INSO
14954-6
1st. Edition
Apr.2013

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران

۱۴۹۵۴-۶
چاپ اول
اردیبهشت ۱۳۹۲

ویژگی‌های هندسی فرآورده (GPS)- بافت سطح: مساحت- قسمت ۶: طبقه‌بندی روش‌ها برای اندازه‌گیری بافت سطح

Geometrical product specifications (GPS)- Surface texture: Areal- Part 6: Classification of methods for measuring surface texture

ICS: 17.040.20

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی 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 وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است .

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود وکوششی 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، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود .پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی 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.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملـی ایران چاپ و منتشر می‌شود .بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شود که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که مؤسسه استاندارد تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد(ISO)[1] کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه شناسی 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 نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصـولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشو ر و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمانها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سیستم های مـدیریت کیفیـت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آنها نظارت می کند .ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (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 Electro technical Commission
3- International Organization for Legal Metrology (Organization International de Metrology Legal)
4 - Contact point
5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد
"ویژگی‌های هندسی فرآورده (GPS)- بافت سطح: مساحت-
قسمت ۶: طبقه‌بندی روش‌ها برای اندازه‌گیری بافت سطح"

رئیس:	**سمت یا نمایندگی**
خاکسار حقانی دهکردی ، فرهاد (دکترای ریاضی)	عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد
دبیر:	
علیمحمدی نافچی ، بهروز (فوق لیسانس ریاضی)	معاون فنی اداره کل استاندارد استان چهار محال و بختیاری
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
ایمانی ایمانلو ، جمشید (لیسانس فیزیک هسته ای)	مدیر کنترل کیفیت شرکت گازسوزان فروزان
پناهی بروجنی ، علی (لیسانس مهندسی مکانیک)	مدیر کنترل کیفیت کارخانجات برفاب
جعفریان ، حشمت ا... (لیسانس مهندسی صنایع)	مسئول سیستم های کیفیت کارخانجات برفاب
حیدریان ، شهرام (دکترای ریاضی)	عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد
حیدری ، غلامحسین (دکترای فیزیک)	عضو هیئت علمی دانشگاه ملایر
دایی جواد ، حسین (لیسانس مهندسی متالورژی)	کارشناس اداره کل استاندارد استان چهار محال و بختیاری
رستمی چالشتری ، سیاوش	مدیر تضمین کیفیت مجتمع پتروشیمی مارون شرکت ملی صنایع پتروشیمی

(فوق لیسانس مهندسی شیمی)	
	معاون پژوهشی دانشگاه جامع علمی کاربردی مرکز پیام شهرکرد
سمیع ، حمید (فوق لیسانس مهندسی مکانیک)	
	رئیس اداره نظارت سازمان صنعت، معدن و تجارت استان چهار محال و بختیاری
سلیمیان ، فرشاد (لیسانس شیمی کاربردی)	
	معاون تولید سازمان صنعت، معدن و تجارت استان چهار محال و بختیاری
علیمحمدی نافچی ، رحمت ا... (لیسانس ریاضیات)	
	کارشناس اداره کل استاندارد استان چهار محال و بختیاری
فروزنده سامانی ، محمد (لیسانس مهندسی برق)	
	عضو هیئت علمی دانشگاه شهرکرد
کارگر ، عباس (دکترای مهندسی برق)	
	مدیر تضمین کیفیت شرکت جهان کار اصفهان
گل محمدی ، هاشم (لیسانس مهندسی مکانیک)	
	شرکت تولیدی آرد جرعه
لوح موسوی ، سمیرا (لیسانس حسابداری)	
	مسؤل کنترل کیفیت شرکت توکل
مصطفوی ، فرشاد (لیسانس مهندسی ماشین آلات)	
	مدیرکل استاندارد استان چهار محال و بختیاری
نظری دهکردی ، عبدا... (لیسانس مهندسی صنایع)	
	بازرس سازمان تعاون، کار و رفاه اجتماعی استان چهار محال و بختیاری
نوروزی ، عباس (فوق لیسانس شیمی تجزیه)	

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد ج
پیش‌گفتار و
مقدمه ز
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات و تعاریف ۲
۳-۱ اصطلاحات عمومی ۲
۳-۲ تعاریف برای طبقه‌بندی روش‌های اندازه‌گیری بافت سطح ۳
۳-۳ اصطلاحات و تعاریف برای روش‌های ویژه ۵
۴ طرح طبقه‌بندی ۱۰
پیوست الف (اطلاعاتی)- محدودیت‌های اندازه‌شناختی ۱۳
پیوست ب (اطلاعاتی)- ارتباط با الگوی ماتریس GPS ۱۵
پیوست پ (اطلاعاتی)- کتابنامه ۱۷

پیش‌گفتار

استاندارد "ویژگی‌های هندسی فرآورده (GPS)- بافت سطح: مساحت- قسمت ۶: طبقه‌بندی روش‌ها برای اندازه‌گیری بافت سطح" که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوطه توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده و در یکصد و نود و سومین اجلاسیه کمیته ملی استاندارد اندازه شناسی، اوزان و مقیاس‌ها مورخ ۱۳۹۱/۹/۲۱ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات سازمان ملی استاندارد ایران مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

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 استاندارد ارائه شود، در هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت . بنابراین برای مراجعه به استانداردهای ملی ایران باید همواره از آخرین تجدید نظر آنها استفاده کرد.

منبع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد به کار رفته به شرح زیر است:

ISO 25178-6: 2010, Geometrical product specifications (GPS)- Surface texture: Areal- Part 6: Classification of methods for measuring surface texture

مقدمه

این استاندارد، یکی از استانداردهای ملی ایران در رابطه با "ویژگی‌های هندسی فرآورده (GPS)[1] " است.
برای کسب اطـلاعات با جزئیات کامل در باره رابـطه این اسـتاندارد با اسـتانداردهای دیگر و الگوی ماتریسِ GPS به استاندارد ISO/TR 14638 [ردیف ۲ در کتابنامه] و پیوست ب رجوع شود.
این استاندارد، سیستم طبقه‌بندی برای روش‌هایی که عمدتاً در اندازه‌گیری بافت سطح[2] مورد استفاده قرار می‌گیرد را تعیین می‌کند. سیستم طبقه‌بندی، زمینه‌ای برای توسعه قسمت‌های دیگر این استاندارد فراهم می‌کند که مشخصه‌ها و استانداردهای اندازه‌گیری برای برخی از روش‌های منحصر به فرد را تعیین می‌کند. چنین طبقه‌بندی برای کمک به انتخاب و درک انواع گوناگون روش‌ها و همچنین برای تعیین نحوه اعمال استانداردها متناسب با کاربردشان در نظر گرفته می‌شود. منظور این است که سیستم طبقه‌بندی تا حد امکان به طور عمومی مورد لحاظ قرار گیرد. با این وجود، دستگاه‌هایی ممکن است وجود داشته باشند که به طور واضح در هیچ رده‌ای از روش‌ها گنجانده نمی‌شوند.

