



پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

ادوات و شبکه‌های فیبرنوری

Optical Fiber Devices and Networks

تألیف:

دکتر فرامرز اسمعیلی سراجی

مهندس علی امامی

دکتر وحید یزدانیان

(پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات)

www.ketab.ir

چاپ اول

بهار ۱۴۰۰



سرشناسه	: اسمعیلی سراجی، فرامرز، ۱۳۳۷ -
عنوان و نام پدیدآور	: ادوات و شبکه‌های فیبرنوری - optical fiber devices and networks
مشخصات نشر	: تالیف: فرامرز اسمعیلی سراجی، علی امامی، وحید یزدانیان؛ ویراستار صادق عباسی شاهکوه. : بابل: انتشارات نوج، ۱۴۰۰.
مشخصات ظاهری	: ۲۶۷ص. : مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۶۲۵۰۰۰ ریال: 4-06-7779-600-978
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۲۳۲-۲۳۳.
موضوع	: مخابرات فیبر نوری
موضوع	: Optical fiber communication
موضوع	: شبکه‌های نوری غیرفعال
موضوع	: Passive optical networks
موضوع	: الیاف نوری
موضوع	: Optical fibers
موضوع	: ارتباطات نوری - تجهیزات و تجهیزات
موضوع	: Optical communications - Equipment and supplies
شناسه افزوده	: امامی، علی، ۱۳۴۸ -
شناسه افزوده	: یزدانیان، وحید، ۱۳۵۸ -
رده بندی کنگره	: ۵۹۲/۵۱۰۳TK
رده بندی دیویی	: ۶۲۱/۳۸۲۷۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۸۴۷۶۴۵۰
اطلاعات رکورد کتابشناسی	: فیپا

حق چاپ برای نشر نوج محفوظ است

نسخه‌برداری انتفاعی از این کتاب به هر طریقی منع شرعی، قانونی و اخلاقی دارد.

نشر نوج



ادوات و شبکه‌های فیبرنوری

مؤلفین: دکتر فرامرز اسمعیلی سراجی

مهندس علی امامی

دکتر وحید یزدانیان

ویراستار: دکتر صادق عباسی شاهکوه

طراحی جلد و صفحه بندی: ملیکا اسمعیلی سراجی

نوبت اول چاپ: بهار ۱۴۰۰

شمارگان: ۵۰۰

ناشر: نشر نوج

قیمت: ۶۲۵۰۰ تومان

حق چاپ محفوظ

نشر نوج: قایم شهر - جاده بابل، جنب بانک خون - خیابان شهید شهاب‌الدین اسماعیلی

کد پستی: ۳۳۵۳۱-۴۷۷۸۱؛ تلفن: ۴۲۲۹۲۹۳۹-۰۱۱؛ تلفن همراه: ۰۹۱۱۳۱۶۹۰۵۰؛ ۰۹۱۱۱۵۴۳۸۶۲

پیشگفتار

در اواخر دهه ۷۰ میلادی، مخابرات فیبرنوری مورد توجه قرار گرفت، اما تا اواسط دهه ۹۰ میلادی جایگاه اصلی خود را پیدا نکرد تا این که ادوات فعال و غیرفعال نوری به عنوان اجزای اصلی شبکه های نوظهور فناوری هم تافت تقسیم طول موج مطرح شدند تا تحولی را در صنعت مخابرات نوری رقم زنند.

رشد این نوآوری ها باعث شد که افزایش چشم گیری در ترافیک مخابرات و متعاقب آن رشد تقاضای پهنای باند حاصل شود. این وضعیت، تأمین کننده های خدمات مخابرات فیبرنوری را بر آن داشت تا فناوری فیبرنوری را تا درب خانه ها آورده و شبکه های «فیبر تا خانه» را با کمک شبکه های نوری غیرفعال پیاده سازی کنند.

در راستای پیشرفت های شبکه های فیبرنوری، در این کتاب، ادوات فعال و غیرفعال پر کاربرد در شبکه های غیرفعال نوری با زبان ساده به طور کیفی بررسی شده اند تا شاید اطلاعات مفیدی برای مهندسین، تکنسین ها، و محققان و دست اندرکاران صنعت مخابرات فیبرنوری فراهم آید. این کتاب دارای ۱۲ فصل است که در آن عنوان های فیبرنوری، اتصال گره های فیبرنوری، جفت گره ها، شکافنده ها، سوده ها، چرخاننده ها، چشمه ها و آشکارسازهای نوری، اجزای مهم یک پیونده فیبرنوری، ملاحظه های طراحی سیستم فیبرنوری و محدودیت های عملکرد آن، شبکه های مخابرات فیبرنوری، و نمونه های کاربرد این شبکه ها در سیستم های انتقال هوشمند مورد بررسی قرار گرفته اند. در قسمت پایانی، واژه نامه دوسویه پر کاربرد در مخابرات فیبرنوری مورد استفاده در این کتاب ارائه شده است.

دکتر وحید یزدانیان
v.yazdanian@itrc.ac.ir

مهندس علی امامی
emami@itrc.ac.ir

دکتر فرامرز اسمعیلی سراجی
feseraji@itrc.ac.ir

گروه ارتباطات نوری
پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات
بهار ۱۴۰۰

فهرست مطالب

۵ -	پیشگفتار
۱۳ -	فهرست علائم
۱۵ -	کلمات اختصار
۱۹ -	فصل ۰: تاریخچه شبکه های فیبرنوری
۱۹ -	۱-۰-۱- قرن نوزدهم
۲۰ -	۲-۰-۱- قرن بیستم
۲۴ -	۳-۰-۱- کاربردهای فیبرنوری در جهان واقعی
۲۶ -	۴-۰-۱- قرن بیست و یکم و بعد از آن
۲۷ -	۵-۰-۱- شبکه های نوری
۳۰ -	۶-۰-۱- دسته بندی شبکه های نوری
۳۱ -	۷-۰-۱- استفاده های کلاسیک و غیر کلاسیک فیبرنوری
۳۴ -	۸-۰-۱- شبکه های تمام-نوری
۳۸ -	۹-۰-۱- سودهی تقسیم فضلی
۳۹ -	فصل ۱: فیبرهای نوری
۳۹ -	۱-۱-۱- فیبرهای چندمد
۴۰ -	۱-۱-۱-۱- فیبرهای چندمد ضریب پله ای
۴۱ -	۱-۱-۲- فیبرهای چندمد ضریب تدریجی
۴۲ -	۲-۱-۱- فیبرهای تک مد
۴۶ -	۳-۱-۱- پارامترهای فیبرنوری
۴۶ -	۳-۱-۲-۱- پاشش
۴۷ -	(الف) پاشش رنگی
۵۰ -	(ب) پاشش مد قطبی
۵۱ -	(ج) محاسبه پاشش
۵۲ -	(د) جریحه توان ناشی از پاشش
۵۷ -	(هـ) جریان سازه های پاشش
۵۸ -	۴-۱-۱- پدیدة غیر خطیت در فیبرنوری
۵۹ -	۴-۱-۲-۱- عامل های غیر خطیت
۶۰ -	(الف) پراکندگی برانگیخته بریلوین
۶۳ -	(ب) پراکندگی برانگیخته رمان
۶۴ -	(ج) آمیخت چهار موج
۶۹ -	فصل ۲: اتصالگرهای فیبرنوری
۷۰ -	۱-۲-۱- نصب اتصالگرهای فیبرنوری
۷۱ -	۱-۲-۱-۱- برش فیبر

۷۳ -	۲-۱-۲- سیفل انتهای فیبرنوری
- ۷۴ -	۲-۲- نگهداری و مراقبت از اتصالگر فیبرنوری
۷۴ -	۲-۲-۱- اثرات بر اتصالگرهای فیبرنوری
- ۷۵ -	۲-۲-۲- تمیزکاری اتصالگر
- ۷۶ -	۲-۲-۳- روش‌های تمیزکاری
- ۷۶ -	۲-۲-۴- نحوه تمیزکاری
۷۷ -	۲-۲-۵- حمل و نقل اتصالگرهای فیبرنوری
- ۷۷ -	۲-۳- حمل و نقل فیبرهای نوری و مونتاژ فیبر دنباله
۷۷ -	۲-۳-۱- شرایط حمل
- ۷۸ -	۲-۳-۲- نصب فزانه نوری بر روی تخته-مدار
- ۷۹ -	۲-۴- اندازه‌گیری تلفات اتصالگر
- ۷۹ -	۲-۴-۱- اجزای دستگاه اندازه‌گیری
- ۷۹ -	(الف) چشمه‌های نوری
۸۰ -	(ب) درهم‌آمیز مُد
۸۲ -	(ج) فیلتر مُد مغزی
- ۸۳ -	(د) لختگر مُد غلاف
۸۳ -	(هـ) سیستم آشکارساز
- ۸۴ -	۲-۵- اندازه‌گیری تلفات فیبرهای نوری
۸۴ -	۲-۵-۱- آزمون تلفات الحافی
- ۸۵ -	۲-۵-۲- آزمون تلفات ناطببقی گشودگی عددی
۸۵ -	۲-۵-۳- آزمون ناطببقی قطر مغزی غلاف
- ۸۶ -	۲-۵-۴- آزمون تلفات هم‌راستایی
۸۷ -	۲-۵-۵- تلفات بازتاب فرّئل
- ۸۸ -	۲-۶- انواع تلفات مرتبط با سیستم
- ۸۹ -	۲-۷- تعیین اندازه فیبر
۸۹ -	۲-۷-۱- آماده‌سازی فیبرنوری
- ۸۹ -	۲-۷-۲- اندازه غلاف
۹۰ -	۲-۷-۳- اندازه مغزی فیبرنوری
- ۹۳ -	فصل ۲: چشمه‌های نوری
- ۹۳ -	۱-۳- دیودهای نورگسیل
۹۵ -	۲-۳- مدارهای راه‌انداز دیودهای نورگسیل
- ۹۵ -	۲-۳-۱- مدار آنالوگ راه‌انداز دیود نورگسیل
- ۹۸ -	۲-۳-۲- مدار راه‌انداز دیجیتالی دیود نورگسیل
۱۰۱ -	۲-۳-۳- گاف انرژی دیود نورگسیل
۱۰۳ -	۲-۴- بازتاب برگشتی مخرب عملکرد

