

# فیبر نوری

پدید آورندگان:

احمد رضا طالبیان ریزی - میلاد نصرتی - علی ارکلی

---

سرشناسه:

طالبیان ریزی، احمد رضا ۱۳۵۲

عنوان و نام پدیدآورندگان:

فیبر نوری / پدیدآورندگان، احمد رضا طالبیان ریزی- میلاد نصرتی- مهدی

توکلی

ویراستار علمی:

علی شیرپای- حمید محسنی

ویراستار ادبی:

اکبر نجاتی نسب

مشخصات نشر:

تهران: دانشگاه خاتم الانبیا، (ص)، ۱۳۹۶.

مشخصات ظاهری:

ص ۵۲۰: مصور (رنگی)، جدول (بخشی رنگی)، نمودار (رنگی).

شابک:

۹۷۸-۶۰۰-۸۲۸۸-۲۸-۰

وضعیت فهرست نویسی:

فیپا

موضوع:

الیاف نوری

موضوع:

ارتباطات نوری

موضوع:

Optical communications

شناسه افزوده:

نصرتی، میلاد

شناسه افزوده:

توکلی، مهدی

ردمبندی کنگره:

TA۱۸۰۰/۵۲ ف ۱۳۹۶

ردمبندی دیویی:

۶۲۱/۳۶۹۲

شماره کتابشناسی ملی:

۲۸۰۹۷۱



عنوان کتاب: فیبر نوری

پدیدآورندگان: احمد رضا طالبیان ریزی- میلاد نصرتی- مهدی توکلی

طراح جلد و صفحه آر: میلاد سیاه تیری- آرمین مختاری

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۸۲۸۸-۲۸-۰

شماره ندگان: ۱۰۰۰ نسخه

قطع: وزیری

قیمت: ۲۰۰۰۰۰ ریال

ناشر: انتشارات دانشگاه پدافند هوایی خاتم انبیا، (ص)

چاپ اول: ۱۳۹۶

امور فنی و چاپ: چاپ و صحافی دانشگاه پدافند هوایی خاتم الانبیا، (ص)

دفتر فنی و توزیع: دانشگاه پدافند هوایی خاتم الانبیا، (ص) واحد انتشارات

حق چاپ و نشر برای ناشر محفوظ هست و هرگونه چاپ، تکثیر، یا باز نشر اثر بدون مجوز ناشر به هر شکل، اعم از افست، ریسوگراف یا زیراکس به صورت متن کامل یا خلاصه شده تحت هر عنوان اعم از کتاب، جزوه یا وسیله کمک آموزشی در فضای واقعی یا مجازی ممنوع و موجب پیگرد قانونی است.

|    |                                                |    |
|----|------------------------------------------------|----|
| ۱  | فصل اول مقدمه.....                             | ۱  |
| ۲  | ۱.۱ مقدمه.....                                 | ۲  |
| ۳  | ۲.۱ تاریخچه‌ی ساخت فیبرنوری.....               | ۳  |
| ۶  | ۳.۱ فیبرنوری.....                              | ۶  |
| ۸  | ۴.۱ کاربردهای فیبرنوری.....                    | ۸  |
| ۹  | ۵.۱ فناوری ساخت فیبرهای نوری.....              | ۹  |
| ۱۱ | ۶.۱ فیبرنویس در ایران.....                     | ۱۱ |
| ۱۳ | ۷.۱ فیبرهای نورانی ال سی.....                  | ۱۳ |
| ۱۳ | ۸.۱ نمونه‌ای از فیبر نوری.....                 | ۱۳ |
| ۱۵ | ۹.۱ کاربردها.....                              | ۱۵ |
| ۱۷ | ۲ فصل دوم.....                                 | ۱۷ |
| ۱۸ | ۱.۲ مفاهیم پایه سامانه‌های مخابراتی.....       | ۱۸ |
| ۱۸ | ۱.۱.۲ تعریف مخابرات.....                       | ۱۸ |
| ۱۸ | ۲.۱.۲ اصطلاحات.....                            | ۱۸ |
| ۱۸ | ۳.۱.۲ تعریف سیگنال.....                        | ۱۸ |
| ۱۹ | ۲.۲ اجزای سامانه‌های مخابراتی.....             | ۱۹ |
| ۱۹ | ۱.۲.۲ تعریف سیستم.....                         | ۱۹ |
| ۲۱ | ۲.۲.۲ انواع سامانه‌های مخابراتی.....           | ۲۱ |
| ۲۱ | ۳.۲ بلاک دیاگرام یک سیستم مخابراتی آنالوگ..... | ۲۱ |
| ۲۲ | ۱.۳.۲ منبع اطلاعات.....                        | ۲۲ |
| ۲۲ | ۲.۳.۲ مبدل ورودی.....                          | ۲۲ |
| ۲۳ | ۳.۳.۲ فرستنده.....                             | ۲۳ |
| ۲۳ | ۴.۳.۲ گیرنده.....                              | ۲۳ |
| ۲۳ | ۵.۳.۲ مقصد.....                                | ۲۳ |
| ۲۴ | ۶.۳.۲ کانال.....                               | ۲۴ |

