INSO
19836
1st.Edition
2015

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

استاندارد ملی ایران
۱۹۸۳۶
چاپ اول
۱۳۹۴

اپتیک و فوتونیک- مواد و قطعات اپتیکی- تعیین مشخصات مواد اپتیکی مورد استفاده در گستره طیفی فروسرخ از ۰/۷۸ میکرومتر تا ۲۵ میکرومتر

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

ICS: 37.020

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ 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 کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان ، 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 ذی نفع و اعضای کمیسیون های 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 می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت 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 شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] ،کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می کند . در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور ، از آخرین پیشرفت های علمی ، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود .

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 استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید . همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره ، آموزش ، بازرسی ، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت 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 آن ها 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 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- مواد و قطعات اپتیکی- تعیین مشخصات مواد اپتیکی مورد استفاده در گستره طیفی فروسرخ از ۰٫۷۸ میکرومتر تا ۲۵ میکرومتر»

رئیس :	**سمت و/ یا نمایندگی**
آل علی، هدی (دکتری فیزیک)	عضو هیأت علمی پژوهشگاه استاندارد
دبیر :	
میرزایی کجانی، مریم (دکتری فیزیک)	عضو هیأت علمی پژوهشگاه استاندارد
اعضاء : (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
رحمنی ، سعید (کارشناسی ارشد اپتومتری)	عضو هیأت علمی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
سرخوش ، لیلا (دکتری فیزیک)	کارشناس سازمان انرژی اتمی ایران
شهابی زاده، میثم (کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای)	کارشناس سازمان انرژی اتمی ایران
عبدلی ، مجید (دکتری مواد- متالورژی)	عضو هیأت علمی پژوهشگاه استاندارد
عجمی ، عاطفه (کارشناسی ارشد فیزیک)	مدیر آزمایشگاه اپتیک جهاد دانشگاهی دانشگاه شریف
فرجی ، رحیم (کارشناسی ارشد شیمی)	گروه پژوهشی مهندسی پزشکی، پژوهشگاه استاندارد

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد ج
پیش گفتار و
مقدمه ز
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات و تعاریف ۲
۴ نمادها و یکاها ۳
۵ نامگذاری ۳
۵-۱ کلیات ۳
۵-۲ نام ۴
۵-۳ مرجع سازنده ۴
۵-۴ ساختار ماده ۴
۵-۵ فرایند تولید ۴
۵-۶ نحوهٔ نامگذاری ۴
۶ خواص اپتیکی ۵
۶-۱ کلیات ۵
۶-۲ ضریب عبور ۶
۶-۲-۱ مشخصاتی که باید تهیه شود ۶
۶-۲-۲ وابستگی دمایی ۸
۶-۳ ضریب جذب ۸
۶-۳-۱ کلیات ۸
۶-۳-۲ مشخصاتی که باید تهیه شود (هماهنگ با زیربند ۶-۵-۲) ۸
۶-۴ یکنواختی ضریب عبور ۸
۶-۴-۱ کلیات ۸
۶-۴-۲ حباب‌ها و ناخالصی‌ها ۸
۶-۴-۳ تغییر موضعی فرایند ساخت ۹

۶-۵	ضریب شکست	۹
۶-۵-۱	کلیات	۹
۶-۵-۲	گزارش مشخصاتی که باید تهیه شود	۱۰
۶-۶	تغییرات ضریب شکست	۱۰
۶-۷	وابستگی ضریب شکست به دما	۱۱
۶-۸	همگنی اپتیکی (همگنی ضریب شکست)	۱۱
۶-۹	خاصیت دوشکستی	۱۱
۶-۹-۱	مواد با خاصیت دوشکستی طبیعی	۱۱
۶-۹-۲	خاصیت دوشکستی تنشی	۱۱
۶-۱۰	ثابت فوتوالاستیک	۱۲
۶-۱۱	پاشندگی	۱۲
۷	خواص دیگر	۱۲
۷-۱	کلیات	۱۲
۷-۲	وزن مخصوص	۱۲
۷-۳	وزن مولکولی	۱۳
۷-۴	خواص گرمایی	۱۳
۷-۴-۱	رسانایی گرمایی	۱۳
۷-۴-۲	انبساط گرمایی	۱۳
۷-۴-۳	گرمای ویژه	۱۳
۷-۴-۴	دمای ذوب و دمای نرم شدن	۱۳
۷-۵	سختی	۱۳
۷-۶	ضریب کشسانی	۱۳
۷-۷	بیشینه ابعاد	۱۳
کتاب‌نامه		۱۵

پیش گفتار

استاندارد " اپتیک و فوتونیک- مواد و قطعات اپتیکی- تعیین مشخصات مواد اپتیکی مورد استفاده در گستره طیفی فروسرخ از ۰/۷۸ میکرومتر تا ۲۵ میکرومتر" که پیش نویس آن در کمیسیون های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد تهیه و تدوین شده است و در پانصد و شانزدهمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی پزشکی مورخ ۹۴/۰۶/۲۲ مورد تصویب قرار گرفته است ، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود .

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 توجه قرار خواهد گرفت . بنابراین ، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد .

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

مقدمه

استانداردهای زیادی در مورد شیشه اپتیکی وجود دارد که عمدتاً در گسترهٔ مرئی استفاده می‌شوند، اما نمی‌توان آنها را به راحتی برای مواد فروسرخ[1] به کار برد.

اغلب به دلیل روش‌های اندازه‌گیری متفاوت، ناکامل و یا غیردقیق، خواص مواد فروسرخ نسبت به موادی که در گسترهٔ مرئی استفاده می‌شوند، با قطعیت کمتری مشخص می‌گردد.

1- Infrared materials

اپتیک و فوتونیک- مواد و قطعات اپتیکی- تعیین مشخصات مواد اپتیکی مورد استفاده در گستره طیفی فروسرخ از ۰٫۷۸ میکرومتر تا ۲۵ میکرومتر

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تهیهٔ راهنما برای تشریح برگه داده[1] مواد فروسرخ است و اصطلاحات و خصوصیات این مواد را که در چنین برگه‌هایی گزارش می‌شوند، مشخص می‌کند. این برگه‌ها لزوماً اطلاعات مربوط به تمام خواص ذکر شده در این استاندارد را شامل نمی‌شوند.

همچنین در این استاندارد پارامترهای مورد نیاز برای توصیف مواد اپتیکی که در ناحیهٔ فروسرخ از طول‌موج ۰٫۷۸ میکرومتر تا ۲۵ میکرومتر استفاده می‌شوند، مشخص شده و روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری آنها ارائه می‌گردد.

این استاندارد فقط برای موادی که در ساخت قطعات اپتیکی غیرفعال[2] استفاده می‌شوند کاربرد دارد. خصوصیات مواد استفاده شده در کاربردهای فعال[3] (به طور مثال اپتوالکترونیک) مشمول این استاندارد نمی‌شود.

مواد مشخص شده در این استاندارد، در بازه‌های طیفی دیگر همچون مایکروویو[4]، مرئی و فرابنفش نیز می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

۲ مراجع الزامی

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

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد ، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست . در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است ، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است :

2-1 ISO 10110-3, Optics and optical instruments- Preparation of drawings for optical elements and systems- Part 3: Material imperfections- Bubbles and inclusions

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۳-۱۱۰۳۷: سال ۱۳۸۷، اپتیک و تجهیزات اپتیکی- رسم نقشه‌های قطعات و سیستم‌های

1- Data sheet
2- Passive
3- Active
4- Microwave

اپتیکی- قسمت سوم: نقایص ماده- حباب‌ها و ناخالصی‌ها، با استفاده از استاندارد ISO 10110-3: 1996 تدوین شده است.

2-2 ISO 12123, Optics and photonics- Specification of raw optical glass

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۴۸۰: سال ۱۳۹۲، اپتیک و فوتونیک- شیشه اپتیکی خام- ویژگی‌ها، با استفاده از استاندارد ISO 12123: 2010 تدوین شده است.

2-3 ISO 15368, Optics and optical instruments- Measurement of reflectance of plane surfaces and transmittance of plane parallel elements

2-4 ISO 80000-7, Quantities and units- Part 7: Light

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۷-۹۸۱۹: سال ۱۳۹۰، کمیت‌ها و یکاها - قسمت ۷: نور، با استفاده از استاندارد ISO 80000-7: 2008 تدوین شده است.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در ISO 12123 و ISO 80000-7 ، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود:[۱]

۳-۱

ضریب عبور منظم **regular transmittance**

نسبت قسمتی از کل شار عبوری که به طور منظم عبور داده شده، به شار فرودی

۳-۲

ضریب بازتابش منظم **regular reflectance**

ضریب بازتابش آینه‌ای **specular reflectance**

نسبت قسمتی از کل شار بازتابی که به طور منظم بازتابش یافته به شار فرودی

۳-۳

ضریب جذب **absorptance**

نسبت شار تابشی جذب شده به شار فرودی

۳-۴

پراکندگی **scatter**

ضریب پراکندگی **scatterance**

۱- این اصطلاحات و تعاریف با آنچه در IEC 60050-845 و ISO/IEC Guide 98-3 ارائه شده است، مطابقت دارد.

نسبت شار تابشی پراکنده شده به شار فرودی

۵-۳

عدم قطعیت استاندارد **standard uncertainty**

عدم قطعیت نتیجهٔ یک اندازه‌گیری که به صورت انحراف استاندارد بیان می‌شود.

۶-۳

عدم قطعیت گسترده **expanded uncertainty**

کمیتی معرف یک بازه حول نتیجهٔ اندازه‌گیری، که کسر بزرگی از توزیع مقادیر را که می‌تواند به طور قابل قبولی به اندازه‌ده نسبت داده شود، در بر می‌گیرد.

۴ نمادها و یکاها

در این استاندارد، نمادها و یکاهای زیر استفاده می‌شوند:

d ضخامت نمونه که بر حسب میلی‌متر بیان می‌شود

α ضریب جذب

δ پراکندگی

λ طول موج که بر حسب میکرومتر بیان می‌شود

ρ ضریب بازتابش

τ ضریب عبور

۵ نامگذاری

۵-۱ کلیات

مواد اپتیکی مشمول این استاندارد ، باید به صورت زیر مشخص شوند:

الف - نام (به زیربند ۵-۲ مراجعه کنید) ؛

ب - نام سازنده (به زیربند ۵-۳ مراجعه کنید) ؛

پ - ساختار ماده (اختیاری) (به زیربند ۵-۴ مراجعه کنید) ؛

ت – فرایند ساخت (به زیربند ۵-۵ مراجعه کنید) ؛

ث – ارجاع به این استاندارد.

۵-۲ نام

نام تجاری یا عمومی (به طور مثال ژرمانیوم[1] یا یاقوت کبود[2]) همراه با ارجاع به روش تولید، باید در نامگذاری ارائه شود.

۵-۳ مرجع سازنده

نام سازنده باید در نامگذاری آورده شود.

۵-۴ ساختار ماده

نوع ساختار ماده در صورت اطلاع، باید ارائه شود، به طور نمونه:

- آمورف[3] (به طور مثال شیشه‌ها و برخی پلاستیک‌ها) ؛
- پلی کریستالین ؛
- کریستال (طبیعی یا مصنوعی) ؛
- سرامیک و غیره.

۵-۵ فرایند تولید

فرایند تولید باید در نامگذاری آورده شود؛ این توصیف می‌تواند ساده شود (برای مثال می‌توان از اختصار CVD [4] به جای فرایند لایه‌نشانی بخار شیمیایی استفاده کرد). اگر تغییری در فرایند تولید موجب تغییر در یک یا چند خاصیت ماده می‌شود، مرجع دیگری باید استفاده شود.

یادآوری- تعداد زیادی از موادی که در ناحیه فروسرخ دارای عبور می‌باشند، در طبیعت وجود دارند. اما به دلیل کمیاب بودن، اندازه کوچک و یا سطح ناخالصی آنها، مواد اپتیکی معمولاً ساخته شده و یا بوسیله فرایندهای صنعتی تصفیه می‌شوند.

۵-۶ نحوهٔ نامگذاری

نامگذاری باید پشت‌سرهم بوده و موارد با خط فاصله از هم جدا شوند، به طور مثال:

مثال ۱ : ژرمانیوم- سازنده A- نوع n تک‌کریستالی- همجوشی موضعی[5]- ارجاع به این استاندارد

مثال ۲ : ZnS- سازنده B- پلی‌کریستالین- پرس شده با روش ایزواستاتیک گرم[6]- ارجاع به این استاندارد

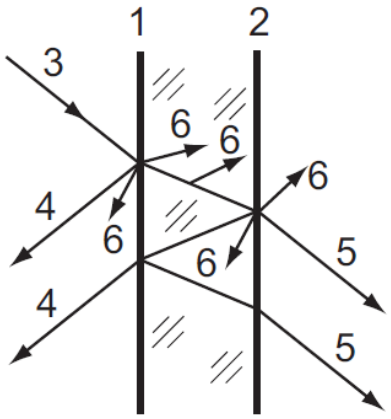
1- Germanium
2- Sapphire
3- Amorphous material
4- Chemical vapour deposition
5- Zone fusion
6- Hot isostatic pressed

۶ خواص اپتیکی

۶-۱ کلیات

توصیه می‌شود روش‌های استخراج داده گزارش شود. اگر داده‌ها از مرجعی گرفته می‌شود، سند مرجع و تاریخ انتشار آن باید گزارش شود.

فرض می‌شود ماده به شکل یک قطعه تخت موازی مطابق شکل ۱ باشد که سطوح ۱ و ۲ در آن بصورت اپتیکی صیقل داده شده‌اند.



راهنما:

۱ و ۲	سطوح صیقل داده شدهٔ اپتیکی
۳	باریکهٔ نور فرودی
۴	بخش بازتابیده شده
۵	بخش عبور داده شده
۶	بخش پراکنده شده

شکل ۱- نمایی از انتشار نور در یک قطعه

باریکهٔ نور فرودی در شکل ۱ به چهار قسمت تقسیم می‌شود:

- بخش بازتابی،
- بخش عبوری،
- بخش پراکنده شده،
- بخش جذب شده.

اگر m نشان‌دهندهٔ شماره سطح باشد، باریکهٔ نور فرودی بوسیله معادلات (۱) تا (۳) به صورت زیر توصیف می‌شود:

$$\tau_m + \rho_m + \alpha_m + \delta_m = 1 \qquad (۱)$$

$$\tau_t = \frac{\tau_1 \tau_i \tau_2}{1-\tau_i^2 \rho_1 \rho_2} \qquad (۲)$$

یا

$$\tau_t = \frac{\tau_s^2 \tau_i}{1-\tau_i^2 \rho_s^2} \qquad (۳)$$

که در آن:

τ_t ضریب عبور ماده؛

τ_m ضریب عبور منظم سطح m؛

τ_1 ضریب عبور منظم سطح ۱؛

τ_2 ضریب عبور منظم سطح ۲؛

τ_s ضریب عبور منظم سطح m وقتی سطوح ۱ و ۲ یکسان باشند؛

τ_{dm} ضریب عبور پراکنده شده سطح m؛

τ_i ضریب عبور داخلی ماده؛

ρ_m ضریب بازتابش منظم سطح m؛

ρ_1 ضریب بازتابش منظم سطح ۱؛

ρ_2 ضریب بازتابش منظم سطح ۲؛

ρ_s ضریب بازتابش منظم سطح m وقتی سطوح ۱ و ۲ یکسان هستند؛

ρ_{dm} ضریب بازتابش پراکنده شده سطح m؛

α_m ضریب جذب سطح m؛

$\delta_m = \rho_{dm} + \tau_{dm}$ ضریب پراکندگی کلی سطح m.

۶-۲ ضریب عبور

۶-۲-۱ مشخصاتی که باید تهیه شود

اندازه‌گیری باید طبق استاندارد ISO 15368 انجام شود.

ضریب عبور باید در دمای $\mathbf{20^{+3}_{-1}\ ^{\circ}C}$ اندازه‌گیری گردد. ضخامت استاندارد نمونه باید (۲±۰٫۱) میلی‌متر، (۵ ± ۰٫۱) میلی‌متر یا (۱۰ ±۰٫۱) میلی‌متر باشد.

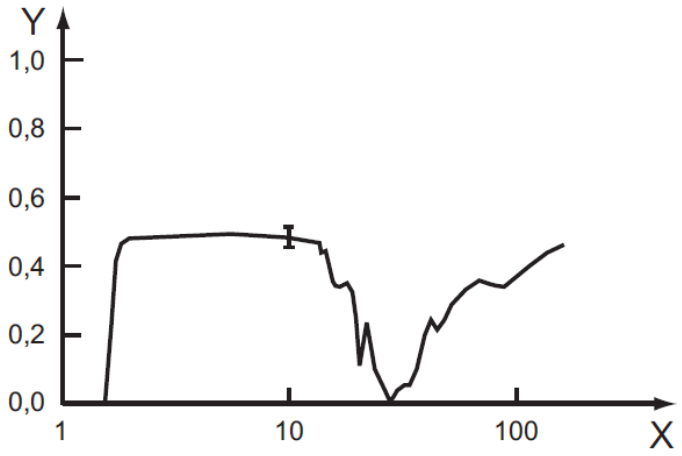
ضریب عبور باید بوسیله نموداری که محور X آن طول موج (یا عدد موج) و محور Y آن ضریب عبور است، نشان داده شود. عدم قطعیت ضریب عبور (به طور مثال عدم قطعیت استاندارد (±σ) یا عدم قطعیت گسترده (±kσ) با k=2) باید به صورت نوارهای خطا[1] روی منحنی، یا به صورت عبارتی در شرح نمودار قید گردد.

موارد زیر هم باید گزارش شوند:

- ضخامت نمونه (در مورد چند منحنی، بهتر است توضیح مناسب مبنی بر ضخامت‌های مختلف روی همان نمودار داده شود)؛
- دمای قطعه در طول اندازه‌گیری همراه با عدم قطعیت اندازه‌گیری آن؛
- مقدار پارامترهای مؤثر بر ضریب عبور (به طور مثال مقاومت برای نیمه‌رسانا).

باریکهٔ فرودی فرض می‌شود عمود بر سطح و غیرقطبیده باشد مگر آنکه غیر از آن گزارش شود.

مثالی در شکل ۲ داده شده است.



ژرمانیوم، ضخامت ۲ میلی‌متر، دمای $\mathbf{(20 \pm 0.5)^{\circ}C}$

راهنما:

X طول موج بر حسب میکرومتر

Y ضریب عبور

شکل ۲- مثالی از ضریب عبور

1- Error bars

۶-۲-۲ وابستگی دمایی

ضریب عبور باید در یک بازهٔ مناسب دمایی اندازه‌گیری گردد بطوریکه هر نوع وابستگی دمایی به وضوح نشان داده شود. نمودار این داده‌ها باید به همان طریق شرح داده شده در زیربند ۶-۲-۱ ارائه گردد.

بازهٔ دمایی معمول $-40°C$ تا $+70°C$ است، اما برای کاربردهای خاص ممکن است مواد در دماهای خیلی سرد (50 K یا 77 K) یا دماهای بالا (کوچکتر مساوی $500°C$ یا کوچکتر مساوی $700°C$) مورد استفاده قرار گیرند.

۶-۳ ضریب جذب

۶-۳-۱ کلیات

ضریب عبور داخلی (τ_i) بر حسب ضریب جذب (α) بیان شده و به وسیله معادله (۴) محاسبه می‌گردد:

$$\tau_i = e^{-\alpha d} \qquad (۴)$$

۶-۳-۲ مشخصاتی که باید تهیه شود (هماهنگ با زیربند ۶-۵-۲)

مقادیر ضریب جذب (α) باید همراه با عدم قطعیت آنها در جدولی شامل موارد زیر گزارش شود:

- طول موج (نمونه‌برداری باید به مقدار کافی صورت گیرد تا هر ساختار طیفی معنی‌داری را نشان دهد)؛
- دما؛
- جهت انتشار (برای مواد ناهمسانگرد)؛
- پارامترهای خاص (به طور مثال مقاومت برای نیمه‌رساناها).

