INSO
20825
1st.Edition
2016

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۲۰۸۲۵
چاپ اول
۱۳۹۴

مستندسازی سلول فتوولتائیک متمرکزکننده

Photovoltaic concentrator cell documentation

ICS : 27.160

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفهٔ تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیته ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2- International Electrotechnical Commission
3- International Organization for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد
" مستندسازی سلول فتوولتائیک متمرکزکننده "

رئیس:	**سمت و/یا نمایندگی**
غیبی، محمد حسن (پرفسور دکتری انرژی خورشیدی)	رییس هیئت علمی و شورای سیاست‌گزاری آکادمی بین‌المللی اپتک و مشاور علمی شرکت میتراسان
دبیر:	
اسماعیلی، الهام (کارشناسی ارشد برق- مخابرات)	اداره کل استاندارد استان فارس
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
باپیری، روزبه (کارشناسی ارشد برق)	شرکت توزیع برق منطقه شیراز
پیرسلامی، محمد حسن (کارشناسی ارشد مهندسی برق)	آموزش فنی و حرفه‌ای فارس
پیروزبخت، حامد (کارشناسی مهندسی برق)	شرکت میتراسان
سروی، حسن (کارشناسی مهندسی برق)	شرکت میتراسان
شکوهی، سامره (کارشناسی مهندسی برق)	شرکت میتراسان
شیری، نبی‌اله (دکتری مهندسی برق)	هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی شیراز
صاحبی، سیامک (دکتری زبان‌شناسی)	پژوهشگاه علوم انسانی
ظل‌انوار، محمد علی (کارشناسی مهندسی برق)	اداره کل استاندارد فارس

فهرست مندرجات

عنوان		صفحه
آشنایی با سازمان استاندارد		ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد		ج
پیش گفتار		و
مقدمه		ز
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۲	مراجع الزامی	۱
۳	ویژگی‌های سلول‌های متمرکز کننده	۱
۴	مشخصات سلول متمرکزکننده	۴

پیش گفتار

استاندارد "مستندسازی سلول فتوولتائیک متمرکزکننده" که پیش نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده و در چهل و دومین اجلاس کمیته ملی استاندارد انرژی مورخ ۹۴/۱۲/۲ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد وتحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی وهماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی وجهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران درمواقع لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر درکمیسون فنی مربوط مورد توجه قرارخواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و ماخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است :

IEC TS 62789:2014 , Photovoltaic concentrator cell documentation

مستندسازی سلول فتوولتائیک متمرکزکننده

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه دستورالعمل برای ویژگی‌های فنی که باید برای سلول‌های فتوولتائیک متمرکزکننده (سلول چند پیونده و تک پیونده) تعیین شود و ارائه توصیه‌ها و مراجعی برای اندازه‌گیری می‌باشد. هم‌چنین توصیه‌ها و مراجعی جهت روش‌های اندازه‌گیری معرفی می‌شود. در این استاندارد هیچ تلاشی به منظور تشخیص معیار رد شدن/ قبول شدن سلول‌ها انجام نشده است.

هدف از این استاندارد، تعریف عملکرد و ویژگی‌های فیزیکی سلول‌های متمرکزکننده می‌باشد. هم‌چنین از این ویژگی‌ها می‌توان برای توصیف مونتاژ سلول و دریافت کننده‌ها استفاده کرد، اما، برای نشانه‌گذاری بسته‌بندی به‌طور اختصاصی نوشته نشده‌است. این ویژگی‌ها جهت استانداردسازی ویژگی‌های سلول‌های متمرکزکننده تعیین نشده‌است، بلکه برای استانداردسازی چگونگی ارتباطات بین ویژگی‌ها می‌باشد.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است ، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است .

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است :

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۳-۱۴۱۱۵، افزارهای فتوولتائیک- قسمت۳ : اصول اندازه‌گیری برای افزارهای خورشیدی فتوولتائیک (PV) زمینی با داده‌های تابش طیفی مرجع

2-2 IEC 62787, Concentrator photovoltaic (CPV) solar cells and cell-on-carrier assemblies – Reliability qualification

۳ ویژگی‌های سلول‌های متمرکز کننده

برگه‌های اطلاعاتی مرتبط با سلول‌های متمرکزکننده که با این استاندارد منطبق است، به‌عنوان بخشی از نشانه‌گذاری محصولات و مستندسازی، باید ناظر بر اطلاعات موجود در جدول ۱ باشند. برای توضیحات بیشتر ویژگی‌های فردی، بندهای بعدی و زیربندهای این ویژگی‌های فنی را ملاحظه کنید. علاوه براطلاعات نشان داده شده با مثال‌ها، وجود یک طرح اولیه از سلول و نمودارهای مشخص‌شده، لازم است.

بعضی از ویژگی‌ها اختیاری هستند، با این حال، اگر یک سازنده سلول متمرکزکننده تصمیم به دربرداشتن اطلاعات اختیاری داشته باشد، باید آن را گزارش دهد و با استفاده از تعاریف ارائه‌شده در این ویژگی‌های فنی، اندازه‌گیری شود.

جدول ۱ – الگوی ویژگی‌ها

مشخصات	مثال	یادآوری‌ها/ بخش
شناسایی محصول		۲-۴
سازنده	شرکت	۲-۲-۴
نام مدل	XX۱۰۹۰	۳-۲-۴
نوع سلول	سه پیونده: (۱٫۸۹ eV) GaInP / (۱٫۳۹ eV) GaInAs / تک پیونده: (۰٫۶۷ eV) Ge روی بدنه‌ای از ژرمانیوم	۴-۲-۴
توضیحات محصول		۳-۴
مساحت کل	(۱ ±۰٫۰۰۳) cm × (۱٫۱ ±۰٫۰۰۳) cm	۲-۳-۴
ناحیه تابشی طراحی شده	(۱ ±۰٫۰۰۳) cm × (۱ ±۰٫۰۰۳) cm	۳-۳-۴
ناحیه تعریف عملکرد شبیه‌ساز	(به مثال شکل۱ مراجعه کنید) ۱٫۰۱ ±۰٫۰۰۶ Cm^2	
بازدهی نامی در طراحی تابش	٪ ۲ ± ٪ ۳۹ در ۵۰۰ KW/m^2	۴-۳-۴
نرخ جریان نامی	نرخ جریان تحت طیف مستقیم G۱۷۳ (نسبت به جریان پیوند بالا): ۱ = سلول ۱٫۸۹ eV ۱٫۰ ± ۰٫۰۳ = سلول ۱٫۳۹ eV ۱٫۷ ± ۰٫۰۳ = ۰٫۶۷ eV	۵-۳-۴
ضرایب دمایی (اندازه‌گیری‌شده در تابش در شرایط استاندارد برای محصول طراحی شده)	$\alpha = dIsc/dT$ + (۰٫۱۱ ٪ ± ۰٫۰۳ ٪) /K وقتی سلول محدودشده ۱٫۸۹ eV داشته باشد + (۰٫۰۷ ٪ ± ۰٫۰۳ ٪) /K وقتی سلول محدود شده ۱٫۳۹ eV داشته باشد $\beta = dVoc/dT$ = - (۰٫۱۵ ٪ ± ۰٫۰۲ ٪) /K $dPmax/dT$ = - (۰٫۲۴ ٪ ± ۰٫۰۶ ٪) /K اندازه‌گیری شده در ۱۰۰۰ kW/m^2؛ طیف مستقیم ۱٫۵AM محدوده دمایی از ۲۵°c تا ۷۰°c . شرایط دیگر نیز می‌تواند مستند شود.	۶-۳-۴
فلزکاری جلو	نقره	۷-۳-۴
ضخامت فلزکاری جلو	۱ µm	۷-۳-۴
فلزکاری پشت	طلا	۸-۳-۴
طراحی پوشش ضد انعکاس نور	مطابق با شاخص ۱-۴	۹-۳-۴
ضخامت زیرلایه[1]	۱۵۰ µm	۱۰-۳-۴

1-substrate

جدول ۱ – الگوی ویژگی‌ها - ادامه

پردازش سلول و شرایط استفاده		۴-۴
دمای عملکرد توصیه‌شده	$-۲۰\ ^{\circ}c < T < ۱۵۰\ ^{\circ}c$	۱-۴-۴
بیشینه جریان نوری	$۱\ A/cm^{۲}$	۲-۴-۴
دمای پردازش توصیه‌شده	$۳۵۰\ ^{\circ}c >$ برای ۱۰ دقیقه	۳-۴-۴
سازگاری شیمیایی/ ناسازگاری	ناسازگار با محیط تیزابی[1]	۴-۴-۴
شرایط نگهداری (عمر مفید، رطوبت، دما، و شرایط جوی)	ذخیره‌سازی در $۱۰\ ^{\circ}c < T < ۳۰\ ^{\circ}c$ $۲۰\ \% < RH < ۷۰\ \%$ عمر مفید کمتر از ۴ ماه ، شرایط جوی = هوا	۵-۴-۴
روش اتصال توصیه‌شده	طرف جلو : سیم اتصالی[2] طرف پشت : لحیم	۶-۴-۴
آستانه تخلیه الکترواستاتیکی		بر اساس مقدار اندازه‌گیری شده در IEC 62787 در آینده
نمودارها/ جداول		۵-۴
نمونه نوعی منحنی I-V (اندازه‌گیری‌شده در تابش برای محصولی که طراحی شده، طیف مستقیم ۱/۵AM، $۲۵\ ^{\circ}C$). Isc، Imp ، Vmp ، Voc، FF، بازدهی مشخص	به مثال شکل ۲ مراجعه کنید توجه : واحد شدت تابش باید با $kW/m^{۲}$ مشخص شود، زیرا این واحد نشان‌گر تمرکز تقریبی نیز می‌باشد.	۱-۵-۴
بازدهی به عنوان تابعی از تابش در $۲۵\ ^{\circ}C$	به مثال شکل ۳ مراجعه کنید توجه : واحد شدت تابش باید با $kW/m^{۲}$ مشخص شود، زیرا نشان‌گر تمرکز تقریبی نیز می‌باشد.	۲-۵-۴
ولتاژ در نقطه توان بیشینه به عنوان تابعی از تابش در $۲۵\ ^{\circ}c$	به مثال شکل ۴ مراجعه کنید. توجه : واحد شدت تابش باید با $kW/m^{۲}$ مشخص شود، زیرا نشان‌گر تمرکز تقریبی نیز می‌باشد.	۳-۵-۴
بازدهی کوانتومی (ارائه‌شده به صورت یک جدول یا نمودار) یک منحنی برای هرپیوند، اندازه‌گیری‌شده در $۲۵\ ^{\circ}c$	به مثال شکل ۵ مراجعه کنید	۴-۵-۴
پاسخ زاویه‌ای،I_{SC} به عنوان تابعی از زاویه برخورد مقایسه شده با تابع کسینوس	به مثال شکل ۶ مراجعه کنید	۵-۵-۴
آزمون سلول		۶-۴
LIV و دیگر آزمون مشخصات: توجه : یادآوری شرایط برای آزمون و نرخ نمونه‌برداری	$۵۰۰\ kW/m^{۲}$، AM۱/۵ D ، $۲۵\ ^{\circ}C$، ۱۰۰ ٪ از نمونه‌ها	فقط مثال؛ به توضیحات بند ۴-۶ مراجعه شود

1- Aqua regia
2- Wire bonding

جدول ۱ – الگوی ویژگی‌ها - ادامه

آزمون تنش: در صورت کاربرد، آزمون تنش به کار رفته و نرخ نمونه‌برداری شرح داده شود.	صدور گواهینامه در استاندارد IEC 62787 در آینده انجام می‌شود.	فقط مثال؛ به توضیحات بند ۴-۶ مراجعه شود

۴ مشخصات سلول متمرکزکننده

۴-۱ کلیات

در این پاراگراف، پارامترها و دستورالعمل‌هایی برای توصیف سلول‌های متمرکزکننده، به همراه یک زیربند برای هر ورودی در جدول ۱ ارائه می‌شود. این پاراگراف برای جدول داده‌ها به منظور ارائه مدل‌های مشابهی از اطلاعات، مناسب است و هدف اصلی این ویژگی‌های فنی، ساده‌سازی سازگاری بین جدول داده‌ها می‌باشد. اگرچه با تشخیص اطلاعات ارائه‌شده، مشخصات یک سلول معمولی به جای یک سلول خاص نمایش داده می‌شود، ممکن است اختلافات جزئی در روش آزمون ظاهر شود که فاقد اهمیت است. تمرکز این ویژگی‌ها بر روش‌های دقیق مشخص برای اندازه‌گیری‌ها نمی‌باشد بلکه جهت ارائه تعاریف دائمی از شرایط آزمون است. ممکن است در آینده تعریف روش‌های اندازه‌گیری با جزئیات بیشتر مفید باشد، اما هنوز توافقی بر تمام جزئیات اندازه‌گیری وجود ندارد. به عنوان مثال، توصیف/ کنترل طیف به عنوان تابعی از زمان و مکان می‌تواند به‌طور کامل در مدت زمان فلش[1] از یک شبیه‌ساز چالش‌برانگیز باشد و هر آزمایشگاه روش خاص خود را جهت کنترل طیف داشته باشد. ممکن است بعضی از اندازه‌گیری‌های توصیف‌شده در این ویژگی‌ها عدم قطعیتی بین ٪ ۵ تا ٪ ۱۰ داشته باشد. تعریف روش‌های اندازه‌گیری دقیق که می‌تواند این عدم قطعیت را کاهش دهد، مفید خواهد بود؛ اما خارج از حوزه بحث این استاندارد است.

۴-۲ شناسنامه محصول

۴-۲-۱ کلیات

جدول داده باید هویت یک محصول را به روشنی تعریف کند. اگر شماره مدل[2] متفاوتی برای یک سلول کنترل‌کننده و یک سلول نصب‌شده استفاده شده باشد، این هویت ممکن است ایجاد سردرگمی کند.

۴-۲-۲ سازنده

در بعضی موارد، ممکن است سازندگان متعددی در رشد یکپارچه، پردازش و آزمون سلول، نقش داشته باشند. بهتر است نام سازنده، نام شرکتی باشد که مسئولیت فراهم کردن جدول داده‌ها را به عهده دارد.

۴-۲-۳ شماره مدل

بهتر است شماره مدل در توصیف کالا منحصر به‌فرد باشد.

۴-۲-۴ نوع سلول

در تشریح یک سلول بهتر است دست کم موارد زیر لحاظ شود:

1-Flash – تابش نور با شرایط استاندارد

2-model

- تعداد پیوندها
- مواد استفاده‌شده برای هر پیوند
- ارتباط باند ممنوعه[1] با هر پیوند، اگر مواد تشکیل‌دهنده آن مشخص نیست (به عنوان مثال، سیلیکون نیاز به هیچ توضیحی ندارد)
- زیرلایه

لحاظ ضخامت هر یک از لایه‌ها اختیاری است.

۴-۳ تشریح محصول

۴-۳-۱ کلیات

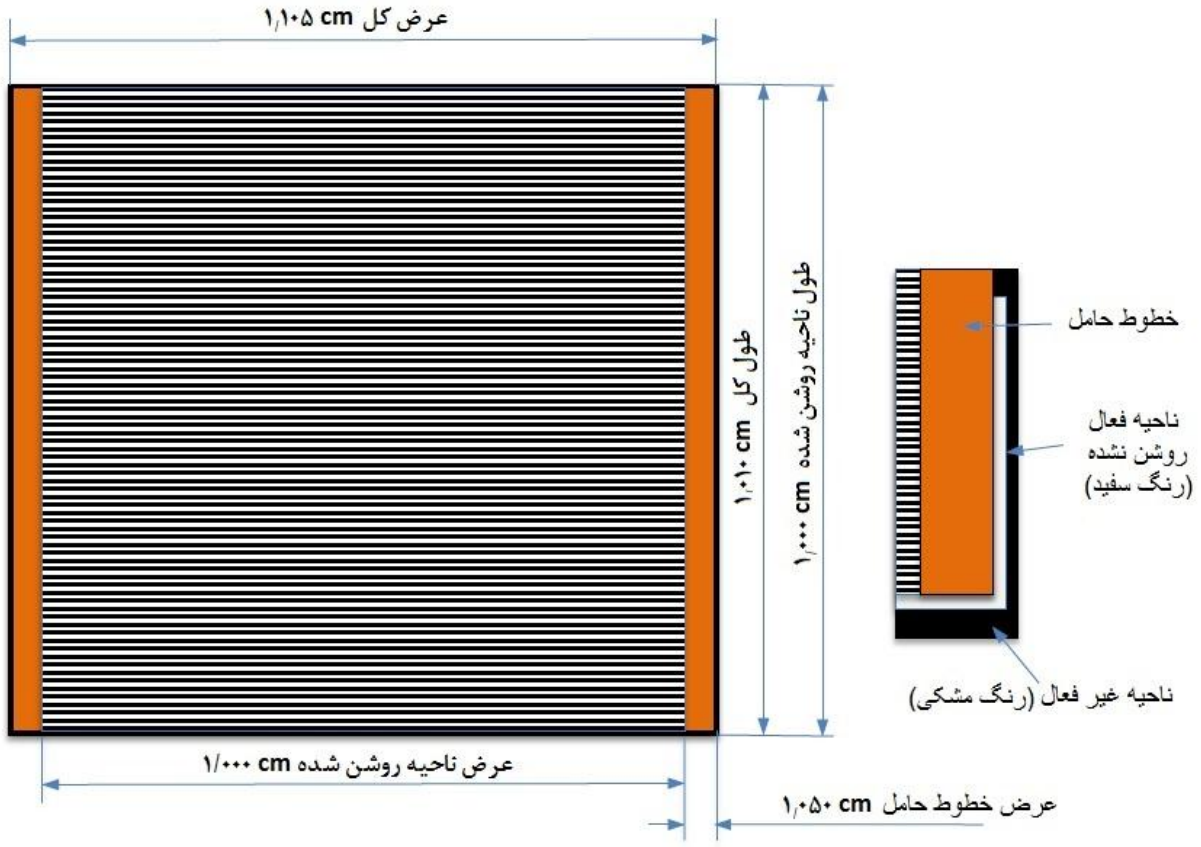
برای نشان دادن هندسه نمونه نیاز به ارائه یک شکل ترسیمی می‌باشد.

۴-۳-۲ مساحت کل تراشه

برای طراحی مونتاژ سلول، مساحت کل سلول[2] و چگونگی پیاده‌سازی سلول‌ها بر ماژول‌های CPV، لازم است. بهتر است تعیین مساحت کل شامل ابعاد (به طور مثال ۱cm × ۱٫۱cm) و یک طرح اولیه باشد. بهتر است طرح اولیه شامل ابعاد کل تراشه و هم‌چنین نواحی غیرفعال از جمله فلزی و یا غیرفلزی باشد. شکل ۱، مثالی از یک نمای گسترده از گوشه پایین سمت راست است. ممکن است سازنده سلول برای برقراری ارتباط صحیح هندسی از روشی متفاوت استفاده کند.

1- Band gap

۲- تراشه



شکل ۱- مساحت کل سلول و مساحت طراحی شده در معرض تابش

۴-۳-۳ مساحت طراحی شده تحت تابش

در مقابل سلول‌های صفحه‌تخت که معمولا ٪ ۱۰۰ در معرض تابش قرار می‌گیرند، طراحی بسیاری از سیستم‌های متمرکزکننده اجازه می‌دهد اتصالات سلول‌ها خارج از مساحت تحت تابش ساخته شوند. مساحتی که برای تابش طراحی شده، شامل ناحیه‌ای از خطوط شبکه و باس‌بار[1] تابش می‌باشد. با توجه به مساحت فوق در جدول داده، بهتر است طرح اولیه نشان‌گر محل و ابعاد مساحت طراحی شده تحت تابش باشد. بهتر است ابعاد باس‌بار که برای اتصال الکتریکی استفاده خواهند شد، به خوبی تعیین شوند. این موضوع می‌تواند ایجاد سردرگمی کند زیرا بعضی از سلول‌های متمرکزکننده شامل ناحیه‌ای هستند که به تابش واکنش نشان می‌دهند، در صورتی که آن ناحیه برای تحت تابش قرار گرفتن در نظر گرفته نشده است. به خصوص برای جلوگیری از اتصال کوتاه، معمولا باس‌بار به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند که از لبه فعال نور خارج شده و بیرون از مسیر نوری قرار گیرند. بنابراین نواحی فعال نوری[2] که برای جذب نور مورد نظر نیستند، بهتر است در طول فرآیند اندازه‌گیری پوشانده شوند یا می‌توان با استفاده از ناحیه‌ای روی مساحت تعریف عملکرد شبیه‌ساز، یک ضریب اصلاح ریاضی به کار برد.

1- Bus bar
2- Light-active

مساحت تعریف عملکرد شبیه‌ساز از معادله زیر به دست می‌آید :

$$A=B-C$$

که در این معادله :

A : مساحتی که در طول آزمون در معرض تابش قرار داده شده است.

B : منطقه داخل عایق‌بندی دیود نگهدارنده[1] یا لبه سلول (در صورت عدم وجود دیود نگهدارنده) است.

C : باس‌بار اتصالات صفحه[2] است.

مساحت طراحی‌شده تحت تابش = مساحت طراحی‌شده برای تابش بین باس‌بار و دیود نگهدارنده یا لبه سلول.

۴-۳-۴ بازدهی نامی و طراحی بر اساس شدت تابش

بهتر است بازدهی نامی برای یک نمونه نوعی سلول، طبق شرایط ذیل گزارش شود:

- طراحی براساس شدت تابش kw/m^2
- AM ۱٫۵ مستقیم (همان‌گونه که در استاندارد IEC 60904-3 مشخص شده است)، و
- دمای سلول $25C^\circ$

همچنین طراحی بر اساس شدت تابش نیز مشخص شده است. روش‌هایی برای اندازه‌گیری منحنی‌های I-V وجود دارند که می‌توان در مراجع ذکر شده در بالا پیدا کرد. بهتر است عدم قطعیت در اندازه‌گیری نیز تخمین زده و گنجانده شود.

۴-۳-۵ نرخ‌های جریان نامی

جریان‌های الکتریکی حاصل از نور برای هر پیوند در سلول چند پیونده را می‌توان با تنظیم طیف یا یکپارچه-سازی منحنی بازدهی کوانتوم[3] تابیده شده با طیف مورد نظر اندازه‌گیری کرد. بهتر است نسبت جریان مورد انتظار بر اساس استاندارد IEC 60904-3، طیف مرجع مستقیم که در دمای $25C^\circ$ در هوا اندازه‌گیری شده، مشخص شده باشد (برای لوازم پانل توصیف‌شده). اگر محصول، یک سلول خام باشد که در محفظه‌ای قرار داده شده باشد اعلام مقادیر برای اندازه‌گیری با محفظه می‌تواند مفید باشد، اما اجرای پوشینه‌سازی[4]، می-تواند ایجاد سردرگمی کند، زیرا محافظ شیشه‌ای و/یا نورهای ثانویه می‌تواند نور مستقیم را تغییر دهد. اگر این اطلاعات تهیه شده باشد، بهتر است چگونگی اندازه‌گیری آنها به طور واضح برچسب شود. بر اساس قرارداد، سلول بالایی برای این در نظر گرفته می‌شود که یک جریان نسبی از واحد و ضرایبی از جریان‌ها برای هریک از سلول‌های زیرمجموعه‌ای[5] که به جریان سلول بالایی مربوط شده‌اند، داشته باشد. این ضریب‌ها برای شرایط اندازه‌گیری مشابه مورد استفاده در تعیین بازدهی نامی به‌کار برده می‌شوند. تنوع این ضریب‌ها بهتر است در بیان عدم قطعیت منعکس شود. توصیه می‌شود با استفاده از یک روش بدون ابهام از طریق

