INSO
21768
1st.Edition
2017
Identical with
ISO 17328:2014

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

استاندارد ملی ایران
۲۱۷۶۸
چاپ اول
۱۳۹۵

اپتیک و فوتونیک - مواد و قطعات اپتیکی - روش آزمون برای ضریب شکست مواد اپتیکی فروسرخ

Optics and photonics – Optical materials and components – Test method for refractive index of infrared optical materials

ICS: 37.020

سازمان ملی استاندارد ایران

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

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج ، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸- ۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.org.ir

وبگاه: http://www.isiri.gov.ir

Iranian National Standardization Organization (INSO)

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

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

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

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

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.org.ir

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

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

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

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

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

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

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

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

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«اپتیک و فوتونیک - مواد و قطعات اپتیکی - روش آزمون برای ضریب شکست مواد اپتیکی فروسرخ»

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
آقاجانی، امیر (کارشناسی ارشد فوتونیک)	سازمان فضایی ایران
دبیر:	
مسافر قشلاق، مهدی (کارشناسی ارشد فیزیک)	اداره کل استاندارد استان قزوین
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
پیشدست، مسعود (دکترای فوتونیک)	پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای – پژوهشکده پلاسما و گداخت هسته‌ای
رحمنی، سعید (کارشناسی ارشد اپتومتری)	دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید بهشتی
روغنی، امیر (کارشناسی فیزیک)	تولید مخازن گاز طبیعی آسیاناما
عجمی، عاطفه (کارشناسی ارشد مهندسی سیستم‌های اقتصادی اجتماعی)	آزمایشگاه اپتیک سازمان جهاد دانشگاهی صنعتی شریف
کهریزی، امیر (کارشناسی ارشد فوتونیک)	طراح سیستم‌های اپتیکی
مرادی، رحیم (دکتری فیزیک)	دانشگاه ساپینزای رم
مرشد عباسی، مجید (کارشناسی فیزیک)	رئیس اداره اندازه‌شناسی و اوزان و مقیاس‌ها - اداره کل استاندارد استان قزوین
میرزایی کجانی، مریم (دکتری فیزیک)	گروه پژوهشی مهندسی پزشکی - پژوهشگاه سازمان ملی استاندارد ایران

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/یا محل اشتغال:**
نجفی لیاولی، مهرداد (کارشناسی ارشد فیزیک)	عضو مستقل
نصیرلو، زلیخا (کارشناسی ارشد فیزیک)	تولیدی نشا گستر پردیس
نهاوندی، مریم (کارشناسی مهندسی برق)	اداره کل استاندارد استان قزوین

ویراستار:

فرجی، رحیم (کارشناسی ارشد شیمی)	گروه پژوهشی مهندسی پزشکی- پژوهشگاه سازمان ملی استاندارد ایران

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

پیش‌گفتار ز
مقدمه ح
۱ هدف و دامنه کاربرد ۹
۲ مراجع الزامی ۹
۳ اصطلاحات و تعاریف ۹
۴ روش برای اندازه‌گیری ۱۰
۴-۱ کلیات ۱۰
۴-۲ اصول ۱۰
۴-۳ دستگاه و روش اجرایی برای اندازه‌گیری ۱۲
۴-۴ طول‌موج باریکه نور برای اندازه‌گیری ۱۳
۵ آزمونه‌ها ۱۳
۵-۱ شکل و ابعاد منشور آزمونه ۱۳
۵-۲ دقت سطح ۱۴
۶ گزارش آزمون ۱۴
پیوست الف (آگاهی دهنده) دستگاه اندازه‌گیری ۱۵
پیوست ب (آگاهی دهنده) تحلیل خطاها ۲۴
کتاب‌نامه ۲۷

پیش‌گفتار

استاندارد «اپتیک و فوتونیک - مواد و قطعات اپتیکی - روش آزمون برای ضریب شکست مواد اپتیکی فروسرخ» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی/منطقه‌ای به‌عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تهیه و تدوین شده، در ششصد و ششمین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد مهندسی پزشکی مورخ ۱۳۹۵/۱۱/۰۳ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

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

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

ISO 17328 : 2014 , Optics and photonics – Optical materials and components – Test method for refractive index of infrared optical materials

مقدمه

این استاندارد برای اندازه‌گیری ضریب شکست مواد اپتیکی فروسرخ نسبت به هوا به‌کار برده می‌شود.

دو روش عمده برای اندازه‌گیری ضریب شکست مواد فروسرخ وجود دارد. این روش‌ها، روش‌های تداخل سنجی و روش‌های انحراف کمینه هستند. در این استاندارد، یک روش آزمون با استفاده از انحراف کمینه برای مواد فروسرخ شرح داده می‌شود که در گستره طیفی مرئی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. مزیت این روش، قابل کاربرد بودن آن برای انواع بیشتری از مواد در مقایسه با روش‌های تداخل سنجی و همچنین سهولت پردازش داده‌ها به‌دلیل اصول اندازه‌گیری ساده آن می‌باشد.

اپتیک و فوتونیک - مواد و قطعات اپتیکی - روش آزمون برای ضریب شکست مواد اپتیکی فروسرخ

۱ هدف و دامنهٔ کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش اندازه‌گیری ضریب شکست مواد فروسرخ مورد استفاده در گستره طیفی فروسرخ از ۰٫۷۸ میکرومتر تا ۲۵ میکرومتر، نسبت به هوا است.

این استاندارد در موارد زیر کاربرد ندارد:

الف- روش‌های اندازه‌گیری ضریب شکست مواد دوشکستی[1]

ب- روش‌های اندازه‌گیری ضریب شکست مختلط

۲ مراجع الزامی

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

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

استفاده از مرجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

ISO 11382:2010, Optics and photonics - Optical materials and components - Characterization of optical materials used in the infrared spectral range from 0,78 µm to 25 µm

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به‌کار می‌رود:

۱-۳

ضریب شکست

ضریب شکست مطلق

---

1 - Birefringent

refractive index

absolute refractive index

نسبت سرعت امواج الکترومغناطیسی در یک طول موج مشخص در خلاء به سرعت امواج در ماده.