۶-۴ یکنواختی ضریب عبور

۶-۴-۱ کلیات

غیریکنواختی ضریب عبور ناشی از پدیده‌های متعددی همچون ناخالصی، حباب و تغییرات موضعی در فرایند ساخت است (به طور مثال آنیلینگ[1] غیرکامل، تغییر موضعی ترکیب).

۶-۴-۲ حباب‌ها و ناخالصی‌ها[2]

نمادگذاری ISO 10110-3 مناسب است و باید استفاده شود. اما بیشتر مواد فروسرخ، در محدودهٔ نور مرئی مات

1- Annealing
2- Inclusions

یا پراکننده هستند و اندازه‌گیری‌ها پیچیده‌تر می‌شود. دستگاه‌های تجربی (به طور مثال دستگاه‌هایی که برای روش سایه استفاده می‌شوند) باید با آشکارسازهای فروسرخ هماهنگ و سازگار شوند. در این حالت اجزای خیلی ریز[1] دستگاه باید مطابق با اندازه حداقل انحراف مطلوب[2] انتخاب شوند.

۶-۴-۳ تغییر موضعی فرایند ساخت

تشخیص انحراف نور به دلیل غیرهمگن بودن ماده، به حساسیت دستگاه اندازه‌گیری (تداخل‌سنج، چگالی‌سنج و غیره) بستگی دارد.

تفکیک‌پذیری مکانی و تفکیک‌پذیری فوتومتری دستگاهی که استفاده می‌شود باید گزارش گردد. این دو عامل معمولاً با هم مرتبط می‌شوند.

۶-۵ ضریب شکست

۶-۵-۱ کلیات

از نظر تئوری، ضریب شکست $\tilde{n}$ یک عدد مختلط است که به صورت رابطه (۵) نوشته می‌شود:

$$\tilde{n} = n + ik \quad (۵)$$

که در آن k ضریب خاموشی است و بوسیله معادله (۶) به ضریب جذب (α) وابسته می‌گردد:

$$k = \frac{\alpha\lambda}{4\pi} \quad (۶)$$

وقتی جذب قابل صرفنظر باشد، n ، قسمت حقیقی معادله (۵) به عنوان ضریب شکست ماده شناخته می‌شود.

ضریب شکست به عوامل زیر بستگی دارد:

- طول موج؛
- جهت انتشار نور (برای مواد ناهمسانگرد)؛
- دما؛
- عوامل دیگر مانند دوپینگ[3].

ضریب شکست میان بسته‌های تولید شده و همینطور بسته به روش تولید تفاوت می‌کند.

1- Pixel elements
2- Minimum deflection sought
3- Doping

ضریب شکست اسمی[1] مقدار متوسط مقادیر حاصل از یک فرایند ساخت معین است.

۶-۵-۲ گزارش مشخصاتی که باید تهیه شود

ضریب شکست باید در دمای $\mathbf{20^{+3}_{-1}}$ °C و هوای باز گزارش شود.

ضریب شکست اسمی بهتر است به یکی از دو شکل زیر گزارش شود:

الف- به شکل جدول داده بصورت تابعی از طول‌موج‌های مختلف؛

ب- به شکل رابطه پاشندگی (به طور مثال رابطه سلمیر[2]).

مقادیر پارامترهای بحرانی برای موارد زیر باید گزارش شوند:

- گسترهٔ طیفی که در آن رابطه پاشندگی معتبر است؛
- بیشینه عدم قطعیت در گسترهٔ طیفی.

جهت انتشار و قطبش برای مواد ناهمسانگرد باید گزارش شود.

