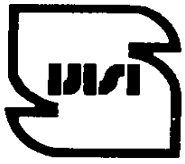
ISIRI
8486
1st.edition

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
مؤسسه استاندارد وتحقیقات صنعتی ایران
Institute of Standards and Industrial Research of Iran



استانداردملی ایران
۸۴۸۶
چاپ اول

عملکرد الکتریکی سلول های فتوولتائیک با استفاده از سلول‌های مرجع تحت نور خورشید شبیه سازی شده– روش آزمون

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

« بسمه تعالی»

آشنایی با مؤسسه استاندارد و قیقات صنع ایران

مؤسسه استاندارد و قیقات صنع ایران به موجب قانون، تنها مرجع ر ی کشور است که عهده دار وظیفه تعی ، تدوین و نشر استانداردهای ملی (ر ی) میباشد.

تدوین استاندارد در رشته های مختلف توسط کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه، صاحبنظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی واقتصادی آگاه ومرتبط با موضوع صورت میگیرد. سعی بر این است که استانداردهای ملی، در جهت مطلوبیت ها و مصالح ملی وبا 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 واعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال میشود و پس از دریافت نظرات وپیشنهادها در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح ودر 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 بـررسی در کمیته ملی مربوط و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی چاپ ومنتشرمی 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 تـوجه به شرایط کلی ونیازمندیهای خاص کشور، از آخرین پیشرفتهای علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهـای بین المـللی استفـاده 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 وعمومی، 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 کنندکان سیستم های مدیریت کیفیت ومدیریت 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 ـ شهر صنعتی، صندوق پستی ۱۶۳-۳۱۵۸۵

۱ دف مرکزی : تهران ـ ضلع جنوبی میدان ونک – صندوق پ‌س : ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵

(تلفن مؤسسه در کرج: ۸-۲۸۰۶۰۳۱-۰۲۶۱

(تلفن مؤسسه در تهران: ۵-۸۸۷۹۴۶۱-۰۲۱

(دورنگار: کرج ۲۸۰۸۱۱۴-۰۲۶۱ ـ تهران ۸۸۸۷۱۰۳-۸۸۸۷۰۸۰ -۰۲۱

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

: پیام نگار: 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 سلول‌های مرجع تحت نور خورشید شبیه سازی شده- روش آزمون"

رئیس	**سمت یا نمایندگی**
صرافی، محسن (دکترای فیزیک)	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 اجلاسیه کمیته ملی برق و الکترونیک مورخ ۸۴/۷/۱۸

رئیس کمیته ملی	نمایندگی
ثابت مرزوقی، اسحق	دانشگاه تهران
(فوق لیسانس برق)	
اعضاء	
اعظم، داریوش	انجمن انرژی خورشیدی ایران
(لیسانس معماری)	
خدائی فرد، شراره	اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان زنجان
(فوق لیسانس فیزیک)	
خضرائی، آزیتا	اداره کل برق و الکترونیک مؤسسه
(فوق لیسانس)	
رحیمی، آرام	سازمان بهینه سازی
(فوق لیسانس اقتصاد انرژی)	
زارعی، علی	سازمان انرژی های نو ایران
(لیسانس مهندسی برق)	
شاه محمدی، فاطمه	سازمان بهینه سازی
(فوق لیسانس سیستم های انرژی)	
شاهنواز، محمدرضا	سازمان انرژی های نو ایران
(فوق لیسانس مهندسی شیمی)	
شیروانی، فهیمه	مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
(دیپلم اقتصاد)	
نظافتی، حیدر	توانیر
(فوق لیسانس قدرت)	

نوروزی، سعید — نماینده ریاست مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

(دکترا)

دبیر کمیته ملی

طوماریان، سهیلا — مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

(لیسانس مهندسی الکترونیک)

