



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۹۳۸۸-۴

چاپ اول

۱۳۹۳

INSO

19388-4

1st. Edition

2014

اپتیک و فوتونیک –

آرایه‌های ریزعدسی

قسمت ۴:

خواص هندسی – روش‌های آزمون

Optics and photonics - Microlens arrays –

Part 4:

Geometrical properties-

Test methods

ICS:31.260

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه 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 کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با یادآوری به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، 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 ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن یادآوری به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) و 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، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) و وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد  
" اپتیک و فوتونیک - آرایه های ریزعدسی  
قسمت ۴: خواص هندسی - روش های آزمون "

رئیس:

سمت و / یا نمایندگی  
هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد  
علوم و تحقیقات

حسینی، کامران  
(دکترای مهندسی پزشکی)

دبیر:

هیئت علمی پژوهشگاه استاندارد

توکلی گلپایگانی، علی  
(دکترای مهندسی پزشکی)

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

هیئت علمی دانشگاه علامه طباطبایی

پرند، فرشته آزادی  
(دکترای مهندسی کامپیوتر)

هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی شهید  
بهشتی

رحمنی، سعید  
(کارشناس ارشد اپتومتری)

شرکت پرشیا آزما سیستم

رشیدی، یونس  
(کارشناس مهندسی مکانیک)

هیئت علمی پژوهشگاه استاندارد

شرع پسند، مهدی  
(کارشناس ارشد الکترونیک)

مدیر آزمایشگاه اپتیک جهاد دانشگاهی  
دانشگاه صنعتی شریف

عجمی، عاطفه  
(کارشناس ارشد فیزیک)

بازرس اتحادیه عینک سازان

قلی پور، مسعود  
(کارشناس حقوق)

سازمان ملی استاندارد  
مرکز اندازه‌شناسی، اوزان و مقیاسها

محمدی لیواری، احد  
(کارشناس ارشد فیزیک)

هیئت علمی پژوهشگاه علوم و فنون  
هسته‌ای

مجدآبادی، عباس  
(دکترای فیزیک لیزر)

هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی شیراز

موحدی، محمد مهدی  
(کارشناس ارشد  
مهندسی پزشکی)

هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد  
اسلامشهر

نخعی، کوروش  
(دکترای مهندسی پزشکی)

سازمان ملی استاندارد مرکز اندازه‌شناسی  
اوزان و مقیاسها

هاشمی عراقی، محمدرضا  
(کارشناس فیزیک کاربردی)

## پیش گفتار

استاندارد « اپتیک و فوتونیک – آرایه‌های ریزعدسی – قسمت ۴: خواص هندسی \_ روش های آزمون » که پیش نویس آن در کمیسیون های مربوط تهیه و تدوین شده و در چهار صد و شصت و هشتمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی پزشکی مورخ ۹۳/۹/۹ مورد تصویب قرار گرفته است ، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ ، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می شود .

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد یادآوری قرار خواهد گرفت . بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

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

ISO 14880-4:2006, Optics and photonics - Microlens arrays - Part 4: Geometrical properties - Test methods

## فهرست مندرجات

صفحه		عنوان
ب		آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج		کمیسیون فنی تدوین استاندارد
ه		پیش گفتار
ز		مقدمه
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۱	مراجع الزامی	۲
۱	اصطلاحات، تعاریف و نمادها	۳
۳	سیستم مختصات	۴
۴	روش‌های آزمون	۵
۴	اندازه‌گیری عمق مدولاسیون سطح و گام	۱.۵
۹	ضخامت فیزیکی	۲.۵
۹	شعاع انحنا	۳.۵
۱۳	آماده‌سازی سطح آرایه ریزعدسی برای اندازه‌گیری	۴.۵
۱۳	روش اجرایی	۶
۱۳	اندازه‌گیری عمق مدولاسیون سطح و گام (قسمت سهمی شکل عدسی)	۱.۶
۱۴	اندازه‌گیری ضخامت فیزیکی	۲.۶
۱۴	اندازه‌گیری شعاع انحنا	۳.۶
۱۵	نتایج و عدم قطعیت‌ها	۷
۱۶	گزارش آزمون	۸
۱۷	اندازه‌گیری با بکارگیری سیستم تداخل‌سنج فیزیو	پیوست الف (الزامی)
۲۰	یکنواختی فاصله آرایه	پیوست ب (اطلاعاتی)

## مقدمه

این استاندارد روش‌های آزمون خواص هندسی آرایه‌های ریزعدسی را مشخص می‌کند. مثال‌های مربوط به کاربرد آرایه‌های ریزعدسی شامل نمایشگرهای سه‌بعدی، تزویج‌کننده‌های اپتیکی بین منابع نور و آشکارسازهای نوری، نمایشگرهای اپتیکی کریستال‌های مایع و المانهای موازی پردازش نور می‌باشد. بازار آرایه‌های ریزعدسی پذیرش روش‌های آزمون و یک تعریف جامع و یکسان را در این ارتباط بوجود آورده است. معرفی مفاهیم روشن و واضح و واژگان فنی یکسان و استاندارد نه تنها جهت ارتقاء کارکردها، بلکه برای دانشمندان و مهندسين برای تبادل آراء و مفاهيم جديد بر پایه فهم و درک مشترک الزامی می‌باشد. هدف این استاندارد ملی تطابق و افزایش سازگاری و یا توانایی تعویض آرایه‌های ریزعدسی با توجه به وجود تولیدکنندگان متفاوت در سطح دنیا و نیز پیشرفت و توسعه مستمر فناوری مربوط به این آرایه‌ها می‌باشد. اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی گام و عمق مدولاسیون سطح از طریق یک ابزار سوزنی و سامانه کاوش نوری غیرتماسی امکان‌پذیر است. ضخامت فیزیکی توسط میکرومتر اندازه‌گیری می‌شود. روشها و فرآیندهای مربوط به اندازه‌گیری در متن این استاندارد آمده است.

# اپتیک و فوتونیک – آرایه‌های ریزعدسی – قسمت ۴: خواص هندسی \_ روش‌های آزمون

## ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه روش‌های تعیین آزمون خواص هندسی ریزعدسی‌ها در آرایه‌های ریزعدسی است. این استاندارد در مورد آرایه‌های ریزعدسی با عدسی‌های خیلی کوچک که روی یک یا چند سطح از یک زیرلایه مشترک قرار گرفته‌اند و نیز در مورد ریزعدسی‌هایی با ضریب شکست تدریجی کاربرد دارد.

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

استفاده از مرجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

2-1 ISO 14880-1:2001, Optics and photonics -- Microlens arrays -- Part 1: Vocabulary

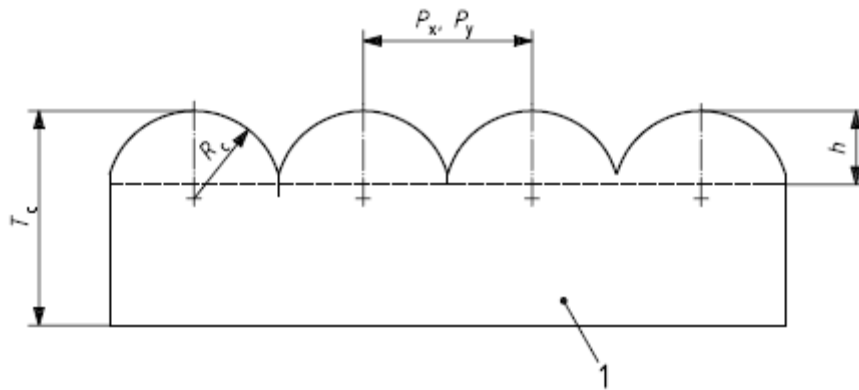
## ۳ اصطلاحات، تعاریف و نمادها

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استاندارد ISO 14880-1, اصطلاحات و تعاریف زیر نیز کاربرد دارد.

**یادآوری ۱-** نمادهایی که در این استاندارد ملی آورده شده‌اند، تنها جهت درک و وضوح بیشتر آرایه‌های ریزعدسی بکار رفته‌اند و برخی از این نمادها ممکن است با نمادهای مورد استفاده در فرآیند اندازه‌گیری خواص سطحی مشابه نباشند.

**یادآوری ۲-** پارامترهای  $P_x$  و  $P_y$  و  $h$  در این استاندارد بیانگر پارامترهای هندسی در اندازه‌گیری مشخصات سطح می‌باشند که در آن  $P_x$  و  $P_y$  پارامترهای مربوط به فاصله‌گذاری بوده و به عنوان مقدار متوسط در طول خط میانی است که در برگزیده یک قله تا دره است. پارامتر دامنه ( $h$ ) به عنوان متوسط اختلاف بین قله نیمرخ عرضی عدسی و لبه آن در نظر گرفته می‌شود. شکل (۱) بیانگر خواص هندسی مورد اندازه‌گیری آرایه‌های ریزعدسی است.





راهنما:

زیرلایه	۱
ضخامت فیزیکی	$T_c$
شعاع انحناء	$R_c$
گام	$P_x$ و $P_y$
عمق مدولاسیون سطح (سگ عدسی <sup>۱</sup> )	$h$

شکل ۱- پارامترهای هندسی یک آرایه ریزعدسی

۱-۳

گام<sup>۲</sup>

$P_x$  و  $P_y$  فاصله بین مراکز عدسیهای مجاور هم بوده که ممکن است در جهت عرضی و یا محوری تغییر نماید.

یادآوری ۱- گام برحسب میلی‌متر اندازه‌گیری و بیان می‌شود.

