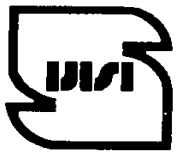
ISIRI
11838-1
1st.edition
Aug.2009

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
Institute of Standards and Industrial Research of Iran



استاندارد ملی ایران
۱-۱۱۸۳۸
چاپ اول
شهریور ۸۸

اپتیک یک‌پارچه- واژه‌نامه
قسمت اول: اصطلاحات اساسی و نمادها

Integrated optics – Vocabulary-
Part 1: Basic terms and symbols

ICS:31.260 ; 01.040.31

به نام خدا

آشنایی با موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه 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.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان موسسه* صاحب نظران مراکز و موسسات 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 منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که موسسات و سازمان های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که براساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که موسسه استاندارد تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO) [1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه شناسی 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.

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی 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 نماید. موسسه می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و موسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، موسسه استاندارد این گونه سازمان‌ها و موسسات را بر اساس ضوابط نظام تایید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تایید 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 موسسه است.

---

* موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

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

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

" اپتیک یک‌پارچه- واژه‌نامه- قسمت ۱: اصطلاحات اساسی و نمادها"

رییس:	**سمت و / یا نمایندگی:**
غلامی، شیوا (کارشناس ارشد الکترونیک)	دانشجوی دکترا (دانشگاه شهید بهشتی)
دبیر:	
پارسافر، ناهید (کارشناس ارشد فیزیک)	عضو هیئت علمی پژوهشکده علوم پایه کاربردی جهاد دانشگاهی
بنائی، اقدس (کارشناس ارشد فیزیک)	مدیرگروه پژوهشی فیزیک پژوهشکده علوم پایه کاربردی جهاد دانشگاهی
حاج ملاعلی کنی، محمد حسن (کارشناس برق- کنترل)	کارشناس آزاد
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
بدراقی، جلیل (کارشناس ارشد فیزیک)	معاون پژوهشی پژوهشکده علوم پایه کاربردی جهاد دانشگاهی
صیادی، سعید (کارشناس ارشد الکترونیک)	نماینده انجمن صنفی تولیدکنندگان تجهیزات پزشکی
عجمی، عاطفه (کارشناس ارشد سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی)	مدیر آزمایشگاه اپتیک جهاد دانشگاهی صنعتی شریف
غفوری غلامحسین نژاد، وحید (کارشناس ارشد فیزیک)	عضو هیئت علمی پژوهشکده علوم پایه کاربردی جهاد دانشگاهی
مقدم، فاطمه (فوق لیسانس فیزیک)	عضو هیئت علمی پژوهشکده علوم پایه کاربردی جهاد دانشگاهی

پیش گفتار

استاندارد " اپتیک یک‌پارچه- واژه‌نامه- قسمت ۱: اصطلاحات اساسی و نمادها" که پیش نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط پژوهشکده علوم پایه کاربردی جهاددانشگاهی تهیه و تدوین شده و در دویست و چهارمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی پزشکی مورخ ۸۷/۱۰/۱ 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 می شود. 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 تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

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

ISO 11807-1:2001 Integrated optics –Vocabulary- Part 1: Basic terms and symbols

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
آشنایی با موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران	ج
پیش گفتار	ه
۱- هدف و دامنه کاربرد	۱
۲- مراجع الزامی	۱
۳- اصطلاحات و تعاریف	۲
پیوست الف	۱۸
پیوست ب (کتاب نامه)	۲۰

اپتیک یک‌پارچه- واژه‌نامه
قسمت ۱: اصطلاحات اساسی و نمادها

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین اصطلاحات اساسی برای دستگاه‌های اپتیکی یک‌پارچه، اجزا و تراشه‌های اپتیکی مرتبط با آن‌ها می‌باشد که به طور مثال در زمینه‌های مخابرات نوری و حسگرها کاربرد دارند.

اصطلاحات مورد استفاده برای طبقه‌بندی، در بخش دوم این استاندارد ملی ارائه شده است.

نمادها و یکاهایی که به تفصیل در بند سه تعریف گردیده‌اند در جدول الف -۱ فهرست شده‌اند.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیرحاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین‌ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها وتجدیدنظرهای 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 الزامی زیر برای این استاندارد الزامی است:

2-1 ISO 11145: 1994, optics and Optical instruments- Lasers and laser- related equipment- Vocabulary and Symbols.

2-2 IEC 60050: 1991, International Electrotechnical Vocabulary- Chapter 731: Optical Communication.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

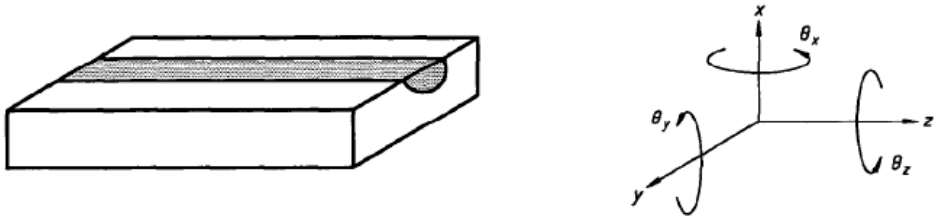
۳ -۱

دستگاه مختصات

برای تبیین انتشار تابش اپتیکی در هادی‌های موج[۱] اپتیکی یک‌پارچه، دستگاه مختصات کارتزینی که درآن محور z متناظر با جهت انتشار و محور x عمود بر سطح زیر لایه می‌باشند، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱- موجبرها

در اپتیک هندسی، دستگاه مختصاتی که درآن محور y، عمود بر زیر لایه می‌باشد استفاده شده است. به هر حال در هادی موج ورقه‌ای که ساده‌ترین ساختار هادی موج است، دستگاه مختصات دوبعدی xz استفاده می‌شود و هنگامی که هادی موج به هادی موج کانالی تبدیل شود، محور y اضافه می‌گردد. بنابر این، دستگاه مختصات در این استاندارد، آن‌گونه که در شکل ۱ نشان داده شده است تعیین می‌شود.



شکل ۱- دستگاه مختصات برای اپتیک یک پارچه

۳-۲ کلیات

۳-۲-۱

اپتیک یک‌پارچه **integrated optics**

ساختارهای مسطح هادی موج تابش اپتیکی، ساخته شده در داخل یا بر روی زیرساختار، شامل مؤلفه‌های اپتیکی لازم جهت جفت کردن ورودی و خروجی تابش اپتیکی

یادآوری ۱- در این متن اصطلاح "مسطح" شامل انحرافات کوچکی از مسطح بودن نیز می باشد، همان‌گونه که به طور مثال در عدسی‌های لونبرگ[1] با آن مواجه می‌شویم. با استفاده از ماده مناسب زیر لایه، این امکان وجود دارد که کارکرد اپتیکی محض و کارکرد اپتو الکترونیک، هر دو بر روی یک زیر لایه پیاده شوند. ساده‌ترین حالت، الکترودها هستند که می‌توانند برای کنترل خواص یک هادی موج استفاده شوند. در هر حال لیزرها و حسگرها ممکن است با استفاده از مواد نیمه هادی مرکب نیز ساخته شوند.

یادآوری ۲- انتظار می‌رود که مؤلفه‌های اپتیکی یک پارچه با سایر میکروفناوری‌ها مانند میکرو الکترونیک و میکرومکانیک به منظور ایجاد دستگاه‌های پیچیده‌تر، ترکیب شوند. به هر حال چنین دستگاه‌هایی، در محدوده هدف و کاربرد این استاندارد که صرفاً به مؤلفه اپتیکی یک‌پارچه و سطوح مشترک مجاور آن می پردازد، قرار نمی‌گیرند (به استاندارد IEC 60050-731/06 – 43 مراجعه کنید).

1-Luneberg

۳-۳

هادی‌های موج و مدها Waveguides and modes

۳ – ۳ – ۱

هادی موج waveguide

خط انتقال طراحی شده به منظور هدایت توان اپتیکی، شامل ساختارهایی که تابش اپتیکی را براساس ضریب شکست بالاتر هسته و ضریب شکست پایین‌تر مواد پیرامونی، هدایت می‌کنند.

یادآوری- ساختار هادی موج در بند ۳-۵ تعریف شده است.

۳-۳-۱-۱

هادی موج ورقه‌ای slab waveguide

هادی موج مسطح planar waveguide

هادی موجی که تابش اپتیکی را فقط عمود بر زیر لایه (جهت x) محدود می‌کند، (به شکل ۱ مراجعه کنید).

۳-۳-۱-۲

هادی موج نواری strip waveguide

هادی موج کانالی channel waveguide

هادی موجی که تابش اپتیکی را در یک ناحیه با سطح مقطع دو بعدی عمود بر سطح زیر لایه در طول یک مسیر یک بعدی محدود می‌کند.

۳-۳-۲

مد mode

تابع ویژه معادلات ماکسول، که یک میدان الکترومغناطیسی در یک محدوده فضایی معین و مربوط به یک خانواده از پاسخ‌های مستقل تعریف شده را به وسیله شرایط مرزی ویژه، مشخص می‌کند.

یادآوری- هر مد مطابق با مرتبه‌اش در جهت‌های عمودی و افقی و قطبش آن تعریف می‌شود. قطبش به مدهای TE و TM تفکیک می‌گردد. مرتبه مد با نمایه گذاری TE_{ij} و TM_{ij} مشخص می‌شود، که نمایه اول(i)، مرتبه افقی و دومی(j)، مرتبه عمودی را تعیین می‌کند.

۳-۴

مدها در هادی‌های موج اپتیکی یکپارچه

Modes in integrated optical waveguides

۳-۴-۱

مد هدایت شده guided mode

موج الکترومغناطیسی که میدان الکتریکی آن در جهت عرضی، به طور یکنواخت[1]، در همه نقاط خارج از هسته کاهش می‌یابد و اتلاف توان تابشی ندارد.

یادآوری- مدها با روش نمایش زیر مرتبه بندی می‌شوند:
TE_{ij} و TM_{ij} که TE و TM به ترتیب جهت y و x قطبش را نشان می‌دهند و i و j، به ترتیب نمایه‌های مد را در امتداد x و y تعیین می‌کنند.

۳-۱-۴-۱

هادی موج تک مد **single – mode waveguide**

هادی موجی که فقط یک مرتبه از مد را هدایت می‌کند.

یادآوری- مد هادی موج می‌تواند شامل دو حالت متعامد قطبش باشد.

۳-۱-۴-۲

هادی موج چند مد **multi –mode waveguide**

هادی موجی که حامل بیش از یک مد هدایت شده می‌باشد.

۳ – ۴ -۱-۳

مد-TE **TE- mode**

موج الکترومغناطیسی عرضی که درآن مؤلفه اصلی بردار میدان الکتریکی، با سطح لایه زیرین موازی می‌باشد.

یادآوری- به بیان دقیق، در هادی‌های موج نواری، مدهای هیبرید[2] با مؤلفه‌های میدان الکتریکی و مغناطیسی غیر صفر در جهت انتشار، وجود دارند. امواج TE و TM خالص فقط در هادی‌های موج با هندسه متناظر، به طور مثال در هادی‌های موج ورقه‌ای، یافت می‌شوند. برای هادی‌های موج اپتیکی یک پارچه با زیر لایه مسطح، طبیعی است که حالت قطبش نسبت به سطح زیر لایه تعریف شود. از آن جا که اصطلاحات TE و TM مورد استفاده بوده و در ادبیات رایج در زمینه هادی‌های موج مسطح به‌خوبی قابل فهم می‌باشند، در هادی‌های موج نواری نیز به همان معنا به‌کار برده می‌شوند.

۳ - ۴-۱-۴

مد-TM **TM- mode**

موج الکترومغناطیسی عرضی که درآن مؤلفه اصلی بردار میدان مغناطیسی، با سطح زیر لایه موازی می‌باشد.

۳ – ۴ -۱-۵

طول موج قطع **cutoff wavelength**

1- Monotonic
2- Hybrid

طول موجی ⟨از مد هدایت شده⟩ در خلاء که هیچ مد معینی با طول موج بالاتر از آن، نمی‌تواند در هادی موج وجود داشته باشد.

یادآوری ۱- به دلیل طول عموماً کوتاه هادی‌های‌موج اپتیکی یک‌پارچه، مقادیر اندازه‌گیری شده، تا حد زیادی وابسته به ساختار هادی موج می‌باشند. بنابراین ساختارهای خاص هادی موج به منظور اندازه‌گیری طول موج قطع، ساخته می‌شوند. روش‌های اندازه‌گیری شناخته شده برای فیبرهای اپتیکی نمی‌تواند برای هادی‌های‌موج اپتیکی یک‌پارچه به‌کار گرفته شود.

یادآوری ۲- در فیبرهای اپتیکی، اصطلاح طول موج قطع برای بیان طول موج قطع مد مرتبه دوم بکار می‌رود. چرا که طول موج قطع برای مد پایه یک هادی موج دی‌الکتریک متقارن، وجود ندارد و طول موج قطع مد مرتبه دوم، وضعیت تک مد را تعیین می‌کند.

۲-۴-۳

مد نشتی **leaky mode**

مدی که در جهت عرضی خارج از هسته برای یک فاصله محدود، دارای یک میدان میرا است ولی یک میدان نوسانی درجهت عرضی در هر نقطه خارج از آن فاصله را نیز دارا می‌باشد.

یادآوری- مد نشتی به علت اتلاف‌های تابش، در امتداد هادی موج تضعیف می‌شود.

۳ –۴ – ۳

مد تابش **radiation mode**

مدی که هر کجا خارج از هسته، در جهت عرضی، توان را انتقال می‌دهد.

۴-۴ – ۳

میدان میرا **evanescent field**

میدان الکترومغناطیسی متغیر نسبت به زمان در یک هادی موج اپتیکی یک‌پارچه که خارج از هسته، دامنه میدان آن به‌سرعت و به‌طور یکنواخت در جهت عرضی، بدون تغییر فاز کاهش می‌یابد.

۵-۴ – ۳

قطع هادی موج **waveguide cutoff**

گذار یک مد هدایت شده که در آن، انتشار هدایت شده به انتشار نشتی یا تابشی تغییر می‌کند.

۶-۴ – ۳

ضریب شکست مؤثر **effective refractive index**

ضریب شکست معادل **equivalent refractive index**

n_{eff}

نسبت سرعت نور در خلاء به سرعت فاز مد هدایت شده

یادآوری۱- ضریب شکست معادل یا مؤثر، توسط ابعاد هندسی هادی موج و پروفایل ضریب شکست آن، شامل محیط مجاور هسته هادی موج و طول موج تعیین می‌شود. هر مد دارای قابلیت انتشار، به وسیله ضریب شکست معادل یا مؤثر مخصوص آن، مشخص می‌شود.

یادآوری۲- اصطلاحات " ضریب مؤثر" و " ضریب معادل" هر دو برای یک کمیت به‌کار برده می‌شوند که به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$n_{eff} = \frac{\beta}{k_o}$$

که در آن

β ثابت انتشار یک مد در یک هادی موج است؛

k_o ثابت انتشار یک موج تخت در خلاء است.

یادآوری۳- اصطلاح " ضریب مؤثر" همچنین برای کمیتی که بصورت زیر تعریف می‌شود نیز به‌کار برده می‌شود:

$$n_{eff} = n + k_o \frac{dn}{dk_o} = n - \lambda \frac{dn}{d\lambda}$$

که برای ماده توده‌ای شکل[1]، با ضریب شکست n تعریف می‌شود. این کمیت، گستره طیفی آزاد یا فاصله طول موج قله مجاور $\Delta\lambda$ در یک مشدد مانند مشدد فابری پرو را تعیین می‌کند و از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\Delta\lambda = -\frac{\lambda_o^2}{2L\, n_{eff}}$$

که در آن

L طول کاواک

λ_o طول موج مرکزی مشدد است.

به منظور اجتناب از هر گونه ابهام، اصطلاح " ضریب شکست معادل"، به طور معمول برای کمیتی به‌کار برده می‌شود که در حوزه اپتیک موج هدایت شده، بصورت زیر داده می‌شود:

$$n_{eq} = \frac{\beta}{k_o}$$

به هر حال کار برد اصطلاح " ضریب شکست مؤثر" در گذشته برای همین کمیت در حوزه مخابرات امواج میکرو مرسوم بوده است، بنابراین، هر دو اصطلاح با اعتبار برابر در این استاندارد به‌کار برده می‌شود.

۵ – ۳

توزیع ضریب شکست در هادی‌های موج اپتیکی یک‌پارچه

Refractive index distribution in integrated optical waveguides

۱ – ۵ – ۳

پروفایل ضریب شکست refractive index profile

ضریب شکست $n(x, y)$ به عنوان تابعی از مکان، در سرتاسر یک سطح مقطع هادی موج،

1-Bulk

۳ – ۵ – ۲

پروفایل پله‌ای ضریب شکست **step index profile**

پروفایل ضریب شکستی که با یک ضریب شکست تقریباً ثابت در هسته هادی موج و یک افت شدید ضریب شکست در مرز بین هسته با زیر لایه و لایه رویی مشخص می‌شود.

یادآوری- پهنای گذار در مقایسه با طول موج کوچک است.

۳ – ۵ – ۳

پروفایل تدریجی ضریب شکست **graded index profile**

پروفایل ضریب شکستی که پهنای گذار آن در مقایسه با طول موج بزرگ است.

۳ – ۵ – ۴

اختلاف ضریب شکست نسبی **relative refractive index difference**

Δn

اختلاف نسبی ضریب شکست هسته هادی موج و مواد اطراف

$$\Delta n = \frac{n_{\max}^{۲} - n_{cl}^{۲}}{۲n_{cl}^{۲}}$$

که در آن

$n_{\max}$ بیشینه ضریب شکست هادی موج است؛

n_{cl} ضریب شکست پوشش بالایی یا پایینی، هر کدام که بیشتر است می‌باشد.

۳ – ۵ – ۵

زاویه پذیرش **acceptance angle**

θ

هادی‌های‌موج چند مد نیم زاویه رأس بزرگترین مخروط تابش اپتیکی هدایت شده که می‌تواند وارد هادی موج شده و یا از آن خارج گردد.

$$\theta = arc\ \sin\sqrt{n_{\max}^{۲} - n_{cl}^{۲}}$$

که در آن

$n_{\max}$ بیشینه ضریب شکست هادی موج است؛

n_{cl} ضریب شکست پوشش بالایی یا پایینی؛ هر کدام بزرگ‌تر است می‌باشد.

یادآوری۱- زاویه پذیرش عمودی و افقی یک هادی موج فاقد تقارن دایره‌ای، می‌تواند متفاوت باشد.

یادآوری۲- زاویه پذیرش طبق استاندارد IEC 60050-731/03-84، به عنوان نصف زاویه دسته تابش جفت شده، تعریف شده است. در مقابل، زاویه واگرایی تابش لیزر به عنوان تمام زاویه تعریف شده است (استاندارد ISO 11145 را ببینید).

۳ – ۵ – ۶

روزنه عددی **numerical aperture**

NA_m

هادی‌های‌موج چند مد حاصل ضرب سینوس نیم زاویه رأس بزرگترین مخروط تابش اپتیکی هدایت شده که می‌تواند وارد هادی موج شده و یا از آن خارج گردد و ضریب شکست محیطی که رأس مخروط در آن واقع شده است.

یادآوری۱- یادآوری‌های مربوط به زیر بند ۳-۴-۵ را ببینید.

یادآوری۲- بیشینه روزنه عددی $NA_{\max}$ یک هادی موج چند مد (هنگامی که محیط هوا است) بصورت زیر است:

$$NA_{m,\max} = \sqrt{n_{\max}^{۲} - n_{cl}^{۲}}$$

که در آن

$n_{\max}$ پیشینه ضریب شکست هادی موج است؛

n_{cl} ضریب شکست پوشش پایینی یا بالایی، هر کدام که بیشتر است می‌باشد.

۳ – ۵ – ۷

روزنه عددی **numerical aperture**

NA_s

هادی‌های‌موج تک مد سینوس زاویه پراش اندازه لکه، که روزنه عددی هادی موج تک مد می‌باشد.

$$NA_s = \sin\left[\tan^{-۱}\left(\frac{\lambda\sqrt{۲}}{\pi w}\right)\right]$$

که در آن

w اندازه لکه مد پایه است؛

λ طول موج است.

یادآوری – به ۳-۴-۱۲ مراجعه کنید.

۳ – ۵ – ۸

زاویه شروع **launch angle**

زاویه بین راستای شدت بیشینه تابش ورودی و محور اپتیکی هادی موج

۳ – ۵ – ۹

بسامد بهنجار شده **normalized frequency**

پارامتر بدون بعد هادی موج که به شیوه‌ای مشابه باروش به‌کار برده شده برای فیبرهای اپتیکی تعریف می‌شود.

$$V_x = \frac{2\pi a_x}{\lambda}\sqrt{n_{\max}^2 - n_{cl}^2}$$

$$V_y = \frac{2\pi a_y}{\lambda}\sqrt{n_{\max}^2 - n_{cl}^2}$$

که در آن

a_x نیم پهنای ناحیه‌ای از هسته است که در آن توزیع ضریب شکست، در جهت x است؛

a_y نیم پهنای ناحیه‌ای از هسته است که در آن توزیع ضریب شکست، در جهت y است؛

λ طول موج در خلاء است؛

$n_{\max}$ بیشینه ضریب شکست هادی موج است؛

n_{cl} ضریب شکست پوشش پایینی یا بالایی، هر کدام که بیشتر است می‌باشد.

یادآوری- بسامد بهنجار شده یک تخمین ساده از طول موج قطع را ممکن می سازد [۱] V_x, V_y اعداد V هادی موج اپتیکی یک‌پارچه نیز نامیده می‌شوند.

۳ – ۵ -۱۰

الگوی میدان نزدیک **near- field pattern**

توزیع چگالی توان اپتیکی در امتداد یک سطح مقطع عمودی در وجه خروجی هادی موج یا بسیار نزدیک به آن

یادآوری۱- به علت فاصله اندک با وجه خروجی، پراش ناچیز است و بنابراین فرض می‌شود که الگوی میدان نزدیک، توزیع چگالی توان در درون هادی موج را نیز نشان می‌دهد. پهنای کاملی که در آن، این توزیع تا نصف مقدار بیشینه کاهش می‌یابد، پهنای کامل نیمه بیشینه[1] (مربوط به مد) نامیده می‌شود.

یادآوری۲- در بیشتر حالات، یک هادی موج اپتیکی یک‌پارچه، بر خلاف یک فیبر، در راستای عمودی یک پروفایل ضریب شکست نامتقارن دارد. بنابراین توزیع میدان نزدیک، در جهت افقی (y) متقارن و در جهت عمودی (x) نامتقارن است.

۳ – ۵ – ۱۱

مرکز میدان نزدیک **near-field centre**

موقعیت بیشینه توزیع میدان نزدیک

۳ – ۵– ۱۲

اندازه لکه **spot size**

$w_{x1}, w_{x2}, w_{y1}, w_{y2}$

هادی‌های‌موج تک مد: فواصل بین مرکز میدان نزدیک مد پایه و نقطه‌ای که نمودار گوسی شدت که از نمودار واقعی تقریب زده شده است، در هر دو سوی جهات x و y به $1/e^2$ مقدار بیشینه در مرکز، افت می‌کند.

1-Full width of half maximum (FWHM)

یادآوری- وقتی که نمودار میدان در جهت x متقارن است، اندازه لکه w_x تقریباً چنین داده می‌شود:

$$w_x = \left[۴ \int_{-\infty}^{\infty} x^۲ f^۲(x)dx / \int_{-\infty}^{\infty} f^۲(x)dx \right]^{۱/۲}$$

که در آن

$f(x)$ نمودار میدان است[۱]

$f^۲(x)$ نمودار شدت (توان) است.

۳ – ۵ – ۱۳

پهنای میدان مد **mode field width**

مجموع $w_{x۱}$ و $w_{x۲}$ در جهت x و متناظر با آن، مجموع $w_{y۱}$ و $w_{y۲}$ در جهت y

۳ – ۵ – ۱۴

عدم تقارن میدان نزدیک **near- field asymmetry**

$A_{x,y}$

مقدار انحراف از توزیع میدان نزدیک متقارن

$$A_x = \frac{|w_{x۱} - w_{x۲}|}{|w_{x۱} + w_{x۲}|} \qquad A_y = \frac{|w_{y۱} - w_{y۲}|}{|w_{y۱} + w_{y۲}|}$$

که در آن

$w_{x۱}$، $w_{x۲}$، $w_{y۱}$ و $w_{y۲}$ اندازه‌های لکه در هر دو سوی جهات x و y هستند.

۳ – ۵ – ۱۵

الگوی میدان دور **far field pattern**

الگوی تابش که توزیع نسبی چگالی توان اپتیکی را به عنوان تابعی از زاویه، در جایی که الگوی تابش نسبت به فاصله از وجه انتهایی هادی موج تغییر نمی‌کند، بیان می‌نماید.

یادآوری- برای هادی‌های‌موج اپتیکی یک‌پارچه، توزیع میدان دور، از شکل و موقعیت سطح لبه نسبت به مرکز میدان نزدیک، تأثیر می‌پذیرد.