- ۳-۲-۵- تشریح بازتاب برگشتی - ۱۰۳ -
- ۳-۲-۳- دیودهای لیزری - ۱۰۴ -
- ۳-۳-۱- معرفی انواع لیزرهای کنیدی - ۱۰۴ -
- ۳-۳-۲- مشخصه عملکرد دیود لیزری - ۱۰۶ -
- ۳-۳-۳- انواع دیودهای لیزری - ۱۰۹ -
- ۳-۴- مدارهای راه‌انداز دیودهای لیزری - ۱۱۱ -
- ۳-۴-۱- مدارهای راه‌انداز آنالوگ - ۱۱۱ -
- ۳-۴-۲- مدارهای راه‌انداز دیجیتال - ۱۱۲ -
- ۳-۴-۳- مشخصه بسته‌بندی دیودهای لیزری - ۱۱۵ -
- فصل ۴: آشکارسازهای نوری** - ۱۱۷ -
- ۴-۱- آشکارسازهای نوری نیم‌رسانا - ۱۱۷ -
- ۴-۲- پارامترهای مهم آشکارسازها - ۱۲۰ -
- ۴-۳- اصول پایه آشکارسازی نوری - ۱۲۳ -
- ۴-۴- انواع آشکارسازهای نوری - ۱۲۵ -
- ۴-۴-۱- فوتودیود پین - ۱۲۵ -
- ۴-۴-۲- فوتودیود بهمنی - ۱۲۶ -
- ۴-۴-۳- آشکارسازهای سد شائکی - ۱۲۹ -
- ۴-۴-۴- گسینده‌های نوری به‌عنوان آشکارساز - ۱۳۰ -
- ۴-۴-۵- مؤد مورد استفاده برای آشکارسازها - ۱۳۱ -
- فصل ۵: کاربردهای ادوات نوری غیرفعال در شبکه‌ها** - ۱۳۳ -
- ۵-۱- کاربردهای جفتگرها و شکافنده‌ها - ۱۳۵ -
- ۵-۲- سوده‌های نوری - ۱۳۷ -
- ۵-۲-۱- انواع سوده‌های نوری - ۱۳۷ -
- ۵-۲-۲- (الف) سوده‌های اپتو مکانیکی - ۱۳۷ -
- ۵-۲-۳- (ب) سوده‌های حرارت-اپتیکی - ۱۳۸ -
- ۵-۲-۴- (ج) سوده‌های الکترو-اپتیکی - ۱۳۸ -
- ۵-۳- هم‌تافت تقسیم طول موج - ۱۳۹ -
- ۵-۴- کاربردهای WDM - ۱۳۹ -
- ۵-۵- هم‌تافت تقسیم طول موج متراکم - ۱۴۰ -
- ۵-۶- ملاحظات سیستم DWDM - ۱۴۱ -
- ۵-۶-۱- هم‌تافتگر و واتافتگر - ۱۴۱ -
- ۵-۷- هم‌تافت تقسیم طول موج نامتراکم - ۱۴۳ -
- ۵-۷-۱- کاربرد CWDM در ارتباطات یک طرفه - ۱۴۳ -
- ۵-۷-۲- تقویت‌کننده فیبر اریومی برای سیستم DWDM - ۱۴۴ -