۶-۶ تغییرات ضریب شکست

مقدار ضریب شکست میان بسته‌های تولیدی می‌تواند متفاوت باشد.

جدول ۱ حدود رواداری کلاس‌های مختلف تغییرات ضریب شکست را می‌دهد.

کلاس‌ها باید به صورت تابعی از بیشینه اختلاف میان ضریب شکست و ضریب شکست اسمی تعریف شوند.

توصیه می‌شود ضریب شکست در طول موج ۴ یا ۱۰ میکرومتر مشخص گردد. وقتی ماده در طول‌موج‌های ذکر شده عبور نداشته یا مقدار آن کم باشد، ضریب شکست باید در یک یا چند طول موج از گسترهٔ عبور، اندازه‌گیری شود. طول‌موج‌ها باید مقادیر صحیح و بر حسب میکرومتر باشند.

شش کلاس با توجه به بیشینه اختلاف میان ضریب شکست اندازه‌گیری شده، n_{ms}، و ضریب شکست اسمی، n_{nom}، تعریف می‌شود که در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- حدود رواداری برای کلاس‌های تغییرات ضریب شکست

کلاس ($\lambda=4\mu m$)[الف]	۱	۲	۳	۴	۵	۶
n_{ms}-n_{nom} [ب]	۰٫۰۰۰۰۱ ≥	۰٫۰۰۰۱ ≥	۰٫۰۰۱ ≥	۰٫۰۰۵ ≥	۰٫۰۱ ≥	۰٫۰۱<
الف طول موج باید یک مقدار مشخص باشد (به طور مثال ۴ میکرومتر در نمونهٔ نشان داده شده).						
ب n_{ms} باید در همان شرایط مشخص شده برای n_{nom} (دما و غیره) اندازه‌گیری شود.						

1- Nominal refractive index
2- Sellmeier

۶-۷ وابستگی ضریب شکست به دما

مقدار $\mathrm{d}n/\mathrm{d}T$ بهتر است گزارش شود.

عموماً این مقدار با طول موج تغییر می‌کند. این مقدار باید در طول‌موج‌های مجزای مناسب گزارش گردد.

حد اعتبار و عدم قطعیت (عدم قطعیت استاندارد و عدم قطعیت گسترده) باید گزارش شود.

به عنوان جایگزین می‌توان معادله‌ای به صورت تابع طول موج و دما ارائه داد.

۶-۸ همگنی اپتیکی (همگنی ضریب شکست)

همگنی ضریب شکست در حجم ماده مهم است. دمای ماده در حجم، یکنواخت فرض می‌شود.

همگنی می‌تواند به اندازه و شکل قطعه بستگی داشته باشد.

هفت کلاس برای همگنی ضریب شکست با توجه به تغییرات dn در داخل حجم قطعه تعریف می‌شود که در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- همگنی ضریب شکست

کلاس	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
dn	۰٫۰۰۰۰۰۴ ≥	۰٫۰۰۰۰۱ ≥	۰٫۰۰۰۰۴ ≥	۰٫۰۰۰۱ ≥	۰٫۰۰۰۴ ≥	۰٫۰۰۱ ≥	۰٫۰۰۱<

۶-۹ خاصیت دوشکستی[1]

۶-۹-۱ مواد با خاصیت دوشکستی طبیعی

بسیاری از کریستال‌ها، شکست دوگانه یا خاصیت دوشکستی از خود نشان می‌دهند.

در این حالت، مشخصات بهتر است در جدولی با دو ستون گزارش شود:

- یکی برای ضریب شکست عادی؛
- دیگری برای ضریب شکست غیرعادی.

شرایط از قبیل طول موج، جهت انتشار، دما و غیره باید گزارش شود.

۶-۹-۲ خاصیت دوشکستی تنشی[2]

خاصیت دوشکستی در موادی که به طور معمول همسانگرد هستند هم اتفاق می‌افتد. این خاصیت نتیجهٔ یک

1- Birefringence
2- Stress birefringence

تنش داخلی بوده و معمولاً از فرایند تولید نشأت می‌گیرد.