۳ – ۶

ساختار هادی موج **Waveguide structure**

۳ – ۶ – ۱

هسته **core**

ناحیه مرکزی یک هادی موج اپتیکی یک‌پارچه که توان تابشی به طور عمده در آن محصور می‌شود.

۳ - ۶-۲

پوشش **cladding**

ماده در برگیرنده هسته هادی موج

یادآوری- بر خلاف فیبرهای اپتیکی، پوشش هادی‌های موج اپتیکی یک‌پارچه، اغلب شامل بیش از یک ماده می‌شود. طبیعتاً لازم است که میان پوشش پایینی و پوشش بالایی هادی‌های موج اپتیکی یک‌پارچه، به علت فرایند ساخت مسطح ، تمایز قائل شویم.

۳ - ۶-۳

زیرلایه **substrate**

حاملی که هادی موج اپتیکی یک‌پارچه، در داخل یا بر روی آن ساخته می‌شود.

۳ – ۶ – ۴

لایه رویی **Superstrate**

محیط یا ساختار لایه‌ای که هادی موج اپتیکی یک‌پارچه با آن پوشانده می‌شود.

یادآوری- به طور مثال توصیه نمی‌شود که یک الکترود به عنوان یک لایه رویی انتخاب شود. اگر چه لایه رویی هادی موج را می‌پوشاند، ولی خواص اپتیکی هادی موج را به علت وجود یک لایه عایق اپتیکی با ضخامت کافی، تحت تأثیر قرار نمی‌دهد.

۳ - ۷

خواص هادی‌های موج اپتیکی یک‌پارچه

Properties of integrated optical waveguides

۳ – ۷ - ۱

پراکندگی[1] طول موج **wavelength dispersion**

وابستگی سرعت‌های فاز یا ضرائب شکست معادل یا مؤثر مدهای یک هادی موج به طول موج

یادآوری۱ - ترکیب مواد، هندسه هادی موج، قطبش و مرتبه مد هدایت شده، بر پراکندگی طول موج تأثیر می‌گذارند.

یادآوری۲- در فیبرهای اپتیکی، پراکندگی طول موج به صورت وابستگی سرعت گروه مدها به طول موج تعریف می‌شود.

یادآوری۳- از اصطلاح پراکندگی برای بیان کردن وابستگی بعضی خواص فیزیکی به طول موج، استفاده می‌شود. در تمام بخش‌های این زیربند، هنگام بیان خواصی که به طول موج وابسته هستند، طول موج مورد نظر تعیین می‌شود.

۱- پاشندگی

۳ – ۷ – ۲

پراکندگی مواد **material dispersion**

ضریب شکست وابستگی ضریب شکست ماده به طول موج

۳ – ۷ – ۳

پراکندگی هادی موج **waveguide dispersion**

وابستگی ضریب شکست معادل یا مؤثر یک مد ویژه به ابعاد هادی موج، پروفایل ضریب شکست آن و طول موج ، هنگامی که ضرائب شکست، مستقل از طول موج فرض می‌شوند.

۳ – ۷ – ۴

پراکندگی مد **mode dispersion**

اختلاف در سرعت فاز مدها از مرتبه‌های متفاوت، در یک طول موج

یادآوری- برای فیبرهای اپتیکی به دلیل این که این اثر بر انتشار سیگنال‌های اپتیکی تأثیر منفی می‌گذارد، اصطلاح پراکندگی مد استفاده می‌شود. اینجا، در اپتیک یک‌پارچه، پراکندگی مد ممکن است موجب کارکرد اپتیکی یک دستگاه گردد.

۳ – ۷ – ۵

دوشکستی هادی موج **waveguide birefringence**

B

اختلاف بین ضرایب معادل یا مؤثر مدهای قطبیده متعامد TE و TM از یک مرتبه

$$B = n_{eff,TE} - n_{eff,TM}$$

یادآوری- در اینجا چندین علت برای دوشکستی هادی موج وجود دارد:

- ماده لایه زیرین خودش دارای دوشکستی باشد؛
- به واسطه فشار مکانیکی حاصل از فرآیند ساخت هادی موج، ممکن است دوشکستی رخ دهد؛
- به واسطه انحرافاتی از تقارن استوانه‌ای هادی موج، ممکن است دوشکستی هندسی رخ دهد؛
- هنگامی‌که انتشار مدهای قطبیده متعامد به وسیله مرز بین پوشش بالایی و پایینی تحت تأثیر قرار گیرد، مثلاً در فصل مشترک هوا- لایه زیرین؛ ممکن است دوشکستی القا شده سطحی رخ دهد.

۳ – ۸

اتلاف یا تضعیف در هادی‌های موج اپتیکی یک‌پارچه

Loss or attenuation in integrated optical waveguides

۳ – ۸ – ۱

ماتریس انتقال **transfer matrix**

ماتریسی که مشخصه انتقالی یک جزءاپتیکی یک‌پارچه با N+M درگاه را بیان می‌کند.

یادآوری- هادی‌های موج ورودی با شروع از ۱، تا N و هادی‌های موج خروجی با شروع از N+1 ، تا N+M، مطابق شکل ۲ شماره‌گذاری می‌شوند. درایه α_{ij} ماتریس، با اتلاف ناشی از جفت شدگی تابش با درگاه ورودی j ام، و گسیل تابش از درگاه اندازه‌گیری i ام، متناظر است. به طور مثال درایه‌های قطری به اتلاف بازگشت از هادی‌های موج مربوط می‌شوند.

مثال: ماتریس انتقال لگاریتمی

$$t=\begin{bmatrix} \alpha_{1,1} & \alpha_{1,2} & \cdots & \alpha_{1,N+M-1} & \alpha_{1,N+M} \\ \alpha_{2,1} & \alpha_{2,2} & \cdots & \alpha_{2,N+M-1} & \alpha_{2,N+M} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \alpha_{N+M-1,1} & \alpha_{N+M-1,2} & \cdots & \alpha_{N+M-1,N+M-1} & \alpha_{N+M-1,N+M} \\ \alpha_{N+M,1} & \alpha_{N+M,2} & \cdots & \alpha_{N+M,N+M-1} & \alpha_{N+M,N+M} \end{bmatrix}$$

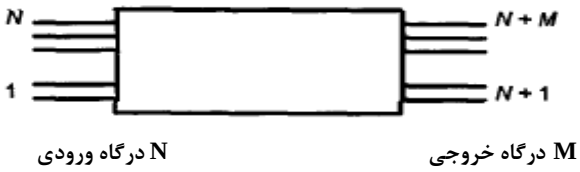
با درایه‌های

$$\alpha_{ij} = -10 \cdot log(p_{m,i} / p_{l,j}) dB$$

که در آن

$p_{l,j}$ توان ورودی[1] در درگاه j ام است؛

$p_{m,i}$ توان خروجی(اندازه گیری شده) تابش گسیل شده از درگاه i ام است.



