INSO
14954-603
1st. Edition
2014

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران

۱۴۹۵۴-۶۰۳

چاپ اول

۱۳۹۳

ویژگی‌های هندسی فراورده (GPS)- بافت سطح: مساحتی - قسمت ۶۰۳: مشخصه‌های نامی دستگاه‌های غیر تماسی (تداخل سنجی تغییر فاز با میکروسکپ)

Geometrical product specifications (GPS)- Surface texture: Areal - part 603: Nominal characteristics of non-contact (phase-shifting interferometric microscopy) instruments

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 فراورده (GPS)- بافت سطح: مساحتی- قسمت ۶۰۳: مشخصه‌های نامی دستگاه‌های غیر تماسی (تداخل سنجی تغییر فاز با میکروسکپ)"

رئیس:	**سمت یا نمایندگی**
حیدریان ، شهرام (دکترای ریاضی)	عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد
دبیر:	
علیمحمدی نافچی ، بهروز (فوق لیسانس ریاضی)	عضو کمیته فنی متناظر (ISIRI/TC 213) و معاون ارزیابی انطباق اداره کل استاندارد استان چهار محال و بختیاری
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
امینی بروجنی ، حمیدرضا (لیسانس فیزیک)	رئیس اداره اوزان و مقیاس‌های اداره کل استاندارد استان اصفهان
احمدی ، حامد (لیسانس مهندسی مکانیک)	مدیر فنی و مهندسی واحد تولیدی قطعات خودرو تشگاز
ایمانی ایمانلو ، جمشید (لیسانس فیزیک هسته‌ای)	مدیر کنترل کیفیت شرکت گاز سوزان فروزان
پناهی بروجنی ، علی (لیسانس مهندسی مکانیک)	مدیر کنترل کیفیت و مسئول آزمایشگاه‌های تأیید صلاحیت شده کارخانجات برفاب
حیدری ، غلامحسین (دکترای فیزیک)	عضو هیئت علمی دانشگاه ملایر
خاکسار حقانی دهکردی ، فرهاد (دکترای ریاضی)	عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد
دشتی‌زاده ، مرتضی (فوق لیسانس مهندسی مکانیک)	عضو کمیته فنی متناظر ویژگی‌ها و تصدیق هندسی و ابعادی محصول (ISIRI TC 213)

دایی جواد ، حسین (لیسانس مهندسی متالورژی)	کارشناس اداره کل استاندارد استان چهار محال و بختیاری
رستمی چالشتری ، سیاوش (فوق لیسانس مهندسی شیمی)	رئیس اداره مهندسی فرایند و کنترل تولید پتروشیمی مارون
سمیع ، حمید (فوق لیسانس مهندسی مکانیک)	معاون پژوهشی دانشگاه جامع علمی کاربردی مرکز پیام شهرکرد
عدولی ، علیرضا (فوق لیسانس مهندسی مکانیک)	کارشناس تحلیل استانداردهای محصول شرکت سایپا
علیایی ، شهرام (فوق لیسانس فیزیک)	عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی مالک اشتر
علیرضایی شهرکی ، منصور (فوق لیسانس مهندسی مکانیک)	کارشناس سازمان صنعت، معدن و تجارت استان چهار محال و بختیاری
غفاری ، مصطفی (لیسانس مهندسی مکانیک)	رئیس تحلیل استانداردها و مدیریت مهندسی محصولات شرکت سایپا
فروزنده سامانی ، محمد (لیسانس مهندسی برق)	مسئول اندازه شناسی، اوزان و مقیاس‌های اداره کل استاندارد استان چهار محال و بختیاری
کارگر ، عباس (دکترای مهندسی برق)	عضو هیئت علمی و مدیر مرکز رشد واحدهای فناوری دانشگاه شهرکرد
لوح موسوی ، سمیرا (لیسانس حسابداری)	شرکت تولیدی پلاسما تک
نظری دهکردی ، عبدا... (لیسانس مهندسی صنایع)	مدیرکل استاندارد استان چهار محال و بختیاری
نوروزی ، عباس (فوق لیسانس شیمی تجزیه)	کارشناس پارک علم و فناوری استان چهار محال و بختیاری

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 اصطلاحات و تعاریف ۱
۲-۱ اصطلاحات و تعاریف مرتبط با تمامی روش‌های اندازه‌گیری بافت سطح مساحتی ۱
۲-۲ اصطلاحات و تعاریف مرتبط با سیستم‌های روبشی x و y ۱۱
۲-۳ اصطلاحات و تعاریف مرتبط با سیستم‌های نوری ۱۳
۲-۴ اصطلاحات و تعاریف مرتبط با خواص نوری قطعه کار ۱۵
۲-۵ اصطلاحات و تعاریف در خصوص تداخل سنجی تغییر فاز با میکروسکپ ۱۷
۳ توصیف کمیت‌های تأثیرگذار ۱۸
۳-۱ کلیات ۱۸
۳-۲ کمیت‌های تأثیرگذار ۱۸
پیوست الف (اطلاعاتی)- اجزای میکروسکپ تداخل سنجی تغییر فاز (PSI) ۲۱
پیوست ب (اطلاعاتی)- میکروسکپ تداخل سنجی تغییر فاز (PSI)ــ نظریه عملیات ۲۳
پیوست پ (اطلاعاتی)- خطاها و تصحیحات برای میکروسکپ‌های تداخل سنجی تغییر فاز (PSI) ۲۸
پیوست ت (اطلاعاتی)- ارتباط با الگوی ماتریس GPS ۳۲
کتابنامه ۳۴

پیش‌گفتار

استاندارد "ویژگی‌های هندسی فراورده (GPS)- بافت سطح: مساحتی- قسمت ۶۰۳: مشخصه‌های نامی دستگاه‌های غیر تماسی (تداخل سنجی تغییر فاز با میکروسکپ)" که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوطه توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده و در دویست و سی و چهارمین اجلاسیه کمیته ملی استاندارد اندازه شناسی، اوزان و مقیاس‌ها تاریخ ۹/۲۳/ ۱۳۹۳مورد 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.

درتهیه وتدوین این استاندارد سعی شده است که ضمن توجه به شرایط موجود و نیازهای جامعه، در حد امکان بین این استاندارد و استانداردهای بین‌المللی و استاندارد ملی کشورهای صنعتی و پیشرفته هماهنگی ایجاد شود.

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

ISO 25178-603: 2013, Geometrical product specifications (GPS)- Surface texture: Areal- part 603: Nominal characteristics of non-contact (phase-shifting interferometric microscopy) instruments

مقدمه

این استاندارد ، یکی از استانداردهای ملی ایران در رابطه با "ویژگی‌های هندسی فراورده (GPS)[1]" است و به عنوان یک استاندارد عمومی GPS در نظر گرفته می‌شود (به استاندارد ISO/TR 14638 مراجعه شود). این استاندارد بر پیوند زنجیره‌ای ۵ در زنجیرهٔ استانداردها بر بافت سطح مساحتی تأثیرگذار است.

این استاندارد، مشخصه‌های اندازه شناختی مربوط به نیم‌رخ تداخل سنجی تغییر فاز (PSI)[2] و میکروسکپ‌های اندازه‌گیری برای اندازه‌گیری نقشه‌های توپوگرافی سطح مورد طراحی را توصیف می‌کند. برای کسب اطـلاعات بیشتر با جزئیات کامل در مورد شیوه تداخل سنجی تغییر فاز به پیوست‌های الف و ب رجوع شود.

طرح فراگیر ISO/ GPS ارائه شده در استاندارد ISO/TR 14638 مروری کلی از سیستم ISO/ GPS را بیان می‌کند، به طوری که این استاندارد به عنوان قسمتی از آن می‌باشد. قواعد اساسی ISO/ GPS ارائه شده در استاندارد ملی شماره ۱۱۲۱۱ برای این استاندارد به کار گرفته می‌شود و قواعد تصمیم گیری پیش‌فرض ارائه شده در استاندارد ملی شماره ۱-۹۹۷۳ مربوط به ویژگی‌های تعیین شده منطبق با این استاندارد به کار می‌رود، مگر این که به نحو دیگری مشخص شده باشد .

یادآوری- بخش‌هایی از این استاندارد به خصوص بندهای اطلاعاتی، ممکن است سیستم و روش‌های همگانی را توصیف کند. این اطلاعات صرفاً برای کمک به کاربران در درک اصول عملیاتی مربوط به تداخل سنجی تغییر فاز فراهم شده است. این استاندارد نه تنها به منظور ایجاد اولویت برای رعایت حقوق مالکیت معنوی در نظر گرفته نشده، بلکه ارائه گواهینامه در راستای مالکیت فناوری‌هایی که ممکن است در این استاندارد توصیف شود را نیز در بر نمی‌گیرد.

1- Geometrical Product Specifications
2- phase-shifting interferometric (PSI)

ویژگی‌های هندسی فراورده (GPS)- بافت سطح: مساحتی- قسمت ۶۰۳: مشخصه‌های نامی دستگاه‌های غیر تماسی (تداخل سنجی تغییر فاز با میکروسکپ)

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین مشخصه‌های اندازه‌شناختی مرتبط با نیم‌رخ[1] تداخل سنجی تغییر فاز (PSI) و میکروسکپ‌های اندازه‌گیری بافت سطح مساحتی است.

۲ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌روند.

۲-۱ اصطلاحات و تعاریف مرتبط با تمامی روش‌های اندازه‌گیری بافت سطح مساحتی

۲-۱-۱

مرجع مساحتی

جزئی از دستگاه که سطح مرجع را نسبت به توپوگرافی سطح مورد اندازه‌گیری، ایجاد می‌کند.

۲-۱-۲

دستگاه مختصات

دستگاه متعامد راستگرد محورهای (x, y, z) به طوری که

ـ (x, y) صفحه‌ای است که توسط مرجع مساحتی دستگاه ایجاد می‌شود (یادآوری می‌شود برخی دستگاه‌های نوری وجود دارند که دارای راهنمای مساحتی فیزیکی نیستند).

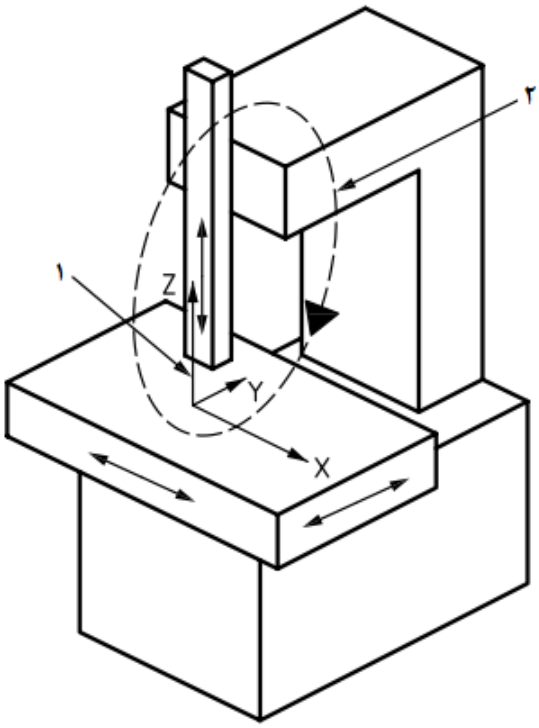
ـ محور z موازی با محور نوری، جاسازی شده و برای دستگاه نوری بر صفحه (x, y) عمود است. محور z در صفحه مسیر سوزنی[2] قرار داشته و برای دستگاه سوزنی بر صفحه (x, y) عمود است.

یادآوری ۱- معمولاً محور x ، محور ردیاب و محور y ، محور زیرین است (این یادآوری برای دستگاه‌هایی که در صفحه افقی روبش[3] می‌کنند کاربرد دارد).

یادآوری ۲- همچنین برای "ویژگی دستگاه مختصات" به استاندارد ISO 25178-2:2012 بند ۳-۱-۲ و برای "دستگاه مختصات اندازه‌گیری" به استاندارد ملی شماره ۶-۱۴۹۵۴ بند ۳-۱-۱ رجوع شود.

1- Profile
2- Stylus trajectory
3- Scan

به شکل ۱ رجوع شود.