1- Geometrical Product Specifications
2- Surface texture

ویژگی‌های هندسی فرآورده (GPS)- بافت سطح: مساحت-
قسمت ۶: طبقه‌بندی روش‌ها برای اندازه‌گیری بافت سطح

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین سیستم طبقه‌بندی برای روش‌هایی است که عمدتاً برای اندازه‌گیری بافت سطح مورد استفاده قرار می‌گیرند. این استاندارد سه رده[1] از روش‌ها را تعیین می‌کند، رابطه بین رده‌ها را توضیح می‌دهد و به طور اختصار روش‌های ویژه را توصیف می‌کند.

۲ مراجع الزامی

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

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای 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 تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است :

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۴۳۰ سال ۱۳۸۸، ویژگی‌های هندسی فرآورده (GPS)- بافت سطح: روش نیمرخ- اصطلاحات، تعاریف و پارامترهای بافت سطح

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۴۷۲۳ سال ۱۳۷۸، واژه‌ها و اصطلاحات پایه و عمومی اندازه‌شناسی

2-3 ISO 25178-2: 2012, Geometrical Product Specifications (GPS)– Surface texture: Areal- Part 2: Terms, definitions and surface texture parameters

2-4 ISO/IEC Guide 99: 2007, International vocabulary of metrology- Basic and general concepts and associated terms (VIM)

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استانداردهای ملی ایران شماره ۱۱۴۳۰ سال ۱۳۸۸، شماره ۴۷۲۳ سال ۱۳۷۸، استانداردهای بین‌المللی ISO 25178-2 و ISO/IEC Guide 99، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌روند.

1- Class

۳-۱ اصطلاحات عمومی

۳-۱-۱

دستگاه مختصات[1]

دستگاه مختصاتی که پارامترهای بافت سطح در آن اندازه‌گیری می‌شوند.

یادآوری ۱- اگر سطح اسمی، یک صفحه (یا بخشی از یک صفحه) باشد، معمولاً از یک دستگاه مختصات مستطیلی استفاده می‌شود به طوری که محورها تشکیل یک مجموعه دکارتی راستگرد[2] را می‌دهند، محور Xها جهتِ[3] ردیابی همخط[4] با خط میانگین بوده و همچنین محور Yها بر روی سطح اسمی مستقر شده و محور Zها در جهت بیرون (از ماده به محیط اطراف) استقرار یافته باشد. در این استاندارد، دستگاه مختصات مستطیلی مورد پذیرش واقع شده است به استثنای بند ۳-۲-۱ یادآوری ۳ و بند ۳-۳-۳ که برای آنها دستگاه مختصات استوانه‌ای تعیین شده است.

یادآوری ۲- همچنین برای دستگاه مختصات ویژگی به استاندارد ISO 25178-2 رجوع شود.

۳-۱-۲

نیمرخ سطح [5]

نیمرخی که از تلاقی یک سطح حقیقی با صفحه‌ای معین نتیجه می‌شود

یادآوری- در عمل، معمولاً یک صفحه قائم که به طور اسمی به صورت موازی و در یک جهت مناسب با سطح حقیقی قرار دارد، انتخاب می‌شود.

[به استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۴۳۰ سال ۱۳۸۸ بند ۳-۱-۴ رجوع شود]

۳-۱-۳

مقدار عرضی[6]

Z(x, y)

ارتفاع سطح در موقعیت (x, y) است.

۳-۲ تعاریف برای طبقه‌بندی روش‌های اندازه‌گیری بافت سطح

۳-۲-۱

روش نیمرخ خط[7]

روش اندازه‌گیری توپوگرافی[1] سطح که نمودار دو بعدی یا نیمرخ بی‌قاعدگی‌های[2] سطح را به عنوان داده‌های داده‌های اندازه‌گیری تولید می‌کند، ممکن است از دیدگاه ریاضی به عنوان تابع ارتفاع z(x) بیان شود.

1- Coordinate system
2- Right-handed Cartesian set
3- Direction
4- Co-linear
5- Surface profile
6- Ordinate value
7- Line-profiling method

یادآوری ۱- در مقایسه، روش توپوگرافی مساحتی (بند ۳-۲-۲) و روش یکپارچه‌سازی مساحتی (بند ۳-۲-۳) به منظور تعیین کمیت بافت سطح بر روی مساحتی منتخب از سطح، بجای نیمرخ‌های تکی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

یادآوری ۲- مثال‌های مربوط به تجهیزاتی که به طور ویژه برای اندازه‌گیری نیمرخ‌های خط، توسعه یافته‌اند شامل روبش تماس سوزنی[۳] [ردیف ۱ در کتابنامه]، نسخ اولیه تداخل‌سنج تغییر فاز[۴] [ردیف ۳ در کتابنامه] و نیمرخ دیفرانسیلی نوری[۵] [ردیف‌های ۴ و ۵ در کتابنامه] می‌شوند.

یادآوری ۳- روش‌های خاص دارای روبش چرخشی در دستگاه مختصات استوانه‌ای می‌باشند و نیمرخ‌های مدور را اندازه‌گیری می‌کنند به طوری که z به عنوان تابعی از زاویه θ است. یک مثال در این مورد نیمرخ مدور تداخل‌سنجی می‌باشد.

۳-۲-۲
روش توپوگرافی مساحتی

روش اندازه‌گیری سطح که تصویر توپوگرافی سطح را تولید می‌کند ممکن است از دیدگاه ریاضی به عنوان تابع ارتفاع $z(x, y)$ با دو متغیر مستقل (x, y) بیان شود.

یادآوری ۱- مثال‌های مربوط به روش‌هایی که برای اندازه‌گیری‌های توپوگرافی مساحتی توسعه یافته یا مورد پذیرش واقع شده‌اند شامل روبش تماس سوزنی [ردیف ۷ در کتابنامه]، تداخل‌سنجی تغییر فاز میکروسکوپی [ردیف ۸ در کتابنامه]، تداخل‌سنجی روبشی منسجم[۶] [ردیف‌های ۹ و ۱۰ در کتابنامه]، هم‌کانونی میکروسکوپی[۷] [ردیف ۱۱ در کتابنامه]، هم‌کانونی رنگی[۸] میکروسکوپی [ردیف ۱۲ در کتابنامه]، تصویر نور ساخته شده[۹] (شامل سه گوش سازی) [ردیف‌های ۱۳ و ۱۴ در کتابنامه]، تغییرات کانونی میکروسکوپی[۱۰] [ردیف ۱۵ در کتابنامه]، نیمرخ دیفرانسیلی نوری [ردیف‌های ۴ و ۵ در کتابنامه]، هولوگرافی دیجیتالی میکروسکوپی[۱۱] [ردیف ۱۶ در کتابنامه]، نیمرخ خودکانونی نقطه‌ای[۱۲] [ردیف‌های ۱۷ و ۱۸ در کتابنامه]، روبش میکروسکوپی الکترونیکی برای تبدیل زاویه[۱۳] (SEM)[۱۴] [ردیف‌های ۱۹ و ۲۰ در کتابنامه]، برجسته سازی[۱۵] SEM [ردیف‌های ۲۱ و ۲۲ در کتابنامه]، روبش تونلی میکروسکوپی[۱۶] [ردیف ۲۳ در کتابنامه] و نیروی اتمی میکروسکوپی[۱۷] [ردیف‌های ۲۴ و ۲۵ در کتابنامه] می‌شوند. قابلیت اندازه‌گیری مساحت برای این روش‌ها اغلب از مجموعه نیمرخ‌های موازی

1- Topography
2- Surface irregularities
3- Contact stylus scanning
4- Phase-shifting interferometer
5- Optical differential profiler
6- Coherence scanning interferometry
7- Confocal microscopy
8- Chromatic
9- Structured light projection
10- Focus variation microscopy
11- Digital holography microscopy
12- Point autofocus
13- Angle-resolved scanning electron microscopy
14- Scanning electron microscopy (SEM)
15- Stereoscopy
1- Scanning tunneling microscopy
2- Atomic force microscopy

روبشی متوالی یا از دستکاری[1] تصاویر دو بعدی در دوربین‌های میکروسکوپ، حاصل می‌شوند. تمامی این روش‌ها همچنین ممکن است برای تولید نتایج مبتنی بر نیمرخ-خط مورد استفاده قرار گیرند.

یادآوری ۲- برای روش‌هایی که تصویر توپوگرافی سطح z(x, y) از نیمرخ‌های متوالی از قبیل مجموعه نیمرخ‌های موازی z(x) را تشکیل می‌دهند، توصیه می‌شود مراقبت‌های لازم برای تحقق درستی اندازه‌گیری‌ها در امتداد محور آهسته[2] z(y) انجام پذیرد. اگرچه تصاویر توپوگرافی z(x, y) ممکن است برای یک روش بافت مساحتی نمایش داده شود، در برخی موارد روش مورد نظر در واقع ممکن است به تغییرات توپوگرافی z(y) حساس نباشد یا درستی نیمرخ z(y) ممکن است به وسیله رانش تجهیزات محدود شود.

۳-۲-۳
روش یکپارچه سازی مساحتی

روش اندازه‌گیری سطح که به نمایندگی از سطح، مساحتی از آن را اندازه‌گیری می‌کند و همچنین نتایج عددی که به خواص یکپارچه شده مساحتی از بافت سطح بستگی دارد را تولید می‌کند.

یادآوری ۱- این روش‌ها، داده‌های نیمرخ خط z(x) یا داده‌های توپوگرافی مساحتی z(x, y) را تولید نمی‌کنند.

یادآوری ۲- مثال‌های مرتبط با تجهیزاتی که به عنوان روش‌های یکپارچه سازی مساحتی توسعه یافته‌اند، شامل آنهایی می‌شوند که روش‌های پراکندگی[3] نور یکپارچه کل [ردیف ۲۶ در کتابنامه]، پراکندگی نور برای تبدیل زاویه [ردیف ۲۷ در کتابنامه]، مقاومت ظرفیتی با صفحه موازی[4] [ردیف ۲۷ در کتابنامه] و اندازه‌گیری پنوماتیک[5] (جریان) [ردیف ۲۹ در کتابنامه] را مورد استفاده قرار می‌دهند.

یادآوری ۳- روش‌های یکپارچه سازی مساحتی توأم با آزمونه‌های مقایسه‌ای زبریِ[6] کالیبره شده یا آزمونه‌های آزمایشی کالیبره شده به عنوان مقایسه‌گرهایی[7] برای متمایز کردن بافت سطح قسمت‌های ساخته شده توسط فرآیندهای مشابه یا برای اجرای ارزیابی‌های بافت سطح تکراری، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۳-۳ اصطلاحات و تعاریف برای روش‌های ویژه

۱-۳-۳
روبش تماس سوزنی

روش اندازه‌گیری توپوگرافی سطح، از طریق سیستم پراب[1] از تماس سوزنی استفاده می‌کند به طوری که حرکت آن به یک سیگنال به عنوان تابعی از موقعیت تبدیل می‌شود.

3- Manipulation
4- Slow axis
5- Scatter
6- Parallel-plate capacitance
7- Pnumatic (flow) measurement
8- Roughness
9- Comparators

یادآوری- برای کسب اطلاعات بیشتر به استاندارد ISO 25178-601 رجوع شود.

۲-۳-۳

تداخل‌سنجی تغییر فاز میکروسکوپی

PSI[۲]

روش اندازه‌گیری توپوگرافی سطح، از طریق یک میکروسکوپ نوری دارای روشناییِ طول موج تأثیرگذارِ معلوم که با متعلقاتِ تداخل‌سنجی یکپارچه می‌شود، تصاویر نوری چندگانه متوالی با طوقه‌های[۳] تداخل‌سنجی تولید می‌کند که از آنها نیمرخ یا تصویر توپوگرافی سطح مساحت محاسبه می‌شود.

یادآوری ۱- نوارهای[۴] نور و طوقه‌های تداخل‌سنجی تیره در تصاویر به هنگامی تولید می‌شوند که دو یا بیشتر از پرتوهای نوری متقابل[۵] ترکیب شوند.

یادآوری ۲- برای کسب اطلاعات بیشتر به استاندارد ISO 25178-603 رجوع شود.

۳-۳-۳

نیمرخ مدور تداخل‌سنجی

روش نیمرخ سطح که از طریق آن ارتفاع سطح موضعی با پراب تداخل‌سنج حس می‌شود دارای پرتوی روبشی بر روی محیط دایره و پرتوی مرجع در مرکز می‌باشد، بنابراین نیمرخ مدور $z(\theta)$ در دستگاه مختصات استوانه‌ای را ترجیحاً بجای نیمرخ خط یا تصویر توپوگرافی مساحتی ایجاد می‌کند.

۴-۳-۳

نیمرخ دیفرانسیلی نوری

روش اندازه‌گیری توپوگرافی سطح، که از طریق آن تفاوت‌های ارتفاع بین دو نقطه‌ای که به طور نزدیک فاصله‌گذاری شده‌اند در توالی نزدیک در امتداد جهت عبور بر روی سطح اندازه‌گیری می‌شوند و نیمرخ سطح از طریق یکپارچه سازی این تفاوت‌های ارتفاع موضعی بدست می‌آیند.

یادآوری- این نیمرخ همچنین به "نیمرخ دیفرانسیلی نومارسکی[۶] " موسوم است.

1- Probing system
2- Phase-shifting interferometric (PSI)
3- Fringes
4- Bands
5- Coherent optical beams
1- Nomarski

۵-۳-۳

تداخل‌سنجی روبشی منسجم

CSI[1]

روش اندازه‌گیری توپوگرافی سطح، که از طریق آن موضعی کردن تداخل طوقه‌ها در حین روبش طول مسیر نوری، شیوه‌ای را برای تعیین نقشه توپوگرافی سطح فراهم می‌کند.

یادآوری – یک تنوع این فن که به پرتو نگاری[2] نوری منسجم موسوم است [ردیف ۲۹ در کتابنامه]، برای تصویرسازی سه بعدی از طریق مواد شفاف بخصوص برای کاربردهای پزشکی و زیست شناختی به طور وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۶-۳-۳

هم‌کانونی[3] میکروسکوپی

روش اندازه‌گیری توپوگرافی سطح، که از طریق آن شیئی با سوراخ کوچک[4] به وسیله منبع نور روشن شده توسط عدسی بر روی سطح تحت بررسی، بازتاب می‌شود و نور از طریق عدسی به سوراخ کوچک دوم واقع در جلوی آشکارساز[5] به عقب منعکس می‌شود و به عنوان پالایه فضایی[6] عمل می‌کند.

یادآوری- برای کسب اطلاعات بیشتر به استاندارد ISO 25178-602 رجوع شود.

۷-۳-۳

هم‌کانونی رنگی میکروسکوپی

روش اندازه‌گیری توپوگرافی سطح، متشکل از میکروسکوپ هم‌کانونی با عدسی شیئی که با اسباب آشکارسازی (برای مثال طیف‌سنج[7]) یکپارچه شده و از طریق آن ارتفاع سطح در یک نقطه به وسیله طول موج نورِ بازتاب شده از سطح، حس می‌شود.

یادآوری- برای کسب اطلاعات بیشتر به استاندارد ISO 25178-602 رجوع شود.

۸-۳-۳

تصویر نور ساخته شده[8]

روش اندازه‌گیری توپوگرافی سطح، که از طریق آن بازتاب نور با ساختار یا طرحی مشخص بر روی یک سطح تصویر می‌شود و طرح نور بازتاب شده همراه با دانش نور تابشی ایجاد شده، تعیین توپوگرافی سطح را مجاز می‌کند.

2- Coherence Scanning Interferometry (CSI)
3- Tomography
4- Confocal
5- Pinhole
6- Detector
7- Spatial filter
8- Spectrometer
1- Structured

یادآوری- هنگامی که نور ایجاد شده بصورت یک نقطه تمرکز یافته یا بصورت خط ظریف باشد، این فن ممکن است به عنوان "سه گوش سازی" شناخته شود.

۹-۳-۳

تغییرات کانونی میکروسکوپی

روش اندازه‌گیری توپوگرافی سطح، که از طریق آن وضوح[1] تصویر سطح (یا خاصیت دیگر نور بازتاب شده در تنظیم بهینه) در یک میکروسکوپ نوری به منظور تعیین ارتفاع سطح در هر موقعیت در امتداد سطح مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱۰-۳-۳

هولوگرافی دیجیتالی میکروسکوپی

DHM[2]

روش اندازه‌گیری توپوگرافی سطح، که از طریق آن هولوگرام قراردادی از تداخل بین یک موج مرجع و یک موج شیئ که توسط یک سطح بازتاب شده است بصورت دیجیتالی به منظور توپوگرافی سطح، ثبت و پردازش می‌شود.

یادآوری - DHM از روش‌های فرکانسی حامل [ردیف ۳۱ در کتابنامه] متمایز است با این واقعیت که DHM، قابلیت انتشار میدانی[3] را مقدور ساخته و عمق توسعه یافته میدانی در تصویر سطح پردازش شده را ممکن می‌کند. عمدتاً روش فرکانسی حامل برای اندازه‌گیریِ شکل[4] بجای زبری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱۱-۳-۳

نیمرخ خودکانونی نقطه‌ای

روش اندازه‌گیری توپوگرافی سطح، که از طریق آن ارتفاع سطح موضعی به طور خودکار توسط متمرکز کردن پرتوی نور کانونی شده بازتابی از نمونه، در موقعیت حساس آشکارساز به عنوان تابعی از ارتفاع سطح اندازه‌گیری می‌شود.

۱۲-۳-۳

روبش الکترونی میکروسکوپی برای تبدیل زاویه

SEM[5]

2- Sharpness
3- Digital Holography Microscopy (DHM)
4- Field
5- Form
1- Scanning Electron Microscopy (SEM)

روش اندازه‌گیری توپوگرافی سطح، که از طریق آن شیب‌های موضعی سطح توسط توزیع‌های زاویه‌ای بازتاب یا شدت انتشار الکترون ثانویه تعیین می‌شوند و یک تصویر توپوگرافی مساحتی به وسیله یکپارچه‌سازی این شیب‌های موضعی بدست می‌آید.

۱۳-۳-۳

برجسته سازی SEM

روش اندازه‌گیری توپوگرافی سطح، که از طریق آن دو (یا گاهی بیشتر) از تصاویر روبش شده الکترونی میکروسکوپی (SEM) از یک سطح که در زوایایی با تفاوت اندک جهت‌دار شده، برداشته می‌شود و مقایسه دو تصویر تحت تأثیر برجسته سازی حاصله، تعیین توپوگرافی سطح را مجاز می‌کند.

۱۴-۳-۳

روبش تونلی میکروسکوپی
STM[1]

روش اندازه‌گیری توپوگرافی سطح، که از طریق آن تعیین ارتفاع سطح از تغییرات مرتبط با ارتفاع در جریان تونلی الکتریکی که در بین سطح رسانا و تیغه رسانای[2] بسیار نزدیک به آن تولید شده و با ولتاژی ثابت که بین آنها برقرار می‌باشد، انجام می‌شود.

۱۵-۳-۳

نیروی اتمی میکروسکوپی
AFM[3]

نیروی روبشی میکروسکوپی
SFM[4]

روش اندازه‌گیری توپوگرافی سطح، که از طریق آن ارتفاع سطح از نیروی مکانیکی جاذبه[5] یا رانش[6] بین نوک نوک پراب و سطح حس می‌شود.

یادآوری- STM و AFM (یا SFM) دو روشی هستند که می‌توانند همچنین به عنوان روش‌های پراب روبش شده میکروسکوپی (SPM[7]) طبقه‌بندی شوند. SPM همچنین روبش نوری میکروسکوپی میدانی (NSOM/SNOM[8])، ظرفیت

2- Scanning Tunnelling Microscopy (STM)
3- Conducting tip
4- Atomic Force Microscopy (AFM)
5- Scanning Force Microscopy (SFM)
1- Attraction
2- Repulsion
3- Scanned Probe Microscopy (SPM)
4- Near-field Scanning Optical Microscopy (NSOM/SNOM)

خازنی روبشی میکروسکوپی (SCM [1]) و سایرین را در بر می‌گیرد. توسعه استانداردهای خاص مرتبط با این روش‌ها دردامنه کاربرد ISO TC 201, SC 9, Scanning probe microscopy قرار دارد.

۱۶-۳-۳

پراکندگی یکپارچه کل

روش یکپارچه‌سازی مساحت سطح، که از طریق آن نور پراکنده شده از سطح بر روی گستره وسیعی از زوایا، جمع‌آوری شده و به منظور محاسبه rms [2] (میانگین مربع ریشه) مربوط به زبری سطح مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱۷-۳-۳

پراکندگی تبدیل زاویه

روش یکپارچه‌سازی مساحت سطح، که از طریق آن نور پراکنده شده از سطح به عنوان تابعی از زاویه تابشی یا زاویه پراکندگی یا هر دو، جمع‌آوری می‌شود و تابع اندازه‌گیری ممکن است به منظور محاسبه rms (میانگین مربع ریشه) زبری، چگالی توان طیفی و سایر پارامترهای زبری مورد استفاده قرار گیرد.

۱۸-۳-۳

روش ظرفیت خازنی با صفحه موازی

روش یکپارچه‌سازی مساحت سطح، که از طریق قرارگیری یک صفحه ظرفیت خازنی بر روی سطح رسانایی که ماده عایق‌بندی در بین آنها وجود دارد و ظرفیت خازنی که بین دو عنصر نتیجه می‌شود برای محاسبه پارامتر وابستگی زبری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱۹-۳-۳

سیستم اندازه‌گیری پنوماتیکی

روش یکپارچه‌سازی مساحت سطح، که از طریق آن گاز برای جریان یافتن بر روی سطحی زبر ساخته می‌شود و مقاومت در برابر جریان (یا کمیتی مرتبط) به منظور محاسبه پارامتر وابستگی زبری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

5- Scanning Capacitance Microscopy (SCM)
6- Root-mean-square (rms)

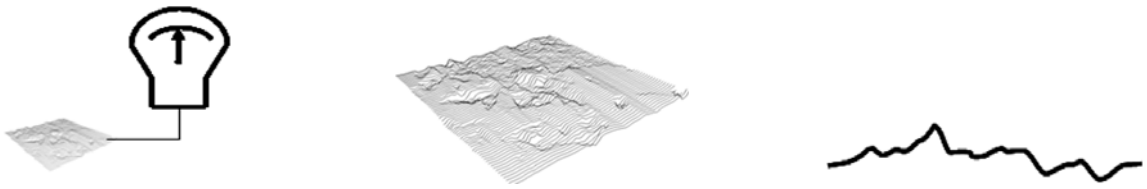
۴ طرح طبقه‌بندی

به گونه‌ای که در شکل ۱ نشان داده شده است روش‌ها برای اندازه‌گیری بافت سطح ممکن است در سه رده عمومی زیر تقسیم شوند: روش‌های نیمرخ خط، روش‌های توپوگرافی مساحتی و روش‌های یکپارچه‌سازی مساحتی.

روش‌های نیمرخ خط، نیمرخ‌های توپوگرافی z(x) را تولید می‌کنند. روش‌های توپوگرافی مساحتی، تصویرهای توپوگرافی z(x, y) را تولید می‌کنند. اغلب، تابع ارتفاع z(x, y) به وسیله کنار هم قرار دادن مجموعه نیمرخ‌های موازی، توسعه می‌یابد (به شکل ۲ رجوع شود). تابع ارتفاع معمولاً انحراف‌های نقطه به نقطه که بین توپوگرافی و سطح میانگین اندازه‌گیری می‌شود را ارائه می‌کند.

داده‌های توپوگرافی می‌توانند به منظور محاسبه انواع مختلف پارامترهای بافت سطح مورد استفاده قرار گیرند. با این وجود، مقادیر اندازه‌گیری شده پارامترها به توضیحات روش مورد استفاده برای اندازه‌گیری بستگی دارند. روش‌های توپوگرافی مساحتی ممکن است به منظور اندازه‌گیری پارامترهای سطح مورد استفاده قرار گیرند در صورتی که جداسازی فضایی و طول نمونه‌برداری در هر جهت (یا بطور متناوب مساحت مورد نمونه‌برداری) برای هر اندازه‌گیری نشان داده شده باشد. بعلاوه مهم است که عدم قطعیت مختصات اندازه‌گیری شده x، y و z تعیین شود. نکته مهم این است که آیا دستگاه تفاوت‌های ارتفاع بین نیمرخ‌های فاصله‌گذاری شده در امتداد جهت Y را آشکار می‌کند و اگر چنین است آیا دستگاه این تفاوت‌ها را به طور رایج پالایش می‌کند (همچنین به بند ۳-۲-۲ یادآوری ۲ رجوع شود). نکته دیگر، درستی هر سیستم روبشی جانبی و همچنین درستی مختصات X یا Y است که نتیجه می‌شود.

روش‌های اندازه‌شناسی سطح منوط به رعایت محدودیت‌هایی است که توصیه می‌شود کاربر از آنها آگاه باشد. برخی از محدودیت‌های مهم در پیوست الف شرح داده شده است.



روش‌های نیمرخ خط $z(x)$	روش‌های توپوگرافی مساحتی $z(x)$ یا $z(x, y)$ به عنوان تابعی از y [a]	روش‌های یکپارچه‌سازی مساحتی
-روبش سوزنی تماسی -تداخل‌سنج تغییر فاز -نیمرخ تداخل‌سنجی مدور [b] -نیمرخ دیفرانسیلی نوری	-روبش تماس سوزنی -تداخل‌سنج تغییر فاز -تداخل‌سنجی روبشی منسجم -هم‌کانونی میکروسکوپی -هم‌کانونی رنگی میکروسکوپی -تصویر نور ساخته شده -تغییرات کانونی میکروسکوپی -هولوگرافی دیجیتالی میکروسکوپی -SEM برای تبدیل زاویه -روبش تونلی میکروسکوپی [c] -نیروی اتمی میکروسکوپی [c] -نیمرخ دیفرانسیلی نوری -نیمرخ خودکانونی نقطه‌ای	-پراکندگی یکپارچه کل -پراکندگی تبدیل زاویه -ظرفیت خازنی با صفحه موازی -پنوماتیک

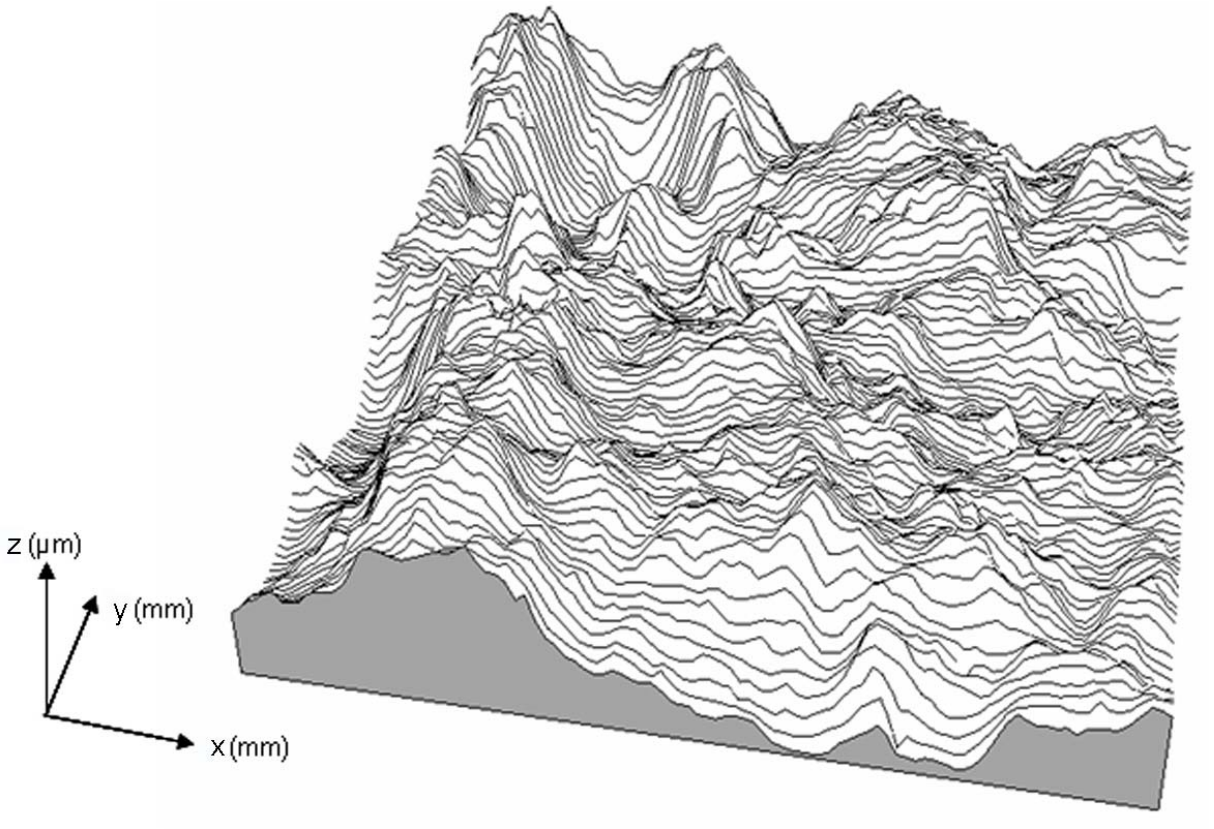
a درستی نیمرخ $z(y)$ به روش مورد نظر بستگی دارد و توصیه می‌شود که برای هر روش محقق شود.

b این روش به روبش مدور برای تولید نیمرخ $z(\theta)$ متکی است.

c STM و AFM روش‌هایی هستند که اغلب به عنوان پراب روبش شده میکروسکوپی (SPM) طبقه‌بندی می‌شوند. سایر روش‌های SPM از قبیل روبش نوری میکروسکوپی میدانی (NSOM/SNOM) یا ظرفیت خازنی روبشی میکروسکوپی(SCM) همچنین ممکن است به اندازه‌گیری توپوگرافی سطح، توسعه یافته یا مورد پذیرش واقع شود.

یادآوری- نمایه‌های a، b و c انواع داده‌های تولید شده توسط هر رده از روش‌ها را بیان می‌کنند.

شکل ۱- طبقه‌بندی روش‌های اندازه‌گیری بافت سطح با مثال‌ها



شکل ۲- مثالی برای تصویر توپوگرافی بدست آمده به وسیله روش توپوگرافی مساحتی که به عنوان مجموعه نیمرخ‌های موازی $z(x)$ ترسیم شده است.

