلف مشخصه  $I-V$  آن بکار می رود.

۱-۵-۶ بار متغیر باید توانایی کار کردن سلول مورد آزمون در یک نقطه از مشخصه  $I-V$  را داشته باشد بطوریکه ولتاژ در محدوده یک درصد  $V_{oc}$  در یک چهارم توان تولیدی باشد.

۲-۵-۶ بار متغیر باید توانایی کار کردن سلول مورد آزمون در یک نقطه از مشخصه  $I-V$  را داشته باشد بطوریکه جریان در محدوده یک درصد  $I_{sc}$  در یک چهارم توان تولیدی باشد.

۳-۵-۶ بار متغیر باید اجازه دهد که تفکیک پذیری توان خروجی (حاصل از جریان و ولتاژ سلول) حداقل ۰/۲ درصد توان حداکثر را داشته باشد.

۴-۵-۶ زمان پاسخ الکتریکی بار متغیر باید بقدری سریع باشد که بازه نقاط کار  $I-V$  در طول مدت اندازه گیری را جاروب کند.

یادآوری ۴- زمان پاسخ سلول مورد آزمون را می توان به سرعتی محدود کرد که نقاط کار  $I-V$  بتواند جاروب شود، بخصوص وقتی که شبیه سازهای خورشیدی ضربانی بکار می رود. در این حالتها شاید لازم باشد بازه های کوچکتر منحنی  $I-V$  با اندازه گیری چند باره برای بدست آوردن بازه کل مورد نیاز، اندازه گیری شود.

## ۶-۶ هشتمه نور

الزامات شبیه سازی خورشیدی بکار رفته برای نوردهی سلول مورد آزمون در استاندارد ملی ایران ۸۴۸۵ (کاربردهای زمینی) و روش اجرای آزمون ASTM E491 (کاربردهای فضایی) تعریف شده است.

## ۷-۶ وسایل اندازه گیری دما

وسیله یا وسایل مورد استفاده برای اندازه گیری دمای سلول، هم برای سلول مرجع و هم برای سلول مورد آزمون باید تفکیک پذیری حداقل ۰/۱ درجه سلسیوس و خطای کل خواندن کمتر از  $\pm 1$  درجه سلسیوس داشته باشد.

۱-۷-۶ حس گرهای بکار رفته برای اندازه گیری (های) دما باید در محلی نصب شوند که هر گونه تغییرات دمایی بین حس گر و اتصال قطعه فتوولتائیک به حداقل برسد.

## ۷ روش اجرای آزمون

۱-۷ مجموع مقاومت های الکتریکی  $R_s$  سلول مورد اندازه گیری را تعیین کنید. یک روش پذیرفته شده در پیوست الف بیان شده است.

۱-۱-۷ چنانچه تابش کل در طول عملیات اندازه گیری، توسط سلول مرجع حدود  $\pm 2$  درصد تابش کل گزارش استاندارد، اندازه گیری شود، مجموع مقاومت های الکتریکی نیاز نیست.

۲-۷ مساحت سلول، A، را با استفاده از تعاریف موجود در استاندارد ملی ایران ۸۴۹۳ اندازه گیری کنید.

۳-۷ پارامتر عدم تطابق طیفی، M، را با استفاده از استاندارد ملی ایران ۸۴۸۷ تعیین کنید.

۴-۷ سلول مورد آزمون و سلول مرجع را در دستگاه آزمون نصب کنید.

**یادآوری ۵-** هر گونه غیر یکنواختی تابش (به استاندارد ملی ایران ۸۴۸۵ مراجعه کنید) بین محل های سلول مرجع و سلول مورد آزمون، یک خطای پیش مقدار در اندازه گیری عملکرد سلول ایجاد خواهد کرد.

**۱-۴-۷** چنانچه چشمه نور ضربانی یا کرکره ای استفاده شود وسایل آزمون را در معرض چشمه نوردهی قرار دهید.

**۵-۷** دمای سلول مرجع،  $T_r$ ، را اندازه گیری کنید.

**۱-۵-۷** اگر ناپایداری موقت چشمه نور (در استاندارد ملی ایران ۸۴۸۵ تعریف شده است) کمتر از ۰/۱ درصد باشد، تابش کل، توسط سلول مرجع پیش از اندازه گیری عملکرد تعیین می شود. در این حالت، مراحل زیر را برای اندازه گیری تابش کل دنبال کنید.