فهرست مندرجات .....صفحه

پیش گفتار .....ب

۱ هدف و دامنه کاربرد ۱

۲ مراجع الزامی ۲

۳ اصطلاحات و تعاریف.....۳

٤ اصول روش آزمون ۵

۵ اهمیت و کاربرد ٦

٦ وسایل لازم ۷

۷ روش اجرای آزمون ۱۰

۸ روش محاسبه ۱۱

۹ گزارش آزمون ۱۳

۱۰ دقت و پیش مقدار ۱۵

۱۱ کلید واژه ها.....۱٦

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 ودر سیصد و سی و پنجمین جلسه کمیته ملی استاندارد برق و الکترونیک مورخ ۷/۱۸ /۸٤ مورد تصویب قرارگرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی‌ایران مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ بعنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفتهای ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم وخدمات، 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 ازآخرین تجدیدنظر آنها استفاده کرد.

در تهیه و تدوین این استاندارد سعی شده است که ضمن توجه به شرایط موجود و نیازهای جامعه، درحد 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 تحت 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.

۱-۲ اندازه گیری های عملکرد الکتریکی به منظور انتخاب یک مجموعه شرایط گزارش استاندارد (SRC)[1] (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 می‌باشد.

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

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

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

۱-۶ 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 Wm^{-2} ۱۳۶۷ را برای ثابت خورشیدی تابش فرا زمینی سفارش کرده است.

توزیع تابش طیفی مرجع	تابش کل (Wm^{-2})	دما (°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. معهذا 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:

۱-۲ استاندارد ملی ایران ۸۴۸۵ : ۱۳۸٤- مشخصات شبیه ساز خورشیدی برای آزمایش فتوولتائیک زمینی.

---

[1] Standard reporting conditions

۲-۲ استاندارد ملی ایران ۸۴۸۷ : ۱۳۸٤- تعیین پارامتر عدم تطبیق طیفی بین یک قطعه فتوولتائیک و یک سلول مرجع فتوولتائیک- روش آزمون

۲-۳ استاندارد ملی ایران ۸٤۸۸ : ۱۳۸٤- اندازه گیری پاسخ طیفی سلول های فتوولتائیک- روش آزمون.

۲-٤ استاندارد ملی ایران ۸٤۹۰ : ۱۳۸٤- کالیبراسیون سلول های مرجع اولیه فتوولتائیک غیرمتمرکز سیلیکونی تحت تابش کلی – روش آزمون.

۲-۵ استاندارد ملی ایران ۸٤۹۱ : ۱۳۸٤- مشخصات ویژگی فیزیکی سلول های مرجع فتوولتائیک زمینی غیرمتمرکز.

۲-٦ استاندارد ملی ایران ۸٤۹۳ : ۱۳۸٤- تبدیل انرژی خورشیدی فتوولتائیک – اصطلاحات و واژه ها.

۲-۷ استاندارد ملی ایران ۸٤۹٤ : ۱۳۸٤- 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

۳-۱ در ایـن 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.

۳-۲ شرح اصطلاحات ویژه در این استاندارد:

۳-۲-۱ دمای سلول

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

۳-۲-۲ 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 نماد ها

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

A- مساحت سلول، m^2

α_r –ضریب حرارتی سلول مرجع، $°C^{-1}$

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

E- تابش، Wm^{-2}

E_0- تابش گزارش استاندارد، Wm^{-2}

η- بازده، درصد

FF- عامل پرکننده، درصد

I- جریان الکتریکی، A

I_0 – جریان مورد انتظار SRC، A

I_rـ 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، Ω

T- دما، °C

T_0- دمای گزارش استاندارد، °C

T_r- دمای سلول مرجع، °C

V- ولتاژ، V

V_o- 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.

۴-۲ سلول مرجع فتوولتائیک کالیبره شده (به بند ٦-١ مراجعه کنید) جهت تعیین تابش کل در حین آزمون و برای محاسبه توزیع طیفی چشمه نور استفاده می شود.

۴-۳ نور خورشید شبیه سازی شده بعنوان چشمه نوری برای اندازه گیری عملکرد الکتریکی استفاده می شود. الزامات شبیه سازی نور در استاندارد ملی ایران ٨٤٨٥ (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.

۴-۴-۱ 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 ٨٤٨٧ تعیین شده است، تصحیح می شود.

۴-۴-۲ خطای اندازه گیری ناشی از انحراف دمای سلول از SRC با نگهداشتن دمای سلول نزدیک مقدار دمای مورد نیاز (به بند ٧-٦-١ مراجعه کنید)، حداقل می شود.

۵ اهمیت و کاربرد

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

۵-۲ 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.

۵-۳ ایـن روش آزمـون، عملکـرد الکتریکی یک سلول بر اساس توان خروجی در یک فاصله زمانـی مـنفرد را تعییـن مـی کند و برای تامین مجموع توان خروجی در یک دوره تناوب زمانی و شرایط معین جهت پیش بینی خروجی انرژی بکار نمی رود.

۵-۴ ایـن روش آزمـون نـیاز 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

۶-۱ سلول مرجع فتوولتائیک

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

۶-۱-۱ سـلول مـرجع را مـی تـوان بـر اسـاس استاندارد ملی ایران ۸۴۹۰ ، ASTM E1125 یا استاندارد ملی ایران ۸۴۹۴ برای کاربردهای خاص، کالیبره کرد.

یـادآوری ۱- در حـال حاضـر 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.

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

۶-۲ اسباب آزمون

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

۶-۲-۱ اسباب آزمون باید توزیع دمای جانبی یکنواختی در محدوده ۰/۵± درجه سلسیوس را در طول اندازه گیری عملکرد تضمین نماید.

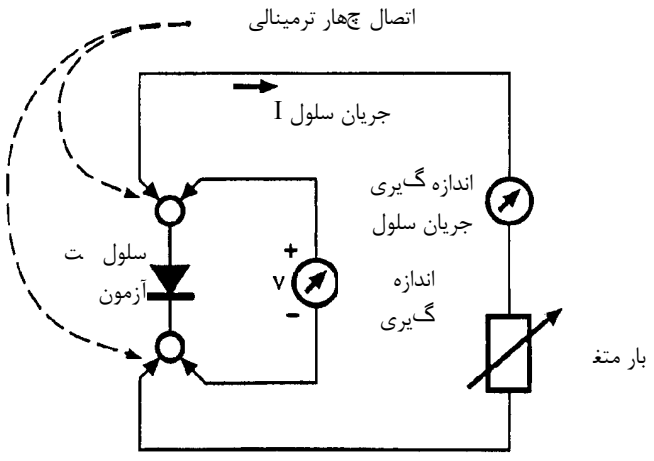
۶-۲-۲ اسباب آزمون باید شامل پیش بینی هایی برای ثابت نگهداشتن دما هم برای سلول مرجع و هم سلول مورد آزمون، باشد (به بند ۷-۶-۱ مراجعه کنید).

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.

۶-۲-۳ 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 غیرقائم 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.

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



شکل ۱- شمای اندازه گیری I-V

۶-۳ وسایل اندازه گیری جریان

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

۶-۴ 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.

۶-۵ 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.

۶-۵-۱ 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.

۶-۵-۲ 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.

۶-۵-۳ 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.

۶-۵-۴ 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 وقتیکه 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 چشمه نور

الـزامات شبیه سازی خورشیدی بکار رفته برای نوردهی سلول مورد آزمون در استاندارد ملی ایران ۸٤۸۵ (کاربـردهای زمینـی) و روش اجـرای آزمـون ASTM E491 (کاربردهای فضایی) تعریف شده است.

۷-۶ وسایل اندازه گیری دما

وسـیله یـا وسـایل مـورد استفاده برای اندازه گیری دمای سلول، هم برای سلول مرجع و هم برای سـلول مورد آزمون باید تفکیک پذیری حداقل ۰/۱ درجه سلسیوس و خطای کل خواندن کمتر از ۱± درجه سلسیوس داشته باشد.