پیوست الف
(اطلاعاتی)

محدودیت‌های اندازه شناختی

الف-۱ همگنی سطح

هر روش تعیین شده در بند ۳-۳ مستلزم تعامل بین پراب و سطح می‌باشد و بنابراین بر همگنی خاصیت سطح حس شده به منظور فراهم کردن اندازه‌گیری دقیق توپوگرافی سطح، متکی است. در غیر این صورت، تغییرات در خواص ماده سطح می‌تواند به تغییرات ظاهراً کاذب در توپوگرافی سطح اندازه‌گیری شده منجر شود. روش‌های نوری ممکن است به وسیله تغییرات در خواص نوری، بر روی سطح تأثیرگذار باشند. روش‌های تماسی از قبیل سوزن و نیروی اتمی میکروسکوپی به وسیله تغییرات در انعطاف‌پذیری ممکن است تحت تأثیر قرار گیرند و روبش تونلی میکروسکوپی ممکن است به وسیله تغییرات در رسانایی الکتریکی تحت تأثیر واقع شود. بنابراین، در نظر گرفتن این خواص با هر روشی به هنگام اجرای اندازه‌گیری‌های توپوگرافی سطح، حائز اهمیت است.

الف-۲ گستره و تفکیک‌پذیری

هر روش تعیین شده در بند ۳-۳ دارای محدودیت‌های گستره و تفکیک‌پذیری هم در جهت جانبی و هم در جهت عمودی می‌باشد. این برای کاربر مهم است که محدودیت‌های گستره و تفکیک‌پذیری دستگاه مورد استفاده را درک کند. توصیه می‌شود این کمیت‌ها در نظامنامه و مستندات سازنده شرح داده شود.

به طور کلی،

- تفکیک‌پذیری جانبی (فضایی) معمولاً به وسیله تفکیک‌پذیری فضایی حسگر از قبیل حد شکست[1] یک میکروسکوپ نوری یا اندازه نوک یک پراب بر روی نیمرخ مکانیکی تماسی یا بعضی مواقع به وسیله طول موج قطع کوتاه[2] یا شاخص تو در توی پالایهٔ هموارسازی[3] که در تجزیه و تحلیل توپوگرافی مطابق با ویژگی‌های مورد قبول از قبیل ISO 16610 [ردیف ۳۲ در کتابنامه] به کار می‌رود، محدود می‌شود.
- گستره جانبی به وسیله طول نیمرخ یا اندازه مساحت اندازه‌گیری شده محدود می‌شود.
- تفکیک‌پذیری عمودی اغلب توسط نوفه[4] دستگاه اندازه‌گیری محدود می‌شود [به discrimination threshold (ISO/IEC Guide 99: 2007, 4, 16) رجوع شود].
- گستره عمودی اغلب به وسیله طول حرکت[1] در جهت عمودی محدود می‌شود.

1- Diffraction
2- Short wavelength cut-off
3- Nesting index of a smoothing filter
4- Noise

بنابراین، هر دو محدوده تفکیک‌پذیری اغلب به وسیله کیفیت تعاملی حسگر تعیین می‌شوند، به طوری که هر دو گستره اغلب به وسیله کیفیت دستگاه‌های جابجایی مورد استفاده به منظور اجرای جابجایی عمودی و جانبی پراب مشخص می‌شوند. گستره و تفکیک‌پذیری، مشخصه‌های مهمی برای دستگاه‌های توپوگرافی مساحت هستند و در مکان‌های متعددی مورد بازنگری قرار می‌گیرند [به ردیف‌های ۳۳، ۳۴ و ۳۵ در کتابنامه رجوع شود].

الف-۳ اندازه‌گیری شیب

روش‌های بافت سطح اغلب دارای حدود برای اندازه‌گیری سطوح با شیب تند می‌باشند. روش‌های سوزنی و میکروسکوپ‌های نیروی اتمی برای مثال به وسیله زاویه دستهٔ[۲] نوک پراب محدود می‌شوند. برای چندین نوع از میکروسکوپ‌های نوری، حدود برای اندازه‌گیری شیب‌های تند به منفذ عدسی شیئ رقمی[۳] مرتبط می‌باشد.

5- Length of travel
1- Shank angle
2- Numerical aperture of the objective

پیوست ب
(اطلاعاتی)

ارتباط با الگوی ماتریس GPS

ب-۱ کلیات

برای کسب جزئیات کامل در باره الگوی ماتریس GPS به استاندارد ISO/TR 14638:1995 رجوع شود.

ب-۲ موقعیت در الگوی ماتریس GPS

این استاندارد یکی از استانداردهای ملی ایران در رابطه با "ویژگی‌های هندسی فرآورده (GPS)" است که بر پیوند زنجیری ۵ از زنجیره استانداردها در ارتباط با "بافت مساحت سطح" بر ماتریس عمومی GPS تأثیرگذار و در شکل ب-۱ ترسیم شده است.

ب-۳ استانداردهای مرتبط

استانداردهای ملی و بین‌المللی مرتبط استانداردهایی هستند که در زنجیره استانداردها در شکل ب-۱ نشان داده شده است.

استانداردهای فراگیر GPS

	استانداردهای عمومی GPS						
	شماره زنجیره پیوند	**۱**	**۲**	**۳**	**۴**	**۵**	**۶**
استانداردهای اصلی **GPS**	اندازه						
	فاصله						
	شعاع						
	زاویه						
	شکل خط مستقل از مبنا[۱]						
	شکل خط وابسته به مبنا[۲]						
	شکل سطح مستقل از مبنا[۳]						
	شکل سطح وابسته به مبنا[۴]						
	جهت‌یابی[۵]						
	موقعیت[۶]						
	دویدگی دورانی[۷]						
	دویدگی کل[۸]						
	مبناها[۹]						
	نیمرخ زبری[۱۰]					X	
	نیمرخ موجی[۱۱]					X	
	نیمرخ اولیه[۱۲]					X	
	نواقص سطح[۱۳]						
	لبه‌ها[۱۴]						
	بافت مساحت سطح					X	

شکل ب ۱- موقعیت در الگوی ماتریس GPS

1- Form of line independent of datum
2- Form of line dependent of datum
3- Form of surface independent of datum
4- Form of surface dependent of datum
5- Orientation
6- Location
7- Circular run-out
8- Total run-out
9- Datums
10- Roughness profile
11- Waviness profile
12- Primary profile
13- Surface imperfections
14- Edges

پیوست پ
(اطلاعاتی)

کتابنامه

[1] ISO 3274:1997, Geometrical Product Specifications (GPS)- Surface texture: Profile method- Nominal characteristics of contact (stylus) instruments.

[2] ISO/TR 14638, Geometrical Product Specification (GPS)- Masterplan.

[3] BHUSHAN, B., WYANT, J.C. and KOLIOPOULOS, C.L. Measurement of surface topography of magnetic tapes by Mirau interferometry. Appl. Opt., 24, 1985, pp. 1489-1497.