۲-۳

ضریب شکست نسبی

relative refractive index

نسبت ضریب شکست (مطلق) ماده‌ی آزمونه به ضریب شکست (مطلق) ماده‌ی در تماس با آزمونه، در یک طول موج مشخص.

۳-۳

زاویه انحراف کمینه

angel of minimum deviation

زاویه بین پرتو فرودی بر منشور آزمونه و پرتو خروجی از منشور آزمونه در مقدار کمینه آن که هنگامی رخ می‌دهد که پرتو داخل منشور آزمونه، زوایای برابری با وجوه ورودی و خروجی منشور آزمونه بسازد.

۴ روش اندازه‌گیری

۱-۴ کلیات

در این استاندارد، روش انحراف کمینه برای اندازه‌گیری ضریب شکست شرح داده می‌شود.

روش انحراف کمینه باید برای اندازه‌گیری ضریب شکست به‌کار برده شود.

۲-۴ اصول

همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، هنگامی‌که باریکه نور تک‌فام به‌وسیله منشور آزمونه با انحراف کمینه شکسته می‌شود، ضریب شکست منشور آزمونه نسبت به هوا در طول موج باریکه نور تک‌فام با معادله (۱) بیان می‌شود:

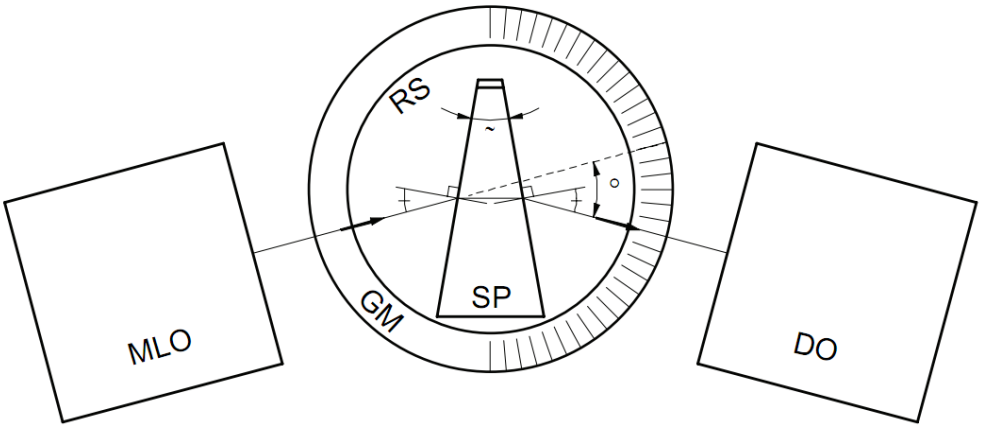
$$n_{rel} = \frac{\sin\left[(\alpha + \delta)/2\right]}{\sin(\alpha/2)} \qquad (۱)$$

که در آن:

n_{rel} ضریب شکست منشور آزمونه نسبت به هوا؛

α زاویه رأس منشور آزمونه؛

δ زاویه انحراف کمینه باریکه نور تک‌فام شکسته شده به‌وسیله منشور آزمونه است.



راهنما:

MLO اپتیک منبع نور تک‌فام

SP منشور آزمونه

RS پایه چرخان

GM گونیومتر[1]

DO اپتیک آشکارساز

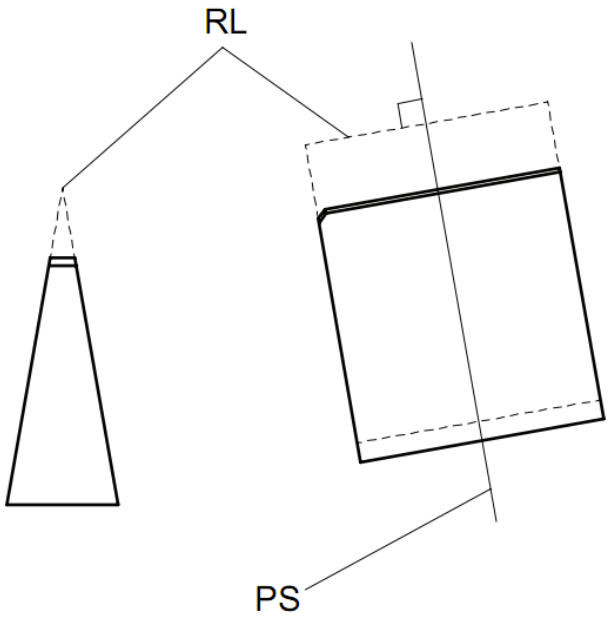
δ زاویه انحراف کمینه

α زاویه رأس منشور آزمونه

1- Goniometer

شکل ۱- نمایشی از روش انحراف کمینه

باریکه نور تک‌فام باید با سطح مقطع PS منشور آزمونه، موازی باشد. (به شکل ۲ مراجعه شود).



راهنما:

RL خط الرأس[1]

PS سطح مقطع

1- Ridge line

شکل ۲- خط الرأس و سطح مقطع منشور آزمونه

۳-۴ دستگاه و روش اجرایی برای اندازه‌گیری

دستگاه اندازه‌گیری باید مجهز به موارد زیر باشد:

الف- روشی برای گسیل باریکه نور تک‌فام موازی‌شده با طول‌موج مشخص به‌سمت منشور آزمونه؛

ب- روشی برای تغییر دادن زاویه باریکه نور تک‌فام موازی‌شده نسبت به وجه ورودی منشور آزمونه؛

پ- روشی برای تعیین جهت باریکه نور تک‌فام شکسته شده با منشور آزمونه؛

ت- روشی برای نشان دادن زاویه انحراف کمینه δ؛

ث- روشی برای اندازه‌گیری دمای منشور آزمونه.

مثال‌هایی از دستگاهی برای اندازه‌گیری زاویه انحراف کمینه در پیوست الف نشان داده است. همچنین یک روش اجرایی برای اندازه‌گیری نیز در پیوست الف شرح داده شده است. علاوه بر این، قدر مطلق خطای زاویه انحراف نیز در پیوست ب شرح داده شده است.

یادآوری- به شکل ۱ مراجعه شود.

۴-۴ طول‌موج باریکه نور برای اندازه‌گیری

به‌منظور انطباق منحنی داده‌ها بر فرمول پاشندگی جهت محاسبه ضریب شکست نسبی در هر طول‌موج دلخواه، طول‌موج‌های اندازه‌گیری باید به‌اندازه کافی گستره طیفی موردنظر را نمونه‌برداری کنند.

۵ آزمونه‌ها

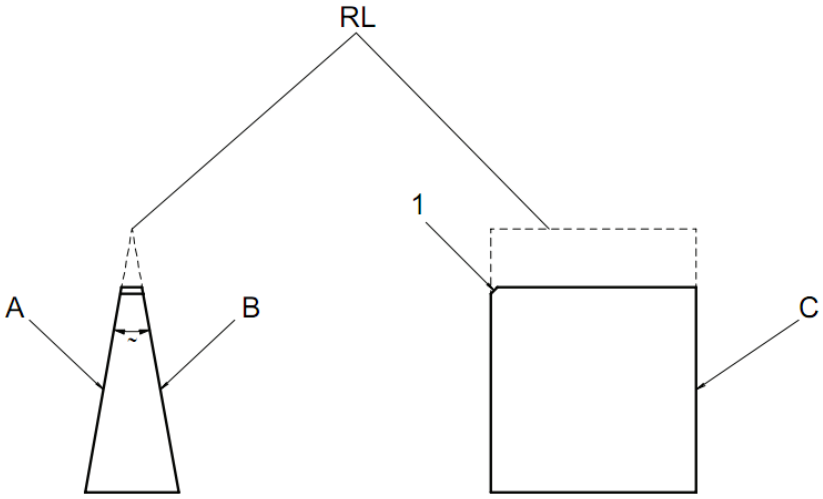
۵-۱ شکل و ابعاد منشور آزمونه

آزمونه باید از جنس ماده مورد اندازه‌گیری و به شکل منشور گوه‌ای باشد. وجوه ورودی و خروجی آن نیز باید صیقل خورده باشد.

مثالی از منشور آزمونه در شکل ۳ نشان داده شده است. زاویه رأس بهینه (به‌طوری که خطا در اندازه‌گیری زاویه رأس، دارای کم‌ترین مقدار باشد) برای ماده‌ای با ضریب شکست نسبی n_{rel}، برابر است با:

$$\alpha = 2 \arctan\left(1/n_{rel}\right) \qquad (۲)$$

برای مواد با ضریب شکست پایین، این معادله منجر به زوایای رأسی بزرگ نامطلوبی می‌شود؛ این معادله باید به عنوان راهنما مورد استفاده قرار گیرد.



$\measuredangle$ A, C = 90° ± 0° 2′ 30″

$\measuredangle$ B, C = 90° ± 0° 2′ 30″

راهنما:

1 لبه پَخ‌دار[1]

RL خط الرأس

α زاویه رأس منشور آزمونه

1- Chamfer

شکل ۳- شکل منشور آزمونه

۵-۲ دقت سطح

دقت سطح وجوه ورودی و خروجی منشور آزمونه باید با یک تداخل‌سنج اندازه‌گیری شود. هیچ‌گونه عبارت توان اندازه‌گیری شده نباید از داده‌های اندازه‌گیری کم شود. بهتر است خطای صافی‌سطح قله به دره (P-V)[1] روی تمام دهانه وضوح[2] وجوه منشور آزمونه، ۱۵۰ نانومتر یا کمتر باشد.

۶ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید موارد زیر را مشخص کند:

الف- نام آزمونه مطابق با زیر بند 5.6 استاندارد ISO 11382:2010 ؛

ب- تاریخ، مکان، نام آزمون‌کننده؛

پ- دما، رطوبت، فشار هوای محیط؛

ت- زاویه رأس منشور آزمونه؛

ث- دمای منشور آزمونه؛

ج- دقت سطح وجوه ورودی و خروجی؛

چ- طول‌موج‌ها و پهنای باند طول‌موج‌ها (پهنای کل در نصف بیشینه)[3] برای اندازه‌گیری؛

ح- زوایای انحراف کمینه؛

خ- ضرایب شکست نسبت به هوا.

مقادیر پ، ت، ث، چ، ح و خ باید با مقادیر عدم قطعیت مشخص شوند.

1- Peak to Valley
2- Clear aperture
3- Full width at half maximum (FWHM)

پیوست الف
(آگاهی دهنده)
دستگاه اندازه‌گیری

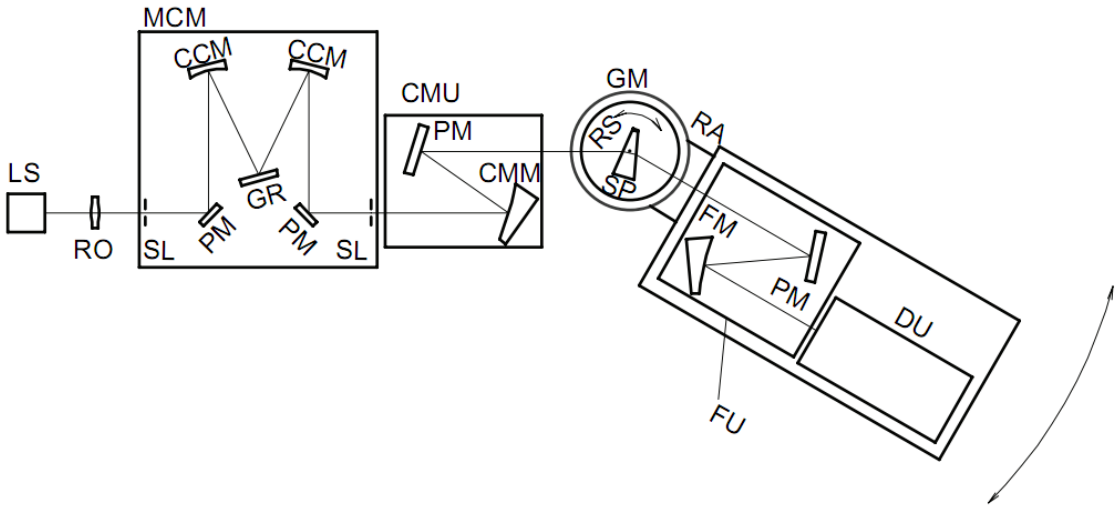
الف-۱ کلیات

مثال‌هایی از دستگاه اندازه‌گیری ضریب شکست نسبی و روش اجرایی اندازه‌گیری شرح داده می‌شود.

