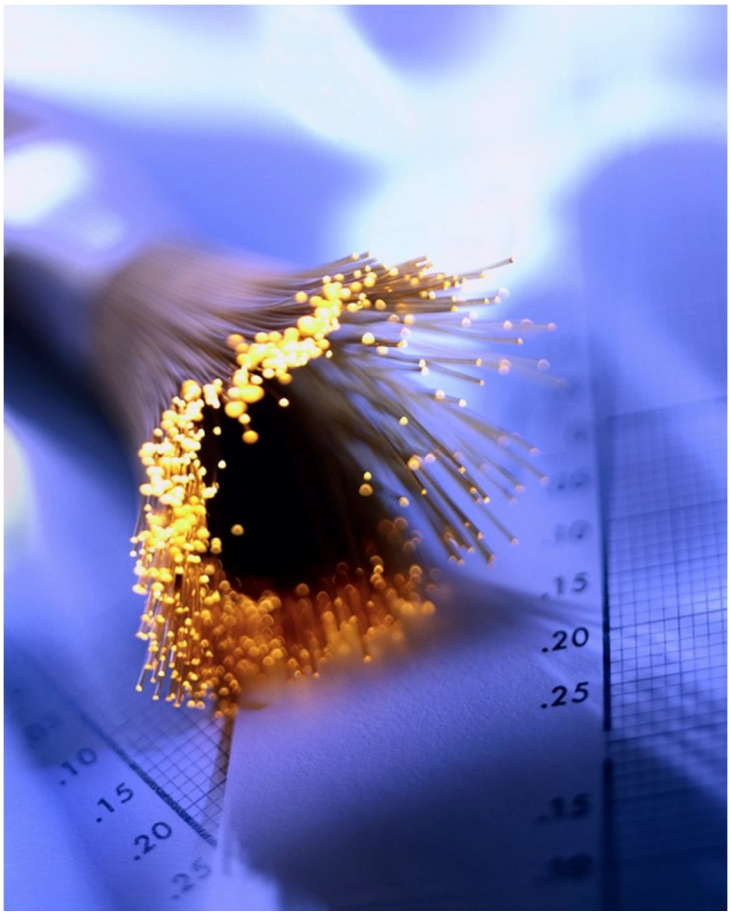
به نام خدا



Optical Fiber

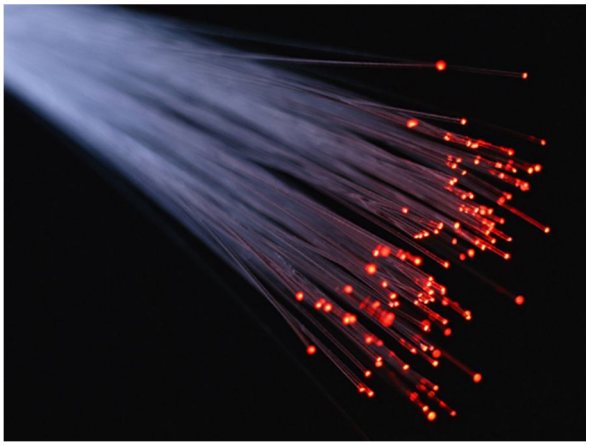
فیبر نوری

گرد آورنده: سید علی امینی

✓ مقدمه

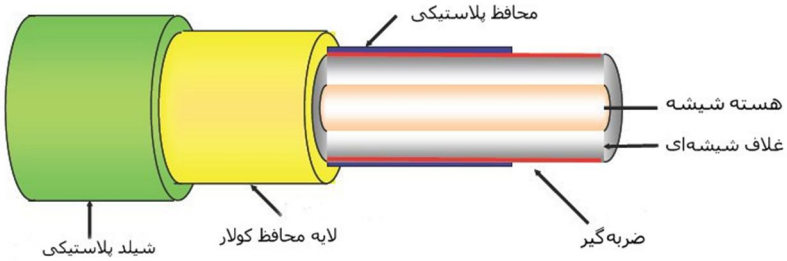
فیبر نوری یکی از محیط های انتقال داده با سرعت بالا است که از پالس های نـور بـرای انتقـال داده هـا از طریق تارهای سیلیکون بهره می گیرد.یک کابل فیبر نوری که کمتر از یک اینچ قطر دارد مـی توانـد صـدها هزار مکالمه صوتی را حمل کند. فیبرهای نوری تجاری ظرفیت ۲/۵ تا ۱۰ گیگا بایت درثانیه را فـراهم مـی سازند. امروزه از فیبر نوری در موارد متفاوتی نظیر شبکه هـای تلفـن شـهری و بـین شـهری ، شـبکه هـای کامپیوتری و اینترنت استفاده بعمل می آید.

✓ مبانی فیبر نوری



فیبر نوری ، رشته ای از تارهای بسیار نـازک شیشـه ای بوده که قطر هر یک از تارها نظیر قطـر یـک تـار موی انسـان اسـت . تارهـای فـوق در کـلاف هـائی سازماندهی و کابل های نوری را بوجود می آورند. از فیبر نـوری بمنظـور ارسـال سـیگنال هـای نـوری در مسافت های طولانی استفاده می شود.

بخش های مختلف فیبر نوری



یک فیبر نوری از سه بخش متفاوت تشکیل شده است :

۱) هسته (Core)

هسته شامل یک تار کاملاً بازتاب کننده از شیشه خالص (معمولاً) در مرکز فیبر است کـه سـیگنال هـای نوری در آن حرکت می نمایند. هسته در بعضی از کابل‌ها از پلاستیک کاملاً بازتابنده ساخته می‌شود، که

هزینه ساخت را پایین می‌آورد. با این حال، یک هسته پلاستیکی معمولاً کیفیت شیشه را ندارد و بیشتر برای حمل داده‌ها در فواصل کوتاه به کار می‌رود. قطر این بخش، بسته به نوع فیبر چیزی بین ۵ تا ۵۰۰ میکرون است.

۲) روکش (Cladding)

بخش خارجی فیبر بوده که دورتادور هسته را احاطه کرده و باعث برگشت نورمنعکس شده به هسته می گردد. این عمل بازتاب نور به مرکز هسته را (بازتاب داخلی کلی) می‌نامند. ، روکش، یک لایه حائل پلاستیکی می باشد که به منظور محافظت از Core مورد استفاده قرار می گیرد.

قطر هسته و پوسته با هم حدود ۱۲۵ میکرون است (هر میکرون معادل یک میلیونیم متر است)، که در حدود اندازه یک تار موی انسان است. کلا قطر فیبر بر اساس قطر خارجی روکش آن (Cladding) بیان می شود. در حالی که فقط قطر هسته مرکزی فیبر در عملکرد آن تاثیر دارد. وقتی ابعاد یک فیبر به صورت ۱۲۵/۵۰ یا ۱۲۵/۱۰ میکرون معرفی می شود، عدد اول، قطر هسته و دیگری قطر خارجی روکش را مشخص کرده است.

۳) بافر رویه (Buffer Coating)

روکش پلاستیکی که باعث حفاظت فیبر در مقابل رطوبت و سایر موارد آسیب پذیر است.صدها و هزاران نمونه از رشته های نوری فوق در دسته هائی سازماندهی شده و کابل های نوری را بوجود می آورند. هر یک از کلاف های فیبر نوری توسط روکش هائی با نام Jacket محافظت می گردند که جنس آن از تفلون یا PVC می باشد.

✓ انواع فیبر نوری:

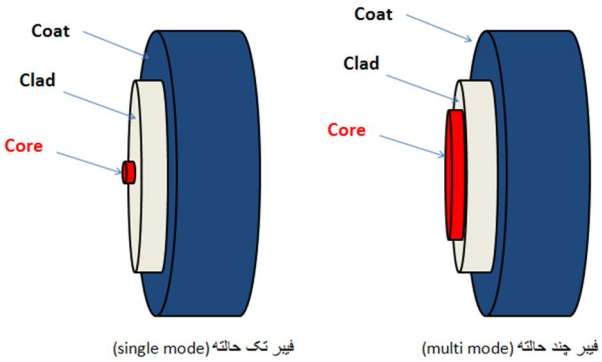
بر اساس ویژگیهای زیر ، فیبرهای نوری را می‌توان به دسته‌های مختلفی تقسیم نمود :

- ❖ انواع کابل فیبرنوری بر اساس اشعه‌گذرنده از آنها
- ❖ انواع کابل فیبرنوری بر اساس ساختار ماده‌ای آنها
- ❖ انواع کابل فیبرنوری بر اساس ترکیب مواد مربوط به هسته

❖ انواع کابل فیبرنوری بر اساس دو ویژگی اول و سوم

❖ انواع کابل فیبر نوری بر اساس محیط

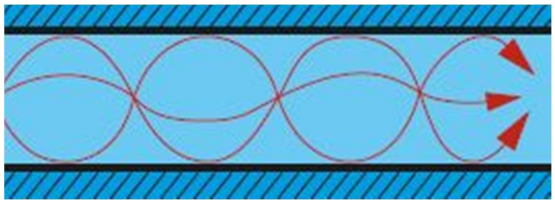
➢ انواع کابل فیبرنوری بر اساس اشعه‌گذرنده از آنها



۱. **فیبرهای نوری تک حالته(Single-Mode)**: این نوع از فیبرها، هسته های کوچکی دارند (قطری در حدود $5/3 \times 10^{-4}$ اینچ یا ۹ میکرون) و می‌توانند نور لیزر مادون قرمز (با طول موج ۱۳۰۰ تا ۱۵۵۰ نانومتر) را درون خود هدایت کنند.(بمنظور ارسال یک سیگنال در هر فیبر استفاده می شود. نظیر تلفن)

انتقال نور در فیبر SM

۲. **فیبرهای نوری چند حالته(Multi-mode)**: این نوع از فیبرها هسته های بزرگتری دارند (قطری در حدود $5/2 \times 10^{-3}$ اینچ یا ۶۲/۵ میکرون) و نور مادون قرمز گسیل شده از دیودهای نوری موسوم به LED ها را (با طول موج ۸۵۰ تا ۱۳۰۰ نانومتر) درون خود هدایت می‌کنند(بمنظور ارسال چندین سیگنال در یک فیبر استفاده می شود. نظیر شبکه های کامپیوتری)



انتقال نور در فیبر MM

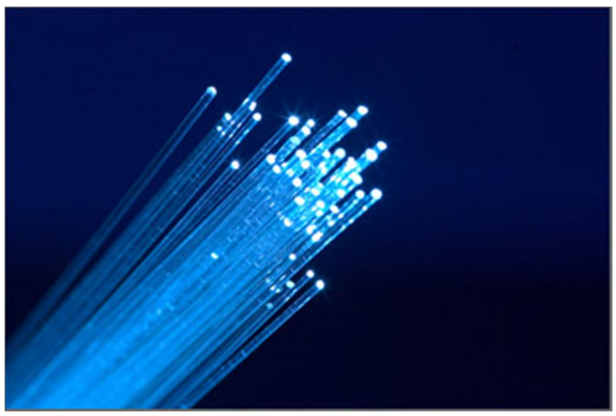
۳. **برخی از فیبرهای نوری از پلاستیک ساخته می‌شوند:** این فیبرها هسته بزرگی (با قطر 4./. inchیا یک میلیمتر) دارند و نور مرئی قرمزی را که از LED ها گسیل می‌شود (طول موجی برابر با ۶۵۰ نانومتر) هدایت می‌کنند.

کابل SM بسیار گرانتر است و در مقایسه با کابل MM شعاع انحنای نسبتا بالایی دارد، که کار با آن را سخت‌تر می‌کند. بیشتر LAN های فیبر نوری از کابل چندحالته استفاده می‌کنند، که علی‌رغم کارایی کمتر نسبت به کابل تک‌حالته باز هم از کابل مسی بسیار بهتر است. شرکت‌های تلفنی و تلویزیون کابلی نیز به استفاده از فیبر تک‌حالته تمایل دارند زیرا باید داده‌های بیشتری را منتقل کنند و در فواصل دورتری گسترده شوند.

کابل‌های فیبر نوری در پیکربندی‌های مختلف وجود دارند، زیرا این کابل موارد استفاده فراوانی دارد. در کابل‌های SM فقط یک رشته فیبر وجود دارد. در کابل‌های چندتایی۷ تا ۲۴ رشته فیبر در یک حفاظ قرار دارند، که می‌توان آنها را در هر سر برای موارد استفاده مختلف تقسیم کرد. از آنجا که کابل فیبر نوری مشکلات کابل مسی همچون EMI و مکالمه متقاطع را ندارد می‌توان تعداد زیادی رشته فیبر را با هم دