INSO
10141

1st. Revision

2017
Identical with
ISO 16700: 2016

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران

۱۰۱۴۱

تجدیدنظر اول

۱۳۹۵

تجزیه میکروپرتویی- میکروسکوپ الکترونی روبشی – راهنما برای کالیبراسیون بزرگ‌نمایی تصویر

Scanning electron –Microbeam analysis microscopy - Guidelines for calibrating image magnification

ICS 37.020

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج ، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸- ۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.org.ir

وبگاه: http://www.isiri.gov.ir

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No.1294 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.org.ir

Website: http://www.isiri .gov.ir

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 وارد-کنندگان، 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

« تجزیه میکروپرتویی- میکروسکوپ الکترونی روبشی – راهنما برای کالیبراسیون بزرگ‌نمایی تصویر»

(تجدیدنظر اول)

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
زرگر، بهروز (دکتری شیمی تجزیه)	رئیس آزمایشگاه مرکزی دانشگاه شهید چمران اهواز
دبیر:	
صفدریان، ناصر (کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی)	شرکت کیمیا کنکاش جندی شاپور
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
آرین نژاد، حسین (کارشناسی مهندسی برق - الکترونیک)	کارشناس تدوین استاندارد - اداره کل استاندارد خوزستان
پولادگر، عبدالعلی (کارشناسی مهندسی مکانیک)	دبیر کمیته متناظر فولادTC17
حبیبی، محمد (کارشناسی ارشد برق)	کارشناس ارشد ابزار دقیق و الکترونیک - شرکت ملی حفاری ایران
خادمی مقدم، الهام (کارشناسی فیزیک)	کارشناس - آزمایشگاه بندرسازان جنوب گناوه
خوشنام، فرزانه (دکتری شیمی تجزیه)	معاون استانداردسازی و آموزش - اداره کل استاندارد خوزستان

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/یا محل اشتغال:**
راستی، مسعود (کارشناسی مهندسی الکترونیک)	کارشناس الکترونیک - شرکت ملی نفت ایران
شجاع بختیار، نجمه (کارشناسی ارشد فیزیک)	کارشناس نظارت بر اجرای استاندارد - اداره کل استاندارد خوزستان
ماپار، مهسا (کارشناسی ارشد فیزیک هسته‌ای)	کارشناس - شرکت تجهیزات پزشکی تابان‌ساز
موسوی، سید محمد (کارشناسی ارشد کنترل)	کارشناس ارشد ابزار دقیق - شرکت ملی حفاری ایران
ویراستار:	
خوشنام، فرزانه (دکتری شیمی تجزیه)	معاون استانداردسازی و آموزش - اداره کل استاندارد خوزستان

فهرست مندرجات

عنوان		صفحه
پیش‌گفتار		و
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۲	مراجع الزامی	۱
۳	اصطلاحات و تعاریف	۱
۴	بزرگ‌نمایی تصویر	۴
۵	ماده مرجع	۵
۶	رویه‌های کالیبراسیون	۶
۷	درستی بزرگ‌نمایی تصویر و نشانگر مقیاس	۱۰
۸	گزارش کالیبراسیون	۱۱
پیوست الف (آگاهی دهنده) مواد مرجع برای بزرگ‌نمایی		۱۳
پیوست ب (آگاهی‌دهنده) عوامل تاثیرگذار بر نتایج بزرگ‌نمایی SEM		۱۵
پیوست پ (آگاهی‌دهنده) عدم قطعیت در اندازه‌گیری بزرگ‌نمایی		۱۷
پیوست ت (آگاهی‌دهنده) مثالی از گزارش آزمون		۱۹
کتاب‌نامه		۲۱

پیش‌گفتار

استاندارد «تجزیه میکروپرتویی- میکروسکوپ الکترونی روبشی- راهنما برای کالیبراسیون بزرگ‌نمایی تصویر» که نخستین‌بار در سال ۱۳۸۲ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی به عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در ششصد و شصت و سومین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد مهندسی پزشکی مورخ ۱۳۹۵/۱۲/۱۶ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱،به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر میشود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوهٔ نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران درصورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱۰۱۴۱: سال ۱۳۸۲ می‌شود.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است:

ISO 16700: 2016, Microbeam analysis -- Scanning electron microscopy -- Guidelines for calibrating image magnification

تجزیه میکروپرتویی- میکروسکوپ الکترونی روبشی – راهنما برای کالیبراسیون بزرگ‌نمایی تصویر

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش کالیبره کردن بزرگ‌نمایی تصاویر ایجاد شده به وسیله میکروسکوپ الکترونی روبشی[1] (SEM) با استفاده از ماده مرجع مناسب است. بزرگ‌نمایی‌های تعیین شده در این روش، محدود به گستره ابعاد قابل دسترس در ماده مرجع کالیبراسیون می‌باشد.

این استاندارد برای اندازه‌گیری ابعاد بحرانی اختصاصی توسط SEM کاربرد ندارد.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

درصورتی‌که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ISIRI-ISO-IEC 17025: سال ۱۳۸۶، الزامات عمومی برای احراز صلاحیت آزمایشگاه‌های آزمون و کالیبراسیون

2-2 ISO Guide 30, Reference materials - Selected terms and definitions

2-3 ISO Guide 34, General requirements for the competence of reference material producers

2-4 ISOGuide 35, Reference materials - General and statistical principles for certification

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌روند:

۳-۱

میکروسکوپ الکترونی روبشی

SEM

دستگاهی که به‌وسیله روبش سطح آزمونه[2] با پرتو الکترونی، تصاویر بزرگ شده‌ای از آن ایجاد می‌کند.

۳-۲

تصویر

image

نمایش دو بعدی سطح آزمونه که به وسیله SEM ایجاد می‌شود (به زیربند ۳-۱ مراجعه شود).

1 - Scannig electron microscope
2-Specimen

یادآوری- عکس یک آزمونه که با استفاده از SEM گرفته شده باشد، مثال خوبی از یک تصویر می‌باشد.

۳-۳

بزرگ‌نمایی تصویر

image magnification

نسبت بعد خطی نمایش روبش به بعد خطی آزمونه متناظر در محدوده روبش می‌باشد.

۴-۳

نشانگر مقیاس

scale marker

خط/خط تولید شده (فواصل) روی تصویر (به زیربند۳-۲ مراجعه شود)که نشان دهنده طول واقعی تعیین شده‌ای در روی آزمونه می‌باشد.

۵-۳

ماده مرجع

RM

reference material

ماده به اندازه کافی همگن و پایدار با درنظر گرفتن یک یا چند خصوصیت مشخص، که برای استفاده مورد نظر در یک فرایند اندازه‌گیری ساخته شده است.

۶-۳

ماده مرجع گواهی شده

CRM

certified reference material

ماده مرجع(زیربند۳-۵) مشخص شده با رویه معتبر اندازه‌شناسی برای یک یا چند خصوصیت مشخص، همراه با گواهی نامه‌ای، که مقدار آن خصوصیت مشخص شده، عدم قطعیت مربوط به آن و قابلیت ردیابی اندازه‌شناسی آن را فراهم می‌کند.