در اتاق اندازه‌گیری، دمای هوا، فشار و رطوبت، و دمای منشور آزمونه در طی زمان اندازه‌گیری در مقادیر مشخص شده نگه‌داشته می‌شود.

الف-۲ دستگاه اندازه‌گیری

دستگاه از بخش‌هایی که در شکل الف-۱ نشان داده شده است، تشکیل می‌شود. در پیکربندی نشان داده شده از یک تک‌فام‌ساز استفاده شده است. اگرچه تک‌فام‌ساز می‌تواند با یک واحد انتخاب‌کننده طول‌موج دیگر، جایگزین شود.



راهنما:

LS منبع نور
RO اپتیک رله
SL شکاف
PM آینه تخت
CCM آینه کاو (مقعر)
GR توری پراش
MCM تک‌فام‌ساز
RS بازوی چرخان
CMU واحد کانونی‌ساز
GM گردنه توازی‌ساز
CMM آینه توازی‌ساز
RA بازوی چرخان
SP منشور آزمونه
FU واحد کانونی‌کننده
FM آینه کانونی‌کننده
DU واحد آشکارساز

شکل الف-۱- طرح کلی پیکربندی

یادآوری- پیکان‌ها، چرخش پایه و بازوی چرخان را نمایش می‌دهند

الف-۲-۱ منبع نور

منبع نور، نوری که شامل طیف طول‌موج‌های اندازه‌گیری است را گسیل می‌کند.

الف-۲-۲ واحد انتخاب‌کننده طول‌موج

واحد انتخاب‌کننده طول‌موج، نور موردنظر را از یک شکاف یا از یک روزنه که در کانون واحد موازی‌ساز قرار دارد، انتخاب می‌کند.

تک‌فام‌ساز توری پراش[1]، بخشی برای انتخاب باریکه نور تک‌فام طول‌موج مطلوب از منبع نور می‌باشد.

باریکه نورِ منبع نور از میان شکاف یا روزنه ورودی به تک‌فام‌ساز توری پراش وارد می‌شود و باریکه نور تک‌فامِ طول‌موج انتخابی از میان شکاف یا روزنه خروجی عبور می‌کند.

سامانه‌های اپتیکی تک‌فام‌ساز توری پراش از قطعات اپتیکی بازتابی ساخته می‌شوند تا تک‌فام‌ساز توری پراش را در گستره طیفی وسیعی قابل استفاده نمایند. باریکه‌های نور کالیبراسیون، خطوط گسیلی تک فامی هستند که طول‌موج‌های آن‌ها به‌دقت معلوم می‌باشند. باریکه‌های نور کالیبراسیون، جهت کالیبراسیون شمارش‌گر طول‌موج تک‌فام‌ساز توری پراش به‌کار برده می‌شود.

باریکه نورِ منبع نور و باریکه نور کالیبراسیون در موقعیت یکسانی از شکاف ورودی و شکاف خروجی تک فام-ساز توری پراش عبور داده می‌شوند.

فیلتر باند عبوری[2] نیز می‌تواند به‌عنوان واحدهای انتخاب‌کننده طول‌موج مورد استفاده قرار گیرد.

یادآوری ۱- طول‌موج‌های مرکزی برخی از فیلترهای باند عبوری، با دما جابه‌جا می‌شوند.

یادآوری ۲- طول‌موج باریکه نور خروجی از تک‌فام‌ساز توری پراش در راستای طولی شکاف تغییر می‌کند.

الف-۲-۳ واحد موازی‌ساز

واحد موازی‌ساز، واحدی برای موازی کردن باریکه نور تک‌فام وارد شده از شکاف یا روزنه ورودی واحد انتخاب کننده طول‌موج می‌باشد. این واحد برای جلوگیری از خطاهای ناشی از ابیراهی رنگی اپتیکی، از اپتیک بازتابی تشکیل شده است.

الف-۲-۴ گونیومتر

گونیومتر شامل یک پایه چرخان و یک بازوی چرخان می‌باشد که وسیله‌ای برای خواندن زاویه چرخش بازوی چرخان دارد. پایه چرخان، منشور آزمونه را در موقعیتی که وجه ورودی آن با باریکه نور تک‌فام

1- Grating monochromator
2- Band-pass filter

خروجی از واحد موازی‌ساز روشن می‌شود، نگه می‌دارد و منشور آزمونه را می‌چرخاند. بازوی چرخان نیز یک واحد کانونی کننده و یک واحد آشکارسازی را می‌چرخاند.

محور چرخش پایه چرخان و محور چرخش بازوی چرخان، موازی با خطالرأسِ تعریف شده با وجوه ورودی و خروجی منشور آزمونه هستند. نگه‌دارنده منشور آزمونه دارای یک سازوکار تنظیم برای کج کردن می‌باشد.

سطح مقطع PS منشور آزمونه، موازی با باریکه نور تک‌فام نگه داشته می‌شود. صفحه PS به‌عنوان صفحه عمود بر خطالرأس منشور آزمونه تعریف می‌گردد.

یادآوری ۱- زاویه اندازه‌گیری‌شده انحراف کمینه به‌دلیل زاویه بین باریکه نور تک‌فام و سطح مقطع PS تغییر می‌کند.

یادآوری ۲- رابطه بین تغییر در زاویه چرخش منشور آزمونه و تغییر در زاویه بازوی چرخان برای حفظ شرط انحراف کمینه در هنگام برقراری آن، به‌ترتیب نسبت ثابت ۱ به ۲ می‌باشد.

الف-۲-۵ واحد کانونی‌کننده

واحد کانونی‌کننده، باریکه نور تک‌فام شکسته شده به‌وسیله منشور آزمونه را کانونی می‌کند و تصویر شکاف یا روزنه خروجی از واحد انتخاب کننده طول‌موج را تشکیل می‌دهد. واحد کانونی کننده روی بازوی چرخان گونیومتر قرار داده شده است.