|         |                                   |    |
|---------|-----------------------------------|----|
| ۴.۲     | عوامل تأثیرگذار در سیستم مخابراتی | ۲۹ |
| ۵.۲     | نویز                              | ۳۲ |
| ۱.۵.۲   | منابع نویز                        | ۳۲ |
| ۲.۵.۲   | نسبت سیگنال به نویز               | ۳۷ |
| ۳.۵.۲   | محاسبات نویز                      | ۳۸ |
| ۶.۲     | طیف امواج الکترومغناطیس           | ۳۸ |
| ۷.۲     | تقسیم‌بندی باندهای فرکانسی        | ۳۹ |
| ۸.۲     | مروغن کلی بر ماهواره              | ۴۵ |
| ۳       | فصل سوم                           | ۴۹ |
| ۱.۳     | مقدمه                             | ۵۰ |
| ۲.۳     | ساختمان اساسی زیره‌های نوری       | ۵۱ |
| ۳.۳     | انواع فیبرهای نوری                | ۵۲ |
| ۱.۳.۳   | فیبرنوری چند مد                   | ۵۳ |
| ۱.۱.۳.۳ | فیبرنوری با ضریب شکست پله‌ای      | ۵۳ |
| ۲.۱.۳.۳ | فیبر نوری با ضریب شکست تدریجی     | ۵۴ |
| ۲.۳.۳   | فیبر نوری تک مد                   | ۵۵ |
| ۴.۳     | پارامترهای فیبرنوری               | ۵۶ |
| ۱.۴.۳   | تلفات و انواع آن در فیبرهای نوری  | ۵۶ |
| ۱.۱.۴.۳ | تلفات ذاتی                        | ۵۷ |
| ۲.۱.۴.۳ | تلفات اکتسابی                     | ۵۷ |
| ۲.۴.۳   | تلفات کل در فیبرهای نوری          | ۵۹ |
| ۳.۴.۳   | پاشندگی در فیبرنوری               | ۵۹ |
| ۱.۳.۴.۳ | پاشندگی مواد                      | ۶۰ |
| ۲.۳.۴.۳ | پاشندگی موج‌بر                    | ۶۰ |
| ۳.۳.۴.۳ | پاشندگی پروفایل                   | ۶۱ |
| ۴.۳.۴.۳ | پاشندگی مد قطبشی (PMD)            | ۶۱ |
| ۴.۴.۳   | طول موج قطع در فیبرنوری           | ۶۲ |
| ۵.۴.۳   | قطر میدان مد (MFD)                | ۶۲ |

|     |                                                     |         |
|-----|-----------------------------------------------------|---------|
| ۶۴  | پهنای باند در فیبرهای نوری                          | ۶.۴.۳   |
| ۶۵  | سیر تحول در فیبرهای نوری                            | ۵.۳     |
| ۶۵  | فیبرهای نوری نسل اول                                | ۱.۵.۳   |
| ۶۷  | فیبرهای نوری نسل دوم                                | ۲.۵.۳   |
| ۶۸  | فیبرهای نوری نسل سوم                                | ۳.۵.۳   |
| ۶۸  | فیبرهای نوری نسل چهارم                              | ۴.۵.۳   |
| ۶۹  | فیبرهای نگهدارنده قطبش                              | ۵.۵.۳   |
| ۷۰  | فیبرهای تقویت کننده                                 | ۶.۵.۳   |
| ۷۰  | فیبرهای جبران ساز پاشندگی                           | ۷.۵.۳   |
| ۷۰  | فیبرهای پلند                                        | ۸.۵.۳   |
| ۷۰  | فیبرهای را-سلکا                                     | ۱۸.۵.۳  |
| ۷۴  | فیبرهای پلیمری                                      | ۲۸.۵.۳  |
| ۷۴  | فیبرهای نورر PLD                                    | ۳۸.۵.۳  |
| ۷۶  | کاربردهای فیبرهای نوری                              | ۶.۳     |
| ۷۶  | کاربردهای مخابراتی:                                 | ۱.۶.۳   |
| ۷۶  | کاربردهای غیر مخابراتی                              | ۲.۶.۳   |
| ۷۶  | کاربرد در حسگرها:                                   | ۱.۲.۶.۳ |
| ۷۷  | کاربردهای نظامی:                                    | ۲.۲.۶.۳ |
| ۷۷  | کاربردهای پزشکی:                                    | ۳.۲.۶.۳ |
| ۷۷  | فناوری ساخت فیبرهای نوری                            | ۷.۳     |
| ۷۷  | روش های ساخت پیش سازه                               | ۱.۷.۳   |
| ۷۸  | روش IVD                                             | ۱.۱.۷.۳ |
| ۸۵  | روش VAD                                             | ۲.۷.۳   |
| ۸۸  | روش OVD                                             | ۳.۷.۳   |
| ۹۶  | مقایسه فناوری های رقیب برای ساخت فیبرنوری           | ۴.۷.۳   |
| ۹۹  | مشخصات فنی فیبرهای مخابراتی                         | ۸.۳     |
| ۱۰۰ | دستورالعمل های آزمون پارامترهای فیبرنوری            | ۱۸.۳    |
| ۱۰۲ | روش ها و سامانه های اندازه گیری پارامترهای فیبرنوری | ۲۸.۳    |

|     |                                                      |         |
|-----|------------------------------------------------------|---------|
| ۱۰۲ | روش‌های اندازه‌گیری پارامترهای پیش‌سازه:             | ۱.۲.۸.۳ |
| ۱۰۳ | روش‌های اندازه‌گیری پارامترهای فیبرنوری پس از تولید: | ۲.۲.۸.۳ |
| ۱۰۴ | اندازه‌گیری طول‌موج قطع                              | ۳.۲.۸.۳ |
| ۱۰۴ | اندازه‌گیری قطر میدان مد                             | ۴.۲.۸.۳ |
| ۱۰۵ | اندازه‌گیری تلفات                                    | ۵.۲.۸.۳ |
| ۱۰۶ | اندازه‌گیری پاشندگی و PMD فیبر                       | ۶.۲.۸.۳ |
| ۱۰۸ | اندازه‌گیری پارامترهای فیبر تولیدی                   | ۷.۲.۸.۳ |
| ۱۰۹ | منابع و مراجع                                        | ۹.۳     |

## ۴ فصل چهارم

|     |                                 |         |
|-----|---------------------------------|---------|
| ۱۱۴ | مقدمه                           | ۱.۴     |
| ۱۱۵ | دیودهای نوری                    | ۲.۴     |
| ۱۱۵ | اصول عملکرد LED                 | ۱.۲.۴   |
| ۱۱۷ | پیوندهای ناهم‌جنس (LEDهای عملی) | ۲.۲.۴   |
| ۱۱۹ | ویژگی‌های LEDها                 | ۳.۲.۴   |
| ۱۱۹ | هزینه اندک                      | ۱.۳.۲.۴ |
| ۱۲۰ | توان کم                         | ۲.۳.۲.۴ |
| ۱۲۰ | پهنای طیفی نسبتاً عریض          | ۳.۳.۲.۴ |
| ۱۲۰ | نور ناهم‌دوس                    | ۴.۳.۲.۴ |
| ۱۲۰ | سرعت مدولاسیون                  | ۵.۳.۲.۴ |
| ۱۲۱ | لیزرها                          | ۳.۴     |
| ۱۲۲ | مبانی عملکرد لیزر               | ۱.۳.۴   |
| ۱۲۴ | مشخصات لیزرها                   | ۲.۳.۴   |
| ۱۲۴ | پهنای طیفی                      | ۱.۲.۳.۴ |
| ۱۲۵ | پهنای خط                        | ۲.۲.۳.۴ |
| ۱۲۶ | توان                            | ۳.۲.۳.۴ |
| ۱۲۶ | طول‌موج عملکرد                  | ۴.۲.۳.۴ |
| ۱۲۶ | پایداری فرکانس (طول‌موج)        | ۵.۲.۳.۴ |
| ۱۲۶ | سرعت مدولاسیون                  | ۶.۲.۳.۴ |
| ۱۲۷ | لیزرهای فابری پرو               | ۳.۳.۴   |