(به بند 6-2-1-5 از استاندارد ISO14880-1: 2001، مراجعه شود).

یادآوری ۲- برای ابزار سوزنی، معمولاً برابر متوسط پهنای المان‌های پروفیل محاسبه شده از پروفیل زبری ( $RS_m$ ) می‌باشد.

(به بند های ۳-۲-۳ و ۴-۳-۱ از استاندارد ملی ۱۱۴۳۰ مراجعه شود).

۲-۳

عمق مدولاسیون سطح<sup>۳</sup>  
 $h$  تغییرات قله تا دره<sup>۱</sup> ارتفاع سطح

- 1- Lenz sag
- 2 - Pitch
- ۳- Surface Modulation Depth

به شکل ۱ مراجعه شود.

- یادآوری ۱- برای ریزعدسی کاملاً انکساری، این مقدار همان سگ عدسی است.
- یادآوری ۲- عمق مدولاسیون سطح برحسب میلی‌متر اندازه‌گیری و بیان می‌شود.
- (به بند 6-2-1-8 از استاندارد ISO14880-1: 2001 مراجعه شود).
- یادآوری ۳- برای ابزار سوزنی، این مقدار معمولاً برابر  $Rz$  است.

۳-۳

### ضخامت فیزیکی<sup>۲</sup>

$Tc$  حداکثر ضخامت موضعی آرایه

به شکل ۱ مراجعه شود.

- یادآوری - ضخامت فیزیکی بر حسب میلی‌متر اندازه‌گیری و بیان می‌شود.
- (به بند 6-2-1-9 از استاندارد ISO14880-1: 2001 مراجعه شود).

۴-۳

### شعاع انحنا<sup>۳</sup>

$Rc$  فاصله از راس ریزعدسی تا مرکز انحنای سطح عدسی است.

به شکل ۱ مراجعه شود.

یادآوری ۱- شعاع انحنا بر حسب میلی‌متر اندازه‌گیری و بیان می‌شود.

(به استاندارد ISO14880-1: 2001 مراجعه شود).

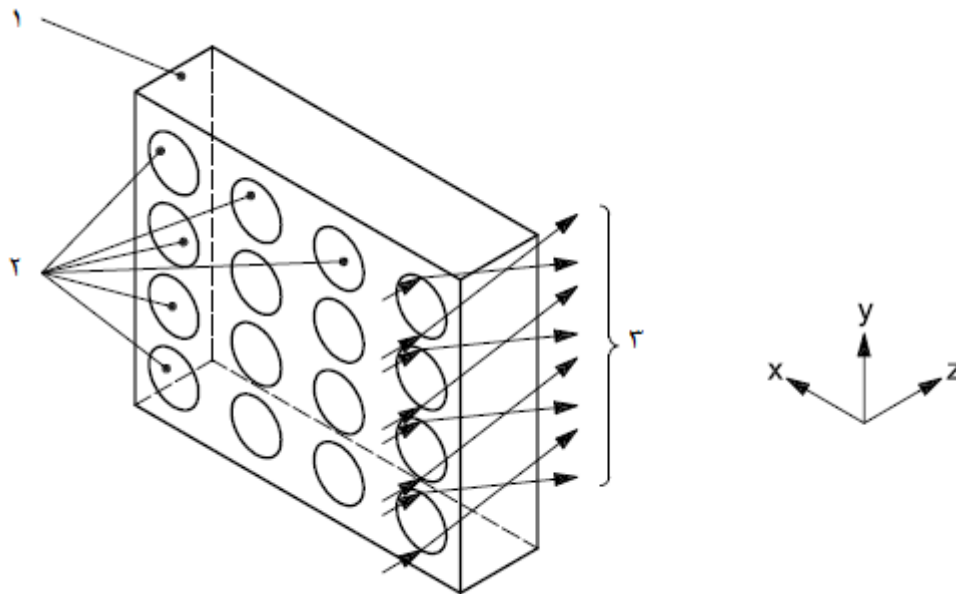
یادآوری ۲- برای ریزعدسیهای سیلندری شکل یا ریزعدسیهای چرخش ثابت

### ۴ سیستم مختصات

جهت اندازه‌گیری خواص هندسی آرایه ریزعدسی، یک دستگاه مختصات کارتیزین مطابق شکل (۲) در نظر گرفته می‌شود. در این دستگاه کارتیزین که از قانون دست راست تبعیت می‌کند، محورهای  $x$  و  $y$  در صفحه زیرلایه قرار گرفته و محور  $x$  جهت آشکارسازی را مشخص می‌کند. جهت محور  $z$  به سمت بیرون و از جسم به سمت محیط بیرونی امتداد دارد.

---

1- Peak Valley  
3- Physical Thickness  
4- Radius of Curvature



راهنما:

۱ زیرلایه

۲ ریزعدسی

۳ مسیر عبور نور

شکل ۲- آرایه ریزعدسی در سیستم مختصات کارتزین

## ۵ روشهای آزمون

### ۵-۱ اندازه گیری گام و عمق مدولاسیون سطح

#### ۵-۱-۱ استفاده از ابزار سوزنی

##### ۵-۱-۱-۱ اصول

اصول کلی بر پایه بکارگیری یک ابزار سوزنی برای بدست آوردن پروفیل سطح آرایه است. لازم است تا دقت شده و اطمینان حاصل شود که پروفیل از مرکز هر یک از عدسی ها عبور نموده و در طی مراحل اندازه گیری ابزار سوزنی در تماس مستمر با سطح باقی بماند. در این شرایط می توان گام و عمق مدولاسیون سطح را تعیین نمود.

##### ۵-۱-۱-۲ چیدمان و آماده سازی

اندازه گیری خصوصیات هندسی آرایه یک ریزعدسی شبیه اندازه گیری هر سطح دیگری با بکارگیری ابزار سوزنی است. یک ابزار نمونه سوزنی شامل یک سوزن است که به طور فیزیکی در تماس با سطح قرار گرفته

و یک تبدیل‌کننده یا ترانسدیوسر<sup>۱</sup> که حرکت محوری و عمودی سوزن را به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌کند. اجزاء این سامانه در شکل (۳) نشان داده شده است که شامل: یک کاوند یا پراب<sup>۲</sup> که توسط یک موتور و گیربکس حرکت و سوزن را با یک سرعت ثابت روی سطح می‌کشد، یک تقویت‌کننده الکترونیکی جهت تقویت سیگنال خروجی ترانسدیوسر سوزن تا یک سطح مطلوب، یک وسیله جهت ضبط سیگنال‌های تقویت شده یا یک رایانه که به طور خودکار جمع‌آوری داده‌ها را انجام دهد، می‌باشد.

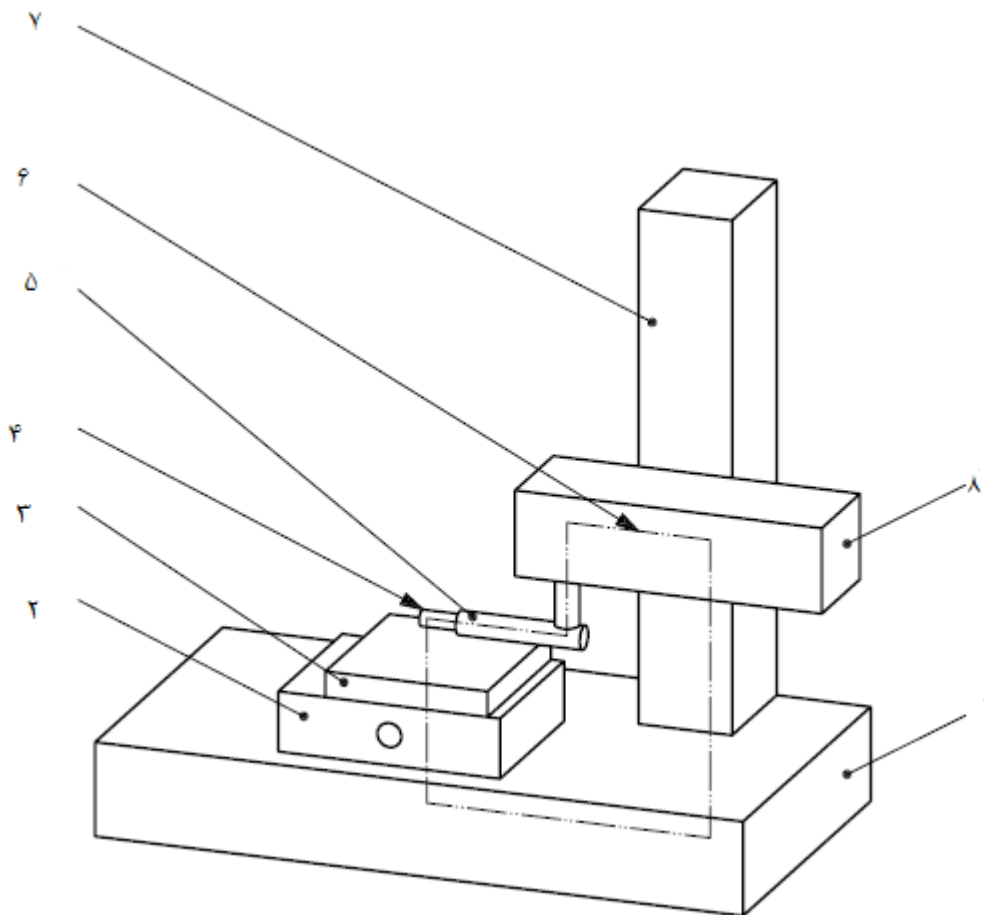
قسمتی از سوزن که در تماس با سطح است معمولاً از الماس ساخته شده که پروفیل آن بطور دقیقی پرداخت شده است. بواسطه شکل نهایی سوسوزن، بر روی بعضی از آرایه‌ها ممکن است سوسوزن نتواند به خوبی در درون فاصله بین عدسی‌ها نفوذ کند که این امر می‌تواند سبب اندازه‌گیری نامناسب و مغشوش از سطح شود. اثر نیروهای سوزن می‌تواند بر روی نتایج اندازه‌گیری به شکل مؤثری تاثیرگذار باشد. اعمال نیروهای زیاد سبب صدمه زدن به سطح آرایه می‌شود و اعمال نیروهای کم سبب می‌شود که سوزن به طور مناسب در تماس با سطح قرار نگرفته و نتایج حاصله از اطمینان بالایی برخوردار نباشند.

ابزارسوزنی بایستی تا حد ممکن بر روی یک سطح و محیط کار فاقد گردوغبار و ارتعاش و به دور از تابش مستقیم نور خورشید قرار گیرند. دمای محیط باید در گستره  $(25 \pm 5)$  درجه سلسیوس باشد (با در نظر گرفتن رطوبت نسبی محیط پایین‌تر از ۷۰ درصد). هرگونه آلودگی عمده از سطح موردنظر ترجیحاً با دمیدن هوای تصفیه شده باید رفع شود. هرگونه روغن و چربی با یک حلال مناسب باید از روی سطح برطرف شود. برای هرگونه شرایط نامنطبق، لازم است ملاحظات مقتضی در نظر گرفته شود.

---

1- Transducer

2- Probe



راهنما:

۵ پراب (برداشت اطلاعات)

۱ پایه

۶ حلقه اندازه گیری

۲ نگهدارنده

۷ ستون

۳ ریزعدسی تحت آزمون

۸ بخش متحرک

۴ سوزن

شکل ۳- اجزاء یک ابزار سوزنی نمونه

قبل از شروع به اندازه‌گیری، بخش الکتریکی مربوط به ابزار سوزنی باید حداقل از یک ساعت قبل روشن شود. این زمان اجازه می‌دهد که سیستم به حالت تعادل پایدار برسد (دستورالعمل سازنده معمولاً یک زمان حداقل جهت پایداری را برای ابزار مشخص می‌کند). قبل از هرگونه اندازه‌گیری، کالیبراسیون ابزار ضروری است. قبل از کالیبراسیون سوزن دستگاه باید بررسی شود تا احتمال وجود هر نوع صدمه یا پوشیدگی با گردوغبار یا روغن از بین برود. وجود سوزن صدمه دیده می‌تواند سبب خطاهای جدی شود. پس از اندازه‌گیری و کالیبراسیون نمونه مصنوعی<sup>۱</sup>، باید مقادیر اندازه‌گیری شده با مقادیر مربوط به نمونه مصنوعی مقایسه

1- Pick-up  
2- Artefact

شود. اگر مقدار اندازه‌گیری شده از مقداری که در گواهی‌نامه کالیبراسیون درج شده متفاوت باشد، باید مجدداً عملیات کالیبراسیون صورت پذیرد.

#### ۳-۱-۱-۵ اندازه و شکل سوزن

مهم است که اندازه و شکل سوزن به طور مناسب انتخاب شود، چرا که این امر به طرق مختلف بر روی درستی پروفیل اندازه‌گیری شده تاثیر می‌گذارد. بر روی آرایه‌هایی که دارای دره‌های عمیق و باریک هستند، ممکن است که سوزن نتواند به دلیل بزرگی به طور کامل تا انتهای دره به دلیل بزرگی شعاع نوک یا زاویه وجه کناری سوزن بنشیند. در چنین حالاتی، مقادیر اندازه‌گیری عمق مدولاسیون سطح از مقادیر حقیقی کوچکتر می‌باشند. شکل مطلوب سوزن به صورت یک مخروط با نوک کروی می‌باشد. این مخروط معمولاً دارای زاویه کناری یا وجهی ۶۰ یا ۹۰ درجه با نوک کروی به شعاع‌های معمول ۱، ۲، ۵ یا ۱۰ میکرومتر می‌باشد.

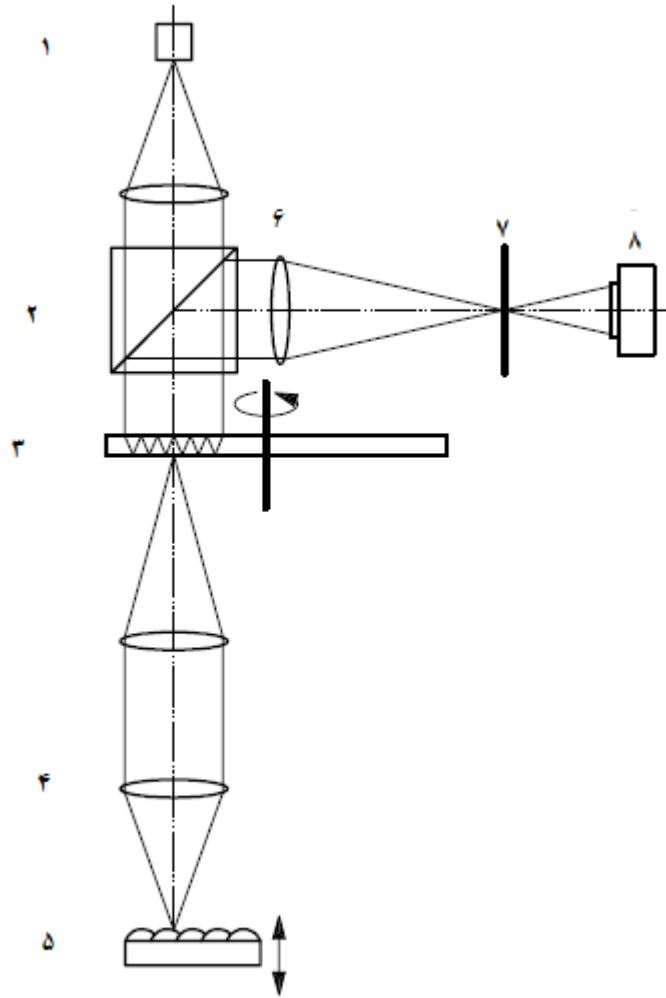
#### ۲-۱-۵ استفاده از میکروسکوپ هم کانون

##### ۱-۲-۱-۵ اصول

اصول هم‌کانونی می‌تواند برای اندازه‌گیری توپوگرافی سطح به کار رود. عمق توسط حرکت سطح مورد نظر از طریق تمرکز و نیز اندازه‌گیری شدت منعکس‌شده با استفاده از یک آشکارساز و روزنه هم کانون تعیین و مشخص می‌شود. وقتی نقطه موردنظر در مرکز کانون قرار گرفت، حداکثر شدت بدست می‌آید و سیگنال وقتی نقطه مورد نظر از کانون فاصله می‌گیرد کاهش می‌یابد. این اصل در میکروسکوپ اسکن‌کننده بکار گرفته می‌شود. با اسکن تصویر یک نقطه نوری بر روی سطح شیء موردنظر، می‌توان سطح را نقطه به نقطه اسکن و اندازه‌گیری نمود.

##### ۲-۲-۱-۵ چیدمان و آماده‌سازی

اصول میکروسکوپ هم‌کانونی براساس ایجاد آرایه‌ای از نقاط نوری بر روی سطح شیء موردنظر با استفاده از یک روزنه پین شکل کوچک چندگانه پوشان (صفحه نیپکو<sup>۱</sup>) ایجاد شده است و این امکان را فراهم می‌سازد تا به طور موازی جمع‌آوری داده‌ها بر روی نقاط چندگانه سطح صورت پذیرد. صفحه نیپکو می‌تواند با یک آرایه ریزعدسی جایگزین شود تا بازده نوری افزایش یابد. این امر در شکل (۴) نمایش داده شده است.

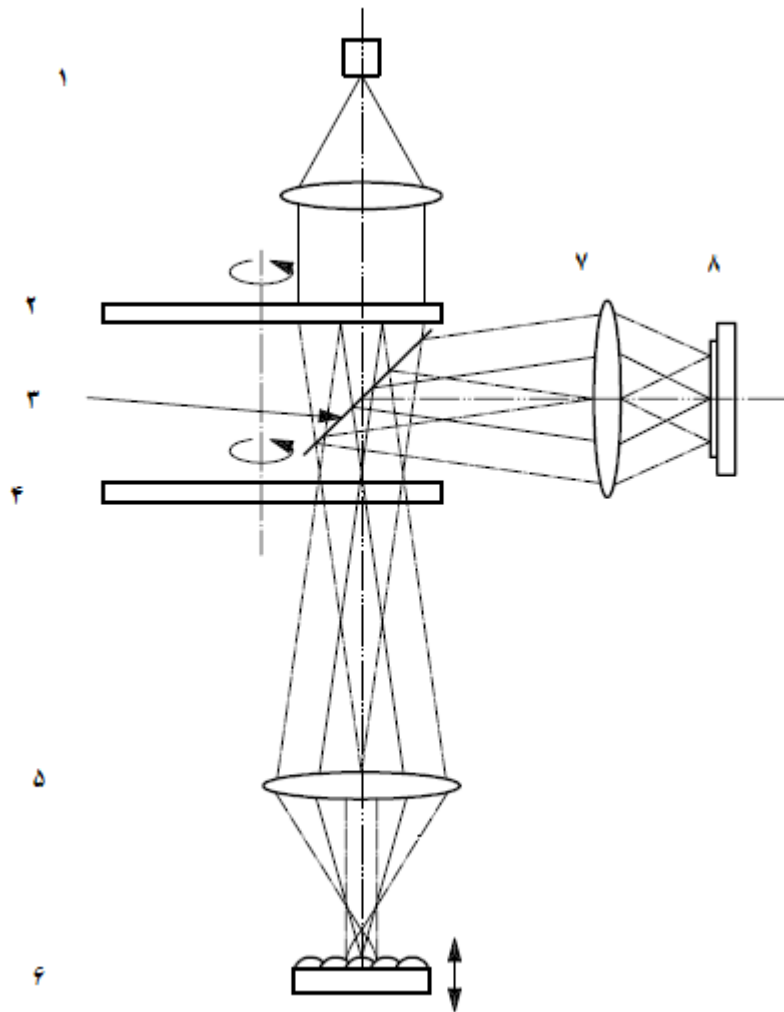


راهنما:

- ۱ منبع نور
- ۲ تقسیم کننده نور
- ۳ صفحه چرخان ریزعدسی (شبيه به يك صفحه نيپكو)
- ۴ عدسی شیئی
- ۵ نمونه
- ۶ عدسی چشمی
- ۷ روزنه<sup>۱</sup>
- ۸ آشکار کننده

شکل ۴- سامانه A مربوط به اندازه گیری هم کانونی میکروسکوپ

شکل (۵) بیانگر چیدمان دیگری با بکارگیری میکروسکوپ هم کانونی با استفاده از یک آرایه ریزعدسی و یک آرایه روزنه‌ای می‌باشد. بکارگیری این سامانه باعث افزایش کارایی جمع کننده تابش اپتیکی شده و همچنین سرعت اسکن را بهبود می‌بخشد که البته این امر به آرایه روزنه‌ای نیز وابسته است. شمایی از این چیدمان اندازه‌گیری در شکل (۶) نشان داده شده است.

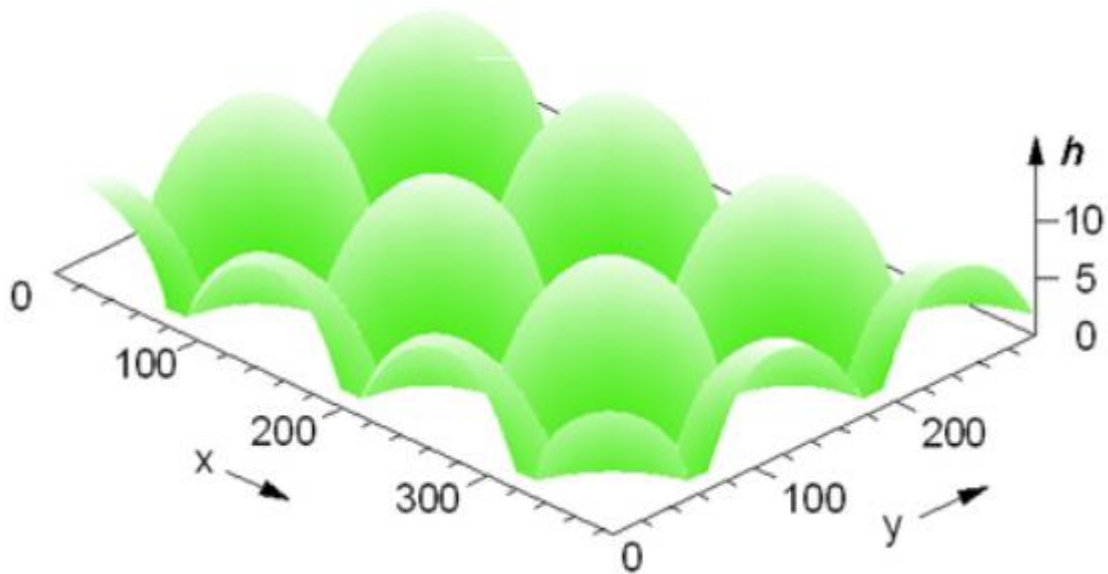


راهنما:

- ۱ منبع نور
- ۲ صفحه چرخان ریزعدسی
- ۳ تقسیم کننده نور
- ۴ آرایه روزنه‌ای (صفحه نیپکو)
- ۵ عدسی شیئی
- ۶ نمونه
- ۷ عدسی چشمی
- ۸ دوربین CCD (Charge – coupled device)

شکل ۵- سامانه B جهت اندازه گیری میکروسکوپ هم کانون





شکل ۶- مثالی از ساختار سطح آرایه ریزعدسی با استفاده از سامانه اندازه‌گیری میکروسکوپ هم‌کانون (این شکل به صورت رنگی است)

## ۲-۵ ضخامت فیزیکی

### ۱-۲-۵ اصول

سندانه‌های میکرومتر، را با بالا و پایین سطح آرایه تماس داده و ضخامت فیزیکی آرایه در نقطه تماس اندازه‌گیری می‌شود. این سندان‌ها ممکن است موازی یا کروی باشند.

### ۲-۲-۵ چیدمان و آماده‌سازی

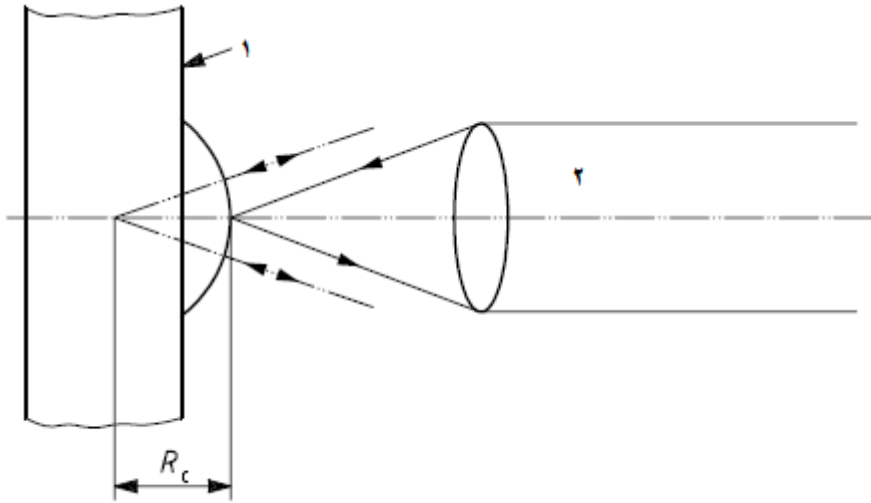
میکرومتر باید با استفاده از بلوک‌های سنجه یا روشی مشابه قبل از هر اندازه‌گیری کالیبره شود. سپس با استفاده از یک پارچه تمیز عاری از هر نوع آلودگی فکها و سطوح اندازه‌گیری میکرومتر باید پاک شوند. سامانه اندازه‌گیری و آرایه ریزعدسی موردنظر باید به مدت لازم (حداقل یک ساعت) در محیط قرار گیرند تا در این زمان شرایط همدمای برقرار شود. باید دقت لازم مدنظر قرار گیرد که میکرومتر در معرض تغییر دمای ناگهانی، نور مستقیم خورشید، تابش گرمایی و یا جریان‌های هوا که باعث تغییرات محسوس دما در آن شوند، قرار نگیرد.

## ۳-۵ شعاع انحنا

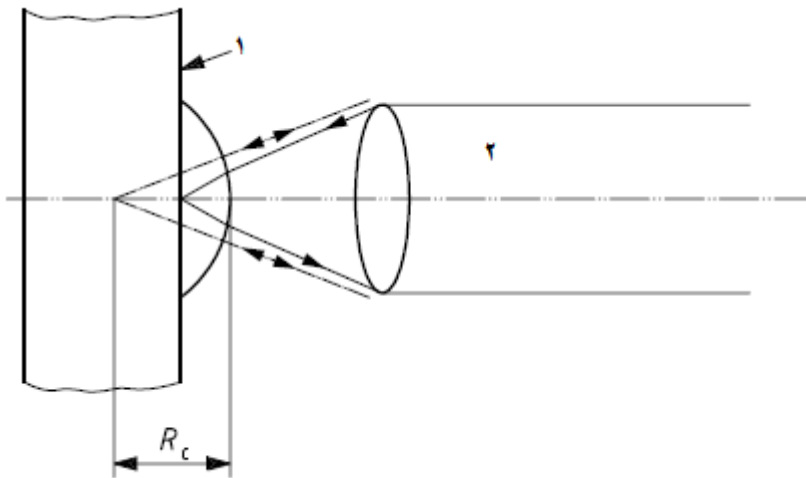
### ۱-۳-۵ اصول

همانگونه که در شکل ۷ نشان داده شده است لازم است تا راس ریزعدسی تحت آزمون در راستای محور نوری قرار گیرد. باید جابجایی لازم جهت قراردادن موقعیت کانونی بر روی مرکز انحنای سطح صورت پذیرد تا به دنبال آن اندازه‌گیری انجام و در این حالت امکان تعیین شعاع انحنای RC میسر شود. باید دقت لازم را جهت جلوگیری از تنظیمات نادرست مانند شکل ۷ ب و ج مدنظر قرار داد.

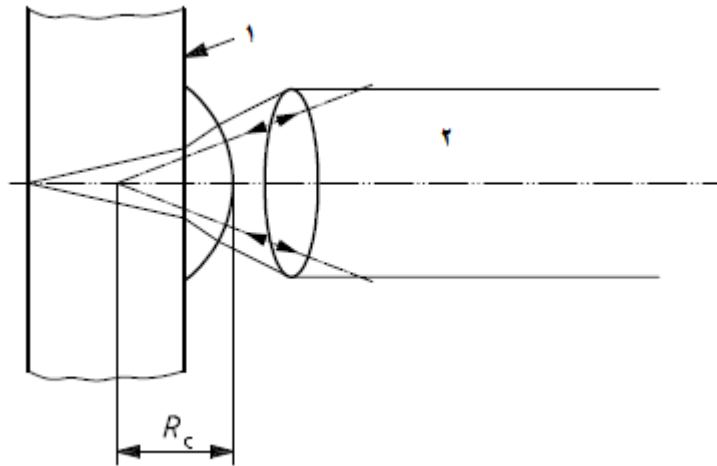
**یادآوری** - با این روش فقط امکان تعیین مرکز انحنای سطح تحت آزمون به شرطی که سطح عدسی کروی باشد، وجود دارد، در غیر این صورت نور بازتابیده نشده و تصویر هم کانون تشکیل نمی‌شود. اگر گمان شود که سطح تحت آزمون کروی نیست، با استفاده از روش تداخل‌سنجی و از طریق تحلیل منطقه‌ای (آنالیز زونال<sup>۱</sup>) می‌توان شکل را برآورد نمود.



الف - مثال تنظیم درست



ب - مثال تنظیم نادرست



پ- مثال تنظیم نادرست

راهنما:

- ۱ سطح زیر لایه
- ۲ کاوند یا پراب نوری
- ۳ شعاع انحنا RC

شکل ۷- محل مرکز انحناء و سطح عدسی کروی با استفاده از یک کاوشگر نوری

### ۵-۳-۲ چیدمان اندازه‌گیری و وسایل آزمون

#### ۵-۳-۱ کلیات

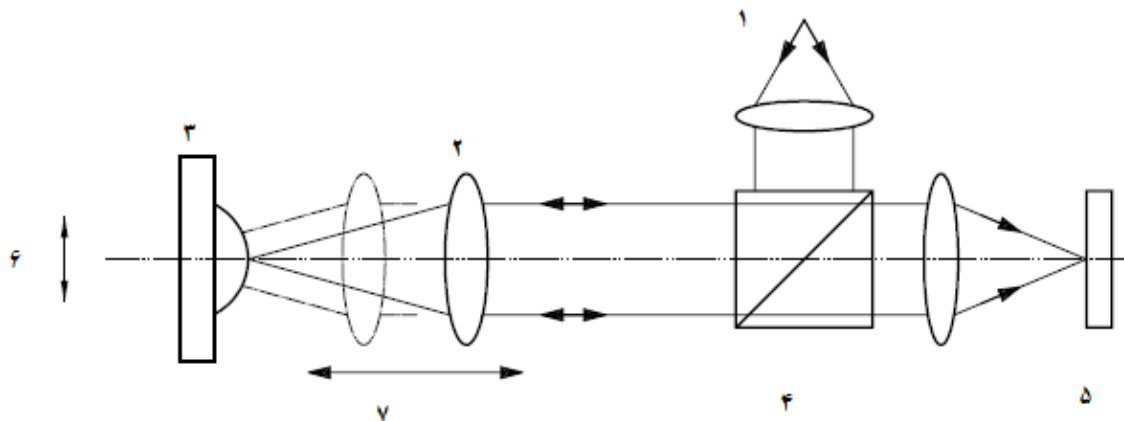
آزمون ریزعدسی‌ها در اصول مشابه آزمون عدسی‌های بزرگتر است اما در خیلی حالات اندازه‌گیری‌های مربوط به عدسی‌های خیلی کوچک مسائل و مشکلات عملی خاص خود را دارد که استفاده از وسایل استاندارد را در این زمینه مشکل می‌سازد. به طور کلی دو روش اپتیکی یکی بر اساس روش میکروسکوپی و دیگری بر اساس روش تداخل‌سنجی در این زمینه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

الف- اولین تکنیک، بکارگیری از یک میکروسکوپ مجهز به ترانسدیوسر جابجایی، منبع نور مناسب، شیء آزمون، دوربین ویدئویی، نمایشگر و آنالایزر تصویر (اسکن خطی شدت نور) تشکیل شده است. در ابتدا کانون میکروسکوپ بر راس ریزعدسی منطبق می‌شود. مقدار شعاع انحناء از اندازه‌گیری جابجایی لازم جهت قرارگیری کانون میکروسکوپ و جانمایی آن بر مرکز انحناء سطح، مطابق شکل (۸) نتیجه می‌شود.

یک وسیله کمکی متمرکزکننده در میکروسکوپ مانند یک رتیکل تنظیم کننده میدان تقسیم‌شده<sup>۱</sup> می‌تواند به طور واضح‌تری نوک راس ریزعدسی را در زمان مشاهده با نور منعکس شده جانمایی کند. موقعیت مرکز انحناء زمانی که میکروسکوپ نزدیک مرکز متمرکز می‌شود قابل جایابی است چون یک تصویر هم‌کانون توسط بازگشت اشعه‌های انعکاسی به صورت تقریباً عمود بر سطح عدسی شکل می‌گیرد. آزمون توسط نور سفید یا نور تکفام قابل اجرا است.

1- split-field focusing graticule

ب- تکنیک دوم، با بکارگیری اصول تداخل‌سنجی و ایجاد الگوهای تداخل‌سنجی شکل می‌گیرد که مکان سطح آزمون یا مکان مرکز انحنا را مشخص می‌کند. تداخل‌سنج مورد استفاده در آزمون ممکن است یکی از چند نمونه تداخل‌سنجها از جمله فیزیو، یک تداخل‌سنج برش جانبی یا توپمن - گرین باشد. این تداخل-سنجها به طور کامل در استاندارد ملی ایران شماره ... و ۱ - ISO / TR14999 شرح داده شده‌اند. یک مزیت تداخل‌سنجی این است که برای عدسی‌های با انحراف زیاد، تغییرات شعاع انحنا با شعاع روزنه به طور واضحی می‌تواند از الگوهای تداخل بدست آورده شود. تداخل‌سنجی به تغییرات کوچک، طول مسیر نور بسیار حساس است و معمولاً لازم است تا تداخل‌سنج بر روی یک میز ضد ارتعاش نصب شده و اغتشاشات جریان هوای اطراف آن به حداقل برسد. بندهای ۵ تا ۸ بر روی تکنیک میکروسکوپ تمرکز نموده و تکنیک تداخل‌سنجی در پیوست الف شرح داده شده است.



راهنما:

- ۱ منبع نور جهت روشن نمودن سطح عدسی
- ۲ شیئی میکروسکوپ
- ۳ ریزعدسی تحت آزمون
- ۴ تقسیم‌کننده نور
- ۵ دوربین CCD
- ۶ تنظیم‌های عرضی و جانبی (X و Y) نسبت به مرکز ریزعدسی
- ۷ تنظیم محوری (Z) میکروسکوپ برای جانمایی نوک عدسی و مرکز انحنا

شکل ۸ - بکارگیری میکروسکوپ برای اندازه‌گیری شعاع انحنا یک سطح ریزعدسی

۵-۳-۲-۲ سامانه آزمون

۵-۳-۲-۱ میکروسکوپ

یک میکروسکوپ مجهز به ابزار جانبی تمرکزکننده مانند یک تقسیم‌کننده تصویر اندازه‌یاب، تنظیمات متمرکز شده را روی سطوح صاف و بدون برجستگی ممکن می‌سازد تا این امکان فراهم شود که مرکز انحنا توسط تصویربرداری هم‌کانون جایابی شود.

جابجایی سطح آزمون نسبت به عدسی شیئی میکروسکوپ توسط یک ترانسدیوسر جابجایی کالیبره‌شده اندازه‌گیری می‌شود. دقت شود که میزان سطح عدسی‌های مورد نظر برای اندازه‌گیری شعاع بواسطه اندازه عددی روزنه مربوط به عدسی شیئی میکروسکوپ دارای محدودیت خواهد بود.

#### ۵-۳-۲-۲-۲ منبع نور

یک منبع نور که امواج را در طیف وسیعی از طول موجها تابش نماید مانند یک منبع نور تابان و یا یک منبع نوری که تابشی در طول موج مشخصی دارد برای انجام آزمون مناسب است.

#### ۵-۳-۲-۲-۳ نمایش تصویر

اگر تصویر ایجاد شده توسط میکروسکوپ توسط یک دوربین ویدئویی بر روی یک صفحه تلویزیونی منتقل شود، یک نمایشگر الکترونیکی شدت می‌تواند به مکانیابی بهترین موقعیت کانون کمک کند. تفکیک پذیری و وضوح سامانه تصویربرداری باید به اندازه کافی مناسب باشد تا بهترین تصویر کانونی تحقق یابد.

#### ۵-۳-۲-۲-۴ سطح کروی استاندارد

یک سطح کروی با شعاع انحنای معلوم باید بکار رود تا به عنوان یک شبیه‌ساز و مرجع مصنوع عمل نموده و عملکرد سامانه اندازه‌گیری از طریق آن تأیید شود. خروج از کرویت بایستی کمتر از  $\lambda/2$  جذر میانگین مربع بیراهی باشد. اندازه شعاع این مرجع مصنوع باید مشابه با شعاع شیئی تحت آزمون باشد.