**۱-۱-۵-۷** جریان اتصال کوتاه سلول مرجع  $I_r$ ، را اندازه گیری کنید.

**۲-۱-۵-۷** سلول مورد آزمون را با سلول مرجع جایگزین کنید.

**۶-۷** دمای سلول تحت آزمون را اندازه گیری کنید.

**۱-۶-۷** دمای اندازه گیری شده سلول تحت آزمون باید در محدوده  $\pm 1$  درجه سلسیوس از SRC عملی باشد.

**۷-۷** مشخصه I-V سلول تحت آزمون را با تغییر دادن نقاط کاری، توسط بار متغیر به طوری که شرطهای ۱-۵-۶ و ۲-۵-۶ و ۳-۵-۶ برآورده شود، اندازه گیری کنید. ولتاژ سلول، جریان سلول و  $I_{sc}$  سلول مرجع را در هر نقطه کاری روی مشخصه I-V اندازه گیری کنید.

**۱-۷-۷** اگر شرط ۷-۷ برقرار باشد اندازه گیری  $I_{sc}$  سلول مرجع در همان زمان که مشخصه I-V اندازه گیری می شود، ضروری نیست.

**۸-۷** دمای سلول تحت آزمون را با تأکید به برقراری شرط ۱-۶-۷ اندازه گیری کنید.

## **۸ روش مناسبه**

**۱-۸** ضریب دمایی سلول مرجع از گزارش کالیبراسیون را بدست آورید.

**۲-۸** هر زوج داده I-V را با استفاده از فرمول ۱ و ۲ به شرح زیر تصحیح کنید:

$$I_0 = \frac{IE_0C}{MI_r[1-\alpha_r(T_0-T_r)]} \quad (1)$$

$$V_0 = V - R_s(I_0 - I) \quad (2)$$

**یادآوری ۶-** اگر شرط ۱-۱-۷ برقرار باشد تصحیح ولتاژ سلول با استفاده از مقاومت های سری لازم نیست.

**۳-۸** جریان اتصال کوتاه را با استفاده از یکی از روش های زیر تعیین کنید:

**۱-۳-۸** اگر زوج داده I<sub>0</sub>-V<sub>0</sub> وجود داشته باشد که در آن V<sub>0</sub> در محدوده ۰/۰۰۵V<sub>oc</sub> ± باشد،

I<sub>0</sub> این زوج داده را می توان جریان اتصال کوتاه در نظر گرفت.

**۲-۳-۸** اگر شرط ۱-۳-۸ برقرار نباشد، جریان اتصال کوتاه را از دو زوج داده I<sub>0</sub>-V<sub>0</sub> که در آن

V<sub>0</sub> با استفاده از درون یابی خطی نزدیک صفر باشد، محاسبه می شود.

**۴-۸** ولتاژ مدار باز را با استفاده از یکی از روشهای زیر تعیین کنید:

**۱-۴-۸** چنانچه زوج داده I<sub>0</sub>-V<sub>0</sub> وجود داشته باشد که I<sub>0</sub> در آن در محدوده ۰/۰۰۱I<sub>sc</sub> ±

باشد، V<sub>0</sub> این زوج داده را می توان ولتاژ مدار باز در نظر گرفت.

**۲-۴-۸** اگر شرط ۱-۴-۸ برقرار نباشد، ولتاژ مدار باز را از دو زوج داده I<sub>0</sub>-V<sub>0</sub> که در آن I<sub>0</sub> با

استفاده از درون یابی خطی نزدیک صفر باشد، محاسبه می شود.

**۵-۸** توان خروجی P سلول را برای هر زوج داده از حاصل ضرب I<sub>0</sub> و V<sub>0</sub> محاسبه کنید و

نقطه توان ماکزیمم P<sub>m</sub> را مطابق با V<sub>m</sub> از جدول P بر حسب V<sub>0</sub> تعیین کنید. بدلیل نوسان های

تصادفی و احتمال اینکه یک نقطه در جدول I-V داده دقیقاً روی نقطه توان حداکثر نیست،

سفارش شده که روش زیر بخصوص برای قطعات با عامل پرکننده بزرگتر از ۸۰ درصد جهت محاسبه نقطه توان حداکثر استفاده شود.

**۱-۵-۸** برآزش حداقل مربعات یک چند جمله ای از مرتبه چهار برای داده های  $P$  بر حسب  $V_0$  که در محدوده های زیر قرار دارند. این حدود راهنماهای مفیدی برای این روش هستند و نیازی برای پیگیری جزئیات نمی باشد. این نتایج بصورت چند جمله ای نظیر  $P$  بعنوان تابعی از  $V_0$  ارائه می شود.

$$0.75I_m \leq I_0 \leq 1.15I_m \quad (۳)$$

$$0.75V_m \leq V_0 \leq 1.15V_m \quad (۴)$$

**۲-۵-۸** مشتق چند جمله ای بدست آمده از بند ۱-۵-۸ را محاسبه کنید.

**۳-۵-۸** ریشه مشتق چندجمله ای بدست آمده از بند ۲-۵-۸ را با استفاده از  $V_m$  بعنوان حدس اولیه بیابید. روش مناسب، روش نیوتن-هورنر با تقریب کاهش می است. این ریشه حالا  $V_m$  خواهد شد.