الف-۲-۶ واحد آشکارسازی

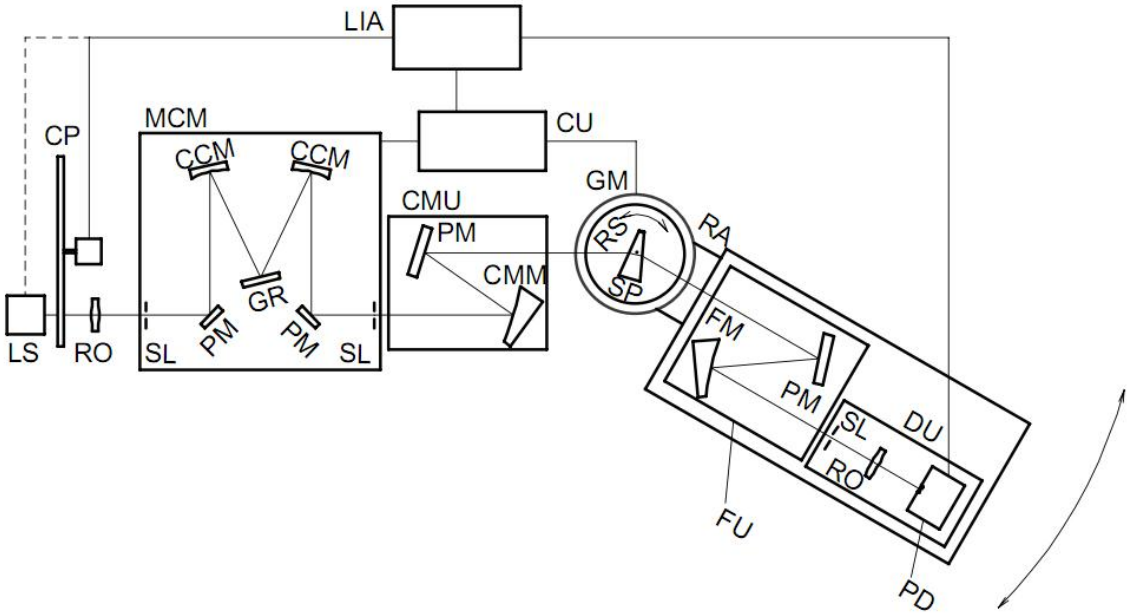
الف-۲-۶-۱ کلیات

واحد آشکارسازی با واحد کانونی‌کننده روی بازوی چرخان یکپارچه شده است.

الف-۲-۶-۲ آشکارساز فوتونی

همان‌طور که در شکل الف-۲ نشان داده شده است، شکاف یا روزنه در صفحه کانونی واحد کانونی کننده قرار می‌گیرد و سپس باریکه نور تک‌فام از میان روزنه یا شکاف به‌وسیله واحد آشکارسازی، آشکارسازی می شود. در صورت لزوم، اپتیک رله[1] می‌تواند بین شکاف یا روزنه و آشکارساز فوتونی قرار داده شود تا باریکه نور تکفام روی آشکارساز فوتونی متمرکز گردد. پیکربندی‌های معتبر یا حتی ارجح دیگری نیز در دسترس هستند.

1- Relay optics



راهنما:

LS منبع نور

CP چاپر

RO اپتیک رله

SL شکاف

PM آینه تخت

CCM آینه کاو

GR توری پراش

MCM تک‌فام‌ساز

CMU واحد موازی‌ساز

CMM آینه موازی‌ساز

SP منشور آزمونه

RS پایه چرخان

GM گونیومتر

RA بازوی چرخان

FU واحد کانونی‌کننده

FM آینه کانونی‌کننده

DU واحد آشکارساز

PD آشکارساز فوتونی

LIA تقویت کننده قفل‌شونده

CU واحد کنترل

یادآوری ۱- پیکان‌ها، چرخش پایه و بازوی چرخان را نمایش می‌دهند.

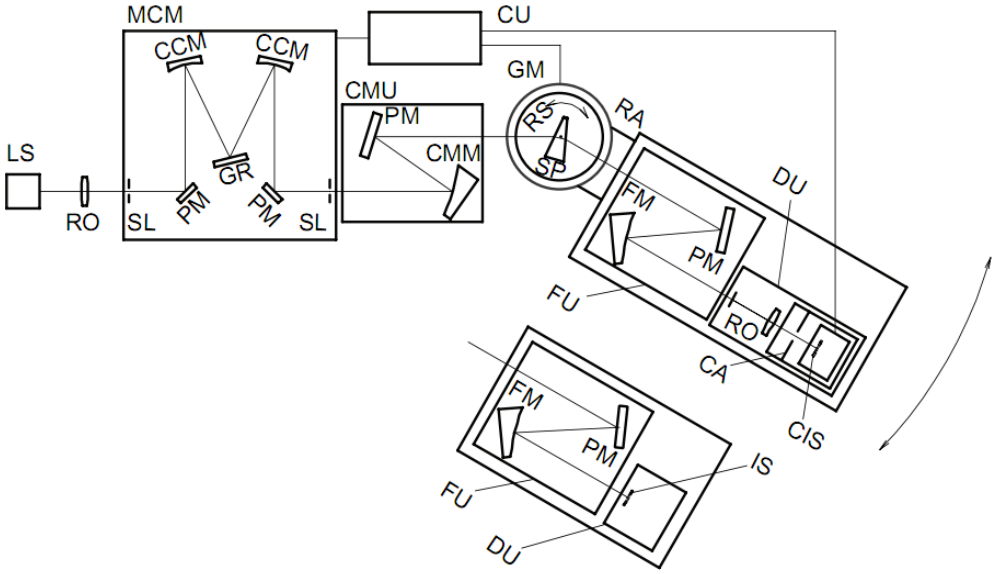
یادآوری ۲- چاپر و تقویت‌کننده قفل‌شونده برای بدست آوردن نسبت سیگنال به نوفه (نویز) بالا استفاده می‌شوند. منبع نور چشمک‌زن نیز استفاده می‌شود.

شکل الف-۲- پیکربندی به‌کارگیری حسگر نقطه‌ای

الف-۲-۶-۳ حسگر تصویر

همان‌طور که در شکل الف-۳ نشان داده شده است، تصویر شکاف یا روزنه خروجی از واحد انتخاب کننده طول‌موج، روی سطح حسگر تصویر تشکیل می‌شود. پیکربندی‌های معتبر یا حتی ارجح دیگری نیز در دسترس هستند. عموما، حسگر تصویر آرایه دوبعدی مورد استفاده قرار می‌گیرد. حسگر خطی نیز استفاده می‌شود.

یادآوری- اگر حسگر تصویر از نوع خنک‌شونده باشد، یک دهانه سرد یا یک دهانه بند سرد در محفظه حسگر نصب می‌شود. در این حالت، ممکن است وجود اپتیک رله بین واحد کانونی کننده و واحد آشکارسازی ضروری باشد تا تصویر شکاف خروجی واحد انتخاب کننده طول‌موج را بر روی سطح حسگر تصویر، انداخته شود.



راهنما:

LS منبع نور
RO اپتیک رله
SL شکاف
CMM آینه تخت واگرای ساز
CCM آینه مقعر آکرلونه
GR پلوه‌ی چرخان
MGM آینه تخت همگرای ساز
CMU واحد چندطول‌موجی ساز
FU واحد کانونی‌کننده
FM آینه کانونی‌کننده
DU واحد آشکارساز
CA دهانه سرد
IS حس‌گر تصویر
CIS حس‌گر تصویر خنک‌شوند
CU واحد کنترل

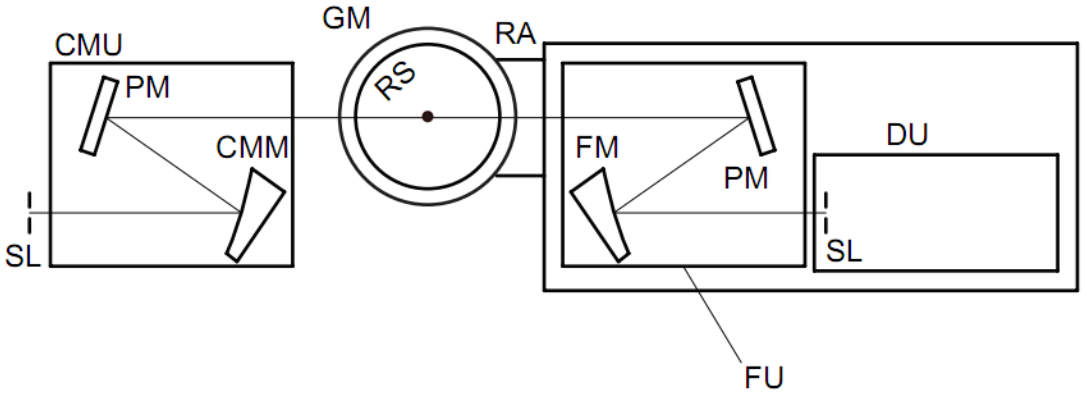
شکل الف-۳- پیکربندی به‌کارگیری حسگر تصویر

یادآوری- پیکان‌ها، چرخش پایه و بازوی چرخان را نمایش می‌دهند.

الف-۳ روش اجرایی اندازه‌گیری

الف-۳-۱ موقعیت اولیه

همان‌طور که در شکل الف-۴ نشان داده شده است، تصویر شکاف یا روزنه خروجی واحد انتخاب کننده طول‌موج با تنظیم زاویه بازوی چرخان بدون منشور آزمونه، روی شکاف آشکارساز فوتونی یا پیکسل استاندارد حسگر تصویر قرار داده می‌شود. این زاویه به‌عنوان موقعیت اولیه سامانه اپتیکی تعریف می‌شود. بهتر است اندازه‌گیری‌ها به‌گونه‌ای انجام شوند تا از پایدار ماندن موقعیت اولیه در طی اندازه‌گیری‌ها روی طول‌موج و دما، اطمینان حاصل نمود یا اینکه هرگونه تغییری در موقعیت اولیه، آشکار شده و جبران گردد.



راهنما:

SL شکاف
CMU واحد موازی‌ساز
CMM آینه موازی‌ساز
PM آینه تخت
RS پایه چرخان
GM گونیومتر
RA بازوی چرخان
FU واحد کانونی‌کننده
FM آینه کانونی‌کننده
DU واحد آشکارساز