|     |                                          |         |
|-----|------------------------------------------|---------|
| ۱۲۴ | لیزرهای هدایت‌شده با بهره                | ۱.۳.۳.۴ |
| ۱۲۵ | لیزرهای هدایت‌شده با ضریب شکست           | ۲.۳.۳.۴ |
| ۱۳۰ | لیزرهای با فیدبک توزیعی                  | ۴.۳.۴   |
| ۱۳۳ | لیزرهای با متعکس‌کننده براگ توزیعی       | ۵.۳.۴   |
| ۱۳۳ | لیزرهای گسیل از سطح با کاواک عمودی       | ۶.۳.۴   |
| ۱۳۴ | منابع نور با چندین طول‌موج               | ۴.۴     |
| ۱۳۴ | لیزرهای تنظیم‌پذیر                       | ۱.۴.۴   |
| ۱۳۵ | تنظیم پیوسته، ناپیوسته و شبه‌پیوسته      | ۱.۴.۴   |
| ۱۴۱ | لیزرهای تنظیم‌پذیر با کاواک خارجی        | ۲.۱.۴   |
| ۱۴۹ | لیزرهای تنظیم‌پذیر مجتمع یکپارچه         | ۳.۱.۴.۴ |
| ۱۶۱ | ارائه‌ای دیو لیزر                        | ۲.۴.۴   |
| ۱۶۲ | ارائه‌ای دیو لیزر سه                     | ۱.۲.۴.۴ |
| ۱۶۳ | ارائه‌های مجتمع شده با تنظیم‌کننده‌ها    | ۲.۲.۴.۴ |
| ۱۶۴ | ارائه‌های فازی                           | ۳.۲.۴.۴ |
| ۱۶۵ | منابع سوئیچ شده                          | ۳.۴.۴   |
| ۱۶۶ | تکنولوژی ساخت منابع مخابرات نوری         | ۵.۴     |
| ۱۶۷ | اجزاء ساختاری منبع نوری                  | ۱.۵.۴   |
| ۱۶۸ | محیط فعال نوری                           | ۱.۱.۵.۴ |
| ۱۶۹ | موجبر نوری                               | ۲.۱.۵.۴ |
| ۱۷۱ | نوسانگر و بازتابنده‌های نوری             | ۳.۱.۵.۴ |
| ۱۷۲ | اتصالات مکانیکی - حرارتی و الکتریکی نوری | ۴.۱.۵.۴ |
| ۱۷۳ | فرآیند ساخت منبع نور مخابراتی            | ۲.۵.۴   |
| ۱۸۰ | منابع                                    | ۶.۴     |
| ۱۸۳ | فصل پنجم                                 | ۵       |
| ۱۸۴ | مدلاتورهای نوری بیرونی                   | ۱.۵     |
| ۱۸۴ | مقدمه                                    | ۱.۱.۵   |
| ۱۸۵ | انگیزه استفاده از مدولاتور بیرونی        | ۲.۱.۵   |
| ۱۸۸ | کاربردهای مخابراتی حال و آینده           | ۳.۱.۵   |

|     |                                                                        |         |
|-----|------------------------------------------------------------------------|---------|
| ۱۸۹ | چالش‌های سیستمی و راهکارها                                             | ۴.۱.۵   |
| ۱۹۳ | مشخصات مدولاتورهای نوری                                                | ۵.۱.۵   |
| ۱۹۳ | منحنی سوییچینگ                                                         | ۱.۵.۱.۵ |
| ۱۹۴ | افت الحاقی                                                             | ۲.۵.۱.۵ |
| ۱۹۴ | نسبت مجزایی                                                            | ۳.۵.۱.۵ |
| ۱۹۵ | پاسخ فرکانسی                                                           | ۴.۵.۱.۵ |
| ۱۹۶ | چرب فرکانسی                                                            | ۵.۵.۱.۵ |
| ۱۹۷ | توسعه کاربردهای مدولاتور بیرونی                                        | ۶.۱.۵   |
| ۱۹۷ | تول در سامانه‌های انتقال دیجیتال                                       | ۶.۱.۵   |
| ۲۰۰ | کنترل باشندگی به وسیله چرب مدولاتور                                    | ۶.۱.۵   |
| ۲۰۱ | تول پالس بیرونی                                                        | ۳.۶.۱.۵ |
| ۲۰۱ | جلوگیری از SRS                                                         | ۴.۶.۱.۵ |
| ۲۰۲ | OTDM در سیم                                                            | ۵.۶.۱.۵ |
| ۲۰۲ | مدولاتورهای الکترواپتیک                                                | ۲.۵     |
| ۲۰۲ | مقدمه                                                                  | ۱.۲.۵   |
| ۲۰۳ | اثر الکترواپتیک                                                        | ۲.۲.۵   |
| ۲۰۴ | انتشار امواج الکترومغناطیسی در کریستال‌های ناهمسانگرد (غیر ایزوتروپیک) | ۱.۲.۲.۵ |
| ۲۰۵ | سطح بیضوی ضرایب شکست                                                   | ۲.۲.۲.۵ |
| ۲۰۶ | انتشار در کریستال‌های تک‌محور                                          | ۳.۲.۲.۵ |
| ۲۰۹ | مدولاسیون الکترواپتیک                                                  | ۳.۲.۵   |
| ۲۰۹ | مدولاسیون الکترواپتیک در کریستال                                       | ۱.۳.۲.۵ |
| ۲۱۴ | تأخیر الکترواپتیک                                                      | ۲.۳.۲.۵ |
| ۲۱۷ | مدولاتور الکترواپتیک حجمی                                              | ۴.۲.۵   |
| ۲۱۷ | مدولاسیون دامنه الکترواپتیک در مدولاتور حجمی                           | ۱.۴.۲.۵ |
| ۲۲۰ | مدولاسیون فاز الکترواپتیک در مدولاتور حجمی                             | ۲.۴.۲.۵ |
| ۲۲۲ | دسته‌بندی مدولاتورهای حجمی با توجه به جهت اعمال میدان الکتریکی         | ۳.۴.۲.۵ |
| ۲۲۳ | ملاحظات مدولاسیون فرکانس بالا                                          | ۴.۴.۲.۵ |
| ۲۲۴ | محدودیت زمان گذر                                                       | ۵.۴.۲.۵ |
| ۲۲۶ | مدولاتورهای موج متحرک                                                  | ۶.۴.۲.۵ |
| ۲۲۷ | مدولاتورهای الکترواپتیک موج‌بری                                        | ۵.۴.۵   |