[4] EASTMAN, J.M. and ZAVISLAN, J.M. A new optical surface microprofiling instrument. Proc. SPIE, 429, 1984, pp. 56-64.

[5] WANG, B.S., MARCHESE-RAGONA, S.P. and BRISTOW, T.C. Roughness Characterization of ultra-smooth surfaces using common-path interferometry. Proc. SPIE, 3619, 1999, pp. 121-127.

[6] SOMMARGREN, G.E. Optical heterodyne profilometry. Appl. Opt., 20, 1981, pp. 610-618.

[7] TEAGUE, E.C., SCIRE, F.E., BAKER, S.M. and JENSEN, S.W. Three-dimensional stylus profilometry. Wear, 83, 1982, pp. 1-12.

[8] CREATH, K. Interferometry Techniques. In: Progress in Optics, Vol. 26 (ed. Wolf, E.) Elsevier, New York, 1988, pp. 349-393.

[9] WINDECKER, R., HAIBLE, P and TIZIANI, H J. Fast Coherence Scanning Interferometry for Measuring Smooth, Rouph and Spherical Surfaces. J. Mod. Opt., 42, 1995, pp. 2059-2069.

[10] DAVIDSON, M. KAUFMAN, K., MAZOR, I. and COHEN, F. An Application of Interference Microscopy to Integrated Circuit Inspection and metrology. Proc. SPIE, 775, 1987, pp233-247.

[11] JORDAN, H.-J., WEGNER, M. and TIZIANI, H. Highly accurate non-contact characterization of engineering surfaces using confocal microscopy. Meas. Sci. Technol., 9, 1998, pp. 1142-1151

[12] COHEN-SABBON, J. GAILLARD-GROLEAS, J. and CREPIN, P.-J. Quasi-confocal extended field surface sensing. Proc. SPIE, 4449, 2001, pp. 178-183.

[13] ASSOUL, M., ZAIDI, M., CORCUFF, P. and MIGNOT, J. Three dimensional measurements of skin surface topography by triangulation with a new laser profilometer. J. Medical Eng. Technol ., 18, 1994, pp. 11-21.

[14] FRANKOWSKI, G., CHEN, M. and HUTH, T. Real-time 3D Shape Measurement with Digital Stripe Projection by Texas Instruments Micromirror Devices DMDTM. Proc. SPIE, 3958, 2001, pp. 90-105.

[15] SUBBARAO, M. and CHOI, T. Accurate Recovery of Three-Dimensional Shape from Image Focus. IEEE Trans. On Pattern Analysis and Machine Intelligence, 17, 1995, pp. 266-274.

[16] COLOMB, T., MONTFORT, F., KUHN, J., ASPERT, N., CUCHE, E., MARIAN, A., CHARRIERE, F., BOURQUIN, S., MARQUET, P., and DEPEURSINGE, C. Numerical parametric lens for shifting magnification, and complete aberration compensation in digital holographic microscopy. J. Opt. Soc. Am., 23, 2006, A 3177.

[17] BRODMANN, R. and SMILGA, W. Evaluation of a Commercial Microtopography Sensor. Proc. SPIE, 802, 1987, pp. 165-169.

[18] MIURA, K., OKADA, M. and TAMAKI, J. Three-Dimensional Measurement of Wheel Surface Topography with a Laser Beam Probe. Advances in Abrasive Technology III, 2000, pp. 303-308.

[19] SATO, H. and O-HORI, M. Surface Roughness Measurement by Scanning Election Microscope. CIRP Annals, 31 (1), 1982, p. 457.

[20] TANAKA, K., NISHIMORI, K., MAEDA, K., MATSUDA, J. and HOTTA, M. A Scanning Electron Microscope With Two Secondary Electron Detectors and Its Application to the Surface Topography Measurements of Magnetic Media. Transactions of the ASME, J. of Tribology, 114, 1992, pp. 274-279.

[21] NANKIVELL, J.F. The theory of electron stereo microscopy. Optik, 20, 1963, pp. 171-198.

[22] BUNDAY, B.D., BISHOP, M. and BENNETT, M. Quantitative Profile-Shape Measurement Study on a CD-SEM with Application to Etch-Bias Control. Proc. SPIE, 4689, 2002, pp. 138-150.

[23] BINNIG, G., ROHRER, H., GERBER, C. and WEIBEL, E. Surface studies by scanning tunneling microscopy. Phys. Rev. Lett., 49, 1982, pp. 57-61.

[24] BINNIG, G., QUATE, C.F. and GERBER, C. Atomic force microscope. Phys. Rev. Lett., 56, 1986, pp. 930-933.

[25] RUGAR, D. and HANSMA, P. Atomic Force Microscopy. Physics Today, 43 (10), 1990, pp. 23-30.

[26] ASTMF1048-87, Standard Test Method for Measuring the Effective Surface Roughness of Optical Components by Total Integrated Scattering.

[27] BENNETT, J. M. and MATTSSON, L. Introduction to Surface Roughness and Scattering, Second Ed., Optical Society of America, Washington, D.C., 1999.

[28] BRECKER, J.N. FROMSON, R.E. and SHUM, L.Y. A Capacitance-Based Surface Texture Measuring System. CIRP Annals, 25 (1), 1977, pp. 375-377.

[29] HAMOUDA, A.M. A Precise Pneumatic co-axial jet gauging system fos surface roughness measurements. Prec. Eng., 1, 1979, pp. 95-100.

[30] BOUMA, B.E. and TEARNEY, G.J., eds. Handbook of Optical Coherence Tomography. Marcel Dekker, New York, 2002.

[31] TAKEDA, M., INA, H. and KOBAYASHI, S. Fourier-transform method of fringe-pattern analysis for computer-based topography and interferometry. J. Opt. Soc. Am., 72, 1982, pp. 156-160.

[32] ISO/TS 16610 (all parts), Geometrical product specifications (GPS)- Filtration

[33] CHURCH, E.L. The Measurement of Surface Texture and Topography by Differential Light Scattering. Wear, 57, 1979, p. 93.

[34] STEDMAN, M. Basis for Comparing the performance of Surface-Measuring Machines. Prec. Eng., 9, 1987, p. 149.

[35] VORBURGER, T.V., DAGATA, J.A., WILKENING, G. and IIZUKA, K. Characterization of Surface Topography. In: Beam Effects, Surface Topography and Depth Profilling in Surface Analysis (ed. Czanderna, A.W., Madey, T.E. and Powell, C.J.), Plenum Press, New York, 1998, p. 275.