#### ۵-۳-۲-۳ آماده‌سازی

برای حصول نتایج سازگار، تجهیزات آزمون باید در محیطی که دمای آن کنترل می‌شود، ترجیحاً دمای ۲۰ درجه سلسیوس قرار داده شود و سامانه اندازه‌گیری نباید در معرض ارتعاش قرار گیرد.

#### ۵-۴ آماده‌سازی سطح آرایه ریزعدسی برای فرآیند اندازه‌گیری

برای حصول نتایج سازگار، تجهیزات آزمون باید در محیط کنترل شده دمایی با دمای ترجیحی ۲۰ درجه سلسیوس نگهداری شود و سامانه اندازه‌گیری نباید در معرض ارتعاش قرار گیرد.

سطوح اپتیکی تحت آزمون باید تمیز باشند. سطوح شیشه‌ای بدون پوشش مجاز هستند تا با استفاده از پارچه پشمی و الکل تمیز شوند. پارچه کتان پشمی در مقدار خیلی کم از حلال قبل از تماس با سطح خیس شده و تنها یک بار بر روی سطح نوری کشیده شود و سپس دور انداخته شود. این عمل کمک می‌کند تا خطر خراش سطح به حداقل برسد. با استفاده از یک برس از جنس موی شتر یا از هوای فشرده تصفیه شده، می‌توان گردوغبار را پاک نمود.

درخصوص سطوح نوری پوشش‌دار مانند سطوح ضدتابش باید دقت زیادی مدنظر قرار گیرد و نباید تا زمانی که واقعاً لازم است آنها را تمیز کرد. برای برطرف نمودن گردوغبار آنها، استفاده از هوای تصفیه‌شده فشرده توصیه می‌شود. اطلاعات لازم در خصوص استفاده صحیح از حلال‌ها و مواد پاک‌کننده باید لحاظ و مدنظر قرار گیرند.

## ۶ روش اجرایی

### ۶-۱ اندازه‌گیری گام و عمق مدولاسیون سطح (برآمدگی عدسی)

#### ۶-۱-۱ اندازه‌گیری‌های اولیه

روش‌های اجرایی کالیبراسیون استاندارد تجهیزات اندازه‌گیری باید به طور کامل انجام شوند. لازم است تا آرایه عدسی نسبت به محورهای جانبی (X و Y) اسکن سوزن سامانه اندازه‌گیری، هم محور شوند. در ضمن لازم است تا این تنظیمات در حدود کاری گستره کاری عمودی دستگاه قرار داشته باشد. یک اندازه‌گیری اولیه بر روی آرایه انجام می‌شود تا پروفیل سطح ارزیابی شود. تنظیمات موقعیتی و سطحی آرایه جهت اطمینان از این که ابزار سوزنی در امتداد مرکز هر عدسی اسکن را انجام می‌دهد و نیز در حدود کاری گستره کاری عمودی دستگاه است باید صورت پذیرد. لازم به توضیح است که اگر سطح آرایه در گستره حرکتی ابزار دستگاه نباشد، اندازه‌گیری قابل انجام نیست. لازم است تا تعدادی اندازه‌گیری در امتداد سطح آرایه انجام شود و تنظیمات نهایی مناسبی در حدود موقعیتی آرایه انجام گیرد تا اطمینان حاصل شود که همراهی و میزان بودن آرایه به درستی انجام شده است.

پارامترهای موثر در اندازه‌گیری (سرعت ماشین، فرکانس و غیره) باید به طور مناسب انتخاب شوند. این موارد به سامانه اندازه‌گیری و مرجع مورد نظر که باید براساس نکات ارائه شده در دستورالعمل کاری دستگاه تهیه شود، بستگی دارد. دقت شود از فیلتر زبری سطح استفاده نشود. فاصله نمونه‌گیری (فاصله پیموده شده توسط سوزن در امتداد سطح) با طول ارزیابی اولیه یکسان بوده و طوری انتخاب شود که تعداد قله‌های پروفیل سطح از ۱۰ عدد کمتر نباشد.

#### ۶-۱-۲ انجام اندازه‌گیری‌ها و تفسیر نتایج

لازم است تا تعداد قابل‌ملاحظه و مناسبی از مسیرهای آشکارسازی جهت یافتن پروفیل در امتداد محورهای X و Y نزدیک راس عدسی (جهت اجتناب از هر نوع عیب) انجام شود. پس از انجام اندازه‌گیری‌ها، این امکان وجود دارد که قدری کجی وجود داشته باشد که می‌توان با عملیات خطی‌سازی آن را اصلاح نمود. این عمل از طریق نرم‌افزار سامانه اندازه‌گیری قبل از هر نوع محاسبات اندازه‌گیری پارامترها انجام می‌پذیرد. اندازه گام  $P_x$  و  $P_y$  و عمق مدولاسیون سطح ( $h$ ) پارامترهایی هستند که در جهت X و Y در امتداد آرایه بایستی مطابق استانداردهای ایزو مربوطه محاسبه گردند.

#### ۶-۲ اندازه‌گیری ضخامت فیزیکی

میکرومتر قبل از هر نوع اندازه‌گیری با استفاده از یک بلوک‌سنجه یا مرجع مصنوع مشابه لازم است کالیبره شود. دقت شود از میکرومتر با گستره مناسب استفاده شود. لازم است یادآوری شود که تا حد امکان اندازه‌گیری‌ها در مرکز عدسی انجام شده و خطاهای مربوط به اختلاف رویت به جهت زاویه دید ناظر به حداقل رسیده باشد. حداقل ده اندازه‌گیری در امتداد آرایه ریزعدسی باید انجام شود.

## ۳-۶ اندازه گیری شعاع انحنای

با استفاده از یک ابزار مرجع کروی مصنوعی، شعاع انحنای اندازه گیری می شود تا عملکرد سامانه آزمون تایید شود. شعاع ابزار کالیبراسیون باید مشابه شعاع ریزعدسی تحت آزمون باشد.

نحوه اندازه گیری با تمرکز میکروسکوپ بر روی نوک سطح آزمون و تمرکز مجدد میکروسکوپ در مرکز انحنای سطح مطابق شکل (۸) می باشد. در موقعیت ثانویه (موقعیت هم کانونی) عدسی شیئی میکروسکوپ یک رتیکل، این امکان را خواهد داد که در میکروسکوپ مکان مرکز انحنای مشخص شود. سطح با زاویه دید عمود بر سطح روشن نموده و پرتوها در پشت آنها بازتابیده می شود. تصویر هم کانونی سطح مورد آزمون منطبق با محور نوری میکروسکوپ تنظیم می شود و این میزان کردن توسط تنظیمات متوالی صورت گرفته تا سرانجام تصویر کانونی در مرکز قرار گیرد. شعاع انحنای برابر فاصله محوری بین دو موقعیت اشاره شده در آزمون است.

## ۷ نتایج و عدم قطعیت ها

متوسط یک دسته از مقادیر اندازه گیری شده مربوط به شعاع انحنای باید محاسبه و ثبت شود. یک تحلیل آماری از واریانس مقادیر اندازه گیری شده باید صورت پذیرفته و ارزیابی از برآورد ناریبی از انحراف معیار انجام شود. این فرآیند مشخص کننده سهم عدم قطعیت نوع A مربوط به عدم قطعیت گسترده است. منابع نمونه برای عدم قطعیت در جدول یک آورده شده اند.

جدول ۱- ملاحظات عدم قطعیت

منبع	نوع	حدود عدم قطعیت
اندازه گیری شعاع انحنای	A	از حداقل یک دسته شامل نه نمونه اندازه گیری محاسبه می شود
کالیبراسیون	A/B	با نوع وسایل اندازه گیری و روش کالیبراسیون تغییر می کند

یک فاکتور کالیبراسیون می تواند خطای کوسینوسی و خطای عدد آبه را تصحیح کند که این امر از طریق روش اجرای کالیبراسیون تعیین می شود. برآورد عدم قطعیت ممکن است براساس نوع A یا B باشد. بهترین شرایط اندازه گیری بهینه توسط ثبت و کنترل دما و رطوبت نسبی در طی اندازه گیری صورت می پذیرد و همیشه بایستی زمان لازم به دستگاه برای همدمایی با محیط داده شود. خطای انحراف عدد آبه از طریق نزدیکی هرچه بیشتر ترانسدیوسر اندازه گیری جابجایی با محور اپتیکی به حداقل می رسد. مقادیر متوسط اندازه گیری های انجام شده در هر مرحله به همراه خطاهای استاندارد میانگین باید محاسبه و ثبت گردند.

عدم قطعیت استاندارد مرکب بایستی با جمع خطای استاندارد مربوط به متوسط مقادیر اندازه گیری شده در اندازه گیری های تکراری در امتداد سطح آرایه، با عدم قطعیت استاندارد مربوط به دستگاه و سامانه اندازه گیری محاسبه شود.