خاصیت دوشکستی باعث اختلاف ضریب شکست ماده برای نور قطبیده موازی و عمود، نسبت به تنش باقیمانده[1] می‌شود. این موضوع بر کیفیت جبهه موج یا اختلاف راه اپتیکی نور عبوری از قطعهٔ اپتیکی تأثیر می‌گذارد.

اختلاف راه اپتیکی (Δs) میان دو قطبش متعامد نور عبوری در ضخامت نمونه، معیاری از خاصیت دوشکستی است که بوسیلهٔ معادله (۷) داده می‌شود:

$$\Delta s = dSK \qquad (۷)$$

که در آن:

d ضخامت نمونه بر حسب میلی‌متر؛

S تنش باقیمانده بر حسب N/mm^2؛

K اختلاف ثابت‌های فوتوالاستیک بر حسب mm^2/N است.

یادآوری– استاندارد ISO 10110-2 و ISO 11455 را می‌توان در مورد خاصیت دوشکستی تنشی استفاده کرد.

۶-۱۰ ثابت فوتوالاستیک

ضرایب تانسور[2] توصیه می‌شود گزارش شود.

۶-۱۱ پاشندگی

پاشندگی بهتر است گزارش شود.

۷ خواص دیگر

۷-۱ کلیات

خواصی که در ادامه می‌آید، بهتر است در برگه داده گزارش شود. روش‌های بدست آوردن داده‌ها و تاریخ آن بهتر است گزارش گردد. اگر داده‌ای از مرجعی نقل می‌شود، سند مرجع و تاریخ انتشار آن یا تاریخ اندازه‌گیری داده باید گزارش شود.

۷-۲ وزن مخصوص

وزن مخصوص بهتر است اعلام شود (آب $4°C$ به عنوان مادهٔ مرجع استفاده می‌شود).

1- Residual stress
2- Tensor

۳-۷ وزن مولکولی

وزن مولکولی بهتر است مشخص گردد.

معمولاً برای وزن اتمی یا مولکولی، یکا تعیین نمی‌شود.

۴-۷ خواص گرمایی

۱-۴-۷ رسانایی گرمایی

رسانایی گرمایی بهتر است مشخص شود.

۲-۴-۷ انبساط گرمایی

ضرایب انبساط گرمایی خطی بهتر است گزارش شود.

۳-۴-۷ گرمای ویژه

گرمای ویژه بهتر است اعلام گردد.

۴-۴-۷ دمای ذوب و دمای نرم شدن

بهتر است دمای ذوب در فشار اتمسفر مشخص شود.

دمای نرم شدن در فشار اتمسفر، درصورت کاربرد، توصیه می‌شود گزارش گردد.

۵-۷ سختی

عدد نوپ[1] بهتر است اعلام شود.

۶-۷ ضریب کشسانی[2]

ضریب کشسانی بهتر است گزارش شود.

۷-۷ بیشینه ابعاد

سازنده باید موارد زیر را گزارش کند:

الف- شکل ارجح؛

ب- بیشینه ابعاد ماده که از فرایند ساخت بدست می‌آید.

1- Knoop
2- Elastic modulus

کلاس ابعاد باید مطابق با خواص داده شده، مشخص شود. این کلاس می‌تواند مرتبط با قدرمطلق ضریب شکست، همگنی ضریب شکست و غیره باشد.

یادآوری- بیشینه ابعاد به دلایل زیر محدود می‌شود:
- تجهیزات صنعتی مانند کوره[1]ها؛
- قابلیت فنی فرایند (به طور مثال ضخامت برای CVD)؛
- حجم (به عنوان مثال شیشه‌ها).

1- Oven

کتاب‌نامه

[1] ISO 10110-2, Optics and optical instruments- Preparation of drawings for optical elements and systems- Part 2: Material imperfections- Stress birefringence

[2] ISO 11455, Raw optical glass- Determination of birefringence

[3] ISO/IEC Guide 98-3, Uncertainty of measurement- Part 3: Guide to the expression of uncertainty measurement (GUM: 1995)

[4] IEC 60050-845, International Electrotechnical Vocabulary- Part 845: Lighting