یادآوری- در این استاندارد از RM/CRM با الگو، محدوده‌ی اندازه گام و درستی مطلوب، برای کالیبراسیون بزرگ‌نمایی تصویر استفاده می‌شود.

۷-۳

کالیبراسیون

calibration

مجموعه عملیاتی که، تحت شرایط مشخص، میان بزرگ‌نمایی نشان داده شده توسط SEM و بزرگ‌نمایی متناظر اندازه‌گیری شده آن توسط آزمون یک ماده مرجع یا ماده مرجع گواهی شده، رابطه برقرار می‌کند.

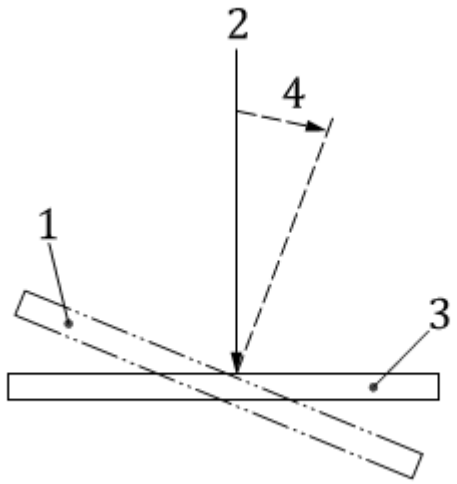
۳-۸

زاویه شیب

tilt angle

زاویه بین سطح آزمونه شیب‌داده شده از سطح صاف عمود به محور پرتو الکترونی می‌باشد.

یادآوری- به شکل ۱ مراجعه شود.



راهنما:

1 آزمونه شیب داده شده

2 پرتو الکترونی

3 آزمونه

4 زاویه شیب

شکل۱-زاویه شیب

۳-۹

نمایشگر

display

وسیله‌ای آنالوگ یا دیجیتال که برای نمایش تصویر استفاده می‌شود (به زیربند ۳-۲ مراجعه شود).

یادآوری- لامپ اشعه کاتدی[1] ؛ صفحه نمایشگر پلاسما[2]؛ نمایشگر کریستال مایع و غیره مثال‌هایی از نمایشگر می‌باشند.

1-Cathod ray tube
2-Plasma dislay panel

۳-۱۰

فاصله کاری

working distance

فاصله بین سطح آزمونه و سطح صاف پایین عدسی شیئی در دستگاه SEM می‌باشد (به زیربند ۳-۱ مراجعه شود).

۳-۱۱

گام

pitch

نزدیک‌ترین فاصله بین دو ویژگی مشابه روی آزمونه که از نقاط معادل روی یک الگوی تکرار شونده، به دست می‌آید.

۳-۱۲

درستی

accuracy

نزدیکی بین نتیجه آزمون و مقدار مرجع پذیرفته شده می‌باشد.

یادآوری۱- یک «نتیجه آزمون» متشکل از مقادیر مشاهده شده برای گام (زیربند ۳-۱۱) یک ماده مرجع گواهی شده (زیربند ۳-۶) است که توسط رویه ارائه شده در این استاندارد ملی به دست می‌آید.

یادآوری ۲- عبارت «مقدار مرجع پذیرفته شده» مقداری است که توسط آزمایشگاه کالیبراسیون ملی یا بین‌المللی گواهی شده است. این مقدار دارای عدم قطعیتی است که توصیه می‌شود روی گواهی‌نامه نوشته شده باشد.

یادآوری ۳- دقت و درستی متفاوت هستند. دقت با نزدیکی بین نتایج آزمون‌های مستقل، تحت شرایط قید شده، به دست می‌آید (به استاندارد ISO 5725-1 مراجعه شود).

۴ بزرگ‌نمایی تصویر

۴-۱ نشانگر مقیاس[1]

برای نشان دادن بزرگ‌نمایی، یک نشانگر مقیاس و طول مربوط به آن (در یکاهای SI) که در واقع نشان دهنده طول روی آزمونه می‌باشد، روی تصویر اضافه می‌شود (به شکل ۲ مراجعه کنید).

1-Scale marker

یادآوری- در شکل ۲ طول نشان داده شده توسط خطوط معادل با ۵۰۰ nm بعد از کالیبراسیون می‌باشد.

شکل۲- نشانگر مقیاس و طول آن

۴-۲ بیان بزرگ‌نمایی

بزرگ‌نمایی تصویر توسط عددی که نشان‌دهنده تعداد مرتبه از بزرگ شدن تصویر جسم است، ارائه می شود و با نماد «×» همراه است (مانند ×۱۰۰ , ×۱۰۰۰۰ , ×۱۰k یا ×۱۰۰ , ×۱۰۰۰۰ , ×۱۰k که در آن‌ها ۱۰۰، ۱۰۰۰۰ و ۱۰k اعداد بزرگ‌نمایی هستند).

یادآوری۱- نشان دادن بزرگ‌نمایی، وقتی نشانگر مقیاس روی تصویر نشان داده شده است، همیشه ضروری نیست.

یادآوری۲- بزرگ‌نمایی نشان داده شده روی تصویر، با وسیله خروجی انتخاب شده که می‌تواند صفحه نمایشگر، چاپگر یا وسیله عکاسی باشد، مطابقت دارد. نشانگر مقیاس نشان داده شده روی تصویر مستقل از وسیله خروجی انتخاب شده به وسیله اپراتور دستگاه SEM می‌باشد. بزرگ‌نمایی نشان داده شده فقط زمانی که تصویر، روی وسیله خروجی انتخابی اپراتور نمایش داده یا چاپ می‌شود با نشانگر مقیاس تطابق دارد.

۵ ماده مرجع

۵-۱ کلیات

به استاندارد ISO Guide 30 مراجعه کنید.

برای کالیبره کردن بزرگ‌نمایی تصویر، در جایی که امکان‌پذیر باشد، یک CRM را که مطابق استاندارد ISO Guide 34 تولید و مطابق استاندارد ISO Guide 35 تأیید شده باشد، انتخاب کنید.

وقتی CRM مناسب در دسترس نباشد، یک RM که طبق استاندارد ISO Guide 34 تولید شده باشد، می‌تواند استفاده شود.

۵-۲ الزامات CRM

اطمینان حاصل کنید که CRM انتخاب شده دارای شرایط زیر باشد:

- نسبت به خلاء و قرار گرفتن مکرر در معرض پرتو الکترونی پایدار باشد؛
- کنتراست[1] خوب در تصویر SEM ایجاد کند؛
- رسانای الکتریکی باشد؛
- آلودگی به وجود آمده در طی استفاده معمول را بتوان بدون آسیب مکانیکی یا اعوجاج[2]، تمیز کرد تا حذف شود؛
- دارای گواهی کالیبراسیون معتبر مرتبط باشد.