## ۸ گزارش آزمون

نتایج آزمون باید ثبت شده و در صورت امکان شامل اطلاعات زیر باشد:

### الف- اطلاعات کلی:

- ۱- آزمون باید مطابق این استاندارد انجام شود.
- ۲- تاریخ کالیبراسیون، روش اجرایی کالیبراسیون و ارزیابی عدم قطعیت کالیبراسیون
- ۳- تاریخ آزمون
- ۴- نام و آدرس سازمان انجام‌دهنده آزمون
- ۵- تایید صلاحیت (در صورت ارتباط)
- ۶- نام شخص انجام‌دهنده آزمون

### ب- اطلاعات درمورد عدسی تحت آزمون

- ۱- نوع عدسی
- ۲- سازنده
- ۳- مدل سازنده
- ۴- شماره سریال

### پ- شرایط آزمون

- ۱- روش آزمون مورد استفاده
- ۲- وسایل آزمون
- ۲-۱- ابزار سوزنی، سازنده و مدل
- ۲-۲- میکرومتر، سازنده و مدل
- ۳- پارامترهای اندازه‌گیری
- ۳-۱- شعاع سوزن
- ۳-۲- سرعت دستگاه
- ۳-۳- فرکانس نمونه‌برداری
- ۳-۴- طول نمونه‌برداری
- ۴- شرایط محیطی در زمان اندازه‌گیری
- ۴-۱- دما
- ۴-۲- رطوبت نسبی

### د- نتایج آزمون



- ۱- گام
- ۲- عمق مدولاسیون سطح
- ۳- ضخامت فیزیکی
- ۴- شعاع انحناء
- ۵- جدول عدم قطعیت

## پیوست الف

### (الزامی)

#### اندازه‌گیری با یک سامانه تداخل سنج فیزیو

##### الف-۱ چیدمان اندازه‌گیری و تجهیزات آزمون

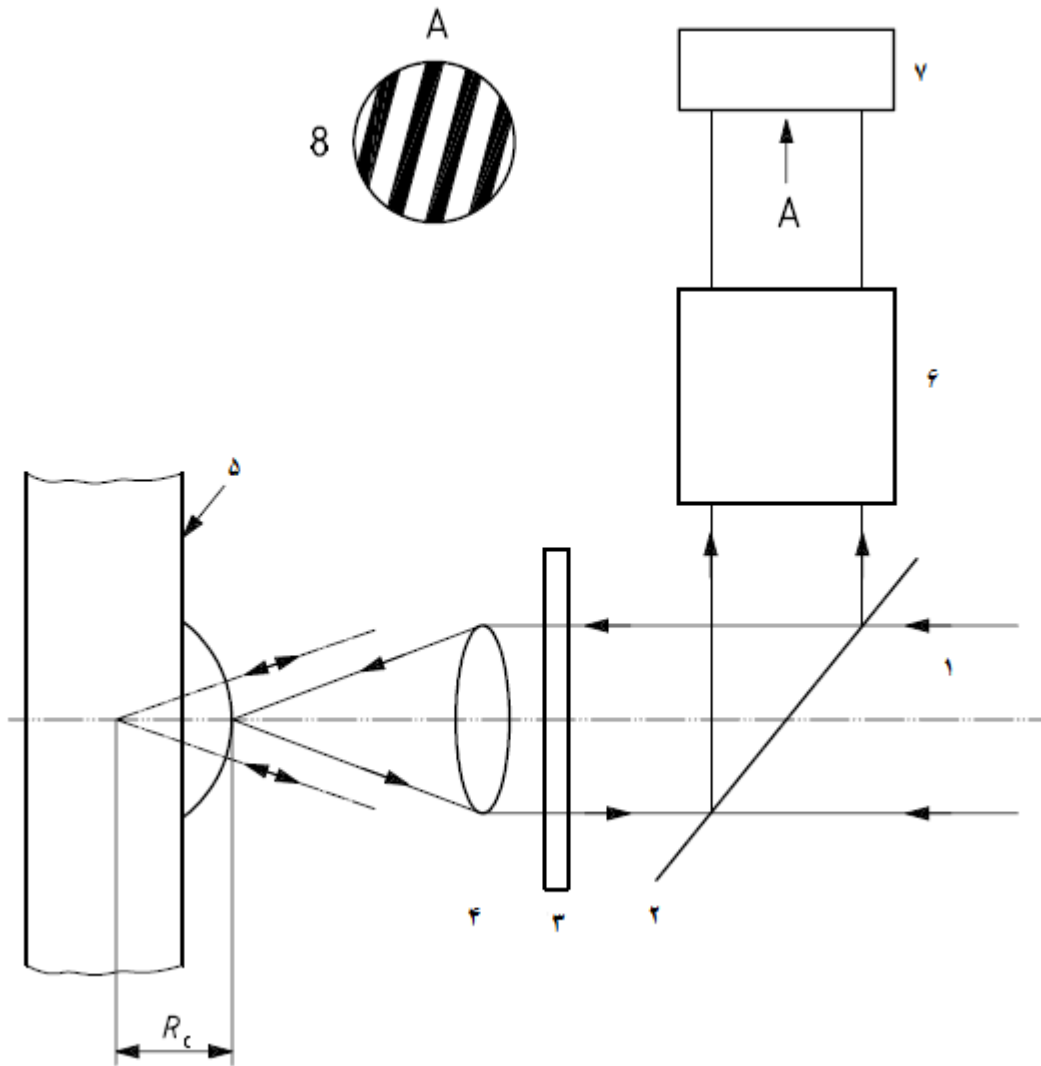
شعاع انحنای با استفاده از یک تداخل‌سنج قابل اندازه‌گیری است، در این فرآیند سطح راس عدسی مکان‌یابی و موقعیت هم‌کانونی مشخص می‌شود و این امر با استفاده از یک ترانسدیوسر جابجایی خطی برای اندازه‌گیری طول انجام می‌شود. یکی از وسایل زیر برای این مقصود می‌تواند به کار رود:

- تداخل‌سنج فیزیو<sup>۱</sup>
- تداخل‌سنج تویمن - گرین<sup>۲</sup>
- تداخل‌سنج برش عرضی<sup>۳</sup>
- تداخل‌سنج شاک - هارتمن<sup>۴</sup>

استفاده از یک تداخل‌سنج فیزیو چنانکه در شکل ۱ نمایش داده شده است در اینجا به عنوان مثال شرح داده می‌شود. بخشی از یک دسته پرتو موازی از یک منبع نور همدوس مکانی و زمانی از یک سطح مرجع بازتابیده شده تا یک جبهه موج مرجع را تولید کند. نور انتقالی در یک نقطه توسط یک عدسی با کیفیت بالا متمرکز می‌شود و این نقطه برای تعیین موقعیت سطح عدسی و مرکز انحناء ملاک عمل قرار می‌گیرد. الگوهای تداخلی جهت تعیین مکانهای نمایش داده می‌شوند. در اصل، تداخل‌سنج‌ها برای آزمون عدسیهای بزرگ طراحی شده‌اند، به عنوان مثال تداخل‌سنج فیزیو، ولی در عین حال ممکن است این وسایل برای اندازه‌گیری ریزعدسی‌ها هم مناسب به نظر برسند. ولی در عمل، مشکلاتی بخاطر وجود پرتوهای انعکاسی پراکنده از سطوح ثانویه که در نزدیکی و مجاورت سطح تحت آزمون هستند وجود دارد. نیاز به بزرگنمایی نسبی بالا، ممکن است سبب بروز دشواری‌هایی در تمرکز بر روی دهانه خروجی عدسی‌های متمرکزکننده شود. در تداخل‌سنج‌هایی که به‌طور ویژه برای ریزعدسی‌ها طراحی شده‌اند این مشکلات برطرف شده است.

---

1- Fizeau Interferometer  
2-Twyman-Green Interferometer  
3- Lateral Shearing Interferometer  
4- Shack-Hartmann device



**راهنما:**

- ۱ نور موازی شده
- ۲ تقسیم کننده پرتو
- ۳ سطح مرجع
- ۴ عدسی متمرکز کننده
- ۵ سطح آزمون
- ۶ سامانه تصویربرداری تلسکوپی
- ۷ دوربین CCD
- ۸ الگوی تداخل سنجی
- ۹ شعاع انحناء ( $R_c$ )

شکل الف-۱- تداخل سنج فیزیو

**الف-۲ اندازه گیری شعاع انحناء**

عدسی تحت آزمون ابتدا به موقعیتی برده می شود که مرکز انحنای ریزعدسی با مرکز کانونی پرتو تداخل- سنج منطبق شود. سپس به طور قائم و زاویه عمود نور به سطح تابانده می شود، قسمتی از این نور از طریق سامانه به عقب منعکس شده تا الگوی تداخل سنجی شکل گیرد. سپس موقعیت عدسی تنظیم می شود تا

نوارهای تداخل‌سنجی تولید شود که به طور اسمی مستقیم، موازی و دارای فواصل مساوی بوده و یا الگوی ذکر شده تشکیل نشود.

سپس ریزعدسی در راستای محور  $Z$  (محور نوری) جابجا می‌شود تا کانون پرتو نوری با سطح ریزعدسی منطبق شود. در این موقعیت، بخشی از نور به صورت چشم‌گره<sup>۱</sup> به عقب تداخل‌سنج منعکس می‌شود تا با نور مربوط به پرتو نوری مرجع ترکیب شده و الگوی نوارهای تداخل‌سنجی را تشکیل دهند. موقعیت عدسی به گونه‌ای تنظیم می‌شود که نوارها به طور مستقیم، موازی و دارای فواصل مساوی بوده و یا شدت یکنواخت شود.

شعاع انحنای جابجایی محوری عدسی آزمون بین دو موقعیت ذکر شده در بالا برابر است. اندازه‌گیری این جابجایی‌ها به صورت ساده و معمول توسط یک تداخل‌سنج لیزری اندازه‌گیری طول قابل انجام است. یادآوری - در عمل، نوارهای کاملاً مستقیم تداخل‌سنجی به ندرت قابل بدست آوردن است. اثر انحراف در عدسی تحت آزمون سبب ایجاد درجه‌ای از انحناء می‌شود که در کل میدان تغییر می‌کند. انحراف باقیمانده در سامانه آزمون ممکن است ظاهر شود به خصوص زمانی که از مکانیزم چشم‌گره استفاده می‌شود و هنگامیکه جبهه موج را نسبت به دیگری معکوس می‌کند.