۱-۷-۶ حـس گـرهای 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 مجمـوع مقاومـت هـای الکتریکی R_s سلول مورد اندازه گیری را تعیین کنید. یک روش پذیرفته شده در پیوست الف بیان شده است.

۱-۱-۷ چـنانچه تـابش کل در طول عملیات اندازه گیری، توسط سلول مرجع حدود ۲ ± درصد تابش کل گزارش استاندارد، اندازه گیری شود، مجموع مقاومت های الکتریکی نیاز نیست.

۲-۷ مسـاحت سـلول، A، را بـا اسـتفاده از تعـاریف موجـود در اسـتاندارد ملـی ایران ۸٤۹۳ اندازه‌گیری کنید.

۳-۷ پارامتر عدم تطابق طیفی، M، را با استفاده از استاندارد ملی ایران ۸٤۸۷ تعیین کنید.

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

یادآوری ۵- هـر گونه غیر یکنواختی تابش (به استاندارد ملی ایران ۸٤۸۵ 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 اگـر ناپـایداری موقـت چشـمه نـور (در اسـتاندارد ملی ایران ۸٤۸۵ تعریف شده است) کمـتر از ۰/۱ درصـد باشـد، 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 دمـای انـدازه گـیری شـده سـلول تحـت آزمون باید در محدوده ۱ ± درجه سلسیوس از SRC عملی باشد.

۷-۷ مشخصـه I-V سـلول تحت آزمون را با تغییر دادن نقاط کاری، توسط بار متغیر به طوری کـه شـرطهای ٦-۵-۱ و ٦-۵-۲ و ٦-۵-۳ بـرآورده شـود، انـدازه 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 اگـر شرط ۷-۷ برقرار باشد اندازه گیریI_{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 ٧-٦-١ اندازه گیری کنید.

۸ روش محاسبه

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

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

$$I_0 = \frac{IE_0C}{MI_r\left[1-\alpha_r\left(T_0-T_r\right)\right]} \qquad (۱)$$

$$V_0 = V - R_s\left(I_0 - I\right) \qquad (۲)$$

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

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

۸-۳-۱ اگر زوج داده I_0-V_0 وجود داشته باشد که در آن V_0 در محدوده $\pm$ ۰/۰۰۵V_{oc} باشد، I_0 این زوج داده را می توان جریان اتصال کوتاه در نظر گرفت.

۸-۳-۲ اگـر شرط ۸-۳-۱ برقرار نباشد، جریان اتصال کوتاه را از دو زوج داده I_0-V_0 که در آن V_0 با استفاده از درون یابی خطی نزدیک صفر باشد، محاسبه می شود.

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

۸-۴-۱ چـنانچه زوج داده I_0-V_0 وجـود داشـته باشـد که I_0 در آن در محدوده $\pm$ ۰/۰۰۱I_{sc} باشد، V_0 این زوج داده را می توان ولتاژ مدار باز در نظر گرفت.

۸-۴-۲ اگر شرط ۸-٤-۱ برقرار نباشد، ولتاژ مدار باز را از دو زوج داده I_0-V_0 که در آن I_0 با استفاده از درون یابی خطی نزدیک صفر باشد، محاسبه می شود.

۸-۵ تـوان خروجـی P سلول را برای هر زوج داده از حاصل ضرب I_0 و V_0 محاسبه کنید و نقطـه تـوان ماکزیمم P_m را مطابق با V_m از جدول P برحسب V_0 تعیین کنید. بدلیل نوسان های تصـادفی و احـتمال ایـنکه یـک نقطـه در جـدول I-V داده دقـیقا روی نقطه توان حداکثر نیست،

سـفارش شـده کـه روش زیـر بخصوص برای قطعات با عامل پرکننده بزرگتر از ۸۰ درصد جهت محاسبه نقطه توان حداکثر استفاده شود.

۸-۵-۱ بـرازش حداقـل مـربعات یک چند جمله ای از مرتبه چهار برای داده های P بر حسب V_0 کـه در محـدوده هـای زیـر قرار دارند. این حدود راهنماهای مفیدی برای این روش هستند و نـیازی بـرای پیگیری جزئیات نمی باشد. این نتایج بصورت چند جمله ای نظیر P بعنوان تابعی از V_0 ارائه می شود.

$$0.75I_m \le I_0 \le 1.15I_m \qquad (۳)$$

$$0.75V_m \le V_0 \le 1.15V_m \qquad (٤)$$

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

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

۸-۵-۴ P_m را توسـط جـایگذاری V_m جدید بجای ریشه چندجمله ای در بند ۸-۵-۱ محاسبه کنید.

۸-۶ بازده η را با استفاده از فرمول ۵ به شرح زیر محاسبه کنید:

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

۷-۸ عامل پرکننده،FF، را با استفاده از فرمول ٦ به شرح زیر محاسبه کنید:

$$FF = 100 \times \frac{P_m}{V_{oc} I_{sc}} \qquad (٦)$$

۹ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید دارای آگاهی های زیر باشد:

۹-۱ روش آزمون طبق استاندارد ملی ایران ۸٤۸٦.

۹-۲ شرح سلول مورد آزمون

۹-۲-۱ شناسه

۹-۲-۲ شرح فیزیکی

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

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

۹-۲-۵ پاسخ طیفی به شکل جدولی یا نموداری به همان صورت که برای محاسبه پارامتر عدم تطابق طیفی تعیین شد (به بند ۷-۳ مراجعه کنید)

۹-۳ شرح سلول مرجع

۹-۳-۱ شناسه

۹-۳-۲ شرح فیزیکی

۹-۳-۳ آزمایشگاه کالیبراسیون

۹-۳-۴ روش کالیبراسیون (به بند ٦-۱-۱ مراجعه کنید)

۹-۳-۵ تاریخ کالیبراسیون

۹-۳-۶ توزیع تابش طیف مرجع (به بند ٤-٤ مراجعه کنید)

۹-۳-۷ پاسخ طیفی بشکل جدولی یا نموداری به همان صورت که در استاندارد ملی ایران ۸٤۸۷ بیان شده است.

۹-۳-۸ ثابت کالیبراسیون، C

۹-۴ شرایط آزمون:

۹-۴-۱ شرح و طبقه بندی چشمه نور

۹-۴-۲ شرایط گزارش استاندارد (به جدول ۱ مراجعه کنید) یا شرایط ویژه کاربر

۹-۴-۳ تاریخ و زمان آزمون

۹-۴-۴ پارامتر عدم تطابق طیفی (به بند ۷-۳ مراجعه کنید)

۹-۴-۵ جریان اتصال کوتاه سلول مرجع، I_r

۹-۴-۶ دمای اندازه گیری شده سلول

۹-۵ نتایج آزمون:

۹-۵-۱ جریان اتصال کوتاه I_{sc}

۹-۵-۲ ولتاژ مدار باز V_{oc}

۹-۵-۳ توان حداکثر P_m

۹-۵-۴ ولتاژ در P_m

۹-۵-۵ عامل پرکننده FF

۹-۵-۶ بازدهی η

۹-۵-۷ مشخصه I_0-V_0 بشکل جدولی یا نموداری

۹-۵-۸ نام و نام خانوادگی و امضاء آزمون کننده

۱۰ دقت و پیش مقدار[1]

۱۰-۱ برنامه آزمون بین آزمایشگاهی

یـک مطالعه بین آزمایشگاهی از اندازه گیری عملکرد سلول بین ۱۹۹۲ تا ۱۹۹٤ انجام شده اسـت. شـش آزمایشـگاه، سـه تکرار روی هر یک از ۱۰ سلول که در بین شرکت کننده ها توزیـع شـده بـود، انجـام دادند. طراحی آزمایشها مشابه روش اجرایی ASTM E691 می باشـد و تجـزیه و تحلـیل اطلاعـات کلی گرفته شده در گزارش تحقیقات ASTM شماره RR: E44-1002 ارائه شده است.