۵-۳ الگوهای گام روی CRM

الگوهای گام روی CRM ممکن است به یک یا چند شکل از اشکال زیر باشند:

- آرایه ردیف‌های خطی؛
- آرایه ردیف‌های نقطه‌ای؛

1-Contrast
2-Distortion

- آرایه ردیف‌های نقاط به صورت عمود بر هم؛
- آرایه خطوط چهار خانه عمود بر هم.

اطمینان حاصل کنید که CRM انتخاب شده حاوی الگوهای گامی است که امکان کالیبراسیون در حداقل یک جهت را فراهم می‌کند و همچنین عدم قطعیت آن در الگوهای گام، با درستی مورد هدف، سازگار است.

یادآوری ۱- مواردی وجود دارد که CRM حاوی الگوهای گام در هر دو جهت X و Y می‌باشد به گونه ای که اندازه‌گیری‌ها بدون نیاز به چرخش مکانیکی CRM در جهت های عمود بر هم قابل انجام باشد. در بعضی موارد، CRM همچنین می‌تواند حاوی ساختارهای دیگری برای اندازه‌گیری اعوجاج و/یا تفکیک‌پذیری تصویر باشد.

یادآوری ۲- مواردی وجود دارد که CRM انتخاب شده برای پوشش کامل محدوده بزرگ‌نمایی‌هایی که برای آن‌ها کالیبراسیون مورد نیاز است، می‌تواند دارای الگوهای گام با اندازه های متفاوت باشد. همچنین ممکن است بیش از یک CRM برای پوشش محدوده مورد نیاز از بزرگ‌نمایی ها ضروری باشد.

۵-۴ نگهداری و جابجایی

CRM را در محفظه خشکاننده یا محفظه خلاء نگه‌داری کنید.

یادآوری- برای اطمینان از حداقل جابجایی CRM ، آن را می‌توان بطور دائمی روی پایه نگهداری نمونه[1] قرار داد.

CRM را با استفاده از انگشت پوش[2]، دستکش اتاق تمیز یا انبرک جابجا کنید.

CRM را برای وجود آلودگی و خرابی[3] سطح، بازرسی چشمی کنید زیرا ممکن است کالیبراسیون را تحت تأثیر قرار دهد. از CRM در صورتی که آسیب دیده یا بسیار آلوده باشد، استفاده نکنید.

هرگونه غبار، خاکروبه یا دیگر آلودگی‌ها را با استفاده از هوای خشک تمیز یا گاز نیتروژن از CRM حذف کنید و مراقب باشید به CRM آسیب نرسد.

کالیبراسیون CRM را در فواصل زمانی توسط مقایسه با CRMهای دیگر بررسی کنید و نتایج را ثبت کنید. تکرار تصدیق کالیبراسیون ممکن است به ماهیت و میزان استفاده CRM بستگی داشته باشد.

CRM را فقط به منظور کالیبراسیون استفاده کنید.

۶ رویه‌های کالیبراسیون

۶-۱ کلیات

عواملی که روی بزرگ‌نمایی حاصله از SEM تأثیر می‌گذارند ممکن است باعث خطاهای معین[4] شوند این عوامل در پیوست **ب** آورده شده‌اند.

پایداری SEM عامل اصلی در تعیین فاصله زمانی کالیبراسیون خواهد بود. در ابتدا لازم است کالیبراسیون در فواصل زمانی متناوب به منظور تأیید پایداری SEM انجام شود.

1- Stub
2-Fingerstalls
3-Deterioration
4-Systematic

نتایج به دست آمده، تخمینی از تجدیدپذیری درون آزمایشگاهی را فراهم می‌کنند و انحراف ذاتی در نمایشگر و داده‌ها، به طورخودکار به هر نوع خروجی اضافه می‌شود.

انتخاب CRM به بزرگ‌نمایی مورد استفاده و درستی مورد نیاز بستگی دارد. برای این منظور اطمینان حاصل کنید که درستی کالیبراسیون بهتر از ٪ ۱۰ باشد.

۶-۲ نصب[1] CRM

در هنگام نصب آزمونه، اطمینان حاصل کنید که جابجایی CRM مطابق بند ۵-۴ انجام شود.

CRM را مطابق با دستورکارهای سازندگان SEM و CRM نصب کنید.

از اتصال الکتریکی خوب بین CRM و جایگاه آزمونه[2] در SEM مطمئن شوید.

بررسی کنید که CRM به طور محکم روی جایگاه آزمونه ثابت شده باشد به نحوی که از محل نصب شده حرکت نکند. این امر سبب به حداقل رساندن هر نوع تخریبی در تصویر به وسیله ارتعاش می‌شود.

۶-۳ تنظیم کردن شرایط عملکرد SEM برای کالیبراسیون

محفظه آزمونه را برای ایجاد خلاء مطابق با دستور کار سازنده SEM تخلیه کنید.

بر اساس دستور کار سازنده SEM روشنایی[3] پرتو الکترونی و همترازی[4] ستون را بهینه کنید.

زوایه شیب را مطابق دستور کار سازنده SEM بر روی صفر درجه تنظیم کنید به طوری که سطح CRM عمود به محور پرتو الکترونی در هنگام کار باشد.

شیب CRM را با روش‌های زیر بررسی کنید.

الف- تصحیح زاویه شیب ، چرخش روبش و تنظیم زوم[5] بزرگ‌نمایی را خاموش کنید.

ب- حالت[6] تصویر برداری را انتخاب کنید (الکترون ثانویه[7] و/ یا الکترون برگشت داده شده[8])

پ- تصویر را بدون وجود اعوجاج مشهود ناشی از آستیگماتیک[9] در تصویر به طور واضح[10] متمرکز کنید.

ت- بزرگ‌نمایی را به گونه‌ای انتخاب کنید که تمامی ناحیه اندازه‌گیری، قابل مشاهده باشد.

ث- موقعیت شیب را در جایی که مقدار اندازه‌گیری گام حداکثر باشد، تعیین کنید. اگر اختلافی در مقادیر اندازه‌گیری وجود نداشت، زاویه شیب را صفر درجه فرض کنید. ثبت بعدی تصویر را در این موقعیت انجام دهید.

یادآوری۱- اگر تصویر تمام ناحیه نتواند به طور واضح تنظیم شود، ضروری است CRM دوباره نصب شود یا همترازی مکانیکی ستون SEM دوباره تنظیم شود.

ج-ولتاژ شتاب دهنده و فاصله کاری را که برای آن کالیبراسیون انجام می‌شود، انتخاب کنید و CRM را با استفاده از تنظیمات جایگاه آزمونه به موقعیت صحیح ببرید.

1-Mounting
2-Stage
3-Brightness
4-Alignment
5-Zoom
6- Mode
7-Secondary electron
8-Back scattered electron
9-Stigmatic
10-Focus

چ- منتظر بمانید تا دستگاه در شرایط کاری مورد نیاز براساس دستور کار سازنده دستگاه SEM کاملاً پایدار شود.

ح- تصویر CRM را بر روی نمایشگر به طور واضح تنظیم و متمرکز کنید.

خ- در صورت نیاز، به صورت مکانیکی CRM را بچرخانید به طوری که الگویی که باید اندازه‌گیری شود موازی با جهت‌های X و/یا Y نمایشگر باشد.

د- CRM را با استفاده از کنترل‌های X و/یا Y جایگاه نمونه در SEM جابجا کنید به طوری که فاصله دو انتهای مشخصه الگوی گامی که قرار است اندازه‌گیری شود حدود ٪ ۸۰ فاصله طول و/ یا عرض نمایشگر قابل مشاهده باشد.

ذ- در صورت نیاز، CRM را دوباره بچرخانید به طوری که الگوهایی که باید اندازه‌گیری شوند موازی با جهت‌های X و/یا Y نمایشگر باشند. مجددا تصویر الگوی گام CRM را به صورت کاملا واضح شده درآورید.

یادآوری۲- توصیه می‌شود که تعداد واقعی گام های روی صفحه نمایشگر حدود ۱۰ باشد، به عنوان مثال برای ۱۰۰ mm صفحه نمایشگر مقادیر گام نوعی در بزرگ‌نمایی‌های مختلف در زیر آورده شده است.

× ۵۰۰۰۰ ۰٫۲ µm

× ۱۰۰۰۰ ۱ µm

× ۱۰۰۰ ۱۰ µm

۶-۴ ثبت تصویر

اطمینان حاصل کنید که الگوهای گام به خوبی در جهت‌های X و/یا Y متناسب با جهت‌های آن ها در SEM قرار گرفته باشند.

سرعت روبش عکس برداری را تعیین کنید.

هنگامی که تصویر مطلوب به دست آمد، پارامترهای دیگر SEM را تغییر ندهید. تصویر نمایش داده شده CRM با نشانگر مقیاس را روی عکس، فیلم عکاسی یا به صورت دیجیتالی ثبت کنید.

در مورد وسیله عکاسی، زمان کافی را برای پایدار شدن قبل از اندازه‌گیری در نظر بگیرید. این عمل اثر تغییرات ابعادی وسیله را به حداقل خواهد رساند.

یادآوری- وقتی به منظور اندازه‌گیری، تصویر ثبت شده به شکل دیجیتالی روی کاغذ یا نمایشگر مجددا تکثیر می‌شود، طول و نسبت ظاهری تصویر ممکن است با تصویر ثبت شده اصلی متفاوت باشد. در این مورد توصیه می‌شود طول و نسبت ظاهری تصویر اصلی ثبت شود.

۶-۵ اندازه‌گیری تصویر

برای تهیه گزارش کالیبراسیون، تمامی اندازه‌گیری‌ها را برای تصویری که روی یک کاغذ قابل اطمینان خوب از روی تصویر ثبت شده تکثیر شده است، انجام دهید.

از یک خط‌کش کالیبره شده با قابلیت ردیابی و درستی معلوم که قادر به اندازه‌گیری طول کمتر از ۱ mm باشد، برای اندازه‌گیری طول تصویر ثبت شده استفاده کنید.

به منظور به حداقل رساندن اثرات اعوجاج لبه‌ها، از اندازه‌گیری نزدیک لبه‌ها خودداری کنید. اندازه‌گیری را به ٪۸۰ از مرکز سطح تصویر محدود کنید.

گام را در جهت‌های X و/یا Y تصویر ثبت شده اندازه‌گیری کنید. این امر با اندازه‌گیری فاصله بین دو نشانه، مطابق با تعداد صحیح[1] گام، درون ناحیه تصویر ثبت شده، به صورت مشخص شده در بالا قابل دستیابی است.

توصیه می‌شود فاصله اندازه‌گیری شده تقریبا ۱۰ بار بزرگ تر از گام باشد.

اندازه‌گیری را حداقل ۳ بار در محل‌های مجزا به فاصله حداقل ۳ mm از یکدیگر روی تصویر ثبت شده تکرار کنید.

یادآوری- گام ممکن است به صورت فاصله مرکز تا مرکز یا لبه تا لبه بین خصیصه‌های تکرار شده CRM اندازه‌گیری شود.

۶-۶ کالیبراسیون بزرگ‌نمایی و نشانگر مقیاس

۶-۶-۱ کلیات

کالیبراسیون را برای بزرگ‌نمایی‌های مورد استفاده معمول در آزمایشگاه انجام دهید.

۶-۶-۲ بزرگ‌نمایی

بزرگ‌نمایی، M، را با استفاده از فرمول ۱ به دست آورید.

$$M = \frac{D}{d} \qquad (۱)$$

که در آن:

D میانگین گام (فاصله) اندازه‌گیری شده روی تصویر ثبت شده (به شکل ۳ مراجعه کنید)؛

d گام واقعی (فاصله) CRM متناظر با D است (به شکل ۴ مراجعه کنید).

فواصل میانگین را در جهت‌های X و Y به دست آورید، سپس توصیه می‌شود مقادیر بزرگ‌نمایی را برای هر جهت، محاسبه کنید.

اگر تفاوت بزرگ‌نمایی بین جهت‌های X و Y بیشتر از حد مجاز تنظیم شده توسط کاربر باشد، نصب CRM و امکان هم راستا نبودن ستون SEM را بررسی کنید. تنظیمات را دوباره انجام داده و کالیبراسیون را تکرار کنید.

۶-۶-۳ نشانگر مقیاس

کالیبراسیون نشانگر مقیاس را برای هر بار کالیبره کردن، انجام دهید.

طول L، روی تصویر ثبت شده مطابق با طول مقدار، f_{ind} ، نشانگر مقیاس با استفاده از فرمول ۲ محاسبه کنید.

$$L = f_{ind} \times M = f_{ind} \times \frac{D}{d} \qquad (۲)$$

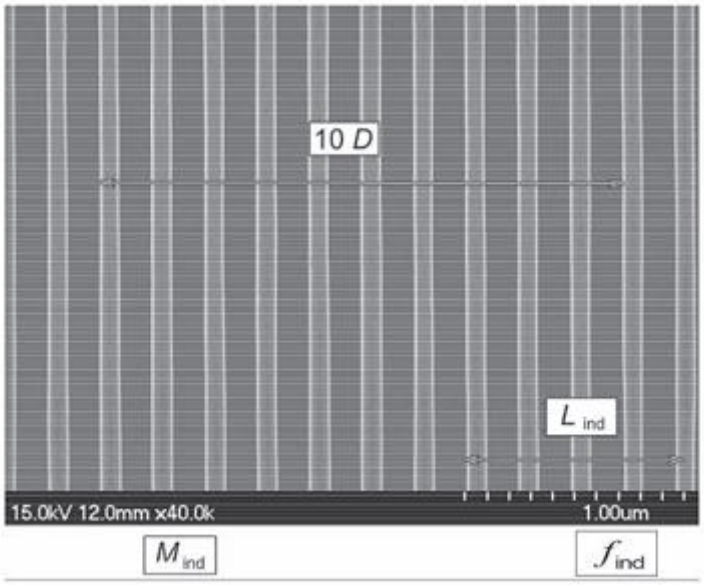
که در آن:

L طول محاسبه شده نشانگر مقیاس روی تصویر ثبت شده؛

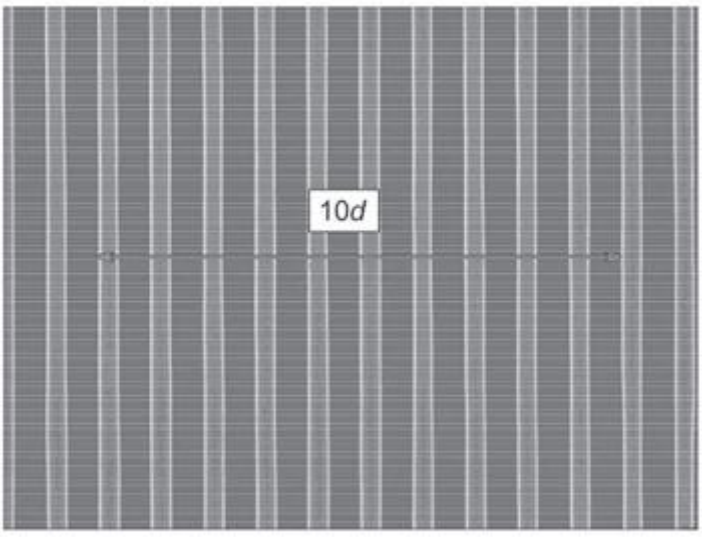
1 - Integral

f_{ind} مقدار مشخص شده نشانگر مقیاس روی تصویر ثبت شده است(به شکل ۳ مراجعه کنید).

یادآوری- در صورتی که، طول نشانگر مقیاس مطابق بزرگ‌نمایی کالیبره شده تنظیم شود، اختلاف حداقل می‌شود.



شکل۳- تصویر ثبت شده



شکل ۴- آزمونه(CRM)

۷ درستی بزرگ‌نمایی تصویر و نشانگر مقیاس

درستی، A_m، بر حسب درصدی از بزرگ‌نمایی می‌تواند توسط محاسبه تفاضل ΔM، با استفاده از فرمول ۳ و ۴ محاسبه شود:

$$\Delta M = M_{ind} - M = M_{ind} - \frac{D}{d} \qquad (۳)$$

$$A_S = \frac{\Delta M}{M} \times ۱۰۰ \qquad (۴)$$

که در آن:

M_{ind} بزرگ‌نمایی نشان داده شده است (شکل ۳ را ببینید).

درستی، A_s، بر حسب درصد نشانگر مقیاس می‌تواند توسط محاسبه تفاضل ΔL، با استفاده از فرمول ۵ و ۶ محاسبه شود.

$$\Delta L = L_{ind} - L = L_{ind} - f_{ind}\ \frac{D}{d} \qquad (۵)$$

$$A_S = \frac{\Delta L}{L} \times ۱۰۰ \qquad (۶)$$

که در آن

L_{ind} و f_{ind} طول و مقدار نشان داده شده نشانگر مقیاس بر روی هر یک از تصاویر ثبت شده هستند (به شکل ۳ مراجعه شود).

یادآوری۱- حتی اگر D و/ یا L_{ind} با درستی بالا اندازه‌گیری شوند، حداقل خطای اندازه‌گیری به علت حد تفکیک پذیری چشم انسان $\pm ۰/۲$ mm خواهد بود.

یادآوری ۲- در تصاویر ثبت شده دیجیتالی، درستی ممکن است با فرض این که D و L_{ind} می‌توانند با درستی تا ۱± پیکسل[1] اندازه‌گیری شوند، به دست آید.D و L_{ind} ممکن است با عبارت طول پیکسل (برحسب میلی‌متر) برای محاسبهA_m و A_s بیان شوند.

یادآوری ۳- توجه شود که عدم قطعیت ناشی از شرایط کاری دستگاه‌های SEM و خطاهای آماری مربوط به هر گونه غیریکنواختی اجتناب‌ناپذیر CRM، در نتایج کالیبراسیون بزرگ‌نمایی به حساب آورده می‌شوند (به پیوست **پ** مراجعه کنید).

۸ گزارش کالیبراسیون

۸-۱ کلیات

گزارش کالیبراسیون انجام شده توسط آزمایشگاه باید درست، شفاف، بدون ابهام و مطابق با دستورکارهای مشخص روش‌های کالیبراسیون فهرست شده در این استاندارد باشد.

نتایج اندازه‌گیری‌ها باید در گزارش آزمون همراه با اطلاعات مورد نیاز مشتری، شامل تمام اطلاعات مورد نیاز برای تفسیر نتایج کالیبراسیون و موارد مورد نیاز برای زیربند ۵-۱۰-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۰۲۵: سال ۱۳۸۶، باشد.

در صورتی که کالیبراسیون برای مشتری داخلی انجام شود یا در صورت توافق مکتوب با مشتری، نتایج می‌تواند به صورت خلاصه گزارش شود. اطلاعات فهرست شده در زیربند ۵-۱۰-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۰۲۵: سال ۱۳۸۶، که برای مشتری گزارش نشده، باید در آزمایشگاهی که کالیبراسیون در آن انجام شده، در دسترس باشند.

1-Pixel

۸-۲ محتوای گزارش کالیبراسیون

گزارش کالیبراسیون شامل اطلاعات زیر و هر گونه اطلاعات مرتبط دیگری است که می‌تواند بر روی نتایج کالیبراسیون اثر داشته باشد (در پیوست ت مثالی ارائه شده است).

الف- عنوان گزارش کالیبراسیون؛

ب- نام و آدرس آزمایشگاه؛

پ- تعداد گزارش کالیبراسیون؛

ت- نام و نشانی مشتری، درجای مرتبط؛

ث- مشخص کردن روش استفاده شده(به عنوان مثال استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۱۴۱: سال ۱۳۹۵)؛

ج- نام سازنده، مدل و شماره سریال دستگاه استفاده شده؛

چ- نام و مشخصات مواد مرجع استفاده شده؛

ح- مشخص کردن مقادیر عملکردی ولتاژ شتاب دهنده برحسب کیلو ولت، فاصله کاری برحسب میلی‌متر، حالت تصویر برداری، سرعت روبش و تنظیم بزرگ‌نمایی؛

خ- تعداد اندازه‌گیری‌های انجام شده،n ، و نتایج کالیبراسیون: طول نشانگر مقیاس و/یا بزرگ‌نمایی‌ها در هر دوجهت X و/یا Y با درستی بیان شده برحسب درصد؛

د- نام شخص انجام دهنده کالیبراسیون؛

ذ- تاریخ و زمان کالیبراسیون؛

ر- نام، سمت و امضا شخص یا اشخاص تائید کننده گواهی کالیبراسیون؛

ز- در موارد مرتبط، ذکر جمله‌ای مبنی بر اینکه نتایج تنها به موارد آزمون شده یا کالیبره شده مربوط می‌شوند.