راهنما

۱ دستگاه مختصات مربوط به دستگاه اندازه‌گیری

۲ حلقه اندازه‌گیری

شکل ۱- دستگاه مختصات و حلقه اندازه‌گیری دستگاه

۳-۱-۲

حلقه اندازه‌گیری

حلقهٔ بسته‌ای که در بر گیرنده تمامی اجزای متصل به قطعه کار[1] و پراب[2] از جمله وسایل موقعیت یاب، چفت و بست[3] نگهدارنده کار، سکوی اندازه‌گیری، واحد محرکه و سیستم پراب می‌باشد.

به شکل ۱ رجوع شود.

یادآوری- حلقه اندازه‌گیری به اختلالات برونی و درونی منجر می‌شود که بر عدم قطعیت اندازه‌گیری تأثیر گذار است.

۴-۱-۲

سطح حقیقی قطعه کار

مجموعه خصیصه‌هایی که به طور فیزیکی وجود دارند و تمامی قطعه کار را از محیط اطراف جدا می‌کنند.

1- Workpiece
2- Probe
3- Fixture

یادآوری ۱- سطح حقیقی از نظر ریاضی، نمایش سطحی است که مستقل از فرایند اندازه‌گیری است.

یادآوری ۲- همچنین برای "سطح مکانیکی" به استاندارد ISO 25178-2:2012 بند ۳-۱-۱-۱ یا استاندارد ISO 14406:2010 بند ۳-۱-۱ و برای "سطح الکترو مغناطیسی" به استاندارد ISO 25178-2:2012 بند ۳-۱-۱-۲ یا استاندارد ISO 14406:2010 بند ۳-۱-۲ رجوع شود.

یادآوری ۳- سطح الکترو مغناطیسی بررسی شده برای یک نوع دستگاه نوری، ممکن است با سطح الکترو مغناطیسی بررسی شده برای انواع دیگر دستگاه‌های نوری متفاوت باشد.

۵-۱-۲

پراب سطح

وسیله‌ای که ارتفاع سطح را به یک سیگنال در حین اندازه‌گیری تبدیل می‌کند.

یادآوری- این اصطلاح در استانداردهای قبلی، "ترنسدیوسر[1]" نامیده شده است.

۶-۱-۲

حجم اندازه‌گیری

گستره دستگاه، بیان شده بر حسب حدود در مورد تمامی سه مختصاتی که توسط دستگاه، اندازه‌گیری می‌شوند.

یادآوری- برای دستگاه‌های اندازه‌گیری بافت سطح مساحتی، حجم اندازه‌گیری توسط گستره اندازه‌گیری واحدهای محرکه x و y و همچنین گستره اندازه‌گیری سیستم پراب z تعریف می‌شود.

[استاندارد ملی شماره ۱۴۹۵۴-۶۰۱ بند ۳-۴-۱]

۷-۱-۲

منحنی پاسخ F_x, F_y, F_z

نمایش گرافیکی تابعی که رابطه بین کمیت واقعی و کمیت اندازه‌گیری شده را توصیف می‌کند.

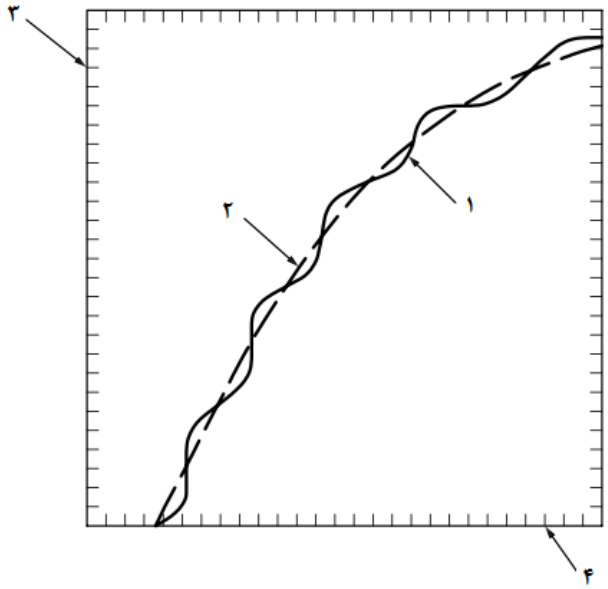
به شکل ۲ رجوع شود.

یادآوری ۱- یک کمیت واقعی در x (به ترتیب y یا z) با کمیت اندازه‌گیری شده x_M (به ترتیب y_M یا z_M) متناظر می‌شود.

یادآوری ۲- منحنی پاسخ می‌تواند برای تنظیمات و تصحیح خطاها مورد استفاده قرار گیرد.

به شکل ۲ رجوع شود.

1- Transducer



راهنما

۱ منحنی پاسخ
۲ ارزیابی انحراف خطی بودن توسط تقریب چند جمله‌ای
۳ کمیت‌های اندازه‌گیری شده
۴ کمیت‌های ورودی

شکل ۲- مثالی برای منحنی پاسخ غیر خطی

[استاندارد ملی شماره ۱۴۹۵۴-۶۰۱ بند ۳-۴-۲]

۸-۱-۲

ضریب تقویت[1] $\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z$

شیب منحنی رگرسیون[2] خطی که از منحنی پاسخ به دست می‌آید.

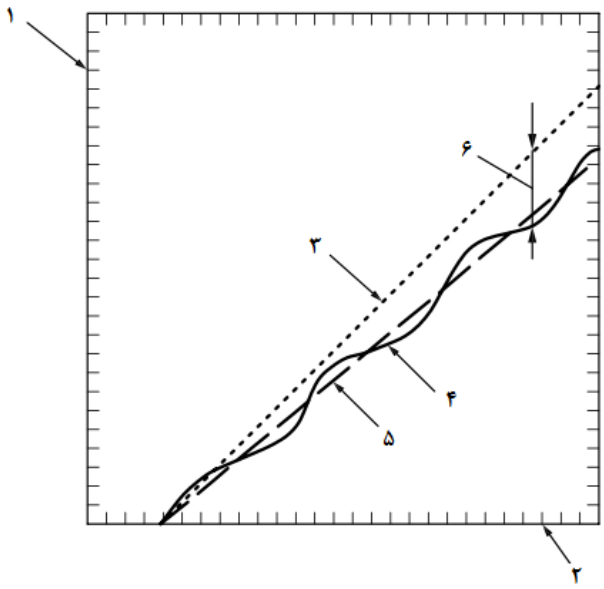
یادآوری ۱- برخی ضرایب تقویتی وجود دارند که قابل کاربرد به کمیت‌های x ، y و z هستند.

یادآوری ۲- منحنی مطلوب، یک خط مستقیم با شیبی برابر با ۱ است که به معنای این است که مقادیر اندازه‌ده[3] با مقادیر کمیت‌های ورودی برابر می‌باشند.

یادآوری ۳- همچنین برای "حساسیت سیستم اندازه‌گیری" به استاندارد ISO/IEC Guide 99:2007 بند ۴-۱۲ رجوع شود.

به شکل ۳ رجوع شود.

1- Amplification
2- Regression
3- Measurand



راهنما

۱ کمیت‌های اندازه‌گیری شده
۲ کمیت‌های ورودی
۳ منحنی پاسخ مطلوب
۴ خطی‌سازی منحنی پاسخ شکل ۲
۵ خطی که از آن ضریب تقویت α به دست می‌آید
۶ خطای تصحیح باقی‌ماندهٔ موضعی قبل از تنظیم

شکل ۳- مثالی برای خطی‌سازی منحنی پاسخ

[استاندارد ملی شماره ۱۴۹۵۴-۶۰۱ بند ۳-۴-۳ که یادآوری ۳ به آن اضافه شده است]

۹-۱-۲

نوفه[1] دستگاه N_I

نوفه درونی که به سیگنال خروجی ناشی شده از دستگاه اضافه می‌شود، در صورتی که دستگاه به نحو مطلوب در محیطی عاری از نوفه قرار گرفته باشد.

یادآوری ۱- نوفه درونی می‌تواند از نوفه الکترونیکی از قبیل تقویت کننده‌ها یا نوفه نوری از قبیل روشنایی هرز[2] ناشی شود.

یادآوری ۲- این نوفه، نوعاً دارای بسامدهای بالایی است و قابلیت دستگاه را در راستای شناسایی طول موج‌های فضایی در مقیاس کوچک محدود می‌کند.

یادآوری ۳- پالایه نوع S مطابق با استاندارد ملی شماره ۳-۱۴۹۵۴ ممکن است این نوفه را کاهش دهد.

یادآوری ۴- برای برخی از دستگاه‌ها، نوفه دستگاهی نمی تواند برآورد شود چون که دستگاه فقط داده‌ها را در حال حرکت دریافت می‌کند.

1- Noise
2- Stray

۲-۱-۱۰

نوفه اندازه‌گیری N_M

نوفه اضافه شده به سیگنال خروجی که به هنگام استفاده عادی از دستگاه رخ می‌دهد.

یادآوری ۱- یادآوری‌های ۲ و ۳ ارائه شده در بند ۲-۱-۹، برای این تعریف نیز کاربرد دارند.
یادآوری ۲- نوفه اندازه‌گیری شامل نوفه دستگاه نیز می‌شود.

۲-۱-۱۱

تکرار پذیری توپوگرافی سطح

تکرار پذیری نقشه توپوگرافی در اندازه‌گیری‌های متوالی از یک سطح یکسان است که تحت شرایط اندازه‌گیری یکسان انجام می‌شود.

یادآوری ۱- تکرار پذیری توپوگرافی سطح، سنجه[1] توافقی احتمالی بین اندازه‌گیری‌های تکرار شده را که معمولاً به عنوان انحراف معیار بیان می‌شود، فراهم می‌کند.
یادآوری ۲- برای مبحث عمومی "تکرار پذیری" و مفاهیم مرتبط با آن، به استاندارد ملی شماره ۴۷۲۳ سال ۱۳۹۰ ، بندهای ۲-۱۵ و ۲-۲۱ رجوع شود.
یادآوری ۳- ارزیابی تکرار پذیری توپوگرافی سطح، یک روش رایج برای تعیین نوفه اندازه‌گیری می‌باشد.

۲-۱-۱۲

فاصله نمونه برداری در X، (D_x)

فاصله بین دو نقطه اندازه‌گیری شده مجاور که در امتداد محور X قرار دارد.

یادآوری- در بسیاری از سیستم‌های میکروسکپی، فاصله نمونه برداری به وسیله فاصله بین عناصر حسگر[2] در دوربین، موسوم به پیکسل[3] تعیین می‌شود. برای چنین سیستم‌هایی، اصطلاحات گام پیکسل و فاصله بندی پیکسل غالباً به طور تغییر پذیری با اصطلاح فاصله نمونه برداری مورد استفاده قرار می‌گیرد. اصطلاح دیگر، پهنای پیکسل است که طول تجمیع شده با یک طرف (x یا y) مربوط به مساحت حساس یک پیکسل را نشان می‌دهد و همیشه کوچک‌تر از فاصله بندی پیکسل است. همچنین اصطلاح دیگر، ناحیه نمونه برداری است که ممکن است به منظور نشان دادن طول یا ناحیه‌ای که طی آن نمونه ارتفاع تعیین می‌شود، مورد استفاده قرار گیرد. این کمیت ممکن است بزرگ‌تر یا کوچک‌تر از فاصله نمونه برداری باشد. به پیوست الف بند ۳ رجوع شود.

۲-۱-۱۳

فاصله نمونه برداری در Y، (D_y)

فاصله بین دو نقطه اندازه‌گیری شده مجاور که در امتداد محور Y قرار دارد.

1- Measure
2- Sensor
3- Pixel

یادآوری- در بسیاری از سیستم‌های میکروسکپی، فاصله نمونه برداری به وسیله فاصله بین عناصر حسگر در دوربین، موسوم به پیکسل تعیین می‌شود. برای چنین سیستم‌هایی، اصطلاحات گام پیکسل و فاصله بندی پیکسل غالباً به طور تغییر پذیری با اصطلاح فاصله نمونه برداری مورد استفاده قرار می‌گیرد. اصطلاح دیگر، پهنای پیکسل است که طول تجمیع شده با یک طرف (x یا y) مربوط به مساحت حساس یک پیکسل را نشان می‌دهد و همیشه کوچک‌تر از فاصله بندی پیکسل است. همچنین اصطلاح دیگر، ناحیه نمونه برداری است که ممکن است به منظور نشان دادن طول یا ناحیه‌ای که طی آن نمونه ارتفاع تعیین می‌شود، مورد استفاده قرار گیرد. این کمیت ممکن است بزرگ‌تر یا کوچک‌تر از فاصله نمونه برداری باشد. به پیوست الف بند ۳ رجوع شود.