1- mesa
2- Bond pads
3- Quantum
4- encapsulation
5- subcells

مشخص کردن باند ممنوعه، ترکیب تعداد پیوند یا علامت منحصربه‌فرد دیگر و شناسایی محل پیوند با توصیفی از یک سلول هم‌خوانی داشته باشد

۴-۳-۶ ضرایب دمایی

همان‌گونه که توسط سازنده مشخص شده است، ضرایب دمایی برای Voc[۱] و Pmax[۲] را با اندازه‌گیری منحنی‌های (I-V) سلول تحت تابش یعنی سلولی که طراحی شده و نور مستقیم ۱٫۵AM برای یک مجموعه از دما که گستره حداقل ۷۰C° را پوشش می‌دهد و یا در گستره محدوده دمایی عملکرد، می‌توان به‌دست آورد (به بند ۴-۴-۱ مراجعه کنید). اندازه‌گیری ضرایب دمایی از I_{SC}[۳] مشکل است و شاید بهتر باشد که از مقادیر اعلام‌شده در سایر پژوهش‌های علمی استفاده شود. هم‌چنین می‌توان این اطلاعات را ازجمع‌آوری اطلاعات بازدهی کوانتومی اندازه‌گیری شده در شرایط دمایی مختلف و همچنین باند ممنوعه کوچک‌شده در دمای بالا به‌دست آورد. تمام ضرایب دمایی باید به همراه عدم قطعیت، باید بر حسب واحد نسبی (K/٪) و بیان شوند. ضرایب دمایی برای سطوح متعدد تابش می‌تواند به تشخیص سازنده بستگی داشته باشد.

۴-۳-۷ فلزکاری جلو

ترکیبات شیمیایی و ضخامت فلزکاری جلویی باید با جزییات کافی به منظور تسهیل شیوه اتصال، توصیف شود.

۴-۳-۸ فلزکاری پشت

ترکیبات شیمیایی فلزکاری پشتی باید با جزییات کافی به منظور تسهیل شیوه اتصال، توصیف شود.

۴-۳-۹ طراحی پوشش ضد بازتاب نور

ضریب شکست مطابق با پوشش ضد بازتاب، به صراحت مشخص شود (برای مثال برای هوا (n=۱))

۴-۳-۱۰ ضخامت بدنه

ضخامت بدنه باید تعیین شود.

۴-۴ پردازش سلول و شرایط استفاده

۴-۴-۱ دمای عملکرد توصیه شده سلول

اگر دمای عملکرد سلول افزایش یابد، ممکن است باعث خرابی زودرس سلول شود. اگر تابع پیوند تونل محدود شود، ممکن است عملکرد سلول در دمای خیلی پایین با مشکل مواجه شود. سازنده باید یک محدوده عملکرد توصیه‌شده را تعیین کند.

۱- ولتاژ مدار باز

۲- توان بیشینه

۳- جریان اتصال کوتاه

۲-۴-۴ بیشینه جریان نوری سلول

اگر جریان نوری محلی بیش از ظرفیت پیوندهای تونلی باشد، امکان کاهش چشمگیر عملکرد یک سلول چند پیونده وجود دارد. اگر غلظت حامل به سطحی برسد که بازترکیب اوگر[۱] پیش آید، می‌تواند منجر به کاهش خروجی سیلیکونی شود. بیشینه جریان نوری توصیه‌شده سلول باید با واحد A/cm^2 مشخص شده باشد.

۳-۴-۴ دمای توصیه‌شده پردازش سلول

بهتر است دما و زمانی برای پردازش مشخص شود که تحت آن خواص سلول‌هایی که در جدول داده‌ها ارائه شده است، حفظ شود.

۴-۴-۴ سازگاری/ ناسازگاری شیمیایی

مواد شیمیایی معمول یا پردازش‌هایی که منجر به تنزل عملکرد سلول شود و یا روش‌هایی که توصیه شده است، فهرست کنید.

۵-۴-۴ شرایط انبار کردن

شرایط توصیه‌شده ذخیره‌سازی سلول‌ها که دست کم شامل دما، رطوبت و شرایط محیطی انبار کردن (به طور مثال، جعبه خشک، کیسه پلاستیکی عاری از نیتروژن) و عمر مفید می‌شود، شرح داده شود. شرایط انبار کردن برای محافظت از سلول به صورت باز و برای حفظ شرایط سطح اتصالات صفحه مهم هستند.

۶-۴-۴ روش اتصال توصیه‌شده

پیکربندی فلزکاری معمولا برای یک روش اتصال ویژه مانند خطوط اتصال سیم، لحیم‌کاری، جوشکاری یا چسباندن، مناسب باشد. این روش اتصال ممکن است بین طرف جلو و عقب متفاوت باشد، بنابراین لازم است برای هر دو طرف جلو و پشت به‌طور جداگانه مشخص شود.

۵-۴ نمودارها و جداول

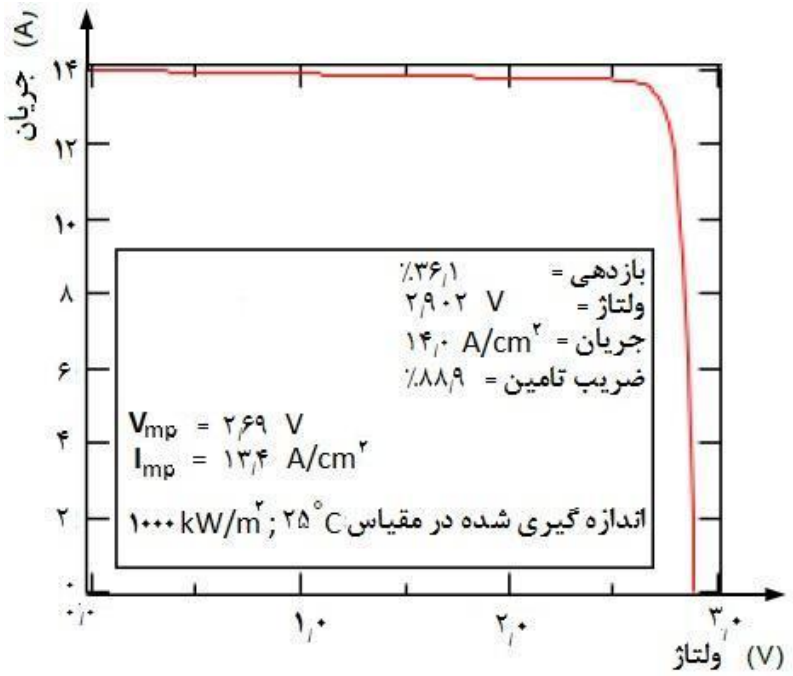
۱-۵-۴ نمونه نوعی منحنی I-V

منحنی I-V اندازه‌گیری‌شده در ۴-۳-۳ به منظور تعیین بهره نامی، باید همراه با مقادیر اندازه‌گیری شده برای Isc، Imp[۲]، Voc، FF[۳] و بازدهی باشد. همان‌گونه که در شکل ۲ نشان داده شده است. یک منحنی توان– ولتاژ نیز ممکن است به صورت اختیاری نشان داده شود.

1- Auger recombination

۲-جریان بیشینه توان

۳- فاکتور تامین

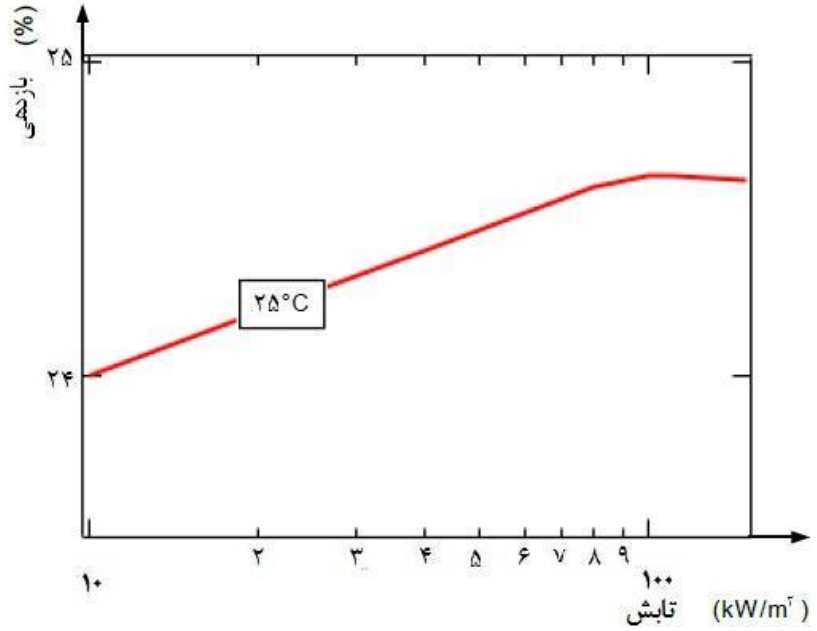


شکل ۲- مثال نمودار جریان - ولتاژ

۴-۵-۲ بازدهی به ازاء تابش

بازدهی به عنوان تابعی از تابش برای طیف مستقیم AM ۱٫۵ و دمای سلول ۲۵C° اندازه‌گیری می‌شود. همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است.

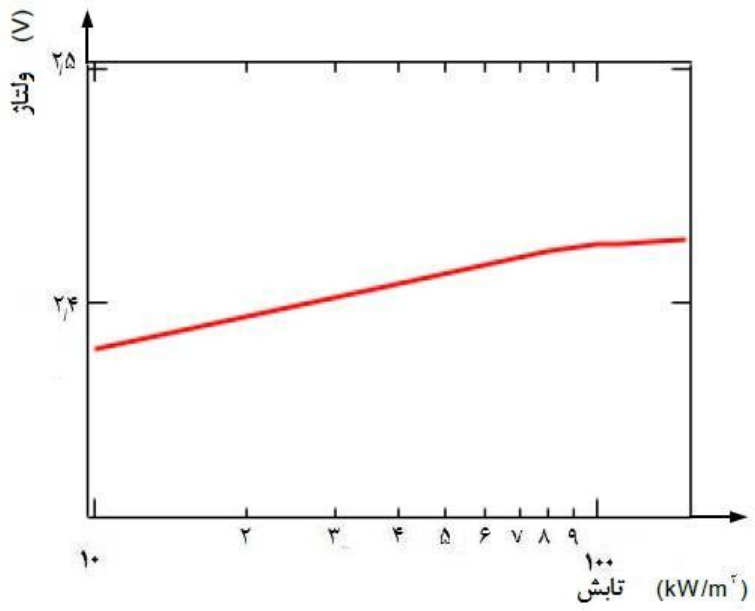
ازآن‌جایی که واحد kW/m^2 برای نشان دادن تمرکز تقریبی به‌کار گرفته می‌شود، بهتر است که همین واحد برای تابش نیز استفاده شود.



شکل ۳- مثال نمودار بازدهی به عنوان تابعی از تابش

۴-۵-۳ Vmp به ازاء تابش

Vmp[۱] به عنوان تابعی از تابش برای طیف مستقیم AM ۱٫۵ و دمای سلول ۲۵C° اندازه‌گیری شده است. همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده است.

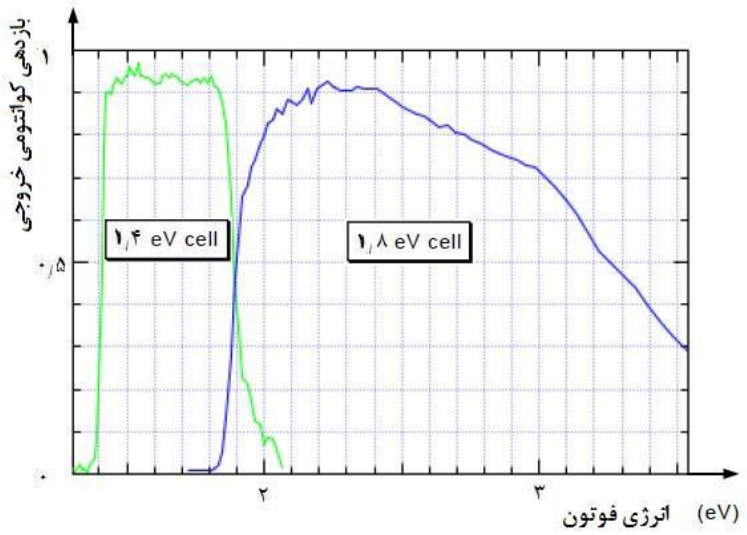


شکل ۴- مثال نمودار نشان دادن ولتاژ به عنوان تابعی از تابش

۱- ولتاژ بیشینه توان

۴-۵-۴ بازدهی کوانتومی

نمونه نوعی بازدهی کوانتومی خارجی به عنوان تابعی از طول موج برای هر پیوند که روی سلول گرفته‌شده از پرتوها با بزرگ‌ترین تجمع اندازه‌گیری‌شده، ترسیم شده است. همان‌طور که در شکل ۵ و جدول ۲ نشان داده شده است. روشن است که این داده‌ها از یک نمونه به نمونه دیگر متفاوت خواهند بود.



شکل ۵- مثال نمودار بازدهی کوانتومی خارجی

جدول ۲- نمونه‌ای از جدول‌بندی داده‌های بازده کوانتومی

طول موج nm	بالاترین پاسخ سلول بدون واحد	پایین ترین پاسخ سلول بدون واحد
۳۵۰	۰/۲۸۸	
۳۵۰	۰/۳۲۳	
۳۶۰	۰/۳۵۷	
۳۶۵	۰/۳۹۵	
۳۷۰	۰/۴۳۸	
۳۷۵	۰/۴۶۹	
۳۸۰	۰/۴۹۵	
۳۸۵	۰/۵۲۶	
۳۹۰	۰/۵۷۰	
۳۹۵	۰/۶۱۱	
۴۰۰	۰/۶۴۴	
۴۰۵	۰/۶۷۵	
۴۱۰	۰/۷۰۰	
۴۱۵	۰/۷۲۴	
۴۲۰	۰/۷۳۰	
۴۲۵	۰/۷۴۲	
۴۳۰	۰/۷۵۰	
۴۳۵	۰/۷۶۰	
۴۴۰	۰/۷۶۷	
۴۴۵	۰/۷۸۲	
۴۵۰	۰/۷۸۹	
۴۵۵	۰/۸۰۰	
۴۶۰	۰/۸۰۶	
۴۶۵	۰/۸۲۱	
۴۷۰	۰/۸۱۹	
۴۷۵	۰/۸۳۳	
۴۸۰	۰/۸۴۴	
۴۸۵	۰/۸۵۰	
۴۹۰	۰/۸۵۷	
۴۹۵	۰/۸۶۷	
۵۰۰	۰/۸۷۸	
۵۰۵	۰/۸۸۸	
۵۱۰	۰/۹۰۰	

جدول ۲- نمونه‌ای از جدول‌بندی داده‌های بازده کوانتومی - ادامه

طول موج nm	بالاترین پاسخ سلول بدون واحد	پایین ترین پاسخ سلول بدون واحد
۵۱۵	۰/۹۰۸	
۵۲۰	۰/۹۰۷	
۵۲۵	۰/۹۱۱	
۵۳۰	۰/۹۰۸	
۵۳۵	۰/۹۰٤	
۵٤۰	۰/۹۰۳	
۵٤۵	۰/۹۰۵	
۵۵۰	۰/۹۱۵	
۵۵۵	۰/۹۲٦	
۵٦۰	۰/۹۱٦	
۵٦۵	۰/۹۰۸	
۵۷۰	۰/۸۷۵	
۵۷۵	۰/۹۰۷	
۵۸۰	۰/۸۸۳	
۵۸۵	۰/۸۷۲	
۵۹۰	۰/۸۷۹	
۵۹۵	۰/۸۸۲	
٦۰۰	۰/۸۵۰	
٦۰۵	۰/۸٦۱	
٦۱۰	۰/۸۳٤	
٦۱۵	۰/۸۲۹	
٦۲۰	۰/۷۹۷	
٦۲۵	۰/۷۸۰	۰/۱۰۳
٦۳۰	۰/۷٤۲	۰/۱۰۲
٦۳۵	۰/۷۲٤	۰/۱۰۹
٦٤۰	۰/٦۸۲	۰/۱۰۵
٦٤۵	۰/٦۵۳	۰/۱۲۱
٦۵۰	۰/۵۵۸	۰/۱٤٤
٦۵۵	۰/٤٦	۰/۱٦۷
٦٦۰	۰/۲۷۸	۰/۲۰۸
٦٦۵	۰/۱۳۲	۰/۲۵۷
٦۷۰	۰/۰۵۰	۰/۲۷۲
٦۷۵	۰/۰۱۹	۰/۲۸٦
٦۸۰	۰/۰۱۰	۰/۲۸۷

جدول ۲- نمونه‌ای از جدول‌بندی داده‌های بازده کوانتومی - ادامه

طول موج nm	بالاترین پاسخ سلول بدون واحد	پایین ترین پاسخ سلول بدون واحد
٦٨٥	٠/٠٠٩٦	٠/٢٨٥
٦٩٠	٠/٠٠٩	٠/٢٧٤
٦٩٥	٠/٠٠٨	٠/٢٧٥
٧٠٠	٠/٠٠٤	٠/٢٦٩
٧٠٥	٠/٠٠	٠/٢٨
٧١٠		٠/٢٨٦
٧١٥		٠/٢٩٥
٧٢٠		٠/٢٩٦
٧٢٥		٠/٣
٧٣٠		٠/٢٩١
٧٣٥		٠/٢٨١
٧٤٠		٠/٢٧٨
٧٤٥		٠/٢٦٧
٧٥٠		٠/٢٦٩
٧٥٥		٠/٢٦٩
٧٦٠		٠/٢٨
٧٦٥		٠/٢٨٩
٧٧٠		٠/٢٩٩
٧٧٥		٠/٣٠٧
٧٨٠		٠/٣٠٨
٧٨٥		٠/٣٠٦
٧٩٠		٠/٢٩٥
٧٩٥		٠/٢٨٧
٨٠٠		٠/٢٧٤
٨٠٥		٠/٢٧٣
٨١٠		٠/٢٦٣
٨١٥		٠/٢٦٦
٨٢٠		٠/٢٦٨
٨٢٥		٠/٢٧٣
٨٣٠		٠/٢٨٢
٨٣٥		٠/٢٩٢
٨٤٠		٠/٢٩٨
٨٤٥		٠/٣٠٣
٨٥٠		٠/٣٠٨

جدول ۲- نمونه‌ای از جدول‌بندی داده‌های بازده کوانتومی - ادامه

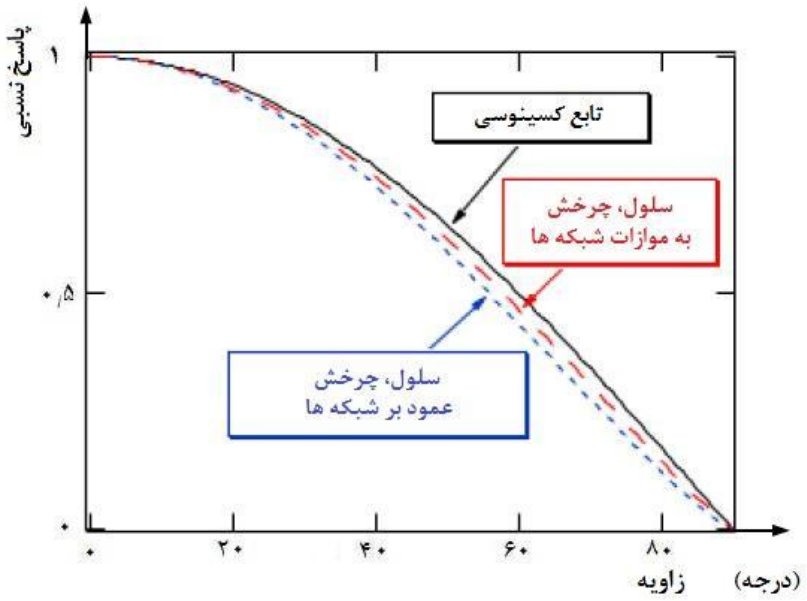
طول موج nm	بالاترین پاسخ سلول بدون واحد	پایین ترین پاسخ سلول بدون واحد
۸۵۵		۰/۳
۸۶۰		۰/۲۸۶
۸۶۵		۰/۲۷۳
۸۷۰		۰/۲۶۵
۸۷۵		۰/۲۲۵
۸۸۰		۰/۱۳۱
۸۸۵		۰/۰۵۱
۸۹۰		۰/۰۲۱۸
۸۹۵		۰/۰۱۲۶
۹۰۰		۰/۰۰۶۵۷
۹۰۵		۰/۰۰۶۲۱
۹۱۰		۰/۰۰۶۳۵

۴-۵-۵ پاسخ زاویه‌ای

وابستگی زاویه‌ای Isc را که در محیط باز اندازه‌گیری شده، برای بسته‌های توصیف‌شده، ترسیم یا جدول-بندی شود. مانند آن‌چه در شکل ۶ قابل مشاهده است. چنان‌چه بسته‌بندی به‌گونه‌ای باشد که اندازه‌گیری انجام‌شده بر سلول خام بخشی از داده‌های کل محصول نباشد، لازم است این داده‌ها به صورت برچسب مشخص شود.

ترجیحاً، تابع کسینوس به داده‌های اندازه‌گیری‌شده به منظور مقایسه اضافه خواهد شد. اگر ترجیح داده شود، می‌تواند پاسخ نسبت به پاسخ کسینوسی ارائه شود. در این صورت، انحراف از کسینوس آشکارتر است، اما از آنجا که زوایای آنی[1] نزدیک می‌شوند، عدم قطعیت از پاسخ نسبی ممکن است خیلی زیاد شود، در نتیجه در نمودار گمراه‌کننده است. پاسخ زاویه‌ای بهتر است برای چرخش به موازات شبکه‌ها و عمود بر شبکه‌ها مستند شده باشد، مگر اینکه این‌ها به طور واضح مشخص نشده باشند.

1- Glancing angle



شکل ۶- نمودار نشان دادن پاسخ به عنوان یک تابع از زاویه برخورد

۶-۴ آزمون سلول

نوع آزمون انجام‌شده، شکست سلول‌های آزمون‌شده، شرایط مورد قبولی که هم در خصوص عملکرد و هم در خصوص کیفیت سلول‌ها اعمال می‌شود، تشریح شود. آگاهی از روش‌های به‌کار گرفته‌شده در آزمون به ارزیابی بهتر مشتری از ثبات مورد انتظار یا مورد درخواست در خصوص محصول، کمک می‌کند.