INSO
17812-2
1st. Edition
2014

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

استاندارد ملی ایران
۱۷۸۱۲-۲
چاپ اول
۱۳۹۳

اپتیک و فوتونیک – اندودهای اپتیکی-

قسمت۲: خواص اپتیکی

Optics and photonics — Optical coatings —
Part 2:
Optical properties

ICS: 37.020

به‌نام‌خدا

آشنایی‌باسازمان ملی‌استانداردایران

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 برای 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 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 تولید کنندگان، مصرف کنندگان، صادر کنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس 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.

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

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد[۱] (ISO) کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک[۲](IEC) و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی[۳](OIML) است و به عنوان تنها رابط[۴] کمیسیون کدکس غذایی[۵](CAC) در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های 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 استفاده کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، مؤسسهٔ استاندارد این گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تائید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی 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 Metrologie Legale)
4-Contact point
5-Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«اپتیک و فوتونیک– اندودهای اپتیکی- قسمت۲: خواص اپتیکی»

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
عبدالله پور، داریوش (دکتری فیزیک- لیزر)	دانشگاه زنجان
دبیر:	
کاظمی، علیرضا (لیسانس فیزیک)	اداره کل استاندارد آذربایجان‌شرقی
اعضاء (به ترتیب حروف الفباء)	
آقاپور، مجید (لیسانس فیزیک)	آزمایشگاه کالیبراسیون رساگستر آذر
اکبرزاده، داوود (فوق لیسانس فیزیک)	آزمایشگاه تلاش برای صنعت والا
امانیان‌حاجی‌آقا، فخرالدین (لیسانس مدیریت دولتی)	اداره کل استاندارد آذربایجان‌شرقی
حسامی، سید حسام الدین (فوق لیسانس مکانیک)	اداره کل استاندارد آذربایجان‌شرقی
شاهی، ونوس (لیسانس فیزیک)	کارشناس آزاد
مسعود، مجتبی (لیسانس فیزیک)	آزمایشگاه دانش کنترل فردا
عجمی، عاطفه (کارشناس ارشد مهندسی سیستمهای اقتصادی و اجتماعی)	آزمایشگاه اپتیک جهاد دانشگاهی صنعتی شریف

مولوی، علاءالدین
(لیسانس برق و الکترونیک)
شرکت آذر لنز

میری، سیده‌عظمت
(فوق لیسانس مهندسی پزشکی)
اداره کل استاندارد استان مازندران

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ب

کمیسیون فنی تدوین استاندارد ج

پیش گفتار و

۱ هدف و دامنه کاربرد ۱

۲ مراجع الزامی ۱

۳ اصطلاحات و تعاریف ۱

۴ اپتیکی که باید تعیین شود ۱

۵ شرایط اندازه‌گیری ۲

۶ تعیین مقدار عددی و نمایش گرافیکی مشخصات طیف ۲

پیوست الف (اطلاعاتی)، عبارت‌ها و تعاریف تکمیلی برای عملکردهای انتخاب‌کنندگی و فیلترکنندگی ۱۴

پیش گفتار

استاندارد"اپتیک و فوتونیک– اندودهای اپتیکی- قسمت۲: خواص اپتیکی"که پیش‌نویس آن درکمیسیون-های فنی تهیه و توسط سازمان ملی استاندارد تدوین شده و در چهارصد و بیست و دومین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد مهندسی پزشکی مورخ ۹۳/۲/۱۶ مورد تصویب قرارگرفته است، اینک به استناد بند یک مادهٔ ۳قانون اصلاح قوانین ومقررات سازمان ملی استاندارد ایران، مصوب بهمن ماه۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات وپیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علوم وخدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظرخواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح وتکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر درکمیسیون فنی مربوط موردتوجه قرارخواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد

منبع و مأخذی‌که برای تهیهٔ این‌استاندارد مورد استفاده قرارگرفته به شرح زیر است:

ISO 9211-2: 2010(E). Optics and photonics – Optical coatings-Part2 : optical properties

اپتیک و فوتونیک– اندودهای اپتیکی- قسمت ۲: خواص اپتیکی

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، مشخص کردن رفتار سطح قطعات و زیر لایه‌ها به جز اجزاء اپتیکی مربوط به بینایی (عینک‌ها) با به کاربردن اندودهای اپتیکی و ارائه یک شکل استاندارد برای مشخصات آنها می‌باشد. این استاندارد مشخصات کلی و روش‌های آزمون و اندازه‌گیری را، هر جایی که لازم باشد، تعریف می‌کند، اما به منظور تعیین روش فرآیند در نظر گرفته نشده است.
این استاندارد چگونگی تعیین خواص اپتیکی اندودها و چگونگی نمایش مشخصات طیفی آنها را به صورت گرافیکی نشان می‌دهد.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی محسوب می‌شود.
در صورتی که به مدارکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد ، اصلاحیه ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست . در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن ها ارجاع داده شده است ، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن ها مورد نظر است.
استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۲-۱ استاندارد ۱-۱۷۸۱۲ : اپتیک و فوتونیک – اندود های اپتیکی –قسمت ۱: تعاریف

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف به کار رفته در استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۷۸۱۲ به کار می‌رود.

۴ خواص اپتیکی که باید تعیین شوند

هنگام تعیین خواص اپتیکی، ضرایب شکست محیط فرودی و محیط خروجی باید داده شده باشند. اگر زاویه θ تابش مخالف صفر باشد و یا اینکه محدوده‌ای برای زوایای تابش داده شده باشد، حالت قطبش تابش فرودی نیز باید معین شود. اگر هیچ اشاره‌ای نشده باشد،تابش، غیر- قطبیده فرض می شود.
خواص اپتیکی $\tau(\lambda), \rho(\lambda), \alpha(\lambda), D(\lambda)$ و $\Delta\Phi(\lambda)$ یک اندود باید با استفاده از فرمولاسیون تشریح شده در بند ۶-۲ تعیین شوند تا یک توصیف جامع از اندود نسبت به کمینه مجموعه‌ی خواص اپتیکی فراهم شود.

سایر خواص اپتیکی نظیر پراکندگی یا پارامترهای رنگ‌سنجی و غیره، در صورت امکان باید به توافق عرضه کننده و کاربر برسد.