۱۴-۱-۲

مرحله دیجیتال سازی در z، (D_z)

کوچک‌ترین تغییر ارتفاع در امتداد محور z که بین دو عرض[1] سطح استخراج شده قرار دارد.

۱۵-۱-۲

تفکیک پذیری جانبی، R_l

کوچک‌ترین فاصله بین دو خصیصه که می‌تواند شناسایی شود.

[استاندارد ملی شماره ۱۴۹۵۴-۶۰۱ بند ۳-۴-۱۰ که در آن کلمه "جدا سازی" قبل از کلمه "فاصله" حذف شده است]

۱۶-۱-۲

حد پهنا برای انتقال کامل ارتفاع، W_l

پهنای باریک‌ترین شیار مستطیلی[2] که ارتفاع اندازه‌گیری شده آن از طریق اندازه‌گیری، بدون تغییر باقی می‌ماند.

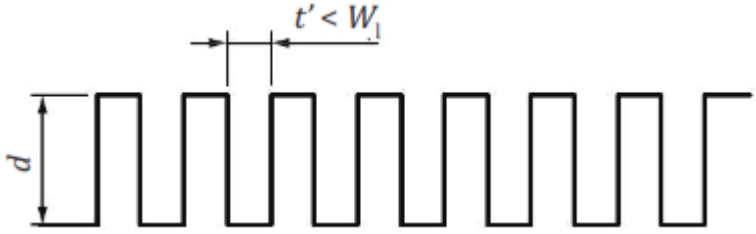
یادآوری ۱- خواص دستگاه (از قبیل فاصله نمونه برداری در x و y ، مرحله دیجیتال سازی در z و پالایه قطع طول موج کوتاه) توصیه می‌شود به گونه‌ای انتخاب شوند که آن‌ها بر تفکیک پذیری جانبی و حد پهنا برای انتقال کامل ارتفاع تأثیرگذار نباشند.

یادآوری ۲- به هنگام تعیین این پارامتر از طریق اندازه‌گیری، توصیه می‌شود که عمق شیار مستطیلی به سطح مورد اندازه‌گیری نزدیک باشد.

1- Ordinate
2- Rectangular groove

الف- شبکه با فاصله بندی افقی که در آن t بزرگ‌تر یا برابر با W_1 است.

ب- اندازه‌گیری شبکه در قسمت الف- فاصله بندی و عمق شبکه به طور صحیح اندازه‌گیری شده است.



پ- شبکه با فاصله بندی افقی t' که کوچک‌تر از W_1 است.

ت- اندازه‌گیری شبکه در قسمت پ- فاصله بندی به طور صحیح اندازه‌گیری شده است، اما عمق کوچک‌تر است. $(d' < d)$

شکل ۴- مثال‌هایی برای شبکه‌ها و اندازه‌گیری‌های آن‌ها

مثال ۱: اندازه‌گیری شبکه که طی آن شیارها از حد پهنا برای انتقال کامل ارتفاع، عریض‌تر می‌باشند به اندازه‌گیری صحیح عمق شیار منجر می‌شوند (به شکل ۴ قسمت‌های الف و ب رجوع شود).

مثال ۲: اندازه‌گیری شبکه که طی آن شیارها از حد پهنا برای انتقال کامل ارتفاع، باریک‌تر می‌باشند به عمق ناصحیح شیار منجر می‌شوند (به شکل ۴ قسمت‌های پ و ت رجوع شود). در چنین موقعیتی، سیگنال عموماً دچار اختلال شده و ممکن است نقاط اندازه‌گیری نشده را دربر گیرد.

[استاندارد ملی شماره ۱۴۹۵۴-۶۰۱ بند ۳-۴-۱۱ که در آن تعریف یکسان است اما یادآوری‌ها، مثال‌ها و شکل‌ها متفاوت هستند]

۲-۱-۱۷

حد دوره تناوب جانبی، D_{LIM}

دوره تناوب فضایی نیمرخ سینوسی است که طی آن پاسخ ارتفاع دستگاه ٪۵۰ افت می‌کند.

یادآوری ۱- حد دوره تناوب جانبی برای توصیف تفکیک پذیری فضایی یا جانبی دستگاه اندازه‌گیری توپوگرافی سطح، بر مبنای سیستم متریک است و قابلیت آن برای متمایز کردن و اندازه‌گیری خصیصه‌های سطح است که به طور نزدیک فاصله بندی شده‌اند. مقدار آن بستگی به ارتفاع‌های خصیصه‌های سطح و همچنین بستگی به روش مورد استفاده برای پراب سطح دارد. مقادیر بیشینه برای این پارامتر در مقایسه با مقادیر توصیه شده برای پالایه‌های طول موج کوتاه و فواصل نمونه برداری در استاندارد ملی شماره ۳-۱۴۹۵۴ جدول ۳ فهرست شده است.

یادآوری ۲- دوره تناوب فضایی، با مفهوم طول موج فضایی یکسان است و معکوس بسامد فضایی می‌باشد.

یادآوری ۳- یکی از عوامل مرتبط با مقدار D_{LIM} برای ابزار نوری، معیار رایلی[1] است (به بند ۲-۳-۷ رجوع شود). عامل دیگر، درجه کانون عدسی[2] بر روی سطح است.

یادآوری ۴- یک عامل مرتبط با مقدار D_{LIM} برای ابزار تماسی، شعاع نوک سوزن، r_{TIP} است (به استاندارد ملی شماره ۱۴۹۵۴-۶۰۱ رجوع شود).

یادآوری ۵- دیگر اصطلاحات مرتبط با حد دوره تناوب جانبی، تفکیک پذیری ساختاری و تفکیک پذیری توپوگرافیکی می‌باشند.

۲-۱-۱۸

بیشینه شیب موضعی

بزرگ‌ترین شیب موضعی خصیصه سطح که می‌تواند به وسیله سیستم پراب ارزیابی شود.

یادآوری- اصطلاح "شیب موضعی"، در استاندارد شماره ۱۱۴۳۰ بند ۳-۲-۹ تعریف شده است.

۲-۱-۱۹

تابع انتقال دستگاه، ITF[3]**،** (f_{ITF})

تابع بسامد فضایی که چگونگی پاسخ دستگاه اندازه‌گیری توپوگرافی سطح را به توپوگرافی سطح شیئی که دارای بسامد فضایی معین است، توصیف می‌کند.

یادآوری ۱- به طور مطلوب ITF ، دامنه اندازه‌گیری شدهٔ شبکه سینوسی بسامد فضایی معین v را نسبت به دامنه حقیقی شبکه بیان می‌کند.

1- Rayleigh criterion
2- Focus of the objective
3- Instrument transfer function (ITF)

یادآوری ۲- برای چندین نوع دستگاه‌های نوری، ITF ممکن است تابع غیر خطی ارتفاع به استثنای ارتفاع‌هایی که بسیار کوچک‌تر از طول موج نوری هستند را در بر گیرد.

۲۰-۱-۲

پسماند[1]، x_{HYS}، y_{HYS}، z_{HYS}

خصیصه دستگاه اندازه‌گیری یا مشخصه‌ای که از طریق آن، نشان‌دهی دستگاه یا مقدار مشخصه به وضعیت محرک[2] قبلی بستگی دارد.

یادآوری ۱- پسماند همچنین برای مثال می‌تواند به مسافت طی شده پس از این که جهت محرک تغییر کرده ، بستگی داشته باشد.
یادآوری ۲- برای سیستم‌های روبشی جانبی، پسماند اساساً یک خطای موقعیت‌یابی مجدد است.

[استاندارد ملی شماره ۱۰۹۶۷ بند ۳-۲۴ که یادآوری۲ و نمادها به آن اضافه شده است]

۲۱-۱-۲

مشخصه اندازه شناختی

مشخصه اندازه شناختی دستگاه اندازه‌گیری یا مشخصهٔ وسیله اندازه‌گیری که ممکن است بر نتایج اندازه‌گیری تأثیرگذار باشد.

یادآوری ۱- کالیبراسیون مشخصه‌های اندازه شناختی ممکن است ضروری باشد.
یادآوری ۲- مشخصه‌های اندازه شناختی به عدم قطعیت اندازه‌گیری کمک جانبی می‌کنند.
یادآوری ۳- مشخصه‌های اندازه شناختی دستگاه‌های اندازه‌گیری بافت سطح مساحتی در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- فهرست مشخصه‌های اندازه شناختی برای روش‌های اندازه‌گیری بافت سطح

مشخصه اندازه شناختی	نماد	تعریف	خطای مستعد اصلی همراه
ضریب تقویت	$\alpha_X, \alpha_Y, \alpha_Z$	ارائه شده در بند ۲-۱-۸ (به شکل ۳ رجوع شود)	x, y, z
انحراف خطی بودن	l_X, l_Y, l_Z	بیشینه اختلاف موضعی بین خطی که از آن ضریب تقویت (شکل ۳ راهنمای ۵) و منحنی پاسخ (شکل ۳ راهنمای ۴) به دست می‌آید.	x, y, z
تختی باقیمانده	Z_{FLT}	تختی مرجع مساحتی	z
نوفه اندازه‌گیری	N_M	ارائه شده در بند ۲-۱-۱۰	z
حد دوره تناوب جانبی	D_{LIM}	ارائه شده در بند ۲-۱-۱۷	z
متعامد بودن	Δ_{PERxy}	انحراف از ۹۰° زاویه بین محورهای x و y	x, y

1- Hysteresis
2- Stimuli

[استاندارد ملی شماره ۱۰۹۶۷ بند ۳-۱۲ که یادآوری‌ها متفاوت و جدول ۱ به آن اضافه شده است]

۲-۲ اصطلاحات و تعاریف مرتبط با سیستم‌های روبشی x و y

۲-۲-۱

راهنمای مرجع مساحتی

اجزای دستگاه، یک سطح مرجع را ایجاد می‌کند که طی آن سیستم روبشی نسبت به سطح مورد اندازه‌گیری مطابق با مسیر دقیق نظری حرکت می‌کند.

یادآوری – در مورد دستگاه‌های اندازه‌گیری بافت سطح مساحتی روبشی x و y، راهنمای مرجع مساحتی یک سطح مرجع را ایجاد می‌کند (به استاندارد ISO 25178-2:2012 بند ۳-۱-۸ رجوع شود). این موضوع می‌تواند از طریق استفاده از دو راهنمای خطی و عمودی مرجع (به استاندارد ملی شماره ۱۲۱۸۸ بند ۳-۳-۲ رجوع شود) یا یک راهنمای سطح مرجع انجام شود.

۲-۲-۲

سیستم روبشی جانبی

سیستمی که سطح مورد اندازه‌گیری را در صفحه (x, y) روبش می‌کند.

یادآوری ۱– اساساً چهار جنبه برای سیستم دستگاه روبشی بافت سطح وجود دارد: محرکه محور x، محرکه محور y، پراب اندازه‌گیری z و سطح مورد اندازه‌گیری. شیوه‌های متفاوتی وجود دارند که این جنبه‌ها ممکن است پیکربندی شوند، بنابراین همانگونه که در جدول ۲ توضیح داده شده، تفاوتی بین پیکربندی‌های متفاوت وجود دارد.

یادآوری ۲– هنگامی که اندازه‌گیری شامل یک میدان دید میکروسکپ باشد، روبش x و y مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. با این وجود، هنگامی که چندین میدان دید به روش‌های بخیه‌زنی[1] [ردیف ۹ کتابنامه] با همدیگر مرتبط شوند، سیستم به عنوان سیستم روبشی در نظر گرفته می‌شود.

1- Stitching

جدول ۲- پیکربندی‌های متفاوت احتمالی برای راهنماهای (x و y) مرجع

		واحد محرکه				
		دو راهنمای مرجع (x و y)[a]			یک راهنمای مرجع مساحتی	
		$Px\ o\ Cy$	$Px\ o\ Py$	$Cx\ o\ Cy$	Pxy	Cxy
سیستم روبشی	A: بدون تصحیح خطای کمانی	$Px\ o\ Cy - A$	$Px\ o\ Py - A$	$Cx\ o\ Cy - A$	$Pxy - A$	$Cxy - A$
	S: بدون خطای کمانی یا با خطای کمانی تصحیح شده	$Px\ o\ Cy - S$	$Px\ o\ Py - S$	$Cx\ o\ Cy - S$	$Pxy - S$	$Cxy - S$

جدول ۲- (ادامه)

a برای دو تابع f و g ارائه شده، fog ترکیب این دو تابع می‌باشد.
Px سیستم‌های روبشی که در امتداد محور x حرکت می‌کنند.
Py سیستم‌های روبشی که در امتداد محور y حرکت می‌کنند.
Cx جزئی که در امتداد محور x حرکت می‌کنند.
Cy جزئی که در امتداد محور y حرکت می‌کنند.

۳-۲-۲

واحد محرکه x

جزئی از دستگاه که سیستم روبشی یا سطح مورد اندازه‌گیری را در امتداد راهنمای مرجع بر روی محور x حرکت داده و موقعیت افقی نقطه اندازه‌گیری شده را بر حسب مختصات جانبی x مربوط به نیم‌رخ برگشت می‌دهد.

۴-۲-۲

واحد محرکه y

جزئی از دستگاه که سیستم روبشی یا سطح مورد اندازه‌گیری را در امتداد راهنمای مرجع بر روی محور y حرکت داده و موقعیت افقی نقطه اندازه‌گیری شده را بر حسب مختصات جانبی y مربوط به نیم‌رخ برگشت می‌دهد.

۵-۲-۲

حسگر موقعیت جانبی

جزئی از واحد محرکه که موقعیت جانبی نقطه اندازه‌گیری شده را فراهم می‌کند.

یادآوری – موقعیت جانبی می‌تواند برای مثال با استفاده از یک کد گذار خطی، تداخل سنج لیزری یا یک وسیله شمارشی که با پیچ یک ریزسنج جفت شده، اندازه‌گیری یا استنتاج شود.

۶-۲-۲

سرعت اندازه‌گیری، v_x

سرعت سیستم پراب نسبت به سطح مورد اندازه‌گیری در حین اندازه‌گیری است که در امتداد محور x قرار دارد.

[استاندارد ملی شماره ۱۴۹۵۴-۶۰۱ بند ۳-۴-۱۳]

۷-۲-۲

نوفه ایستا[1]**،** N_S

ترکیب نوفه‌های دستگاه و محیط بر سیگنال خروجی است به هنگامی که دستگاه به طور جانبی روبش نمی‌کند.

یادآوری ۱- نوفه محیطی برای مثال توسط اختلالات الکترومغناطیسی برونی، لرزه‌ای[2] و صوتی[3] سبب می‌شود.
یادآوری ۲- یادآوری‌های ۲ و ۳ ارائه شده در بند ۲-۱-۹ ، همچنین برای این تعریف کاربرد دارند.
یادآوری ۳- نوفه ایستا، نوفه اندازه‌گیری را نیز شامل می‌شود (به بند ۲-۱-۱۰ رجوع شود).

۸-۲-۲

نوفه دینامیکی، N_D

نوفه‌ای است که به هنگام حرکت واحدهای محرکه بر سیگنال خروجی به وجود می‌آید.

یادآوری ۱- یادآوری‌های ۲ و ۳ ارائه شده در بند ۲-۱-۹ ، همچنین برای این تعریف کاربرد دارند.
یادآوری ۲- نوفه دینامیکی همچنین شامل نوفه ایستا می‌شود.
یادآوری ۳- نوفه دینامیکی، نوفه اندازه‌گیری را نیز شامل می‌شود (به بند ۲-۱-۱۰ رجوع شود).

۲-۳ اصطلاحات و تعاریف مرتبط با سیستم‌های نوری

۱-۳-۲

منبع نور

وسیله نوری که گستره مناسبی از طول موج‌ها را در یک ناحیه طیفی معین گسیل می‌کند.

۲-۳-۲

پهنای باند نوری اندازه‌گیری، $B_{\lambda 0}$

گسترهٔ طول موج‌های نور که برای اندازه‌گیری سطح، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

یادآوری- دستگاه‌ها با منابع نوری و با پهنای باند نوری محدود و/یا با عناصر پالایه اضافی به منظور بیشتر محدود کردن پهنای باند نوری ممکن است ساخته شوند.

1- Static noise
1- Seismic
2- Sonic

۳-۳-۲

طول موج نوری اندازه‌گیری، λ_0

مقدار مؤثر طول موج نوری که برای اندازه‌گیری سطح، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

یادآوری- طول موج نوری اندازه‌گیری، تحت شرایطی از قبیل طیف منبع نوری، انتقال طیفی عناصر نوری و پاسخ طیفیِ آرایهٔ حسگر تصویری[3] تأثیر پذیر است (به پیوست الف رجوع شود).

۴-۳-۲

منفذ زاویه‌دار[2]

زاویهٔ مخروط نوری که از یک نقطه بر روی سطح مورد اندازه‌گیری، وارد سیستم نوری می‌شود.

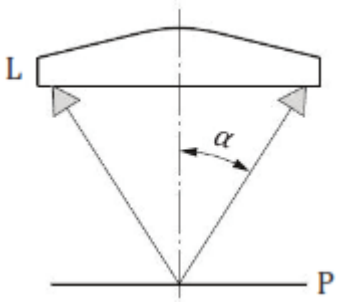
[استاندارد ISO 25178-602:2010، بند ۳-۳-۳]

۵-۳-۲

نیم زاویهٔ منفذ، α

نصف منفذ زاویه‌دار است.

یادآوری- این زاویه گاهی اوقات "نیم زاویهٔ مخروط" نیز نامیده می‌شود (به شکل ۵ رجوع شود).



راهنما

L عدسی یا سیستم نوری

P نقطه کانونی

α نیم زاویهٔ منفذ

شکل ۵- نیم زاویهٔ منفذ

۶-۳-۲

3- The image sensor array

1- Angular aperture

منفذ عددی، A_N

حاصلضرب سینوس نیم زاویهٔ منفذ با شاخص انکساری[1] محیط اطراف می‌باشد.

$$A_N = n \sin \alpha$$

یادآوری ۱- در هوا برای نور قابل رؤیت، $n \cong 1$ می‌باشد.

یادآوری ۲- منفذ عددی به طول موج نور وابسته است. نوعاً، منفذ عددی برای طول موجی تعیین می‌شود که در وسط پهنای باند نوری اندازه‌گیری قرار داشته باشد.

۷-۳-۲

معیار رایلی

کمیتی است که تفکیک پذیری فضایی یک سیستم نوری ارائه شده توسط جدا سازی منابع دو نقطه‌ای که طی آن همزمان شدن اولین شکست کمینه تصویر منبع یک نقطه‌ای را با بیشینه دیگری مشخص می‌کند.

یادآوری ۱- برای کامل بودن از لحاظ نظری، در سیستم نوری نامنسجم با مردمک[2] عدسی انباشته شده، معیار رایلی برای سیستم نوری برابر با $0.61\lambda_0/A_N$ است.

یادآوری ۲- این پارامتر برای مشخص کردن پاسخ دستگاه به خصیصه‌هایی با ارتفاع‌هایی بسیار کمتر از λ_0 برای دستگاه‌های اندازه شناسی نوری $3D$، مفید واقع می‌شود.

۸-۳-۲

معیار اسپارو[3]

کمیتی است که تفکیک پذیری فضایی یک سیستم نوری ارائه شده توسط جدا سازی منابع دو نقطه‌ای را مشخص می‌کند که طی آن دومین مشتق توزیع شدت بین دو نقطهٔ تصویر شده ناپدید می‌شود.

یادآوری ۱- برای کامل بودن از لحاظ نظری، در سیستم نوری نامنسجم با مردمک عدسی انباشته شده، معیار اسپارو برای سیستم نوری برابر با $0.47\lambda_0/A_N$ است که به طور تقریبی ۰٫۷۷ ضربدر معیار رایلی می‌باشد (به بند ۲-۳-۷ رجوع شود).

یادآوری ۲- این پارامتر برای مشخص کردن پاسخ دستگاه به خصیصه‌هایی با ارتفاع‌هایی بسیار کمتر از λ_0 برای دستگاه‌های اندازه شناسی نوری $3D$، مفید واقع می‌شود.

یادآوری ۳- تحت شرایط اندازه‌گیری یکسان با توجه به یادآوری‌های بالا، معیار اسپارو تقریباً با دوره تناوب فضایی $0.50\lambda_0/A_N$ برابر بوده که طی آن از لحاظ نظری، پاسخ دستگاه به صفر افت می‌کند.

۴-۲ اصطلاحات و تعاریف مرتبط با خواص نوری قطعه کار

۱-۴-۲

2- Refractive
1- Pupil
2- Sparrow criterion

فیلم سطح

ماده قرار گرفته بر روی سطح دیگر که خواص نوری آن از آن سطح متفاوت است.

یادآوری- این مفهوم همچنین ممکن است، "لایه سطح" نامیده شود.

۲-۴-۲

فیلم نازک

فیلمی که ضخامت آن به گونه‌ای است که سطوح فوقانی و زیرین نتوانند به آسانی توسط سیستم اندازه‌گیری نوری جدا شوند.

یادآوری- برای برخی سیستم‌های اندازه‌گیری با خواص و آلگوریتم‌های ویژه، ضخامت‌های فیلم‌های نازک ممکن است استنتاج شوند.

۳-۴-۲

فیلم ضخیم

فیلمی که ضخامت آن به گونه‌ای است که سطوح فوقانی و زیرین به توانند به آسانی توسط سیستم اندازه‌گیری نوری جدا شوند.

۴-۴-۲

سطح صاف نوری

سطحی که طی آن نور بازتابیده[1] عمدتاً آینه‌وار[2] است و نور پراکنده شده، معنادار نیست.

یادآوری ۱- یک سطح صاف نوری به طور موضعی مانند یک آینه رفتار می‌کند.

یادآوری ۲- سطحی که به عنوان یک سطح صاف نوری تحت شرایط خاص از قبیل گسترهٔ طول موج، منفذ عددی، تفکیک پذیری پیکسل و غیره عمل می‌کند، به هنگام تغییر یک یا بیشتر این شرایط، می‌تواند به عنوان یک سطح زبر[3] عمل کند.

۵-۴-۲

سطح زبر نوری

سطحی که به عنوان یک سطح صاف نوری رفتار نمی‌کند و نور پراکنده شده، معنادار است.

یادآوری- سطحی که به عنوان یک سطح زبر نوری تحت شرایط خاص از قبیل گسترهٔ طول موج، منفذ عددی، تفکیک پذیری پیکسل و غیره عمل می‌کند، به هنگام تغییر یک یا بیشتر این شرایط، می‌تواند به عنوان یک سطح صاف عمل کند.

1- Reflected light
2- Specular
3- Rough

۶-۴-۲

ماده غیر یکنواخت[1] نوری

نمونه با خواص نوری متفاوت در نواحی متفاوت است.

یادآوری- ماده غیر یکنواخت نوری ممکن است منجر به اختلافات فاز اندازه‌گیری شده در سرتاسر میدان دید شود به گونه‌ای که به طور اشتباهی می‌تواند به عنوان تفاوت‌ها در ارتفاع سطح تعبیر شود.

۵-۲ اصطلاحات و تعاریف در خصوص تداخل سنجی تغییر فاز با میکروسکپ

۱-۵-۲

تداخل سنجی تغییر فاز با میکروسکپ، PSI

روش اندازه‌گیری توپوگرافی سطح که طی آن یک میکروسکپ با روشنایی طول موج تأثیرگذار معلوم با متعلقات تداخل سنجی یکپارچه می‌شود و تصاویر نوری چند گانهٔ متوالی با نوارهای[2] تداخل سنجی تولید می‌کند که طی آن، نیم‌رخ یا تصویر توپوگرافی سطح مساحتی محاسبه می‌شود.

یادآوری ۱- میکروسکپ‌های تداخل سنجی تغییر فاز (PSI)، اندازه‌گیری غیر تماسی بافت سطح را فراهم می‌کنند به طوری که متوسط زبری (R_a یا S_a)، نوعاً کمتر از $\lambda_0/10$ می‌باشد.

یادآوری ۲- منابع روشنایی نوعی، شامل لیزرها، دیودهای انتشار دهنده نور (LED)[3]، منابع نوری پالایش شدهٔ سفید با نوار باریک یا لامپ‌های طیفی هستند.

[استاندارد ملی شماره ۶-۱۴۹۵۴ بند ۳-۳-۲]

۲-۵-۲

آلگوریتم اندازه‌گیری تغییر فاز

آلگوریتمی که تعداد تصاویر تغییر فاز حاصله، اختلاف فاز نسبی بین تصاویر و معادلات اندازه‌گیری مورد استفاده برای محاسبهٔ بافت را تعیین می‌کند.

۳-۵-۲

آلگوریتم باز کننده فاز

4- Non-uniform
1- Fringes
2- Light emitting diodes (LED)

آلگوریتم مورد استفاده برای ایجاد سطح اندازه‌گیری شده، به طوری که ارتفاع اندازه‌گیری شده در هر نقطه یک تابع چند ارزشی[1] است و می‌تواند توسط مضارب انتگرالی $\lambda_0/2$ مبهم باشد.

یادآوری- در مورد آلگوریتم‌های باز کننده فاز، نوعاً فرض می‌شود که تفاوت ارتفاعِ نقاط اندازه‌گیری شدهٔ مجاور، کمتر از $\lambda_0/4$ باشد.

۴-۵-۲

کجی[2] نمونه

زاویه بین وضعیت نرمال سطح و محور نوری سیستم در حین اندازه‌گیری است.

یادآوری- کجی نمونه نوعاً توسط تعداد نوارهای موجود در میدان دید در سرتاسر نمونه تخت مطلوب، اندازه‌گیری می‌شود (به پیوست الف رجوع شود).

۵-۵-۲

ریشهٔ میانگین توان دوم تغییر مرجع

ریشه میانگین توان دوم (rms)[3] مربوط به انحرافات ارتفاع اندازه‌گیری شده توسط سیستم به هنگامی که سطح تخت و صاف مطلوب اندازه‌گیری می‌شود.

یادآوری ۱- ریشهٔ میانگین توان دوم تغییر مرجع، از چندین منابع خطا در دستگاه از قبیل نواقص در آینه مرجع و مکان‌های دیگر در سیستم نوری ناشی می‌شود. ریشهٔ میانگین توان دوم تغییر مرجع، ممکن است توسط یک روش اجرایی متوسط گیری مناسب به گونه‌ای که در پیوست الف ارائه شده کاهش یابد.

یادآوری ۲- ریشهٔ میانگین توان دوم تغییر مرجع، ممکن است به اجزایی از قبیل تختی باقیمانده و نوفه اندازه‌گیری تجزیه شود.

۳ توصیف کمیت‌های تأثیرگذار

۳-۱ کلیات

دستگاه‌های تداخل سنجی تغییر فاز، اندازه‌گیری مقادیر جانبی (x و y) و ارتفاع (z) که از آن‌ها پارامترهای بافت سطح محاسبه می‌شوند را فراهم می‌کند. در دستگاه‌های تداخل سنجی تغییر فاز، فرایند اندازه‌گیری زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد:

ـــ دستگاه بر روی سطحی که به وسیله ظاهر شدن نوارهای تداخل، نشان داده شده متمرکز می‌شود.

ـــ برای اندازه‌گیری سطوح زبر تصادفی به منظور کمینه کردن تعداد نوارها در سرتاسر میدان دید، کجی نمونه نسبت به محور نوری سیستم تنظیم می‌شود. برای اندازه‌گیری سطوحی که دارای خصیصه‌های مرحله‌ای هستند، کجی نمونه برای فراهم کردن سه تا پنج نوار تنظیم می‌شود.

3- Multivalued
4- Tilt
1- Root mean square (rms)

ـــ مطابق با آلگوریتم‌های منتخب اندازه‌گیری تغییر فاز، به منظور محاسبه بافت سطح با آلگوریتم بازکننده فاز مناسب، تعدادی از تصاویر تغییر فاز حاصله مورد تحلیل قرار می‌گیرند. از آن جایی که ارتفاع در نقطه اندازه‌گیری، یک تابع چند ارزشی فاز و می‌تواند توسط مضارب انتگرالی $\lambda_0/2$ مبهم باشد، بنابراین آلگوریتم بازکننده فاز در نظر گرفته می‌شود، در صورتی که λ_0 طول موج تأثیرگذار نور تک رنگ[1] نامی مورد استفاده برای اندازه‌گیری باشد.

ـــ انحرافات شکل از قبیل کجی باقی‌مانده، خمیدگی و استوانه بودن، به طور عددی از اندازه‌گیری مساحتی حذف می‌شوند به طوری که به تصویر توپوگرافی تعدیل شده که بیانگر بافت سطح مساحتی است، منتج می‌شوند. پالایش بیشتر، ممکن است برای داده‌های مورد نیاز بافت به کار گرفته شود.

ـــ برای سطوح با rms زبری در راستای rms تغییر مرجع، شیوه‌های سیگنال متوسط اضافی ممکن است برای جدا سازی زبری سطح از نواقص دستگاه [ردیف ۱۰ کتابنامه] مورد نیاز باشد.

۲-۳ کمیت‌های تأثیرگذار

کمیت‌های تأثیرگذار برای دستگاه‌های تداخل سنجی تغییر فاز، در جدول ۳ ارائه شده است. این جدول، مشخصه‌های اندازه شناختی (به بند ۲-۱-۲۱، جدول ۱ رجوع شود) که توسط انحرافات کمیت‌های تأثیرگذار، تحت تأثیر قرار می‌گیرند را نشان می‌دهد.

یادآوری- برای کامل بودن از لحاظ نظری، در سیستم نوری نامنسجم با مردمک عدسی انباشته شده و به هنگام اندازه‌گیری خصیصه‌ها با ارتفاع‌هایی بسیار کوچکتر از λ_0، حد دوره تناوب جانبی D_{LIM} (بند ۲-۱-۱۷) مربوط به سیستم‌های PSI ، حداقل دو برابر معیار رایلی (بند ۲-۳-۷) می‌باشد.

2- Monochromatic

جدول ۳- کمیت‌های تأثیرگذار

جزء	عنصر		کمیت‌های تأثیرگذار	مشخصه اندازه شناختی تأثیرپذیر
منبع نور		λ_0	طول موج نوری اندازه‌گیری (به بند ۲-۳-۳ رجوع شود)	α_z
		$B_{\lambda 0}$	پهنای باند نوری اندازه‌گیری (به بند ۲-۳-۳ رجوع شود)	α_z
		S,P,C,U	حالت قطبش نور که بر سطح اندازه‌گیری شده اصابت می‌کند. قطبش نوعاً به عنوان S، P، دایره‌ای یا قطبی نشده توصیف می‌شود.	$\alpha_x,\alpha_y,\alpha_z$
سیستم تصویر سازی میکروسکپ		A_N	منفذ عددی (به بند ۲-۳-۶ رجوع شود)	$\alpha_x,\alpha_y,\alpha_z,D_{LIM}$
		M_{IMG}	بزرگنمایی بین اندازه‌های شیئ بر روی سطح و اندازه‌های تصویر بر روی حسگر	α_x,α_y
		Δ_{PATH}	در هم ریختگی جبههٔ موج، تابعی که انحرافات خالص در مسیر نوری اندازه‌گیری شدهٔ سیستم، تجمیع شده از انحرافات را در هر دو مورد مرجع و اندازه‌گیری توصیف می‌کند.	α_z
		Q_{OPT}	کیفیت کلی اجزای نوری مورد استفاده از قبیل عدم انطباق کانونی، انتقال، خطاهای همترازی و غیره.	$\alpha_x,\alpha_y,\alpha_z z_{FLT},$ $l_x,l_y,l_z,D_{LIM},$ Δ_{PERxy}
		P_{DISxy}	در هم ریختگی جانبی در مورد تصویر بزرگ نمایی شده بر روی دوربین	$\alpha_x,\alpha_y,\alpha_z z_{FLT},$ $l_x,l_y,l_z,D_{LIM},$ Δ_{PERxy}
دوربین		Δ_x	فاصله‌بندی پیکسل x	D_{LIM}
		Δ_y	فاصله‌بندی پیکسل y	D_{LIM}

جدول ۳- (ادامه)

جزء	عنصر		کمیت‌های تأثیرگذار	مشخصه اندازه شناختی تأثیرپذیر
کنترل کننده	نرم افزار به دست آمده	A_{ACQ}	روش به دست آوردن- روالی که طی آن تصاویر تغییر فاز حاصله به دست می‌آیند (برای مثال به طور پیوسته، گسسته، مرحله‌ای و ...).	α_z,l_z
		A_{ALG}	آلگوریتم اندازه‌گیری تغییر فاز (به بند ۲-۵-۲ رجوع شود).	α_z,l_z
		ϕ_{FR}	تنظیم تغییر فاز، اختلاف فاز مطلق بین چارچوب‌های تغییر یافته برای اندازه‌گیری	α_z,l_z
		W_{MOD}	آستانه نوسان شدت نوار- کمینه تغییر شدت قله به دره که کنترل کننده تشخیص می‌دهد یک نوار تداخل باشد.	α_z,l_z
		D_Z	مرحله دیجیتال سازی در z (به بند ۲-۱-۱۴ رجوع شود).	N_M

	آلگوریتم باز کننده فاز	A_{PHUN}	به بند ۲-۵-۳ رجوع شود.	α_z, l_z
	نرم‌افزار تحلیل نیمرخ	C_z	ضریب کالیبراسیون مقیاس z، ضریب تنظیم ارتفاع	α_z, l_z
دستگاه به طور کلی		D_x یا D_y	فاصله نمونه برداری جانبی (به بندهای ۲-۱-۱۲ و ۲-۱-۱۳ رجوع شود).	D_{LIM}
		N_I	نوفه دستگاه (به بند ۲-۱-۹ رجوع شود).	N_M
		N_{VIB}	ارتعاش محیطی- حرکت ناخواسته بین سطح تحت اندازه‌گیری و سیستم نوری	N_M
		T_I	زمان یکپارچه سازی مورد نیاز برای کامل کردن یک روبش در z	N_M
		$x_{HYS}, y_{HYS}, z_{HYS}$	پسماند (به بند ۲-۱-۲۰ رجوع شود).	l_x, l_y, l_z
نمونه		θ_{TLT} **	کجی- زاویهٔ نسبی بین محور نوری سیستم و نرمال بودن نمونه	$\alpha_x, \alpha_y, \alpha_z$
		ϕ_{DIS} **	تغییر فاز نسبی در مورد بازتاب مواد ناهمسان	α_z
		T_{FLM} **	ضخامت فیلم‌های شفاف یا نیمه شفاف- این فیلم‌ها نوعاً دارای ضخامت قابل مقایسه با طول موج روشنایی هستند. یادآوری می‌شود که فیلم‌های نازکتر آلوده یا اکسیده بومی، ضرورتاً بر فرایند اندازه‌گیری فاز تأثیر گذار نیستند.	α_z

××یادآوری این کمیت‌های تأثیر گذار از تعامل بین دستگاه و نمونه تحت اندازه‌گیری تاشی می‌شوند.

پیوست الف
(اطلاعاتی)

اجزای میکروسکپ تداخل سنجی تغییر فاز (PSI)

الف-۱ منبع نور

منبع نور مورد استفاده برای اندازه‌گیری‌های PSI، نوعاً از یک نوار باریک طول موج‌های نوری تشکیل شده که توسط یک لیزر، دیود انتشار دهنده نور (LED)، منبع نوری پالایش شدهٔ سفید با نوار باریک یا لامپ‌های طیفی فراهم می‌شود. درستی طول موج مرکزی و پهنای باند روشنایی به طور کلی برای درستی اندازه‌گیری PSI دارای اهمیت هستند.

الف-۲ نور شناسی

اجزای نوری تشکلیل دهنده دستگاه PSI، نوعاً در پیکربندی‌های میراو[1]، مایکلسون[2] یا لینیک[3] [ردیف‌های ۱۲ و ۱۳ کتابنامه] ترتیب یافته‌اند. (تداخل سنج تولانسکی[4] [ردیف ۱۴ کتابنامه]، نوعاً برای دستگاه‌های PSI در نظر گرفته نشده است). سیستم‌های نوری و تصویر سازی اجزای PSI ، ممکن است اجزای نوری اضافی به منظور فراهم کردن درجات متنوع بزرگنمایی تصویر بر روی حسگر تصویری شناسایی را شامل شوند.

در هر پیکربندی تداخل سنج، سطح تحت اندازه‌گیری با سطح مرجع مقایسه می‌شود. این مهم است که سطح مرجع بسیار تخت‌تر و صاف‌تر از سطح تحت اندازه‌گیری باشد. هنگامی که این امر صحیح نباشد، شیوه‌های اندازه‌گیری پیشرفته به منظور جداسازی توپوگرافی سطح مرجع از توپوگرافی سطح مورد اندازه‌گیری ممکن است به کار گرفته شود. یک شیوه اندازه‌گیری پیشرفته، متوسط گیری سطح مرجع است [ردیف ۱۰ کتابنامه] که متوسط گیری تعدادی از اندازه‌گیری‌های سطح معلوم بسیار تخت‌تر و صاف‌تر از سطح مرجع مورد استفاده در تداخل سنج را درگیر می‌کند. اندازه‌گیری سطح مرجع به دست آمده سپس در سیستم کامپیوتر ذخیره شده و از اندازه‌گیری‌های آیندهٔ سطوح کاسته می‌شود.

شیوه پیشرفتهٔ rms مطلق، تفاوت بین دو اندازه‌گیری سطح اندازه‌گیری شدهٔ جداسازی شده توسط فاصله‌ای بزرگ‌تر از طول همبستگی خودکار[5] را درگیر می‌کند. rms زبری Sq در مورد سطح اندازه‌گیری شده، به وسیله محاسبه rms تفاوت اندازه‌گیری، تقسیم بر $\sqrt{2}$ برآورد می‌شود [ردیف ۱۰ کتابنامه]. یادآوری می‌شود که شیوه rms مطلق، یک نقشهٔ مساحتی را تولید نمی‌کند اما ترجیحاً سنجه Sq در مورد سطح اندازه‌گیری شده را ایجاد می‌کند. برای برخی کاربردها، ممکن است سطح مرجعی که به منظور جور شدن با فرم سطح تحت اندازه‌گیری ساخته شده، مورد

1- Mirau
2- Michelson
3- Linnik
4- Tolansky
5- Autocorrelation

استفاده قرار گیرد. برای مثال، اندازه‌گیری بافت سطح یک سطح استوانه‌ای ممکن است با سطح مرجعی که دارای شکل استوانه‌ای است، بهینه شود.

الف-۳ حسگر تصویری

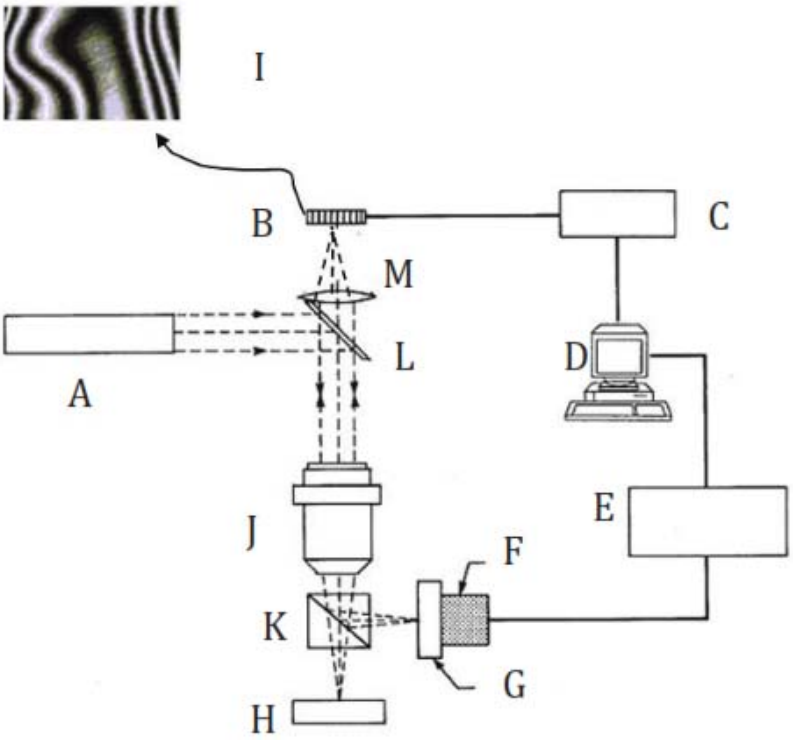
اندازه‌گیری نیم‌رخ سطح ممکن است با استفاده از یک حسگر تصویری ترکیب یافته از آرایهٔ خطی پیکسل‌های شناسایی انجام شود. اندازه‌گیری بافت سطح مساحتی ممکن است با استفاده از یک حسگر تصویری ترکیب یافته از آرایهٔ ماتریسی پیکسل‌های شناسایی انجام شود. فاصله‌بندی و پهنای پیکسل‌های حسگر تصویری، مشخصه‌های مهمی هستند که خصیصه‌های تفکیک پذیری فضایی دستگاه را تعیین می‌کنند [ردیف ۱۵ کتابنامه].

پیوست ب
(اطلاعاتی)

میکروسکپ تداخل سنجی تغییر فاز (PSI)ـــ نظریه عملیات

دستگاه PSI متشکل از یک تداخل سنج است که با یک میکروسکپ یکپارچه شده است (به شکل‌های ب ۱، ب ۲ و ب ۳ رجوع شود). در درون تداخل سنج، شکاف دهنده پرتو، یک پرتو نور در مسیر مرجع شامل تعدادی عناصر نوری از قبیل آینه تخت و صاف مطلوب که طی آن نور بازتاب می‌شود را هدایت می‌کند. شکاف دهنده پرتو، دومین پرتو نور را به نمونه در جایی که بازتاب شده هدایت می‌کند. دو پرتو نور به شکاف دهنده پرتو برگشت داده شده و ترکیب می‌شوند به طوری که تصویری از سطح اندازه‌گیری شده را در آرایهٔ حسگر تصویری تشکیل داده که با یک سری باندهای تیره و روشن نور موسوم به نوار به طور دقیق منطبق می‌شود. دستگاه به گونه‌ای همتراز می‌شود که بهترین تنظیم کانون با بیشینه کنتراستِ[1] نوار متناظر شود. در حین اندازه‌گیری، یک جابجایی معلوم بین مسیر نوری به سطح اندازه‌گیری شده و مسیر نوری به آینه مرجع، معرفی و تغییرات در طرح نوار را تولید می‌کند. چندین راه برای تغییر تفاوت در مسیرهای نوری وجود دارد. برای مثال، در شکل ب ۱، آینه مرجع مربوط به سیستم با استفاده از یک وسیله محرک پیزوالکتریک[2] (PZT) انتقال یافته است.

1- Contrast
2- Piezoelectric

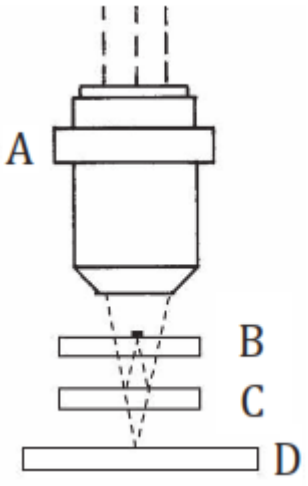


راهنما

A منبع نور	H نمونه مورد اندازه‌گیری
B آرایهٔ حسگر تصویری	I نوارها در سرتاسر آرایهٔ حسگر تصویری
C دیجیتال ساز	J عدسی‌های شیئی تداخل سنجی
D رایانه	K شکاف دهنده پرتو تداخل سنجی
E کنترل کننده PZT	L شکاف دهنده پرتو روشنایی
F وسیله PZT	M عدسی‌های تصویر سازی
G آینه مرجع	

یادآوری- در حین تغییر فاز، جزء G در امتداد محور نوری جابجا می‌شود.

شکل ب ۱- نمودار ترسیمی میکروسکپ تداخل سنجی تغییر فاز (PSI)
نشان دهنده پیکربندی مایکلسون

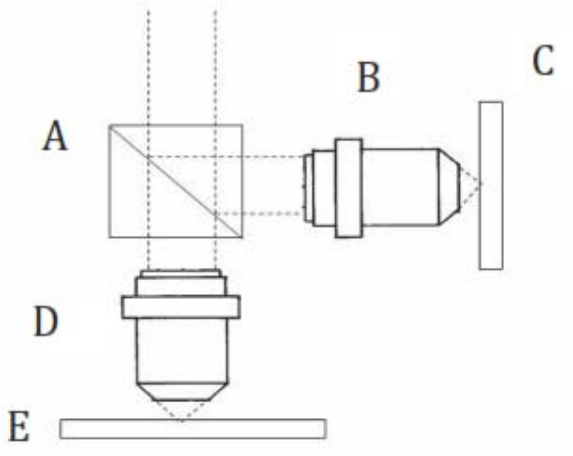


راهنما

A عدسی‌های شیئی
B آینه مرجع
C شکاف دهنده پرتو
D نمونه مورد اندازه‌گیری

یادآوری- در حین تغییر فاز، اجزای A ، B و C نسبت به سطح D جابجا می‌شوند.

شکل ب ۲- نمودار ترسیمی تداخل سنج میراو



راهنما

A شکاف دهنده پرتو
B شیئ مرجع
C آینه مرجع
D عدسی‌های شیئی
E نمونه مورد اندازه‌گیری

یادآوری- در حین تغییر فاز، اجزای B و C نسبت به اجزای D و E همزمان حرکت می‌کنند.

شکل ب ۳- نمودار ترسیمی تداخل سنج لینیک

از طریق اندازه‌گیری طرح شدت از تصاویر متنوع در حین فرایند جابجایی، تغییر فاز جبههٔ موج ϕ که از آزمونه[1] برگشت داده شده، ممکن است مورد اندازه‌گیری قرار گیرد. با فرض این که تغییر ϕ_{ij} تابعی از عنصر حسگر تصویری ij باشد، ارتفاع سطح مرتبط Z_{ij} در ij امین موقعیت توسط فرمول زیر به دست می‌آید [ردیف ۱۶ کتابنامه].

$$Z_i = \lambda_0 \phi_{ij} / 4\pi \qquad \text{(ب ۱)}$$

که در آن:

λ_0 طول موج روشنایی است.

فرمول ب ۱، برای یک سیستم نوری مطلوب متشکل از یک منبع تک نقطه نور برای هر نقطهٔ اندازه‌گیری شده بر روی سطح به طور دقیق صحیح است [انشعابات سیستم‌های روشنایی عملی در ردیف ۱۷ کتابنامه پوشش داده شده است].

در امتداد جهت x، طولانی‌ترین طول موج فضایی نیم‌رخ که ممکن است مورد اندازه‌گیری قرار گیرد، λ_{Lx}، توسط فرمول زیر ارائه می‌شود.

$$\lambda_{Lx} = N\Delta_x / M \qquad \text{(ب ۲)}$$

که در آن:

M بزرگنمایی سیستم نوری؛

Δ_x فاصله‌بندی عناصر در آرایهٔ حسگر تصویری در امتداد محور x؛

N تعداد کل عناصر آرایه در حسگر تصویری در امتداد محور x می‌باشد (به شکل ب ۴ رجوع شود).

برای یک سطح با نیم‌رخ دوره تناوبی قوی با طول موج فضایی λ_{Rx}، کوچک‌ترین طول موج فضایی این چنینی که توصیه می‌شود مورد ارزیابی قرار گیرد به ذات سیستم نوری مورد استفاده بستگی دارد. توصیه‌های زیر در راستای بازیابی کمینه ٪۹۰ مقدار قله به درهٔ طول موج فضایی دوره تناوبی [ردیف ۱۸ کتابنامه]، فقط در مقایسه با تشخیص مقدار rms کوتاه‌ترین طول موج فضایی داده شده توسط معیار نیکوئیست[2] ارائه می‌شود [ردیف ۱۹ کتابنامه]. به عنوان اولین توصیه، چنانچه تفکیک پذیری جانبی دستگاه توسط پالایهٔ λ_S گاوسی[3] یا توسط حد دوره تناوبی جانبی D_{LIM} در مورد سیستم نوری محدود شود، سپس λ_{Rx} به صورت زیر ارائه می‌شود.

$$\lambda_{Rx} \geq 2.6 D_{LIM} \quad \text{یا} \quad \lambda_{Rx} \geq 2.6 \lambda_S \qquad \text{(ب ۳)}$$

به عبارت دیگر، چنانچه تفکیک پذیری جانبی توسط فاصله نمونه برداری جانبی ($\Delta_x / M = D_x$) در مورد سیستم حسگر تصویری محدود شود که اغلب در بزرگنمایی پایین مد نظر است، آنگاه کوتاه‌ترین طول موج فضایی که توصیه می‌شود مورد ارزیابی قرار گیرد به صورت زیر ارائه می‌شود (به شکل ب ۵ رجوع شود).

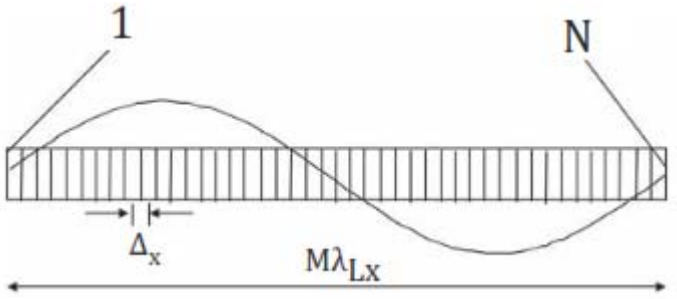
$$\lambda_{Rx} \geq 5 D_x \qquad \text{(ب ۴)}$$

1- Specimen
2- Nyquist criterion
3- Gaussian λs filter

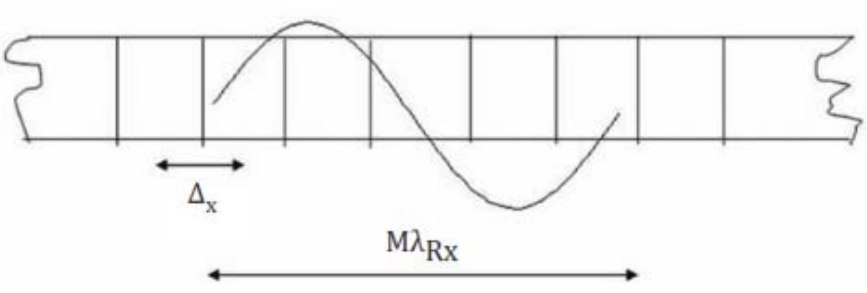
وسایل PSI، اندازه‌گیری‌های ارتفاع را به تفاوت‌های فاز شناسایی شده مرتبط می‌کنند و بنابراین به منظور ایجاد مقدار مطلق تفاوت‌های ارتفاع کمتر از $\lambda_0/4$ بین نقاط مجاور محدود می‌شوند. بیشینه شیب سطح قابل اندازه‌گیری نتیجه شده، δ، به صورت زیر ارائه می‌شود.

$$\delta \le \arctan(\lambda_0/4\Delta) \qquad \text{(ب ۵)}$$

که در آن، M و Δ به ترتیب بزرگنمایی سیستم و فاصله‌بندی نقطه‌ای حسگر تصویری تعریف شده در بالا می‌باشند.



شکل ب ۴- ترسیم آرایه حسگر تصویری در جهت x با فاصله‌بندی عنصر Δ_x و اندازه‌گیری طولانی‌ترین طول موج فضایی λ_{Lx} که تعداد کل (N) پیکسل‌ها را پوشش می‌دهد.



شکل ب ۵- ترسیم آرایه حسگر تصویری در جهت x با فاصله‌بندی عنصر Δ_x و اندازه‌گیری کوتاه‌ترین طول موج فضایی λ_{Rx} که تعداد ۵ پیکسل را پوشش می‌دهد.

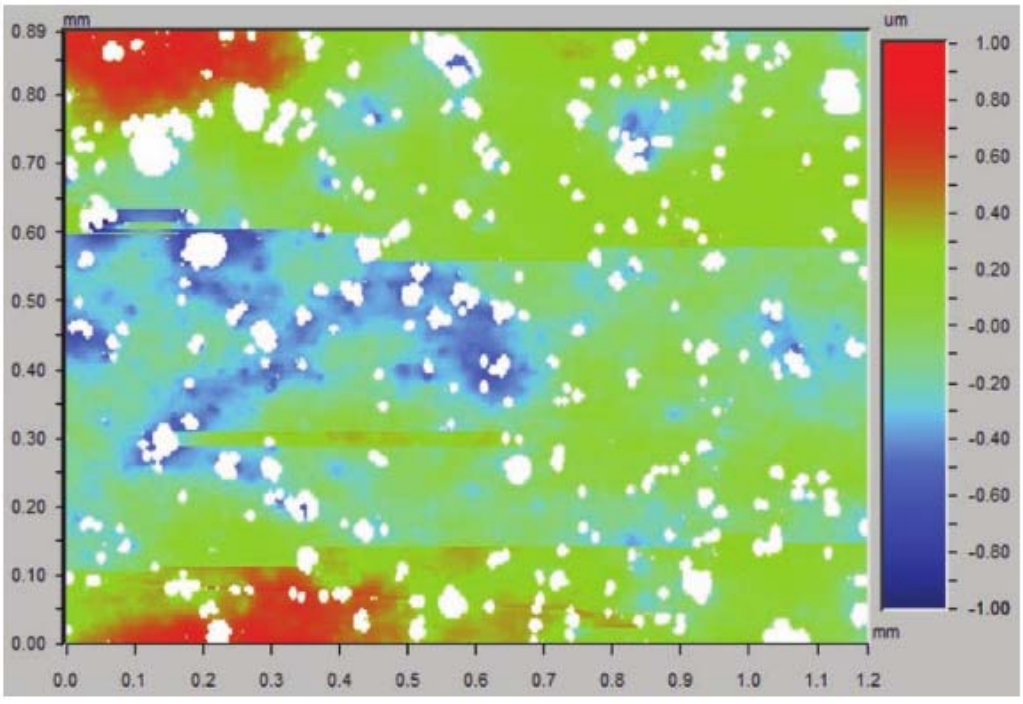
پیوست پ
(اطلاعاتی)
خطاها و تصحیحات برای میکروسکپ‌های تداخل سنجی تغییر فاز (PSI)

پ-۱ طول موج

یک جزء عدم قطعیت در اندازه‌گیری‌های ارتفاع به طور مستقیم با عدم قطعیتی که طول موج منبع روشنایی λ_0 ایجاد می‌کند، مرتبط است. اندازه‌گیری طول موج روشنایی و انتقال طیفی پالایهٔ عبور باند نوری در سیستم ممکن است با شیوه‌های طیف نگاری[1] استاندارد انجام شود.

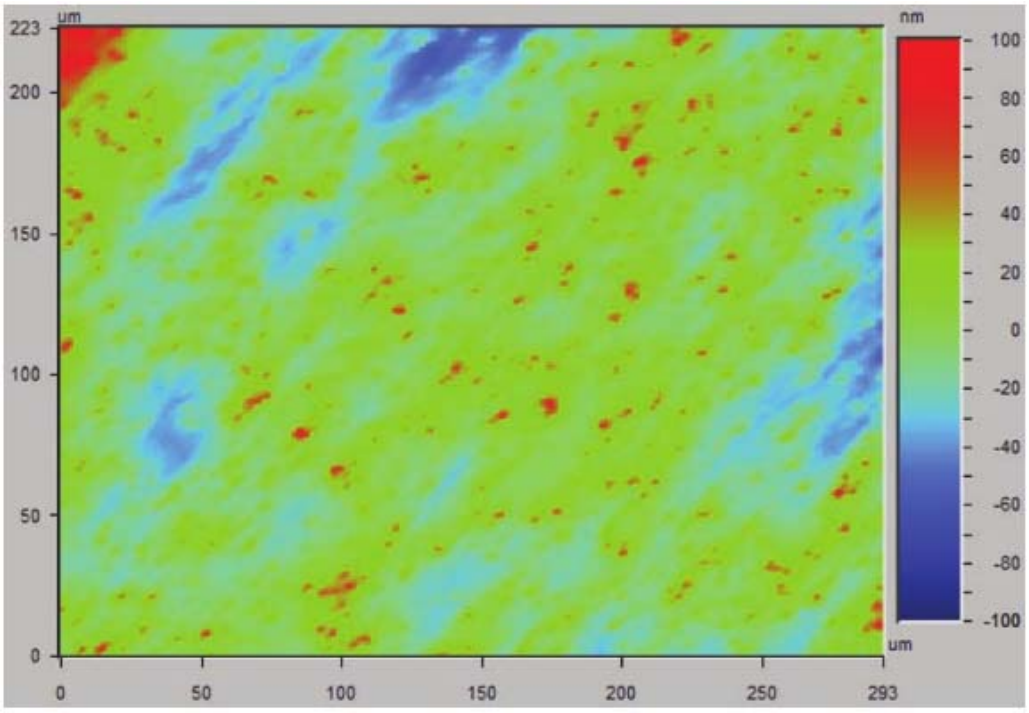
پ-۲ آلگوریتم‌های پردازش سیگنال

اندازه‌گیری‌ها با وسایل PSI، نوعاً الزام می‌کند که نقاط مجاور اندازه‌گیری شده بر روی سطح دارای اختلاف ارتفاع کمتر از $\lambda_0/4$ باشند. هنگامی که نقاط مجاور دارای اختلاف ارتفاع بزرگ‌تر از $\lambda_0/4$ باشند، خطاها در داده‌های تصویری ممکن است رخ دهند. این خطاها در داده‌های تصویری به عنوان مراحل ناگهانی آشکار می‌شوند که دارای ارتفاع‌های مرحله‌ای با مضارب عدد صحیح $\lambda_0/2$ می‌باشند. بنابراین میکروسکپ‌های PSI شامل آلگوریتم‌های باز کننده فاز [ردیف ۱۳ کتابنامه]، برای در نظر گرفتن ابهامات $\lambda_0/2$ به منظور بسط دادن گسترهٔ اندازه‌گیری ارتفاع در طول سطح کامل است. علاوه بر این، آلگوریتم‌ها همچنین ممکن است به منظور شناسایی و حذف داده‌های بد (دور افتاده‌ها) و داده‌های اندازه‌گیری نشده (مفقودی‌ها) که ممکن است توسط اندازه‌گیری‌ها در نواحی با بازتابندگی پایین یا با پراکندگی بالا سبب شوند، مورد استفاده قرار می‌گیرند (به شکل‌های پ ۱ و پ ۲ رجوع شود).



1- Spectroscopic

شکل پ ۱- ترسیم اندازه‌گیری تغییر فاز با مضرب خطاهای مرحله‌ای ناگهانی افقی $\lambda_0/2$ و داده‌های مفقود شده (طرد شده‌ها) که مورد اخیر به صورت نواحی لکه مانند سفید نشان داده شده است.



شکل پ ۲- ترسیم اندازه‌گیری تغییر فاز نسبتاً بدون خطا که فاقد هر گونه خطاهای مرحله‌ای ناگهانی $\lambda_0/2$ یا طرد شده‌ها است.

پ-۳ منفذ عددی میکروسکپ

منفذ عددی (A_N) مربوط به سیستم میکروسکپ، زاویهٔ مخروط نور که بر سطح برخورد می‌کند و زاویهٔ مخروط شناسایی بعدی را توسط سیستم نوری تعیین می‌کند. همان گونه که منفذ عددی افزایش می‌یابد، سطح با نور برخوردی[1] به طور افزایشی در زوایای بزرگ روشن می‌شود که تعدیل در ارتفاع‌های سطح اندازه‌گیری شده را موجب می‌شود. برای مقادیر A_N بزرگ‌تر از ۰٫۲۰ ، خطا در اندازه‌گیری‌های ارتفاع ممکن است از ٪۱ تا ٪۲۰ تغییر کند [ردیف‌های ۲۰ و ۲۱ کتابنامه]. منفذ عددی همچنین ممکن است تفکیک پذیری جانبی سیستم اندازه‌گیری را تعیین کند.

پ-۴ مکانیزم‌های اندازه‌گیری تغییر فاز

1- Incident

وسایل PSI ، شامل وسیله‌ای برای فراهم کردن تغییر فاز نسبی بین نور در مسیر مرجع و نور برگشتی از سطح مورد اندازه‌گیری است. شیوه‌های متعددی برای تولید تغییر فاز نسبی وجود دارند، از جمله:
۱- حرکت مکانیکی آینه مرجع، اجزای نوری یا سطح اندازه‌گیری؛
۲- جابجایی طول موج نور برخوردی.