پیوست ب  
(اطلاعاتی)  
یکنواختی فاصله‌بندی آرایه

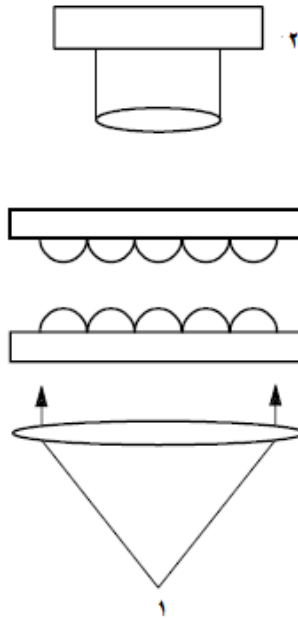
ب-۱ یکنواختی هندسه آرایه

یک روش جهت آزمون یکنواختی هندسه آرایه این است که آرایه را در برابر یک آرایه مرجع و باکیفیت مشخص آزمون کنیم. یک آزمون نسبتاً ساده و سریع این است که آرایه‌های تحت آزمون و مرجع را به گونه‌ای تنظیم کنیم تا الگوی ماره تشکیل شود.

یک الگوی ماره زمانی شکل می‌گیرد که یک آرایه عدسی‌ها برای مشاهده یک آرایه عدسی‌های مشخص قرار گرفته در صفحه کانونی آن بکار گرفته می‌شود. در زمانی که آرایه مرجع با آرایه مورد آزمون همراستا و هم‌محور باشند، یک الگوی ماره مشاهده می‌شود به طوری که هر فرانتز الگوی ماره شامل تصویر بزرگ شده مربوط به المان تکراری در آرایه هدف می‌باشد. اگر آرایه‌ها نسبت به یکدیگر بچرخند، بزرگنمایی و راستای الگوی ماره عوض می‌شود. دو آرایه، دارای هندسه مشابه هستند اگر فرانتزهای ماره<sup>۱</sup> (طرح تداخلی ماره) به حالت باز شده<sup>۲</sup> در آیند لازم است تا جهت دید تنظیم شود به صورتی که بر صفحه آرایه عمود باشد تا از خطاهای مربوط به زاویه دید نور پرهیز شود همانطور که در شکل ب-۱ نشان داده شده است.

---

1- Moire Fringes  
2- Fluff-out



راهنما:

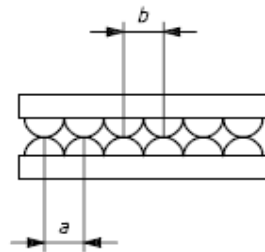
۱ منبع نور

۲ دوربین یا سامانه نمایش

شکل ب-۱- الگوهای ایجاد شده توسط یک زوج آرایه عدسی مشابه

### ب-۲ تئوری

شاید بتوان سامانه بزرگنمایی ماره را با در نظر گرفتن ورنیه ماره به طور ساده‌تری درک کرد در شرایطی که دو آرایه دارای اختلاف ناچیزی در گام‌ها هستند. گام (یا دوره) به صورت فاصله بین واحدهای مجاور در یک آرایه تعریف می‌شود. اثر هر عدسی این است که آرایه هدف را یک نمونه فرض نموده و روزنه عدسی را با توجه به اطلاعات مربوط به آرایه هدف در نقطه کانونی پر می‌کند. اگر آرایه عدسی دارای گام مشابه با آرایه هدف باشد و درست تنظیم شود، تمام عدسی‌ها مناطق مشابهی را از اشیاء مربوطه رصد خواهند کرد و میدان دید یکنواخت می‌شود. چنانکه در شکل (ب-۲) نشان داده شده است. این حالت به فرانتز باز شده تعبیر می‌شود.



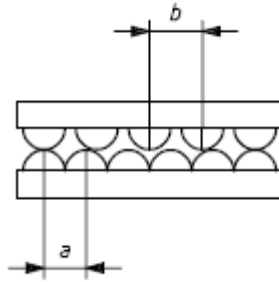
راهنما:

a دوره مکانی آرایه هدف

B دوره مکانی آرایه عدسی

شکل ب - ۲- زوج آرایه‌های عدسی با گام مشابه

اگر دو آرایه دارای گام متفاوت باشند، چنانکه در شکل ب-۳ نشان داده شده است، هر عدسی ناحیه تحتانی مربوط به شیئی خود را مشاهده می کند.



راهنما:

a دوره مکانی آرایه هدف

b دوره مکانی آرایه عدسی

شکل ب - ۳ - زوج آرایه های عدسی با گام متفاوت

چنانچه در امتداد آرایه عدسی، اسکن صورت پذیرد، یک تصویر نمونه از شیء ساخته می شود. این موضوع در یک پریود کامل، مطابق با یک فرانتز ماره، ادامه می یابد و سپس فرآیند مجدداً آغاز می شود. این حالت در عدسی nام اتفاق می افتد که

$$na = (n + 1) b \quad (\text{ب-۱})$$

در این رابطه تعداد عدسی ها n، دوره آرایه شیئی a و دوره آرایه عدسی b است.

و اگر  $a \cong b$  ؛

$$n = \frac{b}{a-b} = \frac{a}{\Delta} \quad (\text{ب ۲})$$

که  $\Delta$  تفاوت بین دوره ها است و داریم:  $\Delta = a - b$

سپس اندازه تصویر بزرگ شده برابر است با

$$\frac{a^2}{\lambda} \quad (\text{ب ۳})$$

و بزرگنمایی برابر  $\frac{a}{\Delta}$  است.

از روابط بالا پیدا است که وقتی اختلاف بین گام ها به سمت صفر میل کند، بزرگنمایی مقدار نامتناهی خواهد داشت. بزرگنمایی نامتناهی مربوط به یک فرانتز ماره به صورت باز شده است.

تصویر بزرگنمایی شده با نمونه قراردادن یک شیئی در تعدادی نقاط جدا از هم ساخته می‌شود که برابر با تعداد عدسی‌ها در فرانتز ماره هستند. کل شیئی ممکن است با جابجایی آرایه عدسی مورد بررسی و اسکن قرار گیرد. در این حالت، تفکیک پذیری تصویر توسط اندازه روزنه و کیفیت ریزعدسیها مشخص می‌شود.

#### ب-۳ تجهیزات

یک آرایه عدسی استاندارد با گام مشابه با آرایه تحت آزمون، دسته پرتو نور موازی، سطح با قابلیت جابجایی خطی، یک سامانه نمایش‌دهنده و یک سطح با قابلیت چرخش موردنیاز است.

#### ب-۴ روش اجرایی

جهت یک ارزیابی سریع، عدسی استاندارد را در تماس و در میدان دید یک نور پس زمینه قرار دهید. جدایش آرایه‌ها با لایه نازک تنظیم شده تا یک تصویر بزرگنمایی شده از آرایه آزمون دیده شود. یک آرایه را به صورت عرضی و گردشی نسبت به آرایه دیگر طوری تنظیم می‌نماییم که نوارهای الگوی ماره ایجاد شود. اگر بتوان نوارهای باز شده را با شدت یکنواختی یکسان ایجاد نماییم آنگاه می‌توان بیان نمود که، دو آرایه هندسه مشابه دارند. برای ارزیابی دقیق‌تر، آرایه‌های عدسی بر روی سطح با قابلیت جابجایی خطی قرار گرفته و دقیقاً میزان می‌شود و سپس از الگوهای ماره عکس‌برداری می‌شود.



## کتابنامه

- [1] ISO 3274, Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method — Nominal characteristics of contact (stylus) instruments
- [2] ISO 4287:1997, Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method — Terms, definitions and surface texture parameters
- [3] ISO 4288, Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method — Rules and procedures for the assessment of surface texture
- [4] ISO 5436-1, Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method; Measurement standards — Part 1: Material measures
- [5] ISO 14880-2, Optics and photonics — Microlens arrays — Part 2: Test methods for wavefront aberrations
- [6] ISO/TR 14999-1, Optics and photonics — Interferometric measurement of optical elements and optical systems — Part 1: Terms, definitions and fundamental relationships
- [7] FLACK, D.R. Measurement Good Practice Guide No 40 — Callipers and Micrometers. NPL Teddington 2001
- [8] LEACH, R.K. Measurement Good Practice Guide No 37 — The measurement of Surface Texture using Stylus Instruments. NPL Teddington 2001
- [9] Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM), BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, 1993, corrected and reprinted in 1995
- [10] HUTLEY, M.C., DALY, D. STEVENS, R.F. The testing of microlens arrays, Proc. IOP/NPL meeting on Microlens Arrays, held at NPL Teddington, May 1991, IOPP Bristol, pp. 67-81
- [11] DALY, D., HUTLEY, M.C. Microlens measurement at NPL, Proc IOP/NPL meeting Microlens Arrays, held at NPL Teddington, May 1993, pp. 50–54
- [12] SCHWIDER, J., FALKENSTORFER, O. Twyman-Green interferometer for testing microspheres, Proc IOP/NPL meeting Microlens Arrays, held at NPL Teddington, May 1995, pp. 60-64
- [13] STEVENS, R.F. Optical inspection of periodic structures using lens arrays and moiré magnification. The Imaging Science Journal, **47**, 1999, pp. 173–179
- [14] TIZIANI, H.J., HAIST, T., REUTER, S. Optical inspection and characterization of microoptics using confocal microscopy, Optics and Lasers in Engineering, **36**, 2001, pp. 403-415