۵ شرایط اندازه گیری

شرایط اندازه‌گیری برای تعیین مشخصات اسپکتروفوتومتری باید به توافق عرضه کننده و کاربر برسد. این شرایط به اصول روش اندازه‌گیری و دستگاه‌های استفاده شده شامل زاویه تابش، حالت قطبش، محدوده طیفی و پهنای باند باریکه نور اندازه‌گیری و غیره بستگی دارند. این شرایط باید با جزئیات کافی ثبت شوند تا امکان تصدیق اندازه‌گیری فراهم شود.

۶ ویژگی عددی و نمایش گرافیکی مشخصات طیفی

۶-۱ کلیات

این استاندارد قواعدی را برای مشخصات اسپکتروفوتومتری اندودهای اپتیکی تعریف می‌کند.

۶-۲ قواعدی برای خاصیت عددی مشخصات طیفی

ساختار کلی ویژگی عددی یک مشخصه اپتیکی طیفی،که از مشخصه گرافیکی متمایز شده است، باید از ساختار یک نامساوی با عبارت های زیر تبعیت کند:

(عبارت حد بالاتر)≤یا<(عبارت مشخصه اپتیکی طیفی)≤ یا < (عبارت حد پایین‌تر)

مثال۱: (عبارت حد بالاتر)≤(عبارت مشخصه اپتیکی طیفی)< (عبارت حد پایین‌تر)

در صورتی که لازم باشد مشخصه اپتیکی طیفی فقط از یک طرف محدود باشد، این نامساوی می تواند فقط دو عبارت داشته باشد.

مثال۲: (عبارت حد پایین‌تر)<(عبارت مشخصه اپتیکی طیفی) یا (عبارت حد بالاتر)≤(عبارت مشخصه اپتیکی طیفی)

جدول ۱، نمایش الگو واری ا ز عناصر لازم برای ویژگی عددی مشخصات طیفی را همان طوری که در جدول ۲ نشان داده شده است ، بیان می‌دارد.

یاد آوری: حروف τ و ρ به ترتیب ضرایب عبور و باز تاب منظم را نشان می‌دهند، مگر آنکه چیزی به غیر از این تعیین شده باشد.

جدول ۱- طرحی از عناصر برای ویژگی عددی مشخصات طیفی

Z بر یکی از مواردزیر دلالت می کند	حد بالاتر (زیر نویس U) i=1,2,...	علامت مقایسه ایی	محدوده‌ی طول موجی (عدد موجی) با طول موج (عدد موج) ، زاویه تابش i=1,2,...	مشخصه اپتیکی طیفی	علامت مقایسه-ایی	حدپایین‌تر (زیر نویس L) i=1,2,...
τ,ρ,α,D $\Delta\phi\ or\ \delta\phi$	Z_{Ut}	$<\ or\ <$	$(\lambda_i\ to\ \lambda_{i+1},\theta) or (\lambda_i,\theta)$	Z	$<\ or\ <$	Z_{Li}
τ,ρ,α,D $\Delta\phi\ or\ \delta\phi$	$Z_{Ut} \rightarrow Z_{Ut+1}$ [b]	$<\ or\ <$	$(\lambda_i\ to\ \lambda_{i+1},\theta)$	Z	$<\ or\ <$	$Z_{LI} \rightarrow Z_{Li+1}$ [b]
τ,ρ,α,D $\Delta\phi\ or\ \delta\phi$	$Z_{ave,Ut}$	$<\ or\ <$	$(\lambda_i\ to\ \lambda_{i+1},\theta)$	Z_{ave}	$<\ or\ <$	$Z_{ave,Li}$
τ,ρ,α,D $\Delta\phi\ or\ \delta\phi$	$Z_{S,Ut}$	$<\ or\ <$	$(\lambda_i\ to\ \lambda_{i+1},\theta) or (\lambda_i,\theta)$	Z_S	$<\ or\ <$	$Z_{S,Li}$
τ,ρ,α,D $\Delta\phi\ or\ \delta\phi$	$Z_{S,ave,Ut}$	$<\ or\ <$	$(\lambda_i\ to\ \lambda_{i+1},\theta)$	$Z_{S,ave}$	$<\ or\ <$	$Z_{S,aveLi}$
τ,ρ,α,D $\Delta\phi\ or\ \delta\phi$	$Z_{p,Ut}$	$<\ or\ <$	$(\lambda_i\ to\ \lambda_{i+1},\theta) or (\lambda_i,\theta)$	Z_P	$<\ or\ <$	Z_{pLi}
τ,ρ,α,D $\Delta\phi\ or\ \delta\phi$	$Z_{p,ave,Ut}$	$<\ or\ <$	$(\lambda_i\ to\ \lambda_{i+1},\theta)$	$Z_{P,ave}$	$<\ or\ <$	$Z_{p,ave,li}$

a در صورت لزوم، مشخصه اپتیکی می توانند برای محدوده طول موج (عدد موجی) مختلفی و/یا تک طول موج های (عدد موج) مختلفی تعیین شوند.

اگر زاویه تابش θ به شکل صریحی معین نشده باشد، زاویه صفر در نظر گرفته می شود

برای کاربردهای خاصی، به جای یک تک زاویه، می توان محدوده زوایای تابش (θ_1 تا θ_2) معین کرد

اگر زاویه تابشی غیر از صفر درجه باشد، یا محدوده ایی برای آن داده شده باشد و قطبش s یا p تعیین نشده باشد، تابش، غیر-قطبیده در نظر گرفته می شود.

b ⟵ یک تغییر خطی حد رواداریاز مقدار Z_{Li} در λ_i به مقدار Z_{Li+1} در λ_{i+1} (از مقدار Z_{Ui} در λ_i به مقدار Z_{Ui+1} در λ_{i+1}) را نشان می دهد.

جدول ۲- مثال های عددی

کد شناسه	مشخصات طیفی (ویژگی عددی)
AB	$0.75 \rightarrow 0.60 < \alpha(500\,nm\ to\ 600\,nm) < 0.90 \rightarrow 0.75$
RE	$\rho(400nm\ to\ 700nm) > 0.995$ $\rho_{ave}(400nm\ to\ 700\ nm \geq 0.995)$
FI-BP	$0.85 \leq r(535nm\ to\ 565\ nm) \leq 0.95$ $r(400nm\ to\ 515nm) < 0.05$ $r(585nm\ to\ 720\ nm) < 0.15$
PC	$89^\circ \leq \Delta\phi(10.6\ \mu m\ 45^\circ) \leq 91^\circ$ $\rho(10.6\ \mu m\ 45^\circ) > 0.97$
PO	$\rho_S(450\ nm\ to 650nm, 45^\circ) > 0.95$ $\rho_P(450\ nm\ to 650nm, 45^\circ) > 0.05$
کدهای شناسه در استاندارد ملی به شماره ۱-۱۷۸۱۲، در جدول ۱ ارائه شده اند.	

۶-۳ قواعد نمایش گرافیکی مشخصات طیفی

۶-۳-۱ تعیین مشخصات اسپکتروفوتومتری، مشخص کردن موارد زیر در یک گراف را شامل می‌شود.

الف) محور افقی، ناحیه طیفی که در آن مشخصات به صورت تابعی از طول موج λبرحسب نانومتر یا میکرومتر، یا به صورت تابعی از σ_i، برحسب عکس سانتیمتر نشان می‌دهد.

ب) محور عمودی، مقادیر مشخصه های اپتیکی اختصاصی τ, ρ, α, D یا $\Delta\Phi$ را نشان داده می شود .

۶-۳-۲ حدود رواداری بالاتر و/یا پایین‌تر(به ترتیب با زیرنویس‌هایU و L نمایش داده می‌شوند)، که مشخصات طیفی باید در محدوده آنها تعیین شوند، در نمودارها باید با ناحیه‌های هاشور زده خارج از نوار رواداری مشخص شوند. به صورت جایگزین، می‌توان از علامت‌گذاری مثلث، در دو لبه مربوط به باند رواداری استفاده کرد (▲برای حد رواداری پایین‌تر و▼برای حد رواداری بالاتر). این شکل علامت‌گذاری مخصوصا برای حدود رواداری در تک طول موج‌های تعریف شده مناسب‌تر است. اگر مقادیر میانگین، مشخص شده باشند،باید به صورت متن روی نمودار نشان داده شود.

مانند مثال مقابل : $\tau_{ave,L} < \tau_{ave}(\lambda_1\ to \lambda_2) < \tau_{ave,U}$.

۶-۳-۳ اگر اندود در چندین ناحیه طیفی به‌کار رفته باشد، تعیین مشخصات عملکرد در این نواحی مختلف، ممکن است در همان نمایش ظاهر شود. در صورت لزوم، استفاده از مقیاس‌های متفاوت مجاز است.

۶-۴ نمایش گرافیکی کارکردهای اپتیکی اصلی

۶-۴-۱ کلیات

نمایش‌های گرافیکی عملکردهای اپتیکی اصلی زیر باید برای مشخصات و اندازه‌گیری‌های واقعی به کار گرفته شوند. مقادیر بالاتر و پایین‌تر و/یا میانگین را می‌توان اگر مناسب است، در یک نمایش گرافیک ترکیب کرد. منحنی‌ها، حدود و مقادیر عددی نشان داده شده در شکل‌های زیر تنها مثالی‌هایی هستند که برای شرح دادن موضوع به کار رفته‌اند و نباید آنها را به عنوان مقادیر و حدود نوعی یا استاندارد در نظر گرفت.

۶-۴-۲ عملکرد بازتابی[1](RE)

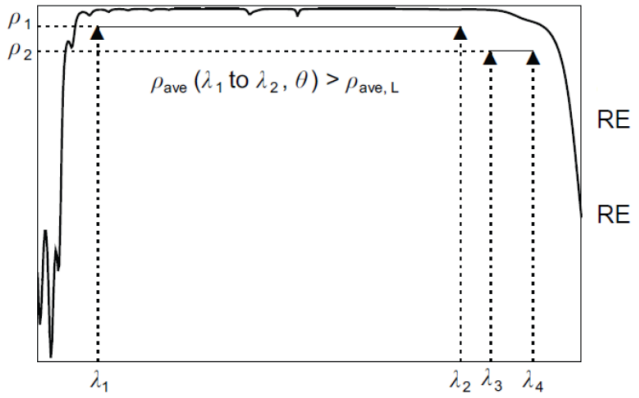
عملکرد بازتابی باید با حد رواداری پایین‌تربازتاب طیفی یعنی ρ_U مشخص شود. در صورت لزوم، حدرواداری بالایی نیز باید نشان داده شود.

شناسه کلی:

$$\rho(\lambda_{2i-1} to h_{2i}, \theta) > \rho_i, ...; \quad i = 1,2,...$$

مثال عددی:

$$\rho(400\,nm to 700\,nm, 25^0 to 35^0) > 0{,}98$$
$$\rho(730\,nm to 700\,nm, 25^0 to 35^0) > 0{,}96$$
$$\rho_{ave}(400\,nm to 700\,nm, 25^0 to 35^0) > 0{,}995$$



شکل ۱- عملکرد بازتابی

۶-۴-۳ کارکرد ضد بازتابی[2](AR)

عملکرد ضد بازتابی باید با حد رواداری بالایی بازتاب طیفی یعنی ρ_U مشخص شود. در صورت لزوم توصیه می‌شود عبور طیفی همراه با حد رواداری پایین‌تر مربوط به آن (τ_L) نشان داده شود.