شکل ۲- شماره گذاری برای ماتریس تبدیل

یادآوری- α_{ij} برحسب دسی بل بیان می‌گردد.

۲ - ۸ - ۳

تضعیف **attenuation**

اتلاف **loss**

کاهش میانگین زمانی توان تابشی در دستگاه‌های اپتیکی یک‌پارچه

یادآوری۱ - برای اجزای اپتیکی یک‌پارچه، اتلاف توان به دو سطح مقطع عرضی هادی موج متناظر مربوط می‌باشد.

1-Launched

یادآوری۲- معمولاً برای دستگاه‌های اپتیکی یک‌پارچه، آرایش ورودی و خروجی که به منظور اندازه‌گیری تضعیف به کار برده می‌شود، مشخص می‌گردد. اگر دستگاه با فیبرهای اپتیکی، سوار شود، توان به یک فیبر وارد شده و توان خروجی در فیبر دیگری اندازه‌گیری می‌شود.

۳ – ۸ – ۳

اتلاف هادی موج **waveguide loss**

α_w

کاهش توان اپتیکی p بین دو سطح مقطع عرضی ۱ و ۲ از یک هادی موج، در مقیاس لگاریتمی.

$$\alpha_w = -۱۰ \log(p_۲ / p_۱) dB;\ p_۲ \langle p_۱$$

که در آن

$p_۱$ توان در سطح پروفایل ۱ می‌باشد؛

$p_۲$ توان در سطح پروفایل ۲ می‌باشد.

یادآوری- اتلاف هادی موج برحسب دسی بل بیان می‌گردد.

۳ – ۸ – ۴

ضریب اتلاف هادی موج **waveguide loss coefficient**

α

نسبت اتلاف هادی موج در یک هادی موج یکنواخت به فاصله بین دو سطح مقطع عرضی

$$\alpha = \frac{\alpha_w}{L}$$

یادآوری- ضریب اتلاف هادی موج برحسب دسی بل بر متر بیان می‌گردد.

۳- ۸-۵

اتلاف جاسازی **insertion loss**

α_I

اتلاف ناشی از قرار دادن یک دستگاه اپتیکی یک‌پارچه در یک مسیر انتقال اپتیکی، در مقیاس لگاریتمی

$$\alpha_I = -۱۰ \log(p_۲ / p_۱) dB;\ p_۲ \langle p_۱$$

که در آن

$p_۱$ توان خروجی قبل از قرار دادن جزء می‌باشد؛

$p_۲$ توان خروجی بعد از قرار دادن جزء می‌باشد.

یادآوری - اتلاف جاسازی بر حسب دسی بل بیان می‌گردد.

۳ – ۸ – ۶

هم شنوایی انتهایی نزدیک **directivity**
near- end cross talk

α_D

نسبت توان تابشی گسیل شده از یک هادی موج ورودی نا برانگیخته، $p_{l,۲}$ ، به توان تابشی هدایت شده در یک هادی موج ورودی برانگیخته $p_{l,۱}$ ، در مقیاس لگاریتمی

$$\alpha_D = -۱۰ \log(p_{l,2} / p_{l,1}) dB$$

که در آن

$p_{l,۱}$ توان وارد شده در یک هادی موج ورودی از هادی موج چند درگاه؛

$p_{l,۲}$ توان خروجی اندازه گرفته شده در هادی موج ورودی دیگر.

یادآوری - هم شنوایی انتهایی نزدیک برحسب دسی بل بیان می‌شود.

۳ – ۸ – ۷

اتلاف جفت شدگی **coupling loss**

α_c

اتلاف توان اپتیکی، هنگامی که تابش از وجه انتهایی خروجی یک دستگاه اپتیکی i با وجه انتهایی ورودی دستگاه دیگر j ، جفت می‌شود، در مقیاس لگاریتمی.

$$\alpha_c = -۱۰ \log(p_{m,j} / p_{l,i}) dB$$

که در آن

$p_{l,i}$ توان در دستگاه اپتیکی i در وجه انتهایی خروجی می‌باشد؛

$p_{m,j}$ توان در دستگاه اپتیکی j در وجه انتهایی ورودی می‌باشد.

یادآوری- اتلاف جفت شدگی برحسب دسی بل بیان می‌شود.

۳ – ۸ – ۸

هم شنوایی **cross talk**

هم شنوایی انتهایی دور **far- end cross talk**

α_F

نسبت توان تابشی $p_{m,j}$ در یک خروجی (که بهتر است هیچ تابشی از آن گسیل نشود)، به مجموع توان تابشی $p_{m,i}$ در خروجی هادی‌های موج مورد نظر، در مقیاس لگاریتمی.

$$\alpha_F = -۱۰ \log(p_{m,j} / \Sigma_i p_{m,i}) dB$$

جایی که

$p_{m,i}$ توان در هادی موج خروجی مورد نظر i؛

$p_{m,j}$ توان در هادی موج خروجی j که مورد نظر نمی‌باشد.

یادآوری- هم شنوایی یا هم شنوایی انتهایی دور برحسب دسی بل بیان می‌شود.

۳ – ۸ - ۹

اتلاف بازگشت **return loss**

α_R

نسبت توان تابشی $p_{m,i}$ بازتابیده شده در جهت عکس هادی موج ورودی i، به توان ورودی تابش $p_{l,i}$ ،در مقیاس لگاریتمی.

$$\alpha_R = -۱۰ \log(p_{m,i} / p_{l,i}) dB$$

که در آن

$p_{l,i}$ توان ورودی می‌باشد که وارد شده است؛

$p_{m,i}$ توان تابشی است که در جهت خلاف تابش ورودی و هدایت شده به وسیله هادی موج، به عقب بازتابیده می‌شود.

یادآوری- اتلاف بازگشت برحسب دسی بل بیان می‌شود.