**۴-۵-۸**  $P_m$  را توسط جایگذاری  $V_m$  جدید بجای ریشه چندجمله ای در بند ۱-۵-۸ محاسبه کنید.

**۶-۸** بازده  $\eta$  را با استفاده از فرمول ۵ به شرح زیر محاسبه کنید:

$$\eta = 100 \times \frac{P_m}{AE_0} \quad (۵)$$

۷-۸ عامل پرکننده، FF، را با استفاده از فرمول ۶ به شرح زیر محاسبه کنید:

$$FF = 100 \times \frac{P_m}{V_{oc} I_{sc}} \quad (6)$$

## ۹ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید دارای آگاهی های زیر باشد:

۱-۹ روش آزمون طبق استاندارد ملی ایران ۸۴۸۶.

۲-۹ شرح سلول مورد آزمون

۱-۲-۹ شناسه

۲-۲-۹ شرح فیزیکی

۳-۲-۹ مساحت، در بند ۲-۷ محاسبه شده است

۴-۲-۹ مقاومت های سری، اگر استفاده شده است (به بند ۱-۷ مراجعه کنید)

۵-۲-۹ پاسخ طیفی به شکل جدولی یا نموداری به همان صورت که برای محاسبه پارامتر عدم

تطابق طیفی تعیین شد (به بند ۳-۷ مراجعه کنید)

۳-۹ شرح سلول مرجع

۱-۳-۹ شناسه

۲-۳-۹ شرح فیزیکی

۳-۳-۹ آزمایشگاه کالیبراسیون

۴-۳-۹ روش کالیبراسیون (به بند ۱-۱-۶ مراجعه کنید)

۵-۳-۹ تاریخ کالیبراسیون

- ۶-۳-۹ توزیع تابش طیف مرجع (به بند ۴-۴ مراجعه کنید)
- ۷-۳-۹ پاسخ طیفی بشکل جدولی یا نموداری به همان صورت که در استاندارد ملی ایران ۸۴۸۷ بیان شده است.
- ۸-۳-۹ ثابت کالیبراسیون، C
- ۱۴-۹ شرایط آزمون:
- ۱-۴-۹ شرح و طبقه بندی چشمه نور
- ۲-۴-۹ شرایط گزارش استاندارد (به جدول ۱ مراجعه کنید) یا شرایط ویژه کاربر
- ۳-۴-۹ تاریخ و زمان آزمون
- ۴-۴-۹ پارامتر عدم تطابق طیفی (به بند ۷-۳ مراجعه کنید)
- ۵-۴-۹ جریان اتصال کوتاه سلول مرجع،  $I_T$
- ۶-۴-۹ دمای اندازه گیری شده سلول
- ۵-۹ نتایج آزمون:
- ۱-۵-۹ جریان اتصال کوتاه  $I_{sc}$
- ۲-۵-۹ ولتاژ مدار باز  $V_{oc}$
- ۳-۵-۹ توان حداکثر  $P_m$
- ۴-۵-۹ ولتاژ در  $P_m$
- ۵-۵-۹ عامل پرکننده FF
- ۶-۵-۹ بازدهی  $\eta$
- ۷-۵-۹ مشخصه  $I_0-V_0$  بشکل جدولی یا نموداری
- ۸-۵-۹ نام و نام خانوادگی و امضاء آزمون کننده

## ۱۰ دقت و پیش مقدار<sup>۱</sup>

### ۱-۱۰ برنامه آزمون بین آزمایشگاهی

یک مطالعه بین آزمایشگاهی از اندازه گیری عملکرد سلول بین ۱۹۹۲ تا ۱۹۹۴ انجام شده است. شش آزمایشگاه، سه تکرار روی هر یک از ۱۰ سلول که در بین شرکت کنندگان توزیع شده بود، انجام دادند. طراحی آزمایشها مشابه روش اجرایی ASTM E691 می باشد و تجزیه و تحلیل اطلاعات کلی گرفته شده در گزارش تحقیقات ASTM شماره RR: E44-1002 ارائه شده است.

### ۲-۱۰ نتیجه آزمون

از آنجائیکه اندازه گیری I-V یک جدولی از جریان بر حسب ولتاژ با بیش از یک نتیجه عددی ارائه می کند، تحلیل دقیق روی داده های نقطه توان حداکثر که بوسیله شرکت کنندگان ارائه شده بود، انجام گردیده است. اطلاعات دقیق که در زیر ارائه می شود بر حسب درصد توان حداکثر بر حسب وات می باشد.