طرح کلی:

$$\rho(\lambda_i to h_{i+1}, \theta) > \rho_i [\rightarrow \rho_{i+1}], ...; \quad i = 1,2,...$$

مثال عددی:

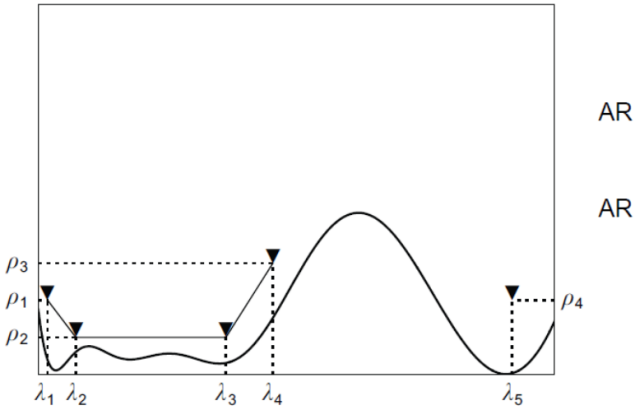
1-Reflection
2-Antireflection

$\rho(410nm to 420nm, 0^0 to 30^0) < 0.01 \rightarrow 0.005$

$\rho(420nm to 600nm, 0^0 to 30^0) < 0.005$

$\rho(600nm to 640nm, 0^0 to 30^0) < 0.005 \rightarrow 0.015$

$\rho(905nm, 0^0 to 30^0) < 0.01$



شکل ۲- عملکرد ضد بازتابی

۶-۴-۴ عملکرد تقسیم پرتو[1](BS)

عملکرد تقسیم پرتو باید با حدود رواداری بالایی و پایینی عبور طیفی و بازتاب طیفی مشخص شوند $(\tau_U \cdot \tau_L \cdot \rho_U \cdot) \rho_L$ این دو نمایش را می‌توان در دو گراف مجزا نشان داد.

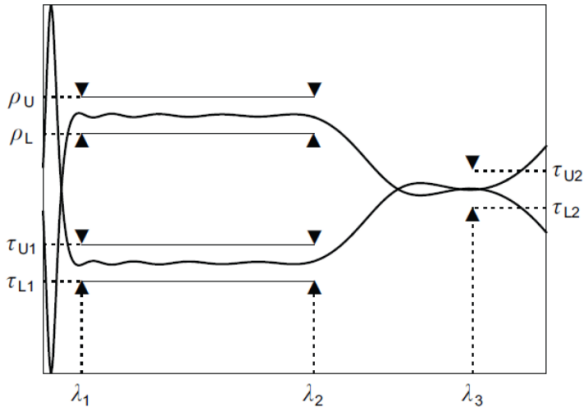
شناسه کلی:

$$BS \quad \tau_{Li} < \tau(\lambda_{2i-1} to h_{2i}, \theta) < \tau_{Ui}, \ldots,$$
$$\rho_{Li} < \rho(\lambda_{2i-1} to h_{2i}, \theta) < \rho_{Ui}, \ldots; \; i \backslash 1,2,\ldots$$

مثال عددی:

$$BS \quad 0.25 < \tau(400\,nm to 700\,nm, 40^0 to 50^0) < 0.35$$
$$0.45 < \tau(905\,nm to\ 40^0 to 50^0) < 0.55$$
$$0.65 < \rho(400\,nm, to 700\,nm, 40^0 to 50^0) < 0.75$$

1-Beam splitting



شکل ۳- عملکرد تقسیم پرتویی

۶-۴-۵ عملکرد تضعیف‌کنندگی[1](AT)

عملکرد تضعیف‌کنندگی باید با حدود رواداری بالایی و پایینی عبور طیفی (τ_U, τ_L) یا چگالی اپتیکی طیفی (D_U ،D_L) مشخص شود.

یادآوری- چگالی اپتیکی طیفی طبق فرمول زیر به عبور طیفی مرتبط است،

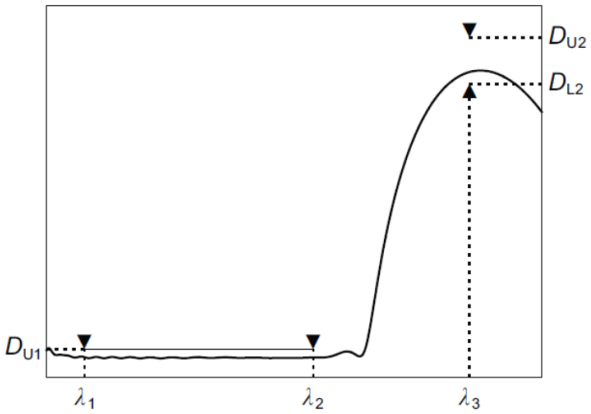
$$D(\lambda) = -\log \tau(\lambda)$$

شناسه کلی :

$$AT \quad D_{Li} < D(\lambda_{2i-1} to \lambda_{2i}, \theta) < D_{Ui}, ...; \ i = 1,2,...$$

مثال عددی:

$$AT \quad D(400nm to 700nm, 50^0) < 0.1$$
$$3{,}0 < D(905nm, 5^0) < 3{,}5$$



شکل ۴- عملکرد تضعیف کنندگی

1-Attenuating

۶-۴-۶ عملکرد فیلترکنندگی[1](FI)

عملکردهای فیلترکنندگی را می‌توان به دو گروه متفاوت به تقسیم کرد.

الف) عملکرد فیلترکنندگی نوع نوار گذر[2](FI-BP)

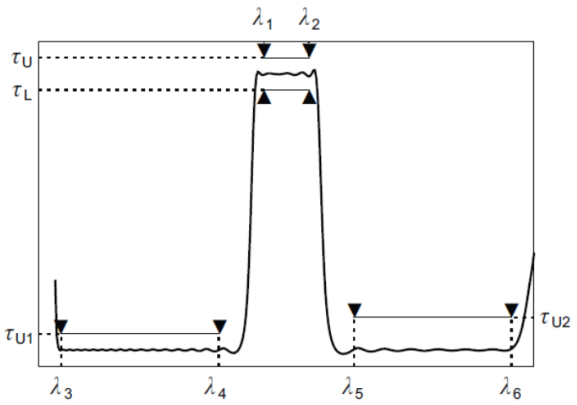
عملکرد فیلترکنندگی نوار-گذر باید با حدودرواداری بالاتر و پایین‌ترعبور طیفی (t_L ،t_U) در نوار عبوری و با حدود بالاتر برای عبور طیفی (t_U) در محدوده طیفی مسدود شده توسط آن، مشخص شوند.

شناسه کلی :

$$Fl-BP\ \ \tau_L < \tau(\lambda_1\ to \lambda 2, \theta) < \tau_U$$
$$\tau(\lambda_{2i+1}\ to \lambda_{2i+2}, \theta) < \tau_{Ui}, ..; \ i = 1,2,....$$

مثال عددی:

$$Fi-BP\ \ \ 0.85 < \tau(535\ nm\ to 565\ nm, 0^0, 50^0) < 0.95$$
$$\tau(400\ nm\ to 515\ nm, 0^0, 50^0) < 0.1$$
$$\tau(585\ nm\ to 700\ nm, 0^0, 5^0) < 0.15$$



شکل ۵- عملکرد فیلترکنندگی از نوع نوار-گذر

یاد آوری- در صورت لزوم، تعیین مشخصات طیفی را می‌توان با استفاده از عبارت‌ها و تعریف‌های تکمیلی، مانند آنچه که در پیوست الف شرح داده شده است، تعمیم داد.

ب) عملکرد فیلترکنندگی از نوع مسدود کننده نوار[3](FI-BR)

عملکرد فیلترکنندگی از نوع سد کننده نوار، باید با حدود رواداری پایین و بالایی برای عبوردهی(t_L ،t_U) در نوار مسدود شده و با حدود رواداری پایین برای عبوردهی (t_{Li}) در محدوده عبور دهندگی‌اش مشخص شود.

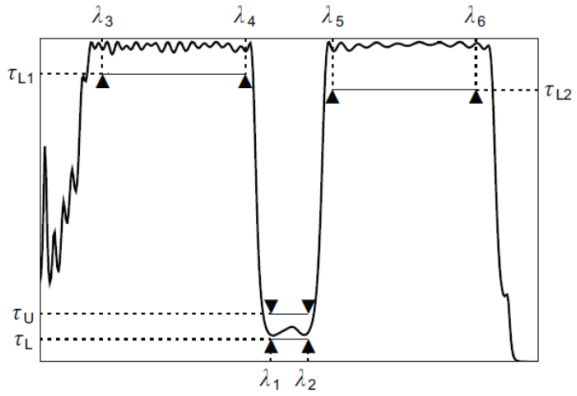
شناسه کلی :

1-Filtering
2- Filtering function of bandpass type
3- Filtering function of band rejection type

$$Fl-BP\ \ \tau_L < \tau(\lambda_1\ to \lambda 2,\theta) < \tau_U$$
$$\tau_{Li} < \tau(\lambda_{2i+1}\ to \lambda_{2i+2},\theta),..;\ i = 1,2,....$$

مثال عددی:

$$FL-BP\quad 0.05 < \tau(535nm\ to 565nm) < 0.15$$
$$\tau(400nm\ to 515nm) < 0.90$$
$$\tau(585nm\ to 700nm) < 0.85$$



شکل ۶- عملکرد فیلتر کنندگی از نوع مسدود کننده نوار

۶-۴-۷ کارکرد انتخابی یا ترکیبی(SC)[1]

عملکردهای انتخابی را می‌توان به دو گروه متفاوت تقسیم کرد:

الف) عملکرد انتخابی از نوع بلند-گذر [2](SC-LP)

عملکردهای انتخابیبلند-گذر باید با حدود رواداری بالا و پایین عبور طیفی (τ_U, τ_L) در محدوده طول موج‌های بلند عبوری و حدود بالایی عبوردهی (t_{Ui})در محدوده طول موج‌های کوتاه مسدود شده، مشخص شود.

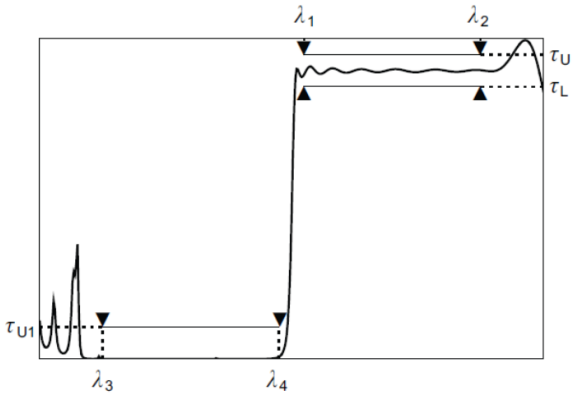
شناسه کلی :

$$SC-LP\ \ \tau_L < \tau(\lambda_1\ to \lambda 2,\theta) < \tau_U$$
$$\tau(\lambda_{2i+1}\ to \lambda_{2i+2},\theta) < \tau_{Ui},..;\ i = 1,2,....$$

مثال عددی:

$$SC-LP\quad 0.85 < \tau(560nm\ to 700nm, 8^0) < 0.95$$
$$\tau(400nm\ to 540nm, 8^0) < 0.1$$

1-Selecting or combining
2-Selecting function of long pass type



شکل ۷- عملکرد انتخابی از نوع بلند-گذر

یاد آوری- در صورت لزوم، تعیین مشخصات طیفی را می‌توان با استفاده از عبارت‌ها و تعریف‌های تکمیلی، مانند آنچه که در پیوست الف شرح داده شده است، تعمیم داد.

ب) کارکرد انتخابی از نوع کوتاه گذر (SC-SP)[1]

عملکردهای انتخابی کوتاه-گذر باید با حدودرواداری بالا و پایین عبوردهی (τ_U, τ_L) در محدوده طول موج‌های کوتاه عبوری و حدود بالایی عبوردهی (τ_{Ui}) در محدوده طول موج‌های بلند مسدود شده، مشخص شود.

1-Selecting function of short pass type

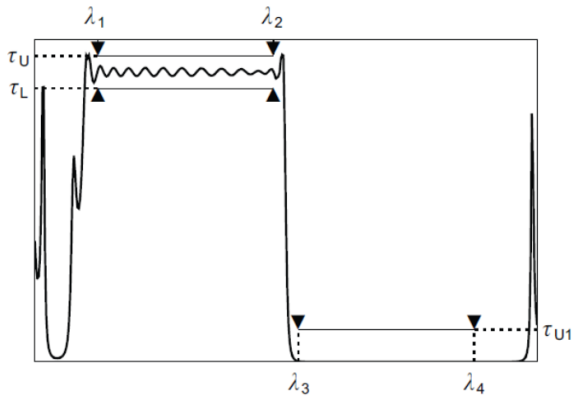
شناسه کلی :

$SC-SP \quad \tau_L < \tau(\lambda_1 to \lambda_2, \theta) < \tau_U$

مثال عددی:

$SC-SP \quad 0{,}85 < \tau(400\,nm to 540\,nm) < 0.95$

$\tau(560\,nm to 700\,nm) < 0.1$



شکل ۸- عملکرد انتخابی از نوع کوتاه-گذر

یادآوری- در صورت لزوم، تعیین مشخصات طیفی را می‌توان با استفاده از عبارت ها و تعریف‌های تکمیلی، مانند آنچه که در پیوست الف شرح داده شده است، تعمیم داد.

۸-۴-۶ عملکرد قطبشی (PO)[1]

عملکرد قطبشی باید با حدود رواداری بالا و پایین عبورو/یا بازتاب برای قطبش‌های s و p $(\tau_{SU}, \tau_{SL}, \tau_{PU}, \tau_{PL}, \tau_{SU}, \tau_{SL}, \tau_{PU}, \tau_{PL})$ در محدوده طول موج‌های بلند عبوری و حدود بالاتر عبور طیفی در محدوده طول موج‌های کوتاه مسدود شده، مشخص شود.

شناسه کلی :

$PO \quad \tau_{SL} < \tau_S(\lambda_1 to \lambda_2, \theta) < \tau_{SU}$

$\tau_{pL} < \tau_p(\lambda_1 to \lambda_2, \theta) < \tau_{pU}$

$\rho_{SL} < \rho_S(\lambda_1 to \lambda_2, \theta) < \rho_{SU}$

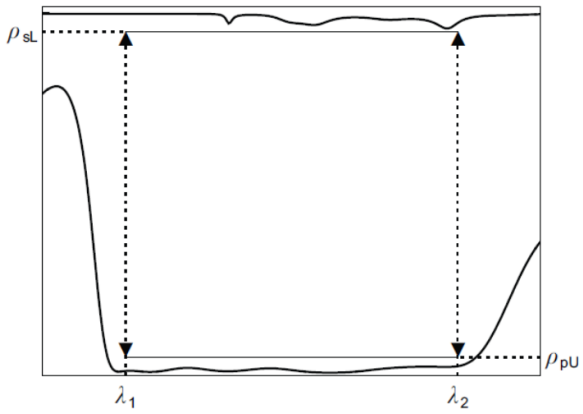
$\rho_{pL} < \rho_p(\lambda_1 to \lambda_2, \theta) < \rho_{pU}$

مثال عددی:

$PO \quad \rho_s(450nm to 650nm, 45^0 to 50^0) > 0.95$

$\rho_p(450nm to 650nm, 45^0 to 50^0) > 0.05$

1- Polarizing



شکل ۹- عملکرد قطبشی

۹-۴-۶ عملکرد تغییر فاز دهنده[1](pc)

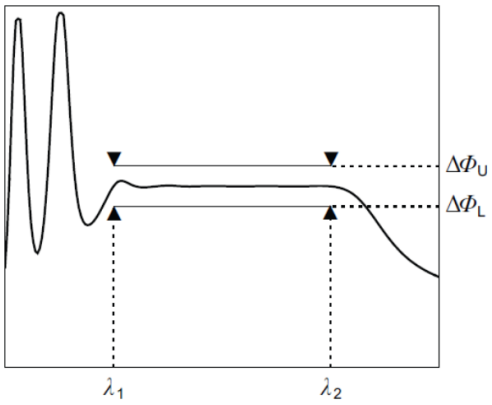
عملکرد تغییر فاز دهنده باید با حدود رواداری پایین و بالای تاخیر فاز $(\Delta\phi_U, \Delta\phi_L)$ مشخص شود.

شناسه کلی :

$$PC \quad \Delta\Phi_L < \Delta\Phi(\lambda_1 to \lambda_2, \theta) < \Delta\Phi_U$$

مثال عددی:

$$PC \quad 89^0 < \Delta\Phi(10.5\,\mu m to 10.7\,\mu m 0, 45^0) < 97^0$$



شکل ۹- عملکرد تغییر فاز دهنده

1- Phase changing

۶-۴-۱۰عملکرد جذب کنندگی[1](AB)

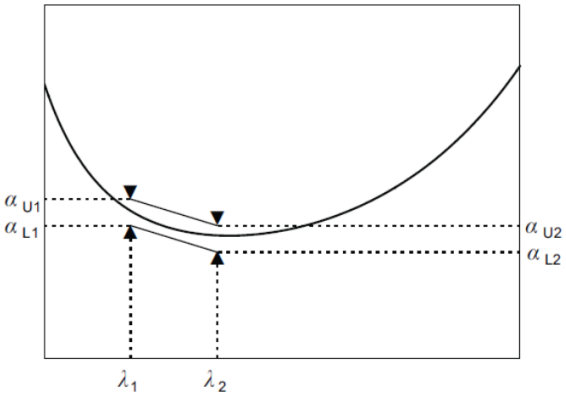
عملکرد جذب کنندگی باید با حدود رواداری بالا و پایین جذب طیفی (α_U, α_L) مشخص شود.

شناسه کلی :

$$AB \quad \alpha_{L2i-1}[\rightarrow a_{2i-1}] < a(\lambda_{2i-1} to \lambda_{2i}, \theta) < a_{U2i-1}[\rightarrow a_{U2i}],\ldots$$
$$i = 1,2,..$$

مثال عددی:

$$AB \quad 0.75 \rightarrow 0.60 < a(500\,nm to 600\,bm, 0^0) < 0.90 \rightarrow 0.75$$



شکل ۱۰- عملکرد جذب کنندگی

1- Absorbing

پیوست الف

(الزامی)

عبارت‌ها و تعاریف تکمیلی برای عملکردهای انتخاب‌کنندگی و فیلترکنندگی

الف-۱ عملکرد فیلترکنندگی از نوع میان گذر[1]

عملکرد فیلترکنندگی را می‌توان به صورت تکمیلی با استفاده از عبارت‌ها و جملاتی که ذیلاً شرح داده شده اند، مشخص کرد (به شکل الف-۱ مراجعه کنید):

۱) t_A میانگین حسابی حدود رواداری بالایی و پایینی در داخل ناحیه عبوری است.

$$\tau_A = \frac{\tau_U + \tau_L}{2}$$

۲) τ_M بیشینه مقدار اندازه‌گیری شده عبور طیفی در داخل ناحیه عبوری است

۳) λ_M طول موجی است که در آن عبور طیفی مساوی با t_M است.