۳ – ۸ – ۱۰

اتلاف اضافی **excess loss**

α_E

نسبت جمع توان تابشی در همه هادی‌های‌موج خروجی $p_{m,i}$ به توان تابشی در هادی موج ورودی $p_{l,j}$ در مقیاس لگاریتمی

$$\alpha_E = -۱۰ \log(\sum_i p_{m,i} / p_{l,j}) dB$$

$p_{l,j}$ توان در هادی موج ورودی j می‌باشد؛

$p_{m,i}$ توان در هادی موج خروجی i می‌باشد.

یادآوری- اتلاف اضافی برحسب دسی بل بیان می‌شود.

۳ – ۸ – ۱۱

انحراف از یک نواختی **deviation of uniformity**

α_U

نسبت پایین‌ترین توان تابشی $P_{m,\min}$ گسیل شده از یک هادی موج خروجی، به بالاترین توان $P_{m,\max}$، در مقیاس لگاریتمی.

$$\alpha_U = -۱۰ \log(p_{m,\min} / p_{m,\max}) dB$$

که در آن

$p_{m,\min} = \min(p_{m,i})$ پایین‌ترین توان می‌باشد؛

$p_{m,\max} = \max(p_{m,i})$ بالاترین توان تابشی گسیل شده از هادی موج خروجی هادی موج چند درگاه می‌باشد.

یادآوری- انحراف از یکنواختی بر حسب دسی بل بیان می‌شود.

۱۲- ۸ – ۳

انحراف اتلاف وابسته به قطبش **deviation of polarization dependent loss**

α_{PDL}

نسبت کمترین توان $p_{m,i,\min}$ منتقل شده در هر حالت قطبش، به بالاترین توان تابشی $p_{m,i,\max}$ منتقل شده در هر حالت قطبش در درگاه i ، درمقیاس لگاریتمی.

$$\alpha_{PDL} = -۱۰ \log(p_{m,i,\min} / p_{m,i,\max}) dB$$

که در آن

$p_{m,i,\min}$ کمترین توان منتقل شده در هر حالت قطبش می‌باشد؛

$p_{m,i,\max}$ بیشترین توان منتقل شده در هر حالت قطبش می‌باشد.

یادآوری- انحراف اتلاف وابسته به قطبش، برحسب دسی بل بیان می‌شود.

پیوست الف
(اطلاعاتی)

نمادها و یکاهایی که با جزئیات در بند ۳ تعریف شده‌اند، در جدول الف – ۱ داده شده‌اند.

جدول الف ۱- نمادها و یکاها

نماد	اصطلاح	یکا
a_x	نیم پهنای پروفایل ضریب شکست ناحیه هسته در جهت x	µm
a_y	نیم پهنای پروفایل ضریب شکست ناحیه هسته در جهت y	µm
$A_{x,y}$	عدم تقارن میدان نزدیک	۱
B	دو شکستی هادی موج	۱
l	فاصله بین سطح مقطع ۱ و ۲	m یا mm
n_{eff}	ضریب شکست معادل یا مؤثر	۱
$n_{\max}$	بیشینه ضریب شکست هادی موج	۱
n_{cl}	ضریب شکست پوشش پایینی یا بالایی، هر کدام که بیشتر باشد	۱
n_s	ضریب شکست زیرلایه	۱
NA	روزنه عددی	۱
p	توان	W یا mW یا dB.m
V_y, V_x	بسامد بهنجار شده یا عدد V-	۱
w_x, w_y	اندازه لکه	µm
$2w_x, 2w_y$	پهنای میدان مد	µm
α	ضریب تضعیف هادی موج	dB/m یا dB/mm
α_c	اتلاف جفت شدگی	dB
α_D	هم شنوایی انتهایی نزدیک Directivity	dB
α_E	اتلاف اضافی	dB
α_F	هم شنوایی (هم شنوایی انتهایی دور)	dB
α_I	اتلاف جاسازی	dB
α_{PDL}	انحراف اتلاف وابسته به قطبش	dB
α_R	اتلاف بازگشت	dB
α_U	انحراف از یکنواختی	dB
α_W	اتلاف هادی موج	dB/m یا dB/mm
θ	زاویه پذیرش	rad

پیوست ب

(اطلاعاتی)

کتاب نامه

[1] ISO 11145: 1994, optics and Optical instruments- Lasers and laser- related equipment- Vocabulary and Symbols.

[2] IEC 60050: 1991, International Electrotechnical Vocabulary- Chapter 731: Optical Communication.

فهرست الفبایی

الف

اپتیک یک‌پارچه	integrated optics 3-2-1
اتلاف	loss 3-8-2
اتلاف اضافی	excess loss 3-8-10
اتلاف بازگشت	return loss 3-8-9
اتلاف جاسازی	insertion loss 3-8-5
اتلاف جفت شدگی	coupling loss 3-8-7
اتلاف هادی موج	waveguide loss 3-8-3
اتلاف یا تضعیف در هادی‌های‌موج اپتیکی یک‌پارچه	Loss or attenuation in integrated optical waveguides 3-8
اختلاف ضریب شکست نسبی	relative refractive index difference 3-5-4
الگوی میدان دور	far-field pattern 3-5-15
الگوی میدان نزدیک	near-field pattern 3-5-10
انحراف اتلاف وابسته به قطبش	deviation of polarization dependent loss 3-8-12
انحراف از یک نواختی	deviation of uniformity 3-8-11
اندازه لکه(هادی‌های‌موج تک مد)	spot size (single-mode waveguides) 3-5-12

ب

بسامد بهنجار شده	normalized frequency 3-5-9

پ

پراکندگی طول موج	wavelength dispersion 3-7-1
پراکندگی مد	mode dispersion 3-7-4
پراکندگی مواد(ضریب شکست)	material dispersion (refractive index) 3-7-2
پراکندگی هادی موج	waveguide dispersion 3-7-3
پروفایل پله‌ای ضریب شکست	step index profile 3-5-2
پروفایل تدریجی ضریب شکست	graded index profile 3-5-3
پروفایل ضریب شکست	refractive index profile 3-5-1
پوشش	cladding 3-6-2
پهنای میدان مد	mode field width 3-5-13

ت

تضعیف	attenuation 3 -8-2

خ

خواص هادی‌های موج اپتیکی یک‌پارچه	Properties of integrated optical waveguides 3-7

د

دوشکستی هادی موج	waveguide birefringence 3-7-5

ر

روزنه عددی(هادی‌های‌موج تک مد)	numerical aperture (single-mode waveguides) 3-5-7
روزنه عددی(هادی‌های‌موج چند مد)	numerical aperture (multi-mode waveguides) 3-5-6