۱۰-۲ نتیجه آزمون

از آنجائـیکه انـدازه گـیری I-V یک جدولی از جریان بر حسب ولتاژ با بیش از یک نتیجه عددی ارائـه می کند، تحلیل دقیق روی داده های نقطه توان حداکثر که بوسیله شرکت کنندگان ارائه شده بـود، انجـام گـردیده است. اطلاعات دقیق که در زیر ارائه می شود بر حسب درصد توان حداکثر برحسب وات می باشد.

۱۰-۳ دقت

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

۱۰-۴ پیش مقدار

[1] bias

به تعریف مندرج در بند ۱۰-٤ مراجعه کنید.

پیش مقدارخطای 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

۱۱-۱ سلول، عملکرد، فتوولتائیک، آزمایش.

پیوست الف

روش محاسبه مقاومت سری یک قطعه فتوولتائیک

(الزامی)

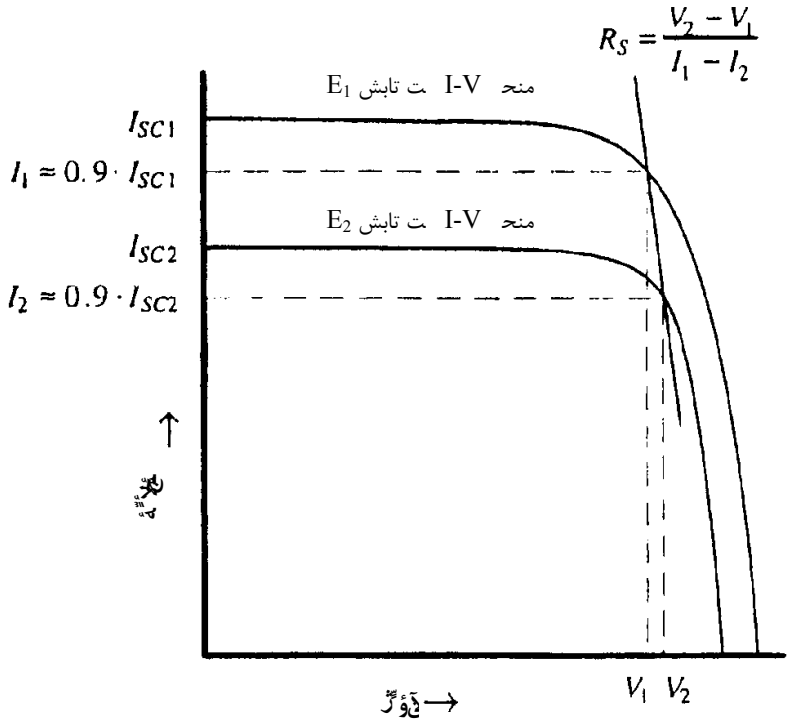
الف-۱ مقاومت سری R_S از اندازه گیری های منحنی داده I-V در حالی که درجه حرارت دستگاه تقریبا در ۲۵ درجه سلسیوس ثابت نگهداشته می شود در دو مقدار مختلف از تابش تعیین می شود. دو مجموعه داده I-V را در دو سطح مختلف تابش برای مثال E_1= ۸۰۰ Wm^{-2} و E_2= ۱۲۰۰ Wm^{-2} بدست آورید (این مقادیر فقط برای مثال آورده شده است و احتیاجی نیست که دقیقا برقرار باشد). تغییرات دما در مدت اندازه گیری منحنی I-V باید کمتر از ۱± 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.

مقادیر در تابش های	E_1	E_2
جریان اتصال کوتاه	I_{SC1}	I_{SC2}
ولتاژ در $I_1=0.9I_{SC1}$	V1	
ولتاژ در $I_2=0.9I_{SC2}$		V2

الف-۳ از این داده ها، R_S بصورت زیر محاسبه می شود:

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



شکل الف-۱ نمودار اندازه گیری مقاومت سری

ICS:27.160

صفحه: ۱۹