در حین فرایند تغییر فاز، به صورت پیوسته یا مرحله‌ای، تعدادی آلگوریتم به منظور جبران خطاهای تغییر فاز در فرایند اندازه‌گیری توسعه یافته‌اند. منابع خطا شامل ارتعاش سیستم در حین اندازه‌گیری، مشخصه‌های تغییر فاز غیر خطی و خواص حسگر تصویری غیر خطی می‌باشند [ردیف ۲۲ کتابنامه].

پ-۵ تنظیم تغییر فاز

تغییر فاز نسبی بین تصاویر چند گانه مورد استفاده برای اندازه‌گیری ارتفاع‌ها بر روی سطوح اندازه‌گیری شده و مرجع، مورد نیاز برای آلگوریتم اندازه‌گیری منتخب باید تنظیم شود. شیوه‌های تنظیم تغییر فاز در ردیف ۲۲ کتابنامه ارائه شده است.

پ-۶ کجی نسبی نمونه- تعداد نوارها

هنگامی که وضعیت نرمالِ سطح مورد اندازه‌گیری با محور نوری موازی باشد، تنها یک نوار تداخل در سرتاسر میدان تصویر وجود دارد. همان‌گونه که نمونه کج می‌شود، تعداد نوارها در سرتاسر میدان افزایش می‌یابد که این امر ممکن است موجب خطاهای اندازه‌گیری شود. برای توصیه‌ها در مورد شرایط اندازه‌گیری کجی به بند ۳-۱ رجوع شود.

پ-۷ تغییر مسیر مرجع rms

هنگامی که ریشه میانگین توان دومِ (rms) تغییر در مورد تفاوت مسیر نوری در سرتاسر شاخه مرجع در راستای زبری (rms Sq) در مورد نمونه اندازه‌گیری شده مد نظر باشد، خطاها ممکن است رخ دهد (به بند الف ۲ و ردیف ۱۰ کتابنامه رجوع شود).

پ-۸ بازتابندگی سطح نمونه

بازتابندگی نمونه مؤثر نامناسب، ممکن است منجر به نسبت سیگنال به نوفهٔ پایین شود که به نوبه خود ممکن است موجب حذف یا اندازه‌گیری‌های غیر دقیق ارتفاع شود.

پ-۹ شیب موضعی سطح نمونه

شیب‌های شدید سطح ممکن است منجر به نسبت سیگنال به نوفهٔ پایین شود که به نوبه خود ممکن است موجب حذف یا اندازه‌گیری‌های غیر دقیق ارتفاع شود.

پ-۱۰ فیلم‌های نازک

وجود فیلم‌های شفاف نازک (همچنین به بند ۲-۴ رجوع شود) که سطح مورد اندازه‌گیری را پوشش می‌دهند، ممکن است بر درستی اندازه‌گیری PSI تأثیرگذار باشند [ردیف ۲۳ کتابنامه].

پ-۱۱ مواد ناهمسان

شیوه PSI بر مرتبط بودن فازهای نور بازتابیده از نمونه به ارتفاع‌های سطح حقیقی متکی است. بنابراین هر خاصیت سطح که فاز نوری مرتبط را تغییر دهد، ممکن است به عنوان تغییر ارتفاع سطح تعبیر شود. سطوح ترکیب یافته از نواحی با مقادیر ثابت ماده نوری متفاوت، ممکن است به طور اشتباهی ارتفاع‌های سطح را بین این نواحی تولید کند.

پ-۱۲ ارتعاش محیطی

توصیه می‌شود میکروسکپ PSI در یک محیط ایزوله شده از منابع ارتعاش قرار داده شود [ردیف ۲۴ کتابنامه]. نوعاً، میکروسکپ بر روی یک میز عاری از ارتعاش مانند تخته سنگ محکمی که روی پایه‌های نوسان‌گیر به طور ثابت نگه داشته شده، مستقر می‌شود. درجه ایزوله کردن ارتعاش (و منابع دیگر نوفه از قبیل الکتریکی و آکوستیکی) از طریق اندازه‌گیری rms تغییر تفاوت بین دو نیم‌رخ اندازه‌گیری شده بر روی یک صفحه اندازه‌گیری شدهٔ صاف، ممکن است مورد ارزیابی قرار گیرد (Ra یا $Sa < \lambda_0/1000$)، این در صورتی است که نمونه حرکت نکرده و زمان بین اندازه‌گیری‌ها کمینه شده باشد. rms تغییر تفاوت بین دو نیم‌رخ، یک برآورد تفکیک پذیری ارتفاع میکروسکپ PSI را ایجاد می‌کند که نوعاً کمتر از $\lambda_0/2000$ است.

پیوست ت
(اطلاعاتی)
ارتباط با الگوی ماتریس GPS

ت-۱ کلیات

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

طرح فراگیر ISO/GPS ارائه شده در استاندارد ISO/TR 14638 مروری بر سیستم ISO/GPS را بیان می‌کند که این استاندارد قسمتی از آن محسوب می‌شود. قواعد اساسی ISO/GPS ارائه شده در استاندارد ملی شماره ۱۱۲۱۱ برای این استاندارد مورد استفاده قرار می‌گیرد. قواعد تصمیم‌گیری پیش‌فرض ارائه شده در استاندارد ملی شماره ۱-۹۹۷۳ سال ۱۳۸۶ در مورد ویژگی‌های تعیین شده مطابق با این استاندارد به کار گرفته می‌شود، مگر آن که به نحو دیگری مشخص شده باشد.

ت-۲ موقعیت در الگوی ماتریس GPS

این استاندارد یکی از استانداردهای ملی ایران در رابطه با "ویژگی‌های هندسی فراورده (GPS)" است که در ارتباط با پیوند زنجیره‌ای ۵ از زنجیره استانداردها بر بافت سطح مساحتی در ماتریس عمومی GPS به گونه‌ای که در جدول ت ۱ نشان داده شده تأثیرگذار است.

ت-۳ استانداردهای مرتبط

استانداردهای ملی و بین‌المللی مرتبط، استانداردهایی هستند که در زنجیره استانداردها در جدول ت ۱ نشان داده شده است.

جدول ت ۱- ماتریس استانداردهای اصلی و عمومی GPS

استانداردهای فراگیر GPS

	استانداردهای عمومی GPS						
	شماره پیوند زنجیره‌ای	۱	۲	۳	۴	۵	۶
استانداردهای اصلی **GPS**	اندازه						
	فاصله						
	شعاع						
	زاویه						
	فرم خط مستقل از مبنا[۱]						
	فرم خط وابسته به مبنا[۲]						
	فرم سطح مستقل از مبنا[۳]						
	فرم سطح وابسته به مبنا[۴]						
	جهت[۵]						
	مکان[۶]						
	لنگی دایره‌ای[۷]						
	لنگی کل[۸]						
	مبناها[۹]						
	نیمرخ زبری[۱۰]					X	
	نیمرخ موجی[۱۱]					X	
	نیمرخ اولیه[۱۲]					X	
	نواقص سطح[۱۳]						
	لبه‌ها[۱۴]						
	بافت سطح مساحتی					X	

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

کتابنامه

[۱] استاندارد ملی شماره ۱۱۴۳۰ سال ۱۳۸۷، ویژگی‌های هندسی فراورده (GPS)- ساختار سطح: روش نیم‌رخ- اصطلاحات، تعاریف و پارامترهای ساختار سطح

[۲] استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۲۱۱ سال ۱۳۸۷، نقشه‌های فنی- اصول بنیادی رواداری گذاری

[۳] استاندارد ملی ایران شماره ۱-۹۹۷۳ سال ۱۳۸۶، ویژگی‌های هندسی محصول (GPS)- بازرسی به وسیله اندازه‌گیری قطعه‌های کار و تجهیز اندازه‌گیری- قسمت ۱: قواعد تصمیم‌گیری اثبات انطباق یا عدم انطباق با ویژگی‌ها

[۴] استاندارد ملی شماره ۱۰۹۶۷ سال ۱۳۸۷، ویژگی‌های هندسی فراورده (GPS)- مفاهیم و الزامات عمومی برای تجهیزات اندازه‌گیری GPS

[۵] استاندارد ملی شماره ۳-۱۴۹۵۴ سال ۱۳۹۲، ویژگی‌های هندسی فراورده (GPS)- بافت سطح: مساحت- قسمت ۳: ویژگی کاربران

[۶] استاندارد ملی شماره ۶-۱۴۹۵۴ سال ۱۳۹۲، ویژگی‌های هندسی فراورده (GPS)- بافت سطح: مساحت- قسمت ۶: طبقه‌بندی روش‌ها برای اندازه‌گیری بافت سطح

[۷] استاندارد ملی شماره ۶۰۱-۱۴۹۵۴ سال ۱۳۹۲، ویژگی‌های هندسی فراورده (GPS)- بافت سطح: مساحت- قسمت ۶۰۱: مشخصه‌های اسمی دستگاه‌های تماسی (سوزنی)

[8] ISO/IEC Guide 99:2007, International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM)

[9] Wyant J . C. , , & Schmit J. Large Field of View, High Spatial Resolution, Surface Measurements. Int .J. Mach. Tools Manuf. 1998, **38** (5-6) pp. 691–698

[10] Creath K.,, & Wyant J.C. Absolute measurement of surface roughness. Appl. Opt. 1990, **29** pp. 3823–3827

[11] Schwider J., Burow R., Elssner, K-E, Grzanna, J., Spolaczyk R. andMerkel K. Digital wavef ront measuring interferometry: some systematic error sources. Appl. Opt. 1983, **22** (21) pp. 3421–3432

[12] Creath K., & Wyant J.C. Interferometric measurement of the roughness of machined parts. Proc. SPIE. 1988, **954** pp. 246–251

[13] de Groot P. Phase-shif ting Interferometry. In: Optical Measurement of Surface Topography, (Leach R. ed.). Springer-Verlag, Berlin, 2011, pp. 167–86.

[14] Tolansky S. Surface Microtopography. John Wiley, Interscience Division, New York, 1960

[15] Church E.L., Vorburger T.V., Wyant J.C. Direct Comparison of Mechanical and Optical Measurements of the Finish of Precision-machined Surfaces. Opt. Eng. 1985, **24**, pp. 388–395

[16] Creath K. Phase-measuring interferometry techniques. In: Progress in Optics, (Wolf E. ed.).

Elsevier Science Publ, Amsterdam, **Vol. XXVI**, 1988, pp. 349–93.

[17] Sheppard C . J . R . , & Larkin K . G. Ef fect of numerical aperture on interference fringes pacing. Appl.Opt. 1995, **34** pp. 4731–4733

[18] Sanchez Fernandez L.P. Interpolation with splines and FFT in wave signals. Research in Computing Science. 2004, **10** pp. 387–400

[19] Gaskill J.D. Linear Systems , Fourier Transforms , and Optics . John Wiley & Sons, New York , N Y, 1978

[20] Creath K. Calibration of numerical aperture effects in interferometric microscope objectives. Proc. SPIE. 1989, **1164** pp. 91–98

[21] K rüger-Sehm R. Comparison of methods for the determination of the aperture correction of interference microscopes. Proc. SPIE. 2005, **5858**, 585810

[22] Malacara D. ,S ervin M . , M alacara , Z . Interferogram Analysis for Optical Testing. Marcel Dekker, New York, 1998

[23] LiY. ,& Talke F.E. Limitations and Corrections of Optical Profilometry in Surface Characterization of Carbon Coated Magnetic Disks. Transactions of the ASME **112**, pp. 670-676 (1992)

[24] de Groot P. Vibration in phase- shifting interferometry. J . Opt . Soc . Am. ,1995, **A12** (2) pp. 354–365

[25] Hecht E. Optics. Addison Wesley, Reading, MA, Fourth Edition, 2002

[26] ISO 10934-2:2007, Optics and optical instruments — Vocabulary for microscopy — Par t 2: Advanced techniques in light microscopy

[27] ISO/TR 14638, Geometrical product specification (GPS) — Masterplan

[28] ISO 25178-2:2012, Geometrical product specifications (GPS) — Surface texture: Areal — Part 2:Terms, definitions and surface texture parameters

[29] ISO 25178-602:2010, Geometrical product specifications (GPS) — Surface texture: Areal — Part 602:Nominal characteristics of non-contact (confocal chromatic probe) instruments

[30] ASME B46.1 (2009), Surface Texture (Surface Roughness, Waviness and Lay). Amer. Soc. Mech. Engrs., New York, 2010, Section 8.