|         |                                                           |     |
|---------|-----------------------------------------------------------|-----|
| ۶.۲.۵   | مدولاتور الکترواپتیک ماخ-زندر لیتیوم نایوبیت              | ۲۳۹ |
| ۱.۶.۲.۵ | مشخصات مدولاتور ماخ-زندر لیتیوم نایوبیت                   | ۲۴۷ |
| ۲.۶.۲.۵ | امپدانس مشخصه و ضریب شکست مایکروویو                       | ۲۴۷ |
| ۳.۶.۲.۵ | تلفات الکتریکی                                            | ۲۳۸ |
| ۴.۶.۲.۵ | حاصل ضرب ولتاژ نیم موج در طول ناحیه فعال ( $V_{\pi}, L$ ) | ۲۴۰ |
| ۵.۶.۲.۵ | ضریب شایستگی ( $\Delta f/V_{\pi}$ )                       | ۲۴۱ |
| ۶.۶.۲.۵ | چرب فرکانسی                                               | ۲۴۳ |
| ۷.۲.۵   | مدولاتور نوری پلیمری                                      | ۲۴۵ |
| ۱. ۲.۵  | ملاحظات مدولاتور                                          | ۲۴۵ |
| ۳.۵     | مدر-تور آکوستوایتیک                                       | ۲۵۰ |
| ۱.۳.۵   | مقدمه                                                     | ۲۵۰ |
| ۲.۳.۵   | تفرق Bragg-ساناگورد نور به وسیله صوت                      | ۲۵۱ |
| ۳.۳.۵   | نمایش ذره‌ای تفرق نور به وسیله صوت                        | ۲۵۳ |
| ۴.۳.۵   | شیفت فرکانسی داپلر                                        | ۲۵۵ |
| ۴.۵     | منابع                                                     | ۲۵۷ |
| ۶       | فصل ششم                                                   | ۲۶۱ |
| ۱.۶     | معرفی تقویت‌کننده‌های فیبرنوری                            | ۲۶۲ |
| ۱.۱.۶   | مقدمه                                                     | ۲۶۲ |
| ۲.۱.۶   | دسته‌بندی تقویت‌کننده‌های فیبرنوری از نظر کاربرد در شبکه  | ۲۶۳ |
| ۲.۶     | تئوری و انواع تقویت‌کننده‌های فیبرنوری از نظر اصول کار    | ۲۶۴ |
| ۱.۲.۶   | فیبر اریبومی                                              | ۲۶۵ |
| ۲.۲.۶   | معادلات تقویت در فیبر اریبومی                             | ۲۶۹ |
| ۱.۲.۲.۶ | مکانیزم پمپاژ برای بهینه‌سازی تقویت‌کننده اریبومی (EDFA)  | ۲۷۲ |
| ۳.۲.۶   | تقویت‌کننده‌های فیبری رامان                               | ۲۸۱ |
| ۱.۳.۲.۶ | پراکندگی برانگیخته رامان (SRS)                            | ۲۸۱ |
| ۲.۳.۲.۶ | مکانیزم پمپاژ در تقویت‌کننده رامان                        | ۲۸۲ |
| ۳.۳.۲.۶ | محاسبه بهره تقویت رامان                                   | ۲۸۳ |
| ۴.۳.۲.۶ | طیف بهره تقویت فیبرهای رامان                              | ۲۸۴ |

|         |                                                            |     |
|---------|------------------------------------------------------------|-----|
| ۴.۲.۶   | فیبرهای تقویت کننده پرازدیمیومی و نیودیمیومی               | ۲۸۶ |
| ۳.۶     | روش های ساخت فیبرهای اریومی و رامان                        | ۲۸۷ |
| ۱.۳.۶   | ساخت فیبر اریومی با روش MCVD                               | ۲۸۷ |
| ۲.۳.۶   | ساخت فیبر اریومی با روش VAD                                | ۲۹۱ |
| ۳.۳.۶   | ساخت فیبر رامان                                            | ۲۹۲ |
| ۴.۶     | روش ها و دستگاه های اندازه گیری و تست فیبرهای تقویت کننده  | ۲۹۵ |
| ۱.۴.۶   | مشخصات اصلی فیبرهای تقویت کننده                            | ۲۹۵ |
| ۲.۴.۶   | روش های اندازه گیری مشخصات اصلی فیبرهای تقویت کننده        | ۲۹۵ |
| ۲.۴.۶   | اندازه گیری بهره تقویت فیبر اریومی                         | ۲۹۵ |
| ۳.۴.۶   | اندازه گیری پایداری فیبر رامان                             | ۳۰۰ |
| ۵.۶     | بررسی و مقایسه تقویت کننده های اریومی و رامان در شبکه نوری | ۳۰۲ |
| ۶.۶     | منابع                                                      | ۳۰۶ |
| ۷       | فصل هفتم                                                   | ۳۰۹ |
| ۱.۷     | مقدمه                                                      | ۳۱۰ |
| ۲.۷     | تئوری اتصال گرهای فیبرنوری                                 | ۳۱۰ |
| ۳.۷     | روش های ساخت اتصال گرهای فیبرنوری و سامانه های رقیب        | ۳۱۹ |
| ۱.۳.۷   | روش های اتصال فیبرنوری به منبع نور                         | ۳۲۰ |
| ۱.۱.۳.۷ | اتصال فیبر به لیزر                                         | ۳۲۰ |
| ۲.۱.۳.۷ | اتصال فیبر به LED                                          | ۳۲۲ |
| ۳.۱.۳.۷ | اتصال فیبر به آشکارساز نوری                                | ۳۲۴ |
| ۲.۳.۷   | اتصال فیبر به فیبر                                         | ۳۲۵ |
| ۱.۲.۳.۷ | همبافت فیبر به فیبر                                        | ۳۲۵ |
| ۲.۲.۳.۷ | اتصال گرهای فیبرنوری                                       | ۳۲۶ |
| ۴.۷     | کاربردهای اتصال گرهای نوری                                 | ۳۵۹ |
| ۵.۷     | معرفی سامانه های اندازه گیری پارامترهای اتصال گرهای نوری   | ۳۶۵ |
| ۱.۵.۷   | تعریف پارامترها                                            | ۳۶۶ |
| ۱.۱.۵.۷ | تلفات الحاقی                                               | ۳۶۶ |
| ۲.۱.۵.۷ | تلفات برگشتی                                               | ۳۶۶ |