برای عبارت‌ها و تعریف‌های بعدی، تعیین این که از τ_M یا از τ_A استفاده‌خواهد شد، ضروری است. بالانویس 'برای نشان دادن طول موج کوتاه و بالانویس "برای نشان دادن طول موج بلند میان گذر استفاده می‌شود.

۴) $\lambda'_{0.5}$ و $\lambda''_{0.5}$ (طول موج‌های لبه‌ی λ'_E و λ''_E) طول موج‌هایی هستند که در آنها عبور طیفی مساوی با $0.5\tau_A$ یا $0.5\tau_M$ است.

۵) $\Delta\lambda'_{0.5}$ (پهنای کامل در نصف بیشینه، FWHM) پهنای باندی است که با رابطه $\Delta\lambda_{0.5} = \lambda''_{0.5} - \lambda'_{0.5}$ تعریف می شود.

۶) λ_C (طول موج مرکزی) میانگین حسابی جفت طول موج $\lambda'_{0.5}$ و $\lambda''_{0.5}$ می‌باشد.

۷) $\lambda'_{0.8}$ و $\lambda''_{0.8}$ طول موج‌هایی هستند که در آنها عبور طیفی مساوی با $0.8\tau_A$ یا $0.8\tau_M$ است.

۸) $\Delta\lambda_{0.8}$ پهنای باندی است که به وسیله رابطه $\Delta\lambda_{0.8} = \lambda''_{0.8} - \lambda'_{0.8}$ تعریف می‌شود.

۹) $\lambda'_{0.05}$ و $\lambda''_{0.05}$ طول موج هایی هستند که در آنها عبور طیفی مساوی با $0.05\tau_A$ یا $0.05\tau_M$ است.

۱۰) $\Delta\lambda_{0.05}$ پهنای باندی است که به وسیله رابطه $\Delta\lambda_{0.05} = \lambda''_{0.05} - \lambda'_{0.05}$ تعریف می‌شود.

۱۱) S'_A یا S''_M و S''_A یا S''_M شیب‌های لبه هستند که به وسیله روابط زیر تعریف می‌شوند.

$$S'_A = \frac{0.8\tau_M - 0.05\tau_M}{\lambda'_{0.8M} - \lambda'_{0.05M}} \quad \text{یا} \quad S'_A = \frac{0.8\tau_A - 0.05\tau_A}{\lambda'_{0.8A} - \lambda'_{0.05A}}$$

$$S'_A = \frac{0.8\tau_M - 0.05\tau_M}{\lambda''_{0.05M} - \lambda''_{0.8M}} \quad \text{یا} \quad S'_A = \frac{0.8\tau_A - 0.05\tau_A}{\lambda''_{0.05A} - \lambda''_{0.8A}}$$

1- Bandpass

۱۲) $\lambda'_{0.05}$ و $\lambda''_{0.05}$ طول موج‌هایی هستند که در آنها عبور طیفی به ۰٫۰۵ است. منظور قدر مطلق عبور طیفی است.

۱۳) Γ'_A یا Γ'_M و Γ''_A یا Γ''_M پهناهای نسبی گذار بر حسب درصد هستندکه با روابط زیر تعریف می‌شوند

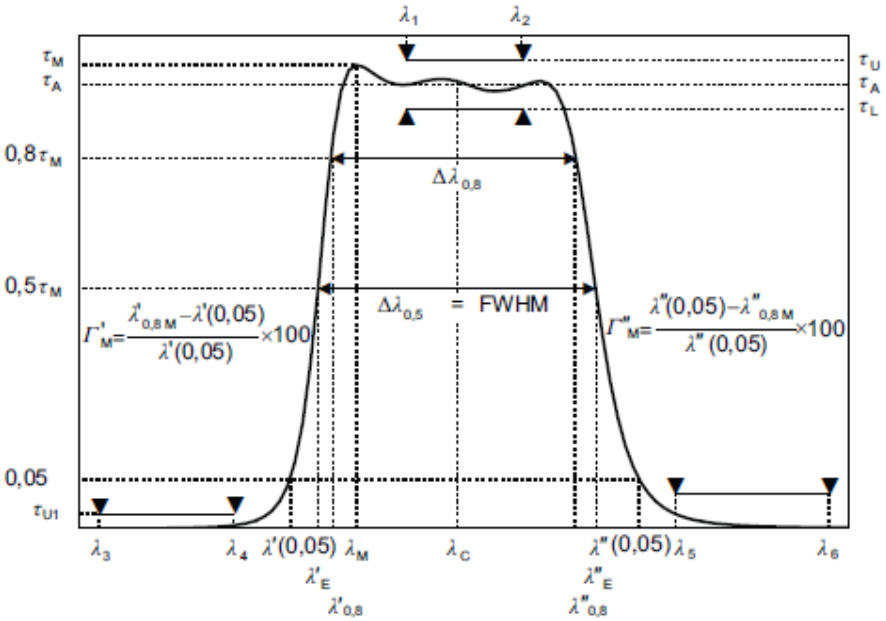
$$\Gamma'_M = \frac{\lambda'_{0.8M} - \lambda'(0.05)}{\lambda'(0.05)} \times 100 \quad \text{یا} \quad \Gamma'_A = \frac{\lambda'_{0.8A} - \lambda'(0.05)}{\lambda'(0.05)} \times 100$$

$$\Gamma''_M = \frac{\lambda''(0.05) - \lambda''_{0.8M}}{\lambda''(0.05)} \times 100 \quad \text{یا} \quad \Gamma''_A = \frac{\lambda''(0.05) - \lambda''_{0.8A}}{\lambda''(0.05)} \times 100$$

یادآوری- در برخی مراجع قبلی اصطلاح "شیب"[1] یا "درصد شیب" برای تعاریف فوق به کار رفته است. ولی به کارگیری این اصطلاحات می‌تواند به درک ناصحیح از معنی واقعی معادلات فوق منجر شود که این یک اندازه برای پهنای محدوده طول موجی بین ناحیه مسدود شده و ناحیه عبوری، نسبت به موقعیت طیفی فیلتر، را ارائه می‌کنند. هر چه این مقدار کوچکتر باشد، منحنی عبور فیلتر، دارای شیب بیشتری است.

۱۴) محدوده‌های مسدود کننده طول موج‌های کوتاه و بلند باید مطابق ۶-۴-۶ (الف) تعریف شوند.

یادآوری-تمام عبارات بجز τ_A به صورت تکمیلی برای تعیین مشخصات عملکردهای فیلتر کنندگی میان گذر، به کار رفته و با رواداری داده می‌شوند.



شکل الف -۱) عملکرد فیلترکنندگی (میان گذر، از τ_M استفاده شده است)

الف-۲ عملکردهای انتخاب از نوع بلند-گذر و کوتاه-گذر

عملکردهای بلند-گذر وکوتاه-گذر را می‌توان به صورت تکمیلی با استفاده از عبارت‌ها و تعاریف زیر مشخص کرد (به شکل الف-۲ مراجعه کنید):

1- Slope

۱) τ_A میانگین حسابی حدود رواداری بالایی و پایینی در ناحیه عبوری است.

$$\tau_A = \frac{\tau_U + \tau_L}{2}$$

۲) τ_M بیشینه مقدار اندازه‌گیری شده عبور در ناحیه عبوری است.

برای تعریف‌ها و عبارت‌های بعدی تعیین اینکه از τ_A استفاده خواهد شد یا از τ_M ضروری است.

۳) $\lambda_{0.5}$ (طول موج لبه λ_E) طول موجی استکه در آن عبوردهی با $0.5\tau_A$ یا $0.5\tau_M$ مساوی است.

۴) $\lambda_{0.8}$ طول موجی است که در آن عبوردهی با $0.8\tau_A$ یا $0.8\tau_M$ مساوی است

۵) $\lambda_{0.05}$ طول موجی است که در آن ضریب عبوردهی طیفی با $0.05\tau_A$ یا $0.05\tau_M$ مساوی است.

۶) S_A یا S_M شیب لبه‌ها هستند که به شکل زیر تعریف می‌شوند

$$S_M = \frac{0.8\tau_M - 0.05\tau_M}{\left|\lambda_{0.8M} - \lambda_{0.05M}\right|} \text{ یا } S_A = \frac{0.8\tau_A - 0.05\tau_A}{\left|\lambda_{0.8A} - \lambda_{0.05A}\right|}$$

۷) $\lambda(0.05)$ طول موجی است که در آن قدرمطلق عبوردهی با ۰/۰۵ مساوی است. (مقادیر مطلق تراگسیل طیفی)

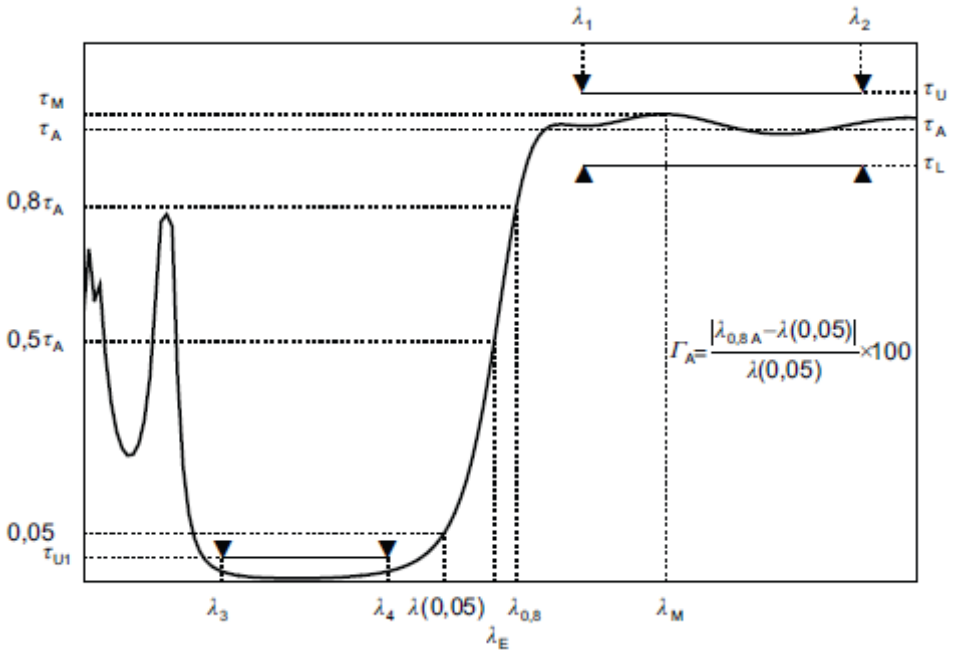
۸) Γ_A یا Γ_M پهناهای نسبی گذار بر حسب درصد هستند که با روابط زیر تعریف می‌شوند:

$$\Gamma_M = \frac{\left|\lambda_{0.8M} - \lambda(0.05)\right|}{\lambda'(0.05)} \times 100 \text{ یا } \Gamma_A = \frac{\left|\lambda_{0.8A} - \lambda(0.05)\right|}{\lambda'(0.05)} \times 100$$

یادآوری- در برخی مراجع اصطلاح "شیب"یا "درصد شیب" برای تعاریف فوق به کار رفته است. ولی به کارگیری این اصطلاحات می‌تواند به درک ناصحیح در معنی واقعی معادلات فوق منجر شود که این یک اندازه برای پهنای محدوده طول موجی بین ناحیه مسدود شده و ناحیه عبوری نسبت به موقعیت طیفی فیلتر، ارائه می کنند. هر چه این مقدار کوچکتر باشد، منحنی عبور فیلتر دارای شیب بیشتری است.

۹) محدوده مسدود شده باید طبق ۶-۴-۷ (الف) و ۶-۴-۷ (ب) تعریف شوند.

یادآوری- تمام عبارات به جز τ_A به صورت تکمیلی برای تعیین مشخصات عملکردهای بلند-گذر و کوتاه-گذر به کار رفته و با رواداری ها داده می‌شوند.



شکل الف -۲) عملکرد انتخابی (مثال بلند-گذر، از τ_A استفاده شده است)