ز

زاویه پذیرش	acceptance angle (multi-mode waveguides) 3 -5 -5
زاویه شروع	launch angle 3-5-8
زیرلایه	substrate 3-6-3

س

ساختار هادی موج	Waveguide structure 3-6

ض

ضریب اتلاف هادی موج	waveguide loss coefficient 3-8-4
ضریب شکست معادل	equivalent refractive index 3-4-6
ضریب شکست مؤثر	effective refractive index 3-4-6

ط

طول موج قطع	cutoff wavelength (guided mode) 3-4-1-5

ع

عدم تقارن میدان نزدیک near-field asymmetry 3-5-14

ق

قطع هادی موج waveguide cutoff 3-4-5

ل

لایه رویی superstrate 3-6-4

م

ماتریس انتقال transfer matrix 3-8-1
مد mode 3-3-2
مد تابش radiation mode 3-4-3
مد TE TE-mode 3-4-1-3
مد TM TM-mode 3-4-1-4
مد نشتی leaky mode 3-4-2
مدها در هادی‌های موج اپتیکی یک‌پارچه Modes in integrated optical waveguides 3-4
مدهای هدایت شده guided mode 3-4-1
مرکز میدان نزدیک near-field center 3-5-11
میدان میرا evanescent field 3-4-4

ه

هادی موج waveguide 3-3-1
هادی موج تک مد single-mode waveguide 3-4-1-1
هادی موج چند مد multi-mode waveguide 3-3-1-2
هادی موج کانالی channel waveguide 3-3-1-2
هادی موج مسطح planar waveguide 3-3-1-1
هادی موج نواری strip waveguide 3-3-1-2
هادی موج ورقه‌ای slab waveguide 3-3-1-1
هادی‌های موج و مدها Waveguides and modes 3-3
هسته core 3-6-1
هم شنوایی cross talk 3-8-8
هم شنوایی انتهایی دور far-end cross talk 3-8-8
هم شنوایی انتهایی نزدیک directivity (near- end cross talk) 3-8-6

Alphabetical index

A

acceptance angle (multi-mode waveguides) 3-5-5 — زاویه پذیرش
attenuation 3-8-2 — تضعیف

C

channel waveguide 3-3-1-2 — هادی موج کانالی
cladding 3-6-2 — پوشش
core 3-6-1 — هسته
coupling loss 3-8-7 — اتلاف جفت شدگی
cross talk 3-8-8 — هم شنوایی
cutoff wavelength (guided mode) 3-4-1-5 — طول موج قطع

D

deviation of polarization dependent loss 3-8-12 — انحراف اتلاف وابسته به قطبش
deviation of uniformity 3-8-11 — انحراف از یک نواختی
directivity (near- end cross talk) 3-8-6 — هم شنوایی انتهایی نزدیک

E

effective refractive index 3-4-6 — ضریب شکست مؤثر
equivalent refractive index 3-4-6 — ضریب شکست معادل
evanescent field 3-4-4 — میدان میرا
excess loss 3-8-10 — اتلاف اضافی

F

far-end cross talk 3-8-8 — هم شنوایی انتهایی دور
far-field pattern 3-5-15 — الگوی میدان دور

G

graded index profile 3-5-3 — پروفایل تدریجی ضریب شکست
guided mode 3-4-1 — مدهای هدایت شده

I

insertion loss 3-8-5 — اتلاف جاسازی
integrated optics 3-2-1 — اپتیک یک‌پارچه

L

launch angle 3-5-8 — زاویه شروع
leaky mode 3-4-2 — مد نشتی
loss 3-8-2 — اتلاف
Loss or attenuation in integrated optical waveguides 3-8 — اتلاف یا تضعیف در هادی‌های‌موج اپتیکی یک‌پارچه

M

material dispersion (refractive index) 3-7-2 — پراکندگی مواد(ضریب شکست)
mode 3-3-2 — مد
mode dispersion 3-7-4 — پراکندگی مد
mode field width 3-5-13 — پهنای میدان مد
Modes in integrated optical waveguides 3-4 — مدها در هادی‌های موج اپتیکی یک‌پارچه
multi-mode waveguide 3-3-1-2 — هادی موج چند مد

N

near-end cross talk 3-8-6 — هم شنوایی انتهایی نزدیک
near-field asymmetry 3-5-14 — عدم تقارن میدان نزدیک
near-field center 3-5-11 — مرکز میدان نزدیک
near-field pattern 3-5-10 — الگوی میدان نزدیک
normalized frequency 3-5-9 — بسامد بهنجار شده
numerical aperture (multi-mode waveguides) 3-5-6 — روزنه عددی(هادی‌های‌موج چند مد)
numerical aperture (single-mode waveguides) 3-5-7 — روزنه عددی(هادی‌های‌موج تک مد)

P

planar waveguide 3-3-1-1	هادی موج مسطح
Properties of integrated optical waveguides 3-7	خواص هادی‌های موج اپتیکی یک‌پارچه

R

radiation mode 3-4-3	مد تابش
refractive index profile 3-5-1	پروفایل ضریب شکست
Refractive index distribution in integrated optical waveguides 3-5	توزیع ضریب شکست در هادی‌های موج اپتیکی یک‌پارچه
relative refractive index difference 3-5-4	اختلاف ضریب شکست نسبی
return loss 3-8-9	اتلاف بازگشت

S

single-mode waveguide 3-4-1-1	هادی موج تک مد
slab waveguide 3-3-1-1	هادی موج ورقه‌ای
spot size (single-mode waveguides) 3-5-12	اندازه لکه(هادی‌های‌موج تک مد)
step index profile 3-5-2	پروفایل پله‌ای ضریب شکست
strip waveguide 3-3-1-2	هادی موج نواری
substrate 3-6-3	زیرلایه
superstrate 3-6-4	لایه رویی

T

TE-mode 3-4-1-3	مد-TE
TM-mode 3-4-1-4	مد-TM
transfer matrix 3-8-1	ماتریس انتقال

W

waveguide 3-3-1	هادی موج
waveguide birefringence 3-7-5	دوشکستی هادی موج
waveguide cutoff 3-4-5	قطع هادی موج
waveguide dispersion 3-7-3	پراکندگی هادی موج
waveguide loss 3-8-3	اتلاف هادی موج
waveguide loss coefficient 3-8-4	ضریب اتلاف هادی موج
Waveguides and modes 3-3	هادی‌های موج و مدها
Waveguide structure 3-6	ساختار هادی موج
wavelength dispersion 3-7-1	پراکندگی طول موج