### ۳-۱۰ دقت

۹۵ درصد حد تکرار پذیری (داخل آزمایشگاهی)	۱/۵ درصد
۹۵ درصد حد قابلیت تولید مجدد (بین آزمایشگاهی)	۷/۱ درصد

### ۴-۱۰ پیش مقدار

bias

---

به تعریف مندرج در بند ۴-۱۰ مراجعه کنید.



پیش مقدار خطای کل بستگی به پیش مقدار هر پارامتر جداگانه ای دارد که در تعیین مشخصه سلول استفاده شده است. بهر حال نشان داده شده است که پیش مقدار کل بوسیله سه منبع زیر تحت تأثیر قرار می گیرد: کالیبراسیون سلول مرجع، غیر یکنواختی چشمه نور ناشی از بعد مسافت و مقدار مساحت کل. سهم پیش مقدار وسایل اغلب چند دهم درصد می باشد در حالیکه پیش مقدار حاصل از سه عامل یاد شده در صورتی که پیش مقدار حداقل سازی نشده باشد می تواند چند ده برابر بزرگتر باشد.

## ۱۱ کلید واژه ها

۱-۱۱ سلول، عملکرد، فتوولتائیک، آزمایش.

## پیوست الف

### (روش مناسبه مقاومت سری یک قطعه فتوولتائیک)

#### (الزامی)

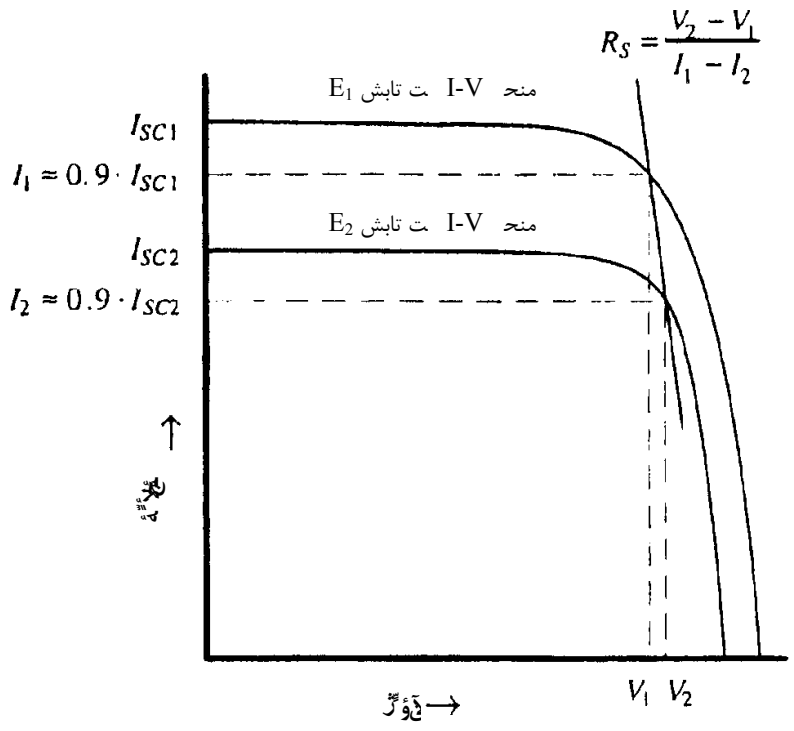
**الف-۱** مقاومت سری  $R_S$  از اندازه گیری های منحنی داده  $I-V$  در حالی که درجه حرارت دستگاه تقریباً در ۲۵ درجه سلسیوس ثابت نگهداشته می شود در دو مقدار مختلف از تابش تعیین می شود. دو مجموعه داده  $I-V$  را در دو سطح مختلف تابش برای مثال  $E_1 = 800 \text{ Wm}^{-2}$  و  $E_2 = 1200 \text{ Wm}^{-2}$  بدست آورید (این مقادیر فقط برای مثال آورده شده است و احتیاجی نیست که دقیقاً برقرار باشد). تغییرات دما در مدت اندازه گیری منحنی  $I-V$  باید کمتر از  $\pm 1$  درجه سلسیوس باشد.

**الف-۲** در دو سطح تابش  $E_1$  و  $E_2$  مقادیر زیر از دو منحنی  $I-V$  بدست آمده است. همانطوریکه در شکل الف-۱ نشان داده شده است.

	$E_2$	$E_1$	مقادیر در تابش های
	$I_{SC2}$	$I_{SC1}$	جریان اتصال کوتاه
		$V_1$	ولتاژ در $I_1=0.9I_{SC1}$
$V_2$			ولتاژ در $I_2=0.9I_{SC2}$

**الف-۳** از این داده ها،  $R_s$  بصورت زیر محاسبه می شود:

$$R_s = (V_2 - V_1) / (I_1 - I_2) \quad (\text{الف-۱})$$



شکل الف-۱ نمودار اندازه گیری مقاومت سری

---

---

**ICS:27.160**

**صفحة : ١٩**

---

---