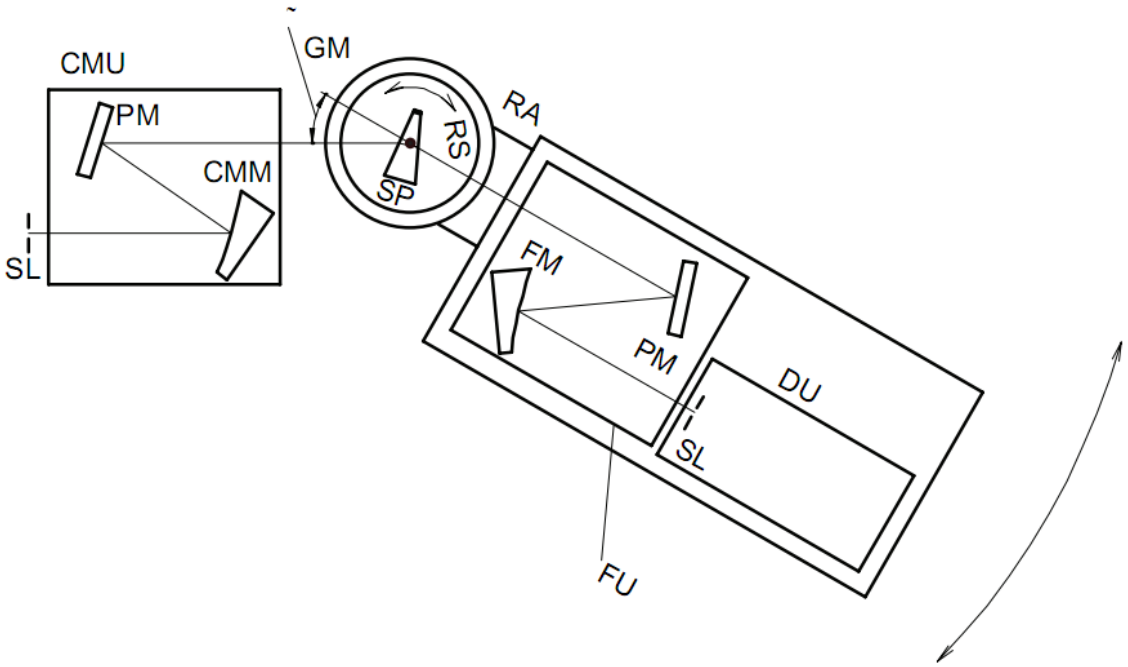
شکل الف-۴- موقعیت اولیه سامانه اپتیکی

الف-۳-۲ زاویه انحراف کمینه

بعد از تنظیم موقعیت اولیه بازوی چرخان، منشور آزمونه بر روی پایه چرخان قرار داده می‌شود. سپس این منشور چرخانده می‌شود تا شرط انحراف کمینه برقرار گردد. زاویه انحراف کمینه، δ، به طول‌موج، دمای منشور آزمونه و دمای هوا بستگی دارد. این زاویه، اختلاف بین زاویه بازوی چرخان در موقعیت آشکارسازی باریکه نور تک‌فام شکسته‌شده به‌وسیله منشور آزمونه و زاویه بازوی چرخان در موقعیت اولیه است. البته

زاویه موقعیت اولیه بازوی چرخان در مدت زمانی قبل از اندازه‌گیری تعیین می‌گردد تا اطمینان حاصل شود که تعادل حرارتی به‌دست می‌آید. شکل الف-۵ را ملاحظه فرمائید.

در حالت آشکارساز فوتونی، زوایای انحراف اندازه‌گیری شده در هر گام پایه چرخان، بر یک منحنی سهموی انطباق داده می‌شوند تا زاویه انحراف کمینه تعیین گردد.



راهنما:

SL شکاف

CMU واحد موازی‌ساز

CMM آینه موازی‌ساز

PM آینه تخت

SP منشور آزمونه

RS پایه چرخان

RA بازوی چرخان

GM گونیومتر

FU واحد کانونی‌کننده

FM آینه کانونی‌کننده

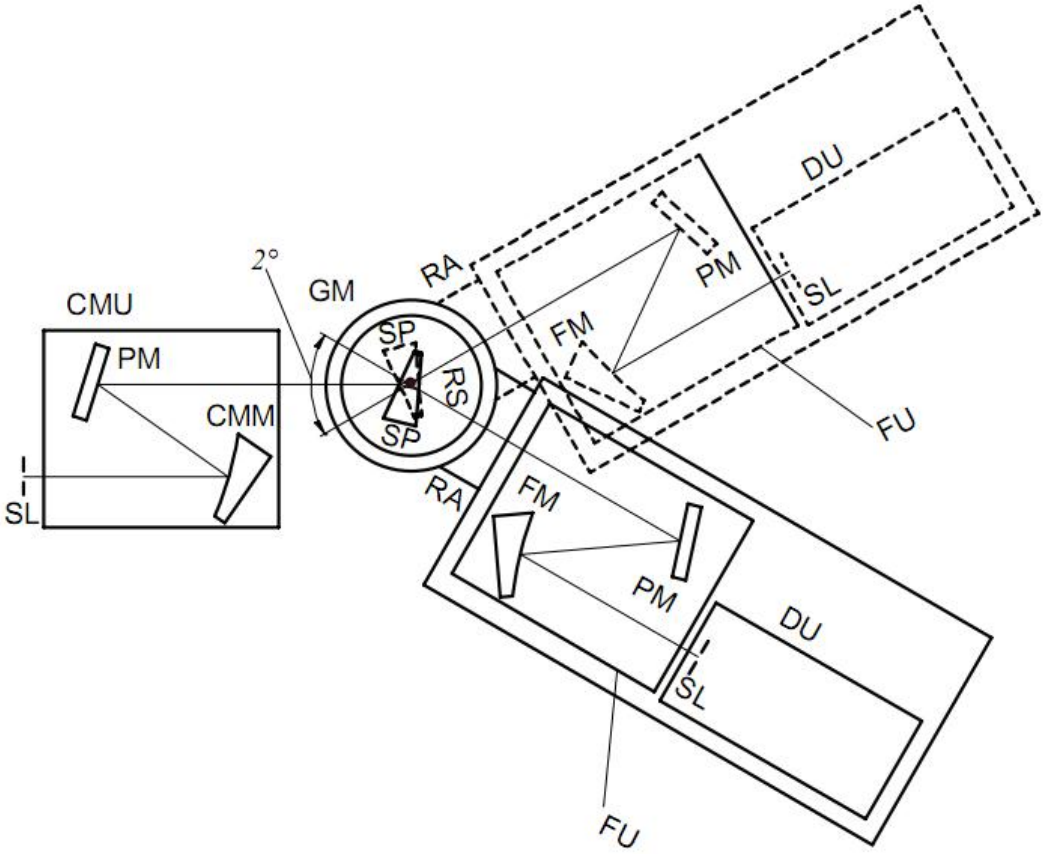
DU واحد آشکارسازی

δ زاویه انحراف کمینه

یادآوری- پیکان‌ها، چرخش پایه و بازوی چرخان را نمایش می‌دهند.

شکل الف-۵- موقعیت سامانه اپتیکی در اندازه‌گیری زاویه انحراف کمینه

شکل الف-۶، روش دیگری برای برقرار کردن زاویه انحراف کمینه را نشان می‌دهد. در این روش، شرط انحراف کمینه برای دو موقعیت منشور آزمونه -با وارد شدن باریکه موازی به منشور آزمونه ابتدا از طریق یکی از وجوه صیقل داده شده و سپس از طریق وجه دیگری- برقرار می‌شود. زاویه انحراف کمینه، δ، نصف چرخش زاویه‌ای کل بازوی چرخان بین دو موقعیت انحراف کمینه می‌باشد.