|     |         |                                          |
|-----|---------|------------------------------------------|
| ۳۱۵ | ۳.۱.۵.۷ | شعاع انحناء پولیش                        |
| ۳۱۶ | ۴.۱.۵.۷ | بلندی فیبر                               |
| ۳۱۷ | ۵.۱.۵.۷ | جابجایی رأس اتصال گر                     |
| ۳۱۹ | ۶.۱.۵.۷ | زاویه پولیش                              |
| ۳۶۹ | ۲.۵.۷   | مراحل تست یک اتصال گر در طول فرآیند ساخت |
| ۳۷۱ | ۳.۵.۷   | دستگاه‌های اندازه‌گیری تلفات برگشتی      |
| ۳۷۲ | ۱.۳.۵.۷ | بازتاب‌سنج‌های نوری موج پیوسته (OCWR)    |
| ۳۷۳ | ۲.۳.۵.۷ | بازتاب‌سنج‌های نوری در حوزه زمانی (OTDR) |
| ۳۷۴ | ۱.۲.۵.۷ | شخصات دستگاه اندازه‌گیری تلفات برگشتی    |
| ۳۷۶ | ۳.۵.۷   | سیستم اندازه‌گیری مشخصات هندسی اتصال گر  |
| ۳۷۸ | ۶.۷     | منابع                                    |
| ۳۸۳ | ۸       | فصل هشتم                                 |
| ۳۸۴ | ۱.۸     | مقدمه                                    |
| ۳۸۵ | ۲.۸     | انواع آشکارسازهای نوری                   |
| ۳۸۵ | ۱.۲.۸   | آشکارساز PIN                             |
| ۳۸۷ | ۲.۲.۸   | دیود نوری بهمنی (APD)                    |
| ۳۹۲ | ۳.۲.۸   | آشکارساز فلز - نیمه‌هادی-خلز (MSM)       |
| ۳۹۳ | ۴.۲.۸   | آشکارسازهای با ساختار چندگانه            |
| ۳۹۴ | ۵.۲.۸   | آشکارسازهای موج‌رونده                    |
| ۳۹۴ | ۶.۲.۸   | آشکارساز با کاواک تشدید (RECAP)          |
| ۳۹۵ | ۷.۲.۸   | آشکارساز به همراه تقویت‌کننده داخلی      |
| ۳۹۶ | ۳.۸     | پارامترهای کارایی آشکارسازهای نوری       |
| ۳۹۶ | ۱.۳.۸   | بازده کوانتومی                           |
| ۳۹۷ | ۲.۳.۸   | پاسخ‌دهی                                 |
| ۳۹۸ | ۳.۳.۸   | سرعت پاسخ                                |
| ۳۹۹ | ۴.۳.۸   | محدوده دینامیکی                          |
| ۴۰۰ | ۵.۳.۸   | جریان تاریکی                             |
| ۴۰۱ | ۶.۳.۸   | محدوده طول موج                           |

|         |                                              |     |
|---------|----------------------------------------------|-----|
| ۷.۳.۸   | نویز                                         | ۴۰۱ |
| ۴.۸     | مواد بکار رفته در آشکارسازهای نوری نیمه‌هادی | ۴۰۲ |
| ۵.۸     | مقایسه آشکارسازها                            | ۴۰۳ |
| ۶.۸     | تکنولوژی ساخت آشکارسازهای مخابرات نوری       | ۴۰۶ |
| ۱.۶.۸   | مراحل عمومی ساخت آشکارساز                    | ۴۰۷ |
| ۲.۶.۸   | بسته‌بندی و ساخت مدول آشکارساز               | ۴۱۵ |
| ۳.۶.۸   | تجهیزات تست و اندازه‌گیری آشکارسازهای نوری   | ۴۲۱ |
| ۷.۸     | منابع                                        | ۴۲۳ |
| ۹       | فصل نهم                                      | ۴۲۵ |
| ۱.۹     | مقدمه                                        | ۴۲۶ |
| ۲.۹     | سامانه‌های ارتباطی                           | ۴۳۰ |
| ۱.۲.۹   | ساختار سامانه‌های ارتباطی                    | ۴۳۱ |
| ۲.۲.۹   | انواع سامانه‌های ارتباطی                     | ۴۳۳ |
| ۳.۲.۹   | پارامترهای سامانه‌های ارتباط نوری            | ۴۳۴ |
| ۴.۲.۹   | مزایای سامانه‌های ارتباط نوری                | ۴۳۷ |
| ۳.۹     | سامانه‌های انتقال مخابرات نوری               | ۴۳۸ |
| ۱.۳.۹   | سلسله مراتب دیجیتال شبه هم‌زمان (PDH)        | ۴۳۹ |
| ۲.۳.۹   | سلسله مراتب ادغام هم‌زمان (SDH)              | ۴۴۱ |
| ۱.۲.۳.۹ | ساختار فریم و اصول ادغام در SDH              | ۴۴۲ |
| ۲.۲.۳.۹ | قابلیت‌های SDH                               | ۴۴۴ |
| ۳.۲.۳.۹ | مدل لایه‌ای برای سامانه‌های هم‌زمان SDH      | ۴۴۵ |
| ۴.۲.۳.۹ | اجزای شبکه هم‌زمان SDH                       | ۴۴۶ |
| ۵.۲.۳.۹ | نتیجه‌گیری                                   | ۴۴۷ |
| ۳.۳.۹   | مدول انتقال غیر هم‌زمان (ATM)                | ۴۴۸ |
| ۴.۳.۹   | فناوری اترنت                                 | ۴۴۹ |
| ۱.۴.۳.۹ | اترنت سریع (FAST ETHERNET)                   | ۴۵۲ |
| ۲.۴.۳.۹ | پروتکل لایه MAC در اترنت                     | ۴۵۶ |
| ۳.۴.۳.۹ | ترابری اترنت                                 | ۴۵۷ |

|     |                                            |         |
|-----|--------------------------------------------|---------|
| ۴۵۸ | تجهیزات اترنتی                             | ۴.۴.۳.۹ |
| ۴۵۹ | قابلیتها و نواقص فناوری اترنت              | ۵.۴.۳.۹ |
| ۴۶۱ | فناوری‌های نوین در سامانه‌های انتقال داده  | ۵.۳.۹   |
| ۴۶۷ | فناوری CDMA نوری                           | ۱.۵.۳.۹ |
| ۴۷۰ | فناوری انتقال بسته‌های اطلاعاتی پویا (DPT) | ۲.۵.۳.۹ |
| ۴۷۸ | فناوری RPR                                 | ۳.۵.۳.۹ |
| ۴۸۲ | دستگاه‌ها و تجهیزات تست و راه‌اندازی       | ۶.۳.۹   |
| ۴۸۳ | شبکه‌های دسترسی نوری                       | ۴.۹     |
| ۴۸۴ | سیب کاملی شبکه‌های دسترسی نوری             | ۱.۴.۹   |
| ۴۸۷ | معماری شبکه دسترسی نوری                    | ۲.۴.۹   |
| ۴۸۹ | شبکه دسترسی PON                            | ۳.۴.۹   |
| ۴۸۹ | انواع شبکه‌های دسترسی PON                  | ۱.۳.۴.۹ |
| ۴۹۲ | ساختار شبکه دسترسی نوری                    | ۲.۳.۴.۹ |
| ۴۹۲ | اجزای شبکه دسترسی PON                      | ۳.۳.۴.۹ |
| ۴۹۵ | محدوده کاربردی شبکه‌های دسترسی PON         | ۴.۳.۴.۹ |
| ۴۹۷ | نتیجه‌گیری                                 | ۴.۴.۹   |
| ۴۹۸ | منابع                                      | ۵.۹     |