یادآوری- در صورت لزوم، آزمایشگاه‌ها دارای بیانیه‌ای باشند که مشخص کند که گزارش کالیبراسیون به جز به صورت کامل بدون موافقت مکتوب آزمایشگاه نباید تکثیر شود.

پیوست الف
(آگاهی دهنده)
مواد مرجع برای بزرگ‌نمایی

الف-۱ مرور اجمالی

این پیوست مثال‌هایی از CRMها و RM های در دسترس برای کالیبراسیون مقیاس‌های بزرگ‌نمایی بـرای دستگاه SEM را ارائه می‌دهد. به منظور به دست آوردن اطلاعات به روز شده برخی مراجع در کتاب‌نامه ذکر شده اند.

یادآوری- مواد مرجع دیگر نیز می‌توانند استفاده شوند.

الف-۲ آزمایشگاه‌های آزمون و کالیبراسیون برای مواد مرجع گواهی شده (CRMs)

الف-۲-۱ مؤسسه ملی استاندارد و فناوری آمریکا[1]

برای اطلاعات بیشتر به مرجع ۳ کتاب‌نامه رجوع شود.

الف-۲-۲ موسسه فناوری-فیزیک آلمان[2]

موارد کالیبراسیون: یک گام از استانداردهای شبکه 1D یا 2D؛ روش کالیبراسیون: محدوده بزرگ اندازه-شناسی SPM؛ محدوده گام: ۵۰ nm تا ۵۰ µm؛ عدم قطعیت بسط یافته با فاکتور پوشش k =۲؛ چند ده پیکومتر به تعداد تناوب‌های اندازه‌گیری شده و کیفیت شبکه بستگی دارند؛ مجوز: CIPM-MRA

موارد کالیبراسیون: گام میانگین؛ روش کالیبراسیون: پراش؛ محدوده گام: ۱۵۰ nm تا ۴ µm؛ مجوز: CIPM-MRA

الف-۲-۳ آزمایشگاه فیزیک ملی انگلیس(NPL)[3]

موارد کالیبراسیون: میانگین گام مقیاس؛ روش کالیبراسیون: اندازه‌گیری زاویه پراش؛ محدوده گام، R_p: nm ۳۵۰ تا ۵۰ µm؛ عدم قطعیت بسط یافته،U، با فاکتور پوشش k =۲:

U= ± ۱۰ nm (برای R_p = ۱۰ µm تا ۵۰ µm) U= ± ۱۰۰ nm ؛ R_p = ۴۰۰ nm تا ۱۰ µm ؛ قابل ردیابی با استانداردهای طول ملی NPL

موارد کالیبراسیون: ساختار انتخاب شده؛ روش کالیبراسیون: اندازه‌شناسیAFM با تداخل سنجی نوری با قابلیت ردیابی استانداردهای ملی طول؛ اندازه ساختار: زیر ۴۰۰ nm تا حدود ۱۰۰ nm؛ عدم قطعیت بسط یافته،U، با فاکتور پوشش k =۲:

$$U = \pm Q[۲nm, \times ۲/۰۳ \times ۱۰^{-۴}\ L\ nm]$$

که در آن $Q[A,B]$ نماینده مجموع یک چهارم(ریشه مربع مجموع مربعات) $[A^2, B^2]^{1/2}$ و L بر حسب نانومتر کل تناوب اندازه‌گیری شده؛ قابل ردیابی به طور مستقیم با استانداردهای ملی طول در NPL

1-National Iinstitute of Standard and technology,USA
2- *Physikalisch-Technische Bundesanstalt,Germany*
3-National Physical Laboratory

الف-۲-۴ سازمان تضمین کیفیت ژاپن

موارد کالیبراسیون: میانگین گام مقیاس؛ روش کالیبراسیون: میکروسکوپ نوری تداخلی لیزری؛ محدوده: nm ۹۷ تا nm ۱۰۰۰؛ عدم قطعیت بسط یافته با فاکتور پوشش $k=۲$؛ مجوز: ILAC-MRA

موارد کالیبراسیون: طول گام میانگین؛ روش کالیبراسیون: پراش؛ محدوده گام: mm ۱۰ تا µm ۱؛ عدم قطعیت بسط یافته: nm ۲۰ تا nm ۴۰ با فاکتور پوشش ۲

الف-۳ مواد مرجع(RMs)

الف-۳-۱ کلیات

مثال‌هایی از مواد مرجع ارائه شده‌اند. بعضی از آن ها ممکن است به عنوان ماده مرجع گواهی شده بعد از تایید عرضه شوند.

الف-۳-۲ شبکه مربعی

مش ۱۰۰ در گام µm ۲۵۴ و مش ۱۰۰۰ در گام µm ۲۵٫۴ از طلا، نیکل یا مس

گام شبکه µm ۱۰، µm ۲۰ و µm ۴۰ همراه با آرایه‌های خطی X و Y با گام µm ۱ و µm ۵.

آزمونه سیلیسیم با گام µm ۱۰.[8]

فیلم فلزی با گام نوعی µm ۱، µm ۲۵، µm ۱۰۰، µm ۱۰۰۰ روی بستر سیلیسیم

الف-۳-۳ جعبه‌های مربعی یک دست شده

محدوده گام از µm ۰٫۰۸ تا µm ۵۰۰ در جعبه‌های مربعی یک دست شده همراه با آرایه‌های خطی X و Y

الف-۳-۴ آرایه خطی

خطی و فضایی، گام نوعی nm ۷۰، nm ۱۰۰، nm ۲۹۲، nm ۵۰۰

محدوده گام از µm ۰٫۲ تا µm ۱۵۰۰ در یک تراشه(RM-8820)

آرایه خطی یک بعدی با محدوده گام از nm ۶/۹ تا nm ۵۸۷ (BAM-L200)

الف-۳-۵ آرایه نقطه‌ای

آرایه نقطه‌ای 2D، با گام نوعی nm ۱۴۴ و nm ۳۰۰، برجستگی آلومینیومی روی سیلیسیم.

آرایه نقطه‌ای 2D، با گام نوعی µm ۱٫۱۶، µm ۸۴۳ و µm ۴٫۸، ساخته شده به عنوان استاندارد 3D

پیوست ب
(آگاهی دهنده)
پارامترهای تأثیرگذار بر نتایج بزرگ‌نمایی SEM

عوامل فهرست شده در زیر ممکن است بر یکدیگر اثر متقابل داشته باشند و بر اساس موقعیت آنها در دستگاه در نظر گرفته می‌شوند.

الف- ناپایداری یا تغییر تدریجی ولتاژ بالای تفنگ الکترونی[1] می‌تواند انرژی الکترون‌ها را تغییر دهد که در نتیجه آن وضوح نهایی تغییر کرده که به نوبه خود روی کالیبراسیون فاصله کاری که از روی آن بزرگ‌نمایی نمایش داده شده تعیین می‌شود، اثر می‌گذارد. در دستگاه‌های جدید جبران بزرگ‌نمایی توسط یک الگوریتم کامپیوتری تعیین می شود که داده‌های آن ممکن است در معرض خطا باشد.

ب- تفاوت ترکیب عدسی‌های متمرکز کننده، فاصله کانونی عدسی‌های انتهایی را تغییر می‌دهد.

پ- درست نبودن آستیگماتیسم عدسی های نهایی می‌تواند ارائه دهنده نمایش اشتباه از وضوح دقیق باشد.

ت- پسماندهای مغناطیسی هیسترزیس[2] باقی‌مانده، مخصوصاً در عدسی‌های انتهایی می‌تواند شرایط کانونی را تغییر دهد.

ث- وضوح تصویر با عمق طولانی، مخصوصاً در بزرگ‌نمایی کم و واگرایی[3] پرتو کوچک کنترل شده به وسیله عدسی‌ها و انتخاب روزنه[4] می‌تواند منجر به تنظیم اشتباه وضوح تصویر شود.

ج- شکست غیرقائم (محورهای X و Y) می‌تواند به وسیله سیم پیچ های روبش تولید شود که در نتیجه اعوجاج در تصویر ظاهر می‌شود.

چ- مدارهای ایجاد کننده روبش ممکن است غیرخطی باشند و/یا با فرسوده شدن اجزا مدار یا هر دو تغییر کنند.

ح- کنترل زوم بزرگ‌نمایی می‌تواند غیرخطی باشد.

خ- غیرخطی بودن تجهیزات چرخش می‌تواند باعث اشتباه بودن بزرگ‌نمایی در زوایای مختلف چرخش شود.

د- اشتباه بودن جاروب[5] پرتو الکترونی ممکن است به وسیله میدان های مغناطیسی و الکترواستاتیکی خارجی ایجاد شود.

ذ- درصد خطا در بزرگ‌نمایی ممکن است برای هر محدوده از بزرگ‌نمایی متفاوت باشد.

ر- سطح نمونه شیب دار (غیر عمود به محور پرتو) باعث کوچک شدن تصویر و تغییر بزرگ‌نمایی می شود.

ز- تصحیح شیب اعمال شده نمی‌تواند در زاویه ۹۰ درجه (در صفحه عمود بر پرتوالکترونی) نسبت به محور شیب نمونه یا نسبت به محدوده خاص روی سطح آزمونه باشد.

ص- پردازش سیگنال خصوصاً پردازش تفکیک یا هم شکلی[6] می‌تواند باعث اشتباه وضوح در تصویر شود.

1-Electron gun
2-Residual magnetic hysteresis
3-Divergence
4-Aperture
5-Sweep
1-homomophic

ض- برای بزرگ‌نمایی آشکار یکسان، ترکیب‌های متفاوت فاصله کاری، ولتاژ شتاب دهنده و روبش خط به خط[1] پرتو می‌تواند بزرگ‌نمایی‌های خطی متفاوتی تولید کند.

ط- تغییرات تدریجی الکترونیکی و حرارتی اجزا مدار مرتبط با عوامل بالا می‌تواند بازمان بر روی بزرگ‌نمایی به طریق تصادفی تاثیر گذار باشد.

ظ- اعوجاج صفحه تخت و انحراف غیر عمود پرتو لامپ اشعه کاتدی (CRT) ثبت کننده، می‌تواند بزرگ‌نمایی غیر یکنواخت ایجاد کند.

ع- بزرگ‌نمایی تصویر روی لامپ اشعه کاتدی ثبت کننده تصویر ممکن است با لامپ اشعه کاتدی که تصویر در آن دیده می‌شود، یکسان نباشد.

غ- اعوجاج عدسی‌های دوربین ثبت کننده تصویر و تغییر در نسبت تصویر عکاسی به تصویر لامپ اشعه کاتدی می‌تواند به خطای بزرگ‌نمایی منجر شود.

ف- انبساط یا انقباض مواد عکاسی و بزرگ کردن عکس و تنظیم کنتراست همگی می‌توانند اثر آشکاری روی بزرگ‌نمایی تصویر ظاهر شده نهایی داشته باشند.

ق- در تصاویر ثبت شده دیجیتالی، خطاهای بزرگ‌نمایی ممکن است به علت عدم صحت یا اعوجاج وسایل دیجیتالی رخ دهد (مانند مانیتور، چاپگر و غیره). نسبت ظاهری (بزرگ‌نمایی X و Y) ممکن است با تصویر اصلی متفاوت باشد.

2-Raster

پیوست پ
(آگاهی دهنده)
عدم قطعیت در اندازه‌گیری بزرگ‌نمایی

عدم قطعیت نماینده محدوده‌ای از اعداد است که می‌توان انتظار داشت خطاهای اندازه‌گیری بزرگ‌نمایی با سطح اطمینان مشخص شده در آن قرار گیرد. عدم قطعیت « u» می‌تواند از کلیه اجزا عدم قطعیت δ_i با استفاده از معادله پ-۱ به دست آید.

$$u = \sqrt{(\sum . \delta_i^2)} \qquad (پ-۱)$$

مثال: اجزا عدم قطعیت و مقادیر نوعی آن ها برای شبکه[1] تایید شده مطابق زیر است:

A: مرتبط با مواد مرجع گواهی شده / کالیبره شده و ٪۱±

B: تکرارپذیری، ٪ ۴ ±

(تغییر در بزرگ‌نمایی مربوط به این اجزا توزیع نرمالی را نشان می‌دهد و اگر عدم قطعیت در حدود اطمینان ٪۹۵ تعیین شده باشد باید قبل از ترکیب آن‌ها با استفاده از فرمول پ-۱ بر ۲ تقسیم شود).

C اثرات دما < ٪ ۰٫۵ ±

D تفکیک ویژگی مورد اندازه‌گیری، ٪ ۱ ±

E عدم قطعیت وسیله اندازه‌گیری و اثرات دما بر آن ٪ ۱ ±

(اثرات این عوامل منجر به توزیع مستطیل شکل می‌شود و بنابراین دامنه‌ها باید قبل از ترکیب آن ها به $\sqrt{3}$ تقسیم شوند).

عدم قطعیت به دست آمده به شیوه بالا تنها در زمانی که کالیبراسیون انجام می‌شود صحیح می‌باشد. تکرار کالیبراسیون در طی یک مدت زمان طولانی، به دلیل عدم قطعیت در شرایط عمل (موقعیت آزمونه‌ها، آزمون‌گر و دستگاه) منجر به نتایج متفاوت می‌شود. برای یک آرایش دستگاهی مشخص، یک جز دیگر عدم قطعیت مورد نیاز است که در نظر گرفته شود.

F: تغییر تدریجی، ٪ ۱ ±

پس از چند بار تکرار کالیبراسیون در یک بزرگ‌نمایی (نمایش‌داده شده)، M_d ، یک بزرگ‌نمایی (واقعی) تعیین شده، M_t، به همراه برخی اندازه‌گیری‌های δ_t توزیع اطراف این مقدار، می‌تواند اندازه‌گیری شود. δ_t توسط مزیت روش تعیین آن، روش تجربی ترکیب اجزا عدم قطعیت را ارائه می‌کند. به جز A ، دو جزء عدم قطعیت وجود خواهند داشت که وقتی ترکیب شوند، عدم قطعیت u را ارائه می‌کنند که دامنه آن متمایل به جهت u است که باید تعیین شود.

$|M_t - M_d|$ اندازه‌ای از درستی نمایش روی دستگاه و خروجی خواهد بود. برای بررسی آزمون در یک بزرگ‌نمایی نمایش داده شده M_d، توصیه می‌شود نتایج به صورت بزرگ‌نمایی $M_t \pm nu$ گزارش شوند.

1-Gride

با ۲= n آزمون‌گر ٪۹۵ اطمینان دارد که بزرگ‌نمایی در زمان آزمون بین محدوده بیان شده با این حدود، بوده است. استدلال مشابهی برای نشانگر مقیاس به کار برده می شود. عدم قطعیت در بزرگ‌نمایی و نشانگر مقیاس می‌تواند انحرافات استاندارد نسبی ذکر شده این اندازه‌گیری‌ها بیان شوند.

پیوست ت
(آگاهی دهنده)
مثالی از گزارش آزمون

جدول کالیبراسیون بزرگ‌نمایی مثالی از شرایط بافت برای پیگیری بزرگ‌نمایی‌های کالیبره شده به عنوان بخشی از برنامه کنترل کیفی است.

در جدول ت-۱ بزرگ‌نمایی اندازه‌گیری شده واقعی را در برابر استاندارد کالیبراسیون وارد کنید.

ولتاژ شتاب دهنده، بزرگ‌نمایی‌ها و فواصل کاری داده شده تنها برای مثال هستند. توصیه می‌شود این مقادیر برای نشان دادن تنظیماتی که در عمل استفاده شده‌اند تطبیق داده شوند. اعداد مختلفی برای تنظیمات داده شده در این مثال می‌تواند استفاده شود.

توصیه می‌شود داده‌ها به صورت یک نمودار کنترلی که نشان دهنده تغییرپذیری در طی زمان باشند، رسم شوند.

جدول۱-گزارش آزمون برای کالیبراسیون نشانگر مقیاس

نام آزمایشگاه: مدل: شماره سریال:

آدرس آزمایشگاه: اپراتور:

تعداد گزارش کالیبراسیون: تاریخ:

استاندارد ملی: نام و امضا شخص تایید کننده:

نام سازنده:

							ولتاژ شتاب دهنده			۲ کیلو ولت				ماده مرجع				
بزرگ‌نمایی	فاصله کاری	اندازه‌گیری	D_x	D_y	M_x	M_y	L_{ind} & f_{ind}	L_x	L_y	ΔL_x	ΔL_y	A_{xs}	A_{ys}	d	نام ماده مرجع			
	۵	۱			$(=\frac{D_{xm}}{d})$	$(=\frac{D_{ym}}{d})$		$(=f_{ind}.M_x)$	$(=f_{ind}.M_y)$	$(=L_{ind}.L_x)$	$(=L_{ind}.L_y)$	$=\frac{\Delta L_y}{L_x}\times 100$	$=\frac{\Delta L_y}{L_y}\times 100$					
		۲																
		۳																
		مقدار میانگین	D_{xm}	D_{ym}														
×۱۰۰	۱۰	۱																
		۲																
		۳																
		مقدار میانگین																
	۱۵	۱																
		۲																
		۳																
		مقدار میانگین																
×۱۰۰۰	۵	۱																
		۲																

						ولتاژ شتاب دهنده							۲ کیلو ولت			ماده مرجع	
بزرگ‌نمایی	فاصله کاری	اندازه‌گیری	D_x	D_y	M_x	M_y	L_{ind} & f_{ind}	L_x	L_y	ΔL_x	ΔL_y	A_{xs}	A_{ys}		d	نام ماده مرجع
		۳														
		مقدار میانگین														
	۱۰	۱														
		۲														
		۳														
		مقدار میانگین														
	۱۵	۱														
		۲														
		۳														
		مقدار میانگین														

$As = \Delta L / L \times 100$ $\Delta L = L_{ind} - L$ $L = f_{ind} \times M$

L طول محاسبه شده نشانگر مقیاس روی تصویر ثبت شده

f_{ind} مقدار مشخص شده نشانگر مقیاس روی تصویر ثبت شده

M بزرگ‌نمایی کالیبره شده

کتاب‌نامه

[1] ISO 5725-1, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 1: General principles and definitions
[2] ISO/IEC Guide 98-3, Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)
[3] National Institute of Standards and Technology (NIST). USA, Calibrations, Length Measurements. Available (viewed 2015-06-13) at http://www.nist.gov/calibrations/length.cfm#other_length
[4] Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Germany, Dimensional Nanometrology. Available
(Viewed 2015-06-13) at http://www.ptb.de/cms/en/ptb/fachabteilungen/abt5/fb-52.html
[5] National Physical Laboratory (NPL). Micro & Nanotechnology Measurement Services, Issue 2. Available (viewed 2015-06-13) at http://www.npl.co.uk/upload/pdf/micro_nanotech_brochure_jan2011.pdf
[6] Japan Quality Assurance Organization (JQA). Calibration of Measuring Instruments; Standard micro scales. Available (viewed 2015-06-13) at http://www.jqa.jpand http://www.jqa.jp/service_list/measure/service/length_angle/micro_scale.html.
[7] ChineseMicrobeamAnalysis. Available (viewed 2016-03-09) at http://www.microbeam.com.cn/.
[8] agar Scientific, Available (viewed 2015-06-13) at http://www.agarscientific.com/sem/calibration-standards.html
[9] NTT AdvancedTechnologyCorporation. Advanced Products Business Headquarters, Nano-Technology Business Unit. Available (viewed 2015-06-13) at http://www.ntt-at.com/prdsvc/nanotech.html.
[10] GellerMicroÅnalyticalLaboratory, Inc.. Available (viewed 2015-06-13) at http://www.gellermicro.com/index.htm
[11] Plano GmbH. Available (viewed 2015-06-13) at http://www.plano-em.de/.
[12] National Institute of Standards and Technology (NIST). Standard Reference materials, Available
(viewed 2015-06-13) at https://www-s.nist.gov/srmors/viewTableV.cfm?tableid=135
[13] Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM), Germany. Layered and surface reference materials. Available (viewed 2015-06-13) at http://www.rm-certificates.bam.de/de/rm-certificates_media/rm_cert_layer_and_surface/bam_l200e.pdf
[14] m2c microscopy measurement & calibration. Available (viewed 2015-06-13) at http://www.m2c-calibration.com/