راهنما:

SL شکاف

CMU واحد موازی‌ساز

CMM آینه موازی‌ساز

PM آینه تخت

SP منشور آزمونه

RS پایه چرخان

RA بازوی چرخان

GM گونیومتر

FU واحد کانونی‌کننده

FM آینه کانونی‌کننده

DU واحد آشکارسازی

δ زاویه انحراف کمینه

شکل الف-۶- روش دیگری برای اندازه‌گیری زاویه انحراف کمینه

پیوست ب

(آگاهی دهنده)

تحلیل خطاها

قدرمطلق انحراف ضریب‌شکست منشور آزمونه نسبت به هوا، $|\Delta n_{rel}|$، از فرمول (ب-۱) محاسبه می‌شود:

$$|\Delta n_{rel}| \le \frac{\left|\cos\left[(\alpha+\delta)/2\right] - n\cos(\alpha/2)\right||\Delta\alpha| + \cos\left[(\alpha+\delta)/2\right]|\Delta\delta|}{2\sin(\alpha/2)} \qquad \text{(ب-۱)}$$

قدر مطلق خطای زاویه انحراف، $|\Delta\delta|$، از فرمول (ب-۲) بدست می‌آید:

$$|\Delta\delta| \le |\Delta\delta_h| + |\Delta\delta_g| + |\Delta\delta_l| \qquad \text{(ب-۲)}$$

که:

α زاویه رأس منشور آزمونه؛

$\Delta\alpha$ خطای اندازه‌گیری زاویه رأس منشور آزمونه؛

δ زاویه انحراف کمینه؛

$\Delta\delta_h$ زاویه خطای ناشی از مداخله انسانی؛

$\Delta\delta_g$ خطای زاویه ناشی از عدم‌قطعیت در خواندن زاویه از روی گونیومتر؛

$\Delta\delta_l$ خطای زاویه شکست ناشی از خطا در زاویه پرتوی فرودی، $\Delta\varepsilon$، است.

$|\Delta n_{rel}|$ به دما بستگی دارد. اگر دما دارای عدم‌قطعیت ΔT باشد، آن‌گاه $|(dn/dT)\Delta T|$ به فرمول $|\Delta n_{rel}|$ اضافه می‌شود به‌طوری‌که dn/dT ضریب حرارتی ضریب شکست و ΔT عدم‌قطعیت در دمای اندازه‌گیری شده منشور آزمونه است.

همان‌طور که در شکل ب-۲ نشان داده شده است، سطح مقطع PS به ترتیب عمود بر وجه ورودی و وجه خروجی از منشور آزمونه می‌باشد. پرتو فرودی ایده‌آل r_0، یک پرتو عبوری با زاویه انحراف کمینه روی PS است. همان‌طور که در شکل ب-۱ نیز نشان داده شده است، پرتو فرودی با خطای زاویه‌ای، r، بر منشور آزمونه فرود آمده و از آن با زاویه خطای فرود پرتوی فرودی، $\Delta\varepsilon$، نسبت به PS خارج می‌شود. r'، تصویری از r بر PS است. علاوه بر این همان‌طور که در شکل ب-۲ نشان داده شده است، r_0 و r' قبل از فرود بر منشور آزمونه، یکسان هستند.

همان‌طور که در شکل ب-۲ نشان داده شده است، هنگامی‌که زاویه خطای شکست بین r_0 و r' به صورت $\Delta\delta_l$ تعریف شود، آن‌گاه یک قدر مطلق از $\Delta\delta_l$ توسط معادله (ب-۳) بیان می‌شود که تقریبا برابر است با :

$$\left|\Delta\delta_l\right| = \frac{\left(n_{rel}^2 - 1\right)\tan\left[\left(\alpha + \delta\right)/2\right]}{n_{rel}^2}\Delta\varepsilon^2 \qquad \text{(ب-۳)}$$

که در آن:

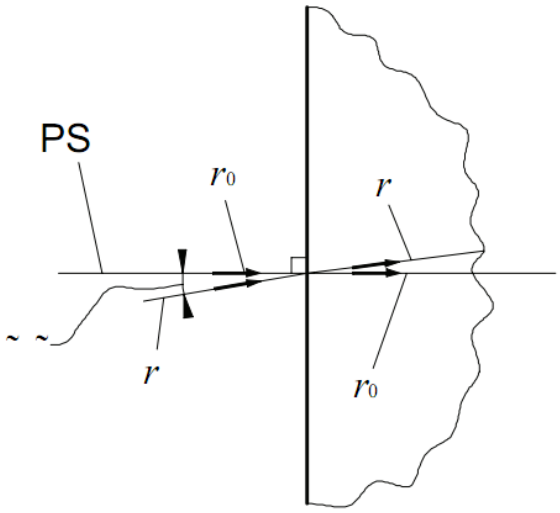
n_{rel} ضریب شکست منشور آزمونه نسبت به هوا؛

α زاویه رأس منشور آزمونه؛

δ زاویه انحراف کمینه؛

$\Delta\varepsilon$ زاویه خطای فرود پرتو فرودی است.

یادآوری- زاویه شکست r'، بزرگ‌تر از زاویه شکست r_0 است.



راهنما:

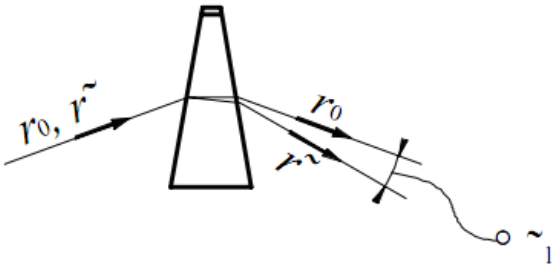
PS سطح مقطع

r_0 پرتو فرودی ایده‌آل

r پرتو فرودی با زاویه خطا

$\Delta\varepsilon$ زاویه خطای فرود پرتو فرودی

شکل ب-۱- زاویه خطای فرود



راهنما:

r_0 پرتو فرودی ایده‌آل

r' تصویر r بر PS

$\Delta\delta_l$ زاویه خطای شکست بین r_0 و r'

یادآوری- شکل، سطح PS را به تصویرکشیده است.

شکل ب-۲- زاویه خطای شکست روی سطح مقطع

کتاب‌نامه

[۱] استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۴۸۰: سال ۱۳۹۲ ، اپتیک و فوتونیک - شیشه اپتیکی خام - ویژگی‌ها

[۲] استاندارد ملی ایران شماره ۷-۹۸۱۹ ، کمیت‌ها و یکاها - قسمت ۷: نور

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۷-۹۸۱۹ ، کمیت‌ها و یکاها - قسمت ۷ : نور با استفاده از استاندارد بین‌المللی ISO 80000-7, Quantities and units – part 7 : Light تدوین شده است.

[3] IEC 60050-845, International Electrotechnical Vocabolary – Part 845: Lighting