



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۷۸۱۲-۲

چاپ اول

۱۳۹۳

INSO

17812-2

1st. Edition

2014

اپتیک و فوتونیک – اندوذهای اپتیکی -

قسمت ۲: خواص اپتیکی

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

**ICS: 37.020**

## 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 برای اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه\* صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولید کنندگان، مصرف کنندگان، صادر کنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیردولتی 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 ذیصلاح 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 شود که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان استاندارد تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد<sup>۱</sup> (ISO) کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک<sup>۲</sup> (IEC) و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی<sup>۳</sup> (OIML) است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی<sup>۵</sup> (CAC) 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 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 کند. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، مؤسسه استاندارد 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) 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 Internationale de Metrologie Legale)

4-Contact point

5-Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد  
« اپتیک و فوتونیک - اندودهای اپتیکی - قسمت ۲: خواص اپتیکی »

رئیس:

سمت و / یا نمایندگی

عبدالله پور، داریوش  
(دکتری فیزیک - لیزر)

دانشگاه زنجان

دبیر:

کاظمی، علیرضا  
(لیسانس فیزیک)

اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی

اعضاء (به ترتیب حروف الفباء)

آقاپور، مجید  
(لیسانس فیزیک)

آزمایشگاه کالیبراسیون رساگستر آذر

اکبرزاده، داوود  
(فوق لیسانس فیزیک)

آزمایشگاه تلاش برای صنعت والا

امانیان حاجی آقا، فخرالدین  
(لیسانس مدیریت دولتی)

اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی

حسامی، سید حسام الدین  
(فوق لیسانس مکانیک)

اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی

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

شرکت آذر لنز

مولوی، علاءالدین  
(لیسانس برق و الکترونیک)

اداره کل استاندارد استان مازندران

میری، سیده عظمت  
(فوق لیسانس مهندسی پزشکی)

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات و تعاریف
۱	۴ اپتیکی که باید تعیین شود
۲	۵ شرایط اندازه گیری
۲	۶ تعیین مقدار عددی و نمایش گرافیکی مشخصات طیف
۱۴	پیوست الف (اطلاعاتی)، عبارت‌ها و تعاریف تکمیلی برای عملکردهای انتخاب کنندگی و فیلتر کنندگی

## پیش گفتار

استاندارد "اپتیک و فوتونیک- اندوذهای اپتیکی- قسمت ۲: خواص اپتیکی" که پیش‌نویس آن در کمیسیون- های فنی تهیه و توسط سازمان ملی استاندارد تدوین شده و در چهارصد و بیست و دومین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی پزشکی مورخ ۹۳/۲/۱۶ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات سازمان ملی استاندارد ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و 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 مأخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

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

## اپتیک و فوتونیک - اندوذهای 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 اندوذهای 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 اندوذهای 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، 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 اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ۱-۱۷۸۱۲: اپتیک و فوتونیک - اندوذهای 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 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 می‌شود. خواص اپتیکی  $D(\lambda)$ ,  $\alpha(\lambda)$ ,  $\rho(\lambda)$ ,  $\tau(\lambda)$  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 اندازه‌گیری

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

### ۱-۶ کلیات

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

### ۲-۶ 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 عبارت‌های زیر تبعیت کند:

(عبارت حد بالاتر)  $\leq$  یا  $<$  (عبارت حد پایین‌تر)

**مثال ۱:** (عبارت حد بالاتر)  $\leq$  (عبارت مشخصه اپتیکی طیفی)  $<$  (عبارت حد پایین‌تر)

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

**مثال ۲:** (عبارت حد پایین‌تر)  $>$  (عبارت مشخصه اپتیکی طیفی) یا (عبارت حد بالاتر)  $\leq$  (عبارت مشخصه اپتیکی طیفی)

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

**یاد آوری:** حروف  $\rho$  و  $\tau$  به ترتیب ضرایب عبور و بازتاب منظم را نشان می‌دهند، مگر آنکه چیزی به غیر از این تعیین شده باشد.



جدول ۱- طرحی از عناصر برای ویژگی عددی مشخصات طیفی

حد پایین تر (زیر نویس L) $i=1,2,\dots$	علامت مقایسه- ایی	مشخصه اپتیکی طیفی	محدوده‌ی طول موجی (عدد موجی) با طول موج (عدد موج)، زاویه تابش $i=1,2,\dots$	علامت مقایسه ایی	حد بالاتر (زیر نویس U) $i=1,2,\dots$	Z بر یکی از موارد زیر دلالت می کند
$Z_{Li}$	$< or <$	Z	$(\lambda_i \text{ to } \lambda_{i+1}, \theta) or (\lambda_i, \theta)$	$< or <$	$Z_{Ut}$	$\tau, \rho, \alpha, D$ $\Delta\phi \text{ or } \delta\phi$
$Z_{U} \rightarrow Z_{Li+1}^b$	$< or <$	Z	$(\lambda_i \text{ to } \lambda_{i+1}, \theta)$	$< or <$	$Z_{Ut} \rightarrow Z_{Ut+1}^b$	$\tau, \rho, \alpha, D$ $\Delta\phi \text{ or } \delta\phi$
$Z_{ave,Li}$	$< or <$	$Z_{ave}$	$(\lambda_i \text{ to } \lambda_{i+1}, \theta)$	$< or <$	$Z_{ave,Ut}$	$\tau, \rho, \alpha, D$ $\Delta\phi \text{ or } \delta\phi$
$Z_{S,Li}$	$< or <$	$Z_S$	$(\lambda_i \text{ to } \lambda_{i+1}, \theta) or (\lambda_i, \theta)$	$< or <$	$Z_{S,Ut}$	$\tau, \rho, \alpha, D$ $\Delta\phi \text{ or } \delta\phi$
$Z_{S,aveLi}$	$< or <$	$Z_{S,ave}$	$(\lambda_i \text{ to } \lambda_{i+1}, \theta)$	$< or <$	$Z_{S,ave,Ut}$	$\tau, \rho, \alpha, D$ $\Delta\phi \text{ or } \delta\phi$
$Z_{pLi}$	$< or <$	$Z_P$	$(\lambda_i \text{ to } \lambda_{i+1}, \theta) or (\lambda_i, \theta)$	$< or <$	$Z_{p,Ut}$	$\tau, \rho, \alpha, D$ $\Delta\phi \text{ or } \delta\phi$
$Z_{p,ave,li}$	$< or <$	$Z_{P,ave}$	$(\lambda_i \text{ to } \lambda_{i+1}, \theta)$	$< or <$	$Z_{p,ave,Ut}$	$\tau, \rho, \alpha, D$ $\Delta\phi \text{ or } \delta\phi$

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  $\theta$  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 ( $\theta_1$  تا  $\theta_2$ ) 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  $\lambda_i$  به مقدار  $Z_{Li+1}$  در  $\lambda_{i+1}$  (از مقدار  $Z_{Ui}$  در  $\lambda_i$  به مقدار  $Z_{Ui+1}$  در  $\lambda_{i+1}$ ) را نشان می دهد.

جدول ۲- مثال های عددی

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

### ۳-۶ قواعد نمایش گرافیکی مشخصات طیفی

۳-۶-۱ تعیین مشخصات اسپکتروفوتومتری، مشخص کردن موارد زیر در یک گراف را شامل می شود. الف) محور افقی، ناحیه طیفی که در آن مشخصات به صورت تابعی از طول موج  $\lambda$  برحسب نانومتر یا میکرومتر، یا به صورت تابعی از  $\sigma_i$ ، برحسب عکس سانتیمتر نشان می دهد.

ب) محور عمودی، مقادیر مشخصه های اپتیکی اختصاصی  $D, \rho, \alpha, \tau$  یا  $\Delta\Phi$  را نشان داده می شود. ۳-۶-۲ حدود رواداری بالاتر و/یا پایین تر (به ترتیب با زیرنویس های U و L نمایش داده می شوند)، که مشخصات طیفی باید در محدوده آنها تعیین شوند، در نمودارها باید با ناحیه های هاشور زده خارج از نوار رواداری مشخص شوند. به صورت جایگزین، می توان از علامت گذاری مثلث، در دو لبه مربوط به باند رواداری استفاده کرد (▲ برای حد رواداری پایین تر و ▼ برای حد رواداری بالاتر). این شکل علامت گذاری مخصوصا برای حدود رواداری در تک طول موج های تعریف شده مناسب تر است. اگر مقادیر میانگین، مشخص شده باشند، باید به صورت متن روی نمودار نشان داده شود.

$$\tau_{ave,L} < \tau_{ave}(\lambda_1 \text{ to } \lambda_2) < \tau_{ave,U}$$

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

### ۴-۶ نمایش گرافیکی کارکردهای اپتیکی اصلی

### ۱-۴-۶ 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.

### ۲-۴-۶ عملکرد بازتابی<sup>۱</sup> (RE)

عملکرد بازتابی باید با حد رواداری پایین‌تر بازتاب طیفی یعنی  $\rho_U$  مشخص شود. در صورت لزوم، حدرواداری بالایی نیز باید نشان داده شود. شناسه کلی:

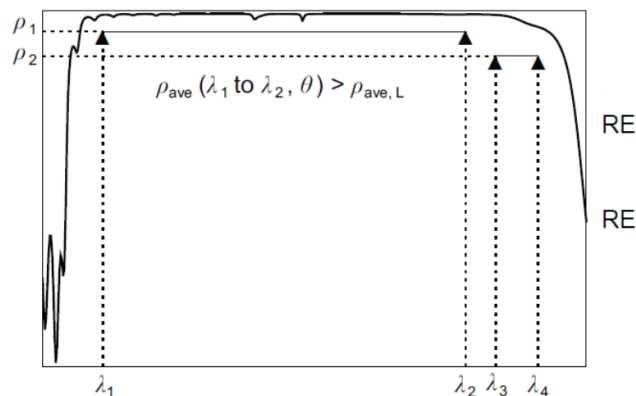
$$\rho(\lambda_{2i-1} \text{ to } h_{2i}, \theta) > \rho_i, \dots; i = 1, 2, \dots$$

مثال عددی:

$$\rho(400 \text{ nm to } 700 \text{ nm}, 25^\circ \text{ to } 35^\circ) > 0,98$$

$$\rho(730 \text{ nm to } 700 \text{ nm}, 25^\circ \text{ to } 35^\circ) > 0,96$$

$$\rho_{ave}(400 \text{ nm to } 700 \text{ nm}, 25^\circ \text{ to } 35^\circ) > 0,995$$



شکل ۱- عملکرد بازتابی

### ۳-۴-۶ کارکرد ضد بازتابی<sup>۲</sup> (AR)

عملکرد ضد بازتابی باید با حد رواداری بالایی بازتاب طیفی یعنی  $\rho_U$  مشخص شود. در صورت لزوم توصیه می‌شود عبور طیفی همراه با حد رواداری پایین‌تر مربوط به آن ( $\tau_L$ ) نشان داده شود. طرح کلی:

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

مثال عددی:

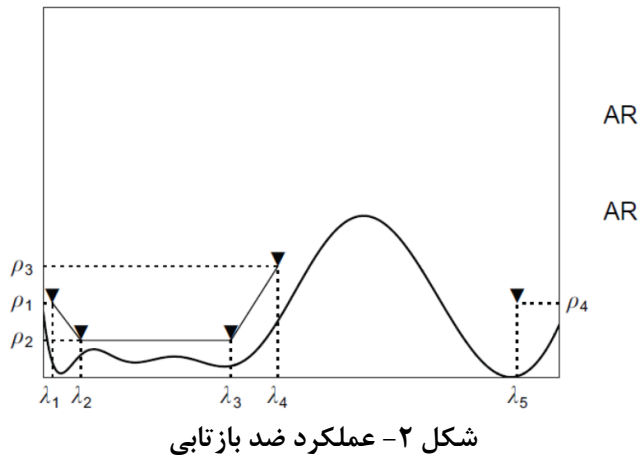
1-Reflection  
2-Antireflection

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

$$\rho(420\text{nm to } 600\text{nm}, 0^\circ \text{ to } 30^\circ) < 0.005$$

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

$$\rho(905\text{nm}, 0^\circ \text{ to } 30^\circ) < 0.01$$



#### ۴-۴-۶ عملکرد تقسیم پرتو<sup>۱</sup>(BS)

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

شناسه کلی:

$$BS \quad \tau_{Li} < \tau(\lambda_{2i-1} \text{ to } h_{2i}, \theta) < \tau_{Ui}, \dots,$$

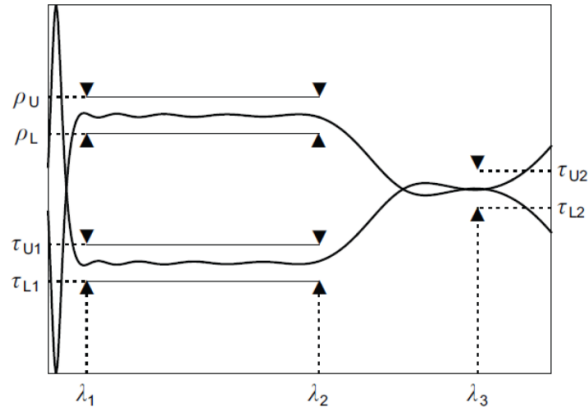
$$\rho_{Li} < \rho(\lambda_{2i-1} \text{ to } h_{2i}, \theta) < \rho_{Ui}, \dots; \quad i \setminus 1, 2, \dots$$

مثال عددی:

$$BS \quad 0.25 < \tau(400\text{nm to } 700\text{nm}, 40^\circ \text{ to } 50^\circ) < 0.35$$

$$0.45 < \tau(905\text{nm to } 40^\circ \text{ to } 50^\circ) < 0.55$$

$$0.65 < \rho(400\text{nm, to } 700\text{nm}, 40^\circ \text{ to } 50^\circ) < 0.75$$



شکل ۳- عملکرد تقسیم پرتویی

### ۵-۴-۶ عملکرد تضعیف‌کنندگی<sup>۱</sup> (AT)

عملکرد تضعیف‌کنندگی باید با حدود رواداری بالایی و پایینی عبور طیفی  $(\tau_U, \tau_L)$  یا چگالی اپتیکی طیفی  $(D_L, D_U)$  مشخص شود.

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

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

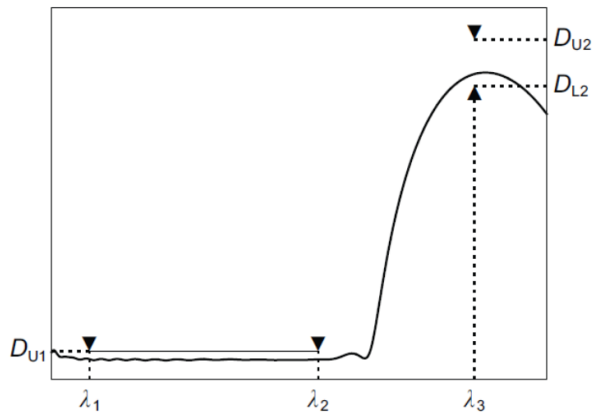
شناسه کلی :

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

مثال عددی:

$$AT \quad D(400nm \text{ to } 700nm, 50^\circ) < 0.1$$

$$3.0 < D(905nm, 5^\circ) < 3.5$$



شکل ۴- عملکرد تضعیف‌کنندگی

### ۶-۴-۶ عملکرد فیلترکنندگی<sup>۱</sup> (FI)

عملکردهای فیلترکنندگی را می توان به دو گروه متفاوت به تقسیم کرد.

#### الف) عملکرد فیلترکنندگی نوع نوار گذر (FI-BP)<sup>۲</sup>

عملکرد فیلترکنندگی نوار-گذر باید با حدودرواداری بالاتر و پایین تر عبور 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 :

$$Fl-BP \quad \tau_L < \tau(\lambda_1 \text{ to } \lambda_2, \theta) < \tau_U$$

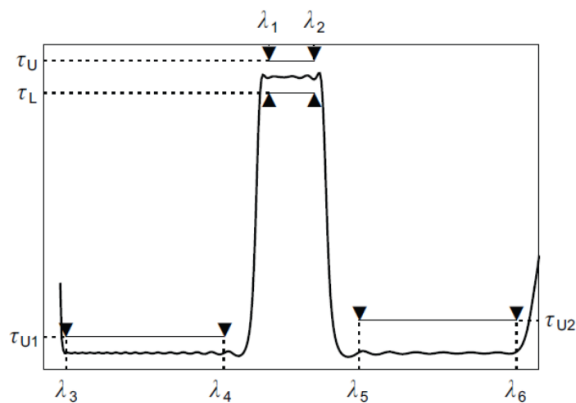
$$\tau(\lambda_{2i+1} \text{ to } \lambda_{2i+2}, \theta) < \tau_{U_i}, \dots; i = 1, 2, \dots$$

مثال عددی:

$$Fi-BP \quad 0.85 < \tau(535 \text{ nm to } 565 \text{ nm}, 0^0, 50^0) < 0.95$$

$$\tau(400 \text{ nm to } 515 \text{ nm}, 0^0, 50^0) < 0.1$$

$$\tau(585 \text{ nm to } 700 \text{ nm}, 0^0, 5^0) < 0.15$$



شکل ۵- عملکرد فیلترکنندگی از نوع نوار-گذر

یاد آوری - در صورت لزوم، تعیین مشخصات طیفی را می توان با استفاده از عبارت ها و تعریف های تکمیلی، مانند آنچه که در پیوست الف شرح داده شده است، تعمیم داد.

#### ب) عملکرد فیلترکنندگی از نوع مسدود کننده نوار (FI-BR)<sup>۳</sup>

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 دهندگی اش مشخص شود.

شناسه کلی :

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

$$Fl-BP \quad \tau_L < \tau(\lambda_1 \text{ to } \lambda_2, \theta) < \tau_U$$

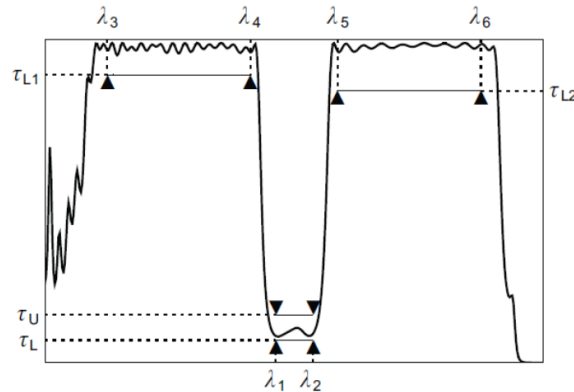
$$\tau_{L_i} < \tau(\lambda_{2i+1} \text{ to } \lambda_{2i+2}, \theta), \dots; i=1,2,\dots$$

مثال عددی:

$$FL-BP \quad 0.05 < \tau(535nm \text{ to } 565nm) < 0.15$$

$$\tau(400nm \text{ to } 515nm) < 0.90$$

$$\tau(585nm \text{ to } 700nm) < 0.85$$



شکل ۶- عملکرد فیلتر کنندگی از نوع مسدود کننده نوار

#### ۶-۴-۶ کارکرد انتخابی یا ترکیبی (SC)<sup>۱</sup>

عملکردهای انتخابی را می توان به دو گروه متفاوت تقسیم کرد:

#### الف) عملکرد انتخابی از نوع بلند-گذر (SC-LP)<sup>۲</sup>

عملکردهای انتخابی بلند-گذر باید با حدود رواداری بالا و پایین عبور طیفی ( $\tau_U, \tau_L$ ) در محدوده طول موج های بلند عبوری و حدود بالایی عبوردهی ( $t_{U_i}$ ) در محدوده طول موج های کوتاه مسدود شده، مشخص شود.

شناسه کلی :

$$SC-LP \quad \tau_L < \tau(\lambda_1 \text{ to } \lambda_2, \theta) < \tau_U$$

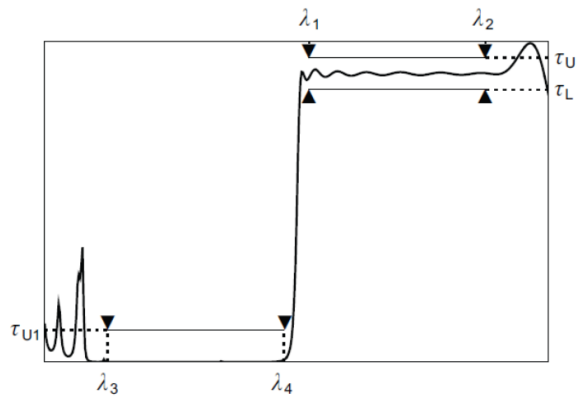
$$\tau(\lambda_{2i+1} \text{ to } \lambda_{2i+2}, \theta) < \tau_{U_i}, \dots; i=1,2,\dots$$

مثال عددی:

$$SC-LP \quad 0.85 < \tau(560nm \text{ to } 700nm, 8^0) < 0.95$$

$$\tau(400nm \text{ to } 540nm, 8^0) < 0.1$$

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 می توان با استفاده از عبارت ها و تعریف های تکمیلی، مانند آنچه که در پیوست الف شرح داده شده است، تعمیم داد.

(ب) کارکرد انتخابی از نوع کوتاه گذر<sup>۱</sup> (SC-SP)

عملکردهای انتخابی کوتاه-گذر باید با حدودرواداری بالا و پایین عبوردهی $(\tau_U, \tau_L)$  در محدوده طول موج های کوتاه عبوری و حدود بالایی عبوردهی $(\tau_{Ui})$  در محدوده طول موج های بلند مسدود شده، مشخص شود.

1-Selecting function of short pass type



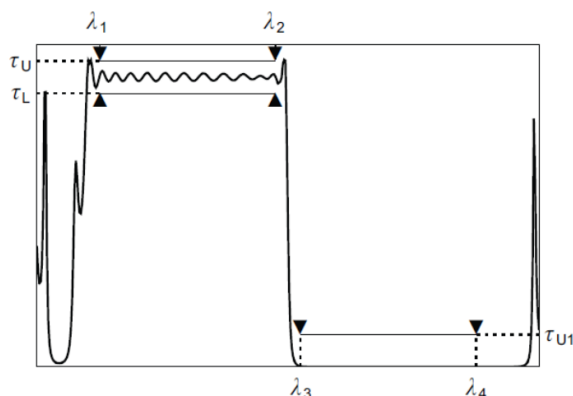
شناسه کلی :

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

مثال عددی:

$$SC - SP \quad 0,85 < \tau(400 \text{ nm to } 540 \text{ nm}) < 0,95$$

$$\tau(560 \text{ nm to } 700 \text{ nm}) < 0,1$$



شکل ۸- عملکرد انتخابی از نوع کوتاه-گذر

یادآوری- 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.

#### ۶-۴-۸ عملکرد قطبشی<sup>۱</sup> (PO)

عملکرد قطبشی باید با حدود رواداری بالا و پایین عبور/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 :

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

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

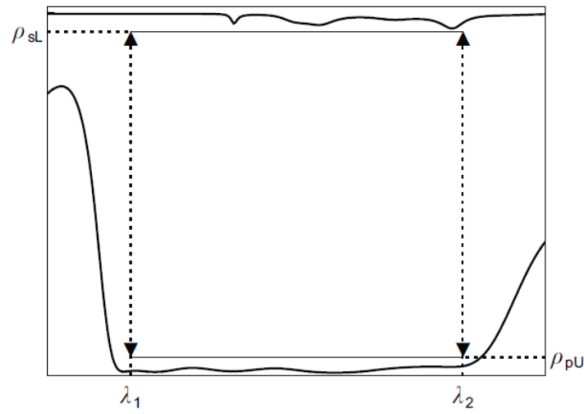
$$\rho_{sL} < \rho_s(\lambda_1 \text{ to } \lambda_2, \theta) < \rho_{sU}$$

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

مثال عددی:

$$PO \quad \rho_s(450 \text{ nm to } 650 \text{ nm}, 45^\circ \text{ to } 50^\circ) > 0,95$$

$$\rho_p(450 \text{ nm to } 650 \text{ nm}, 45^\circ \text{ to } 50^\circ) > 0,05$$



شکل ۹- عملکرد قطبشی

۹-۴-۶ عملکرد تغییر فاز دهنده<sup>۱</sup>(pc)

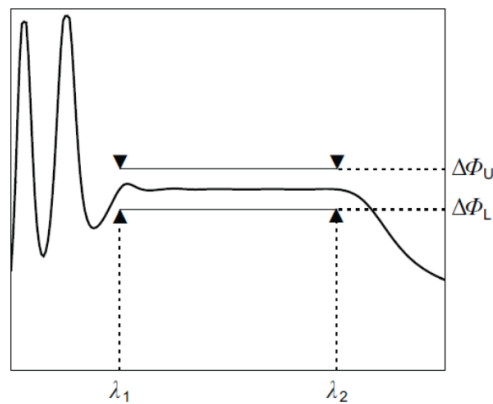
عملکرد تغییر فاز دهنده باید با حدود رواداری پایین و بالای تاخیر فاز  $(\Delta\phi_U, \Delta\phi_L)$  مشخص شود.

شناسه کلی:

$$PC \quad \Delta\phi_L < \Delta\Phi(\lambda_1 \text{ to } \lambda_2, \theta) < \Delta\phi_U$$

مثال عددی:

$$PC \quad 89^\circ < \Delta\Phi(10.5 \mu\text{m to } 10.7 \mu\text{m}, 45^\circ) < 97^\circ$$



شکل ۹- عملکرد تغییر فاز دهنده

۶-۴-۱۰ عملکرد جذب کنندگی<sup>۱</sup>(AB)

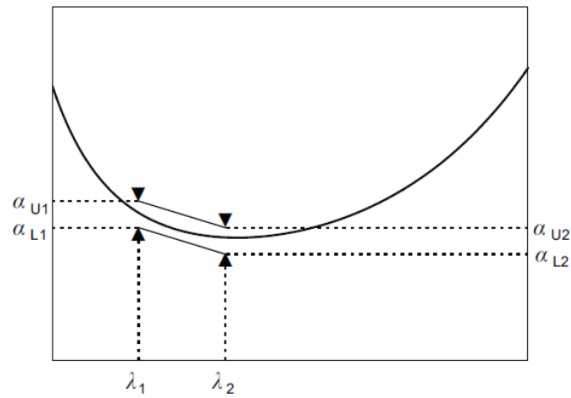
عملکرد جذب کنندگی باید با حدود رواداری بالا و پایین جذب طیفی  $(\alpha_U, \alpha_L)$  مشخص شود.  
شناسه کلی:

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

$$i=1,2,\dots$$

مثال عددی:

$$AB \quad 0.75 \rightarrow 0.60 < a(500 \text{ nm to } 600 \text{ nm}, 0^\circ) < 0.90 \rightarrow 0.75$$



شکل ۱۰- عملکرد جذب کنندگی

## پیوست الف

### (الزامی)

#### عبارت‌ها و تعاریف تکمیلی برای عملکردهای انتخاب‌کنندگی و فیلترکنندگی

##### الف-۱ عملکرد فیلترکنندگی از نوع میان‌گذر<sup>۱</sup>

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)  $\tau_M$  بیشینه مقدار اندازه‌گیری شده عبور طیفی در داخل ناحیه عبوری است

(۳)  $\lambda_M$  طول موجی است که در آن عبور طیفی مساوی با  $t_M$  است.

برای عبارت‌ها و تعاریف‌های بعدی، تعیین این که از  $\tau_M$  یا از  $\tau_A$  استفاده خواهد شد، ضروری است. بالانویس 'برای نشان دادن طول موج کوتاه و بالانویس " برای نشان دادن طول موج بلند میان‌گذر استفاده می‌شود.

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

(۵)  $\Delta\lambda_{0.5}'$  (پهنای کامل در نصف بیشینه، FWHM) پهنای بانندی است که با رابطه  $\Delta\lambda_{0.5}' = \lambda_{0.5}'' - \lambda_{0.5}'$  تعریف می‌شود.

(۶)  $\lambda_C$  (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 بانندی 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 موج‌هایی هستند که در آنها عبور طیفی مساوی با  $0.05\tau_A$  یا  $0.05\tau_M$  است.

(۱۰)  $\Delta\lambda_{0.05}$  پهنای بانندی 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.

$$S_A' = \frac{0.8\tau_M - 0.05\tau_M}{\lambda_{0.8M}' - \lambda_{0.05M}'} \quad \text{یا} \quad S_A' = \frac{0.8\tau_A - 0.05\tau_A}{\lambda_{0.8A}' - \lambda_{0.05A}'}$$

$$S_A' = \frac{0.8\tau_M - 0.05\tau_M}{\lambda_{0.05M}'' - \lambda_{0.8M}''} \quad \text{یا} \quad S_A' = \frac{0.8\tau_A - 0.05\tau_A}{\lambda_{0.05A}'' - \lambda_{0.8A}''}$$

(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)  $\Gamma'_M$  یا  $\Gamma'_A$  و  $\Gamma''_M$  یا  $\Gamma''_A$  پهناهای نسبی گذار بر حسب درصد هستند که با روابط زیر تعریف می‌شوند

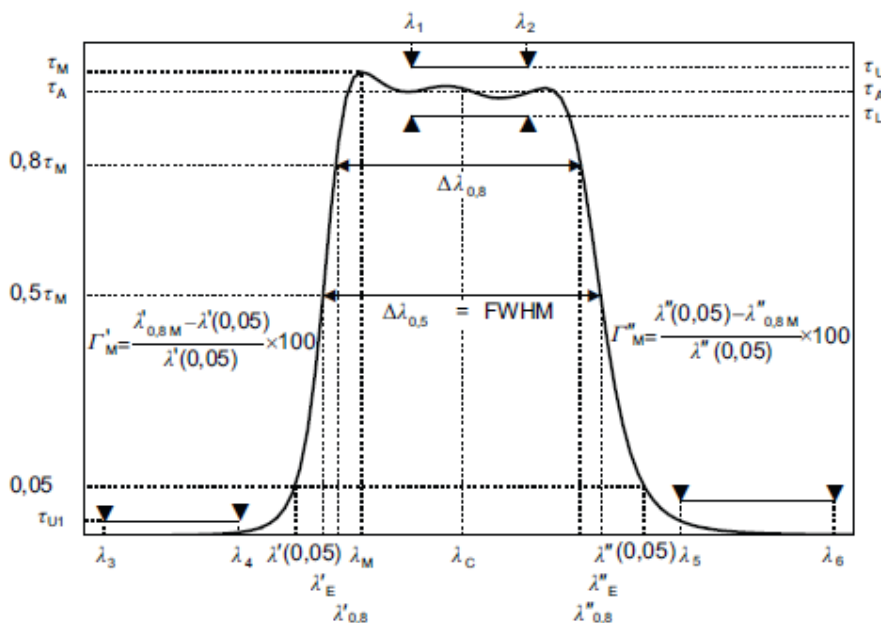
$$\Gamma'_M = \frac{\lambda'_{0.8M} - \lambda'(0.05)}{\lambda'(0.05)} \times 100 \quad \text{یا} \quad \Gamma'_A = \frac{\lambda'_{0.8A} - \lambda'(0.05)}{\lambda'(0.05)} \times 100$$

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

**یادآوری-** در برخی مراجع قبلی اصطلاح "شیب" 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 پهناهای 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  $\tau_A$  به صورت تکمیلی برای تعیین مشخصات عملکردهای فیلتر کنندگی میان گذر، به کار رفته و با رواداری داده می‌شوند.



شکل الف (۱) عملکرد فیلتر کنندگی (میان گذر، از  $\tau_M$  استفاده شده است)

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

(۱)  $\tau_A$  میانگین حسابی حدود رواداری بالایی و پایینی در ناحیه عبوری است.

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

(۲)  $\tau_M$  بیشینه مقدار اندازه‌گیری شده عبور در ناحیه عبوری است.

برای تعریف‌ها و عبارتهای بعدی تعیین اینکه از  $\tau_A$  استفاده خواهد شد یا از  $\tau_M$  ضروری است.

(۳)  $\lambda_{0.5}$  (طول موج لبه  $\lambda_E$ ) طول موجی است که 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)  $S_M$  یا  $S_A$  شیب لبه‌ها هستند که به شکل زیر تعریف می‌شوند

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

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

تراگیسیل طیفی)

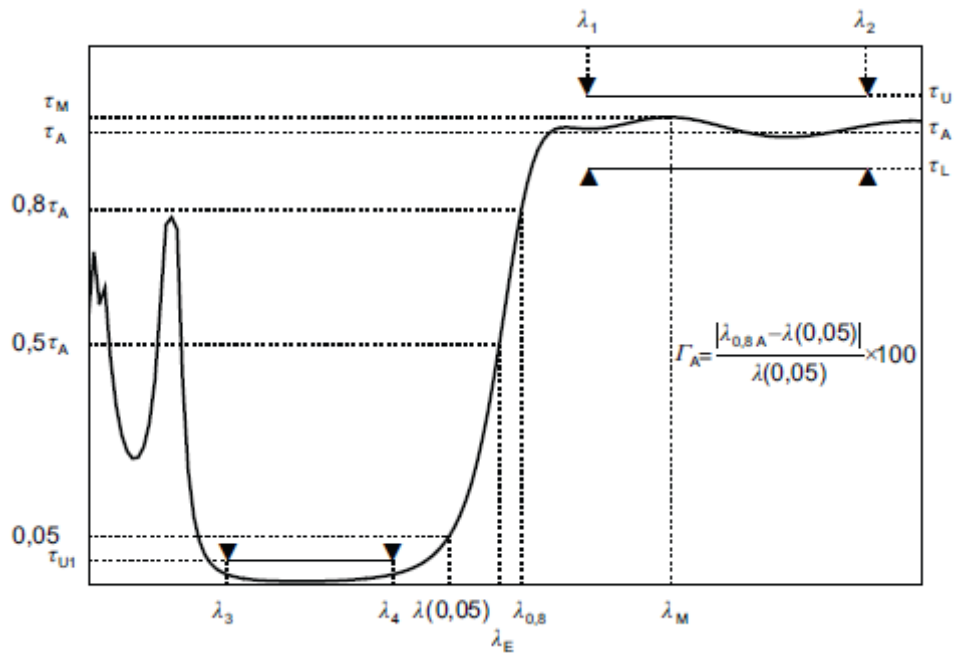
(۸)  $\Gamma_M$  یا  $\Gamma_A$  پهناهای نسبی گذار بر حسب درصد هستند که با روابط زیر تعریف می‌شوند:

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

**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 پهناهای محدوده طول موجی بین ناحیه مسدود شده و ناحیه عبوری نسبت به موقعیت طیفی فیلتر، ارائه می‌کنند. 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  $\tau_A$  به صورت تکمیلی برای تعیین مشخصات عملکردهای بلند-گذر و کوتاه-گذر به کار رفته و با رواداری‌ها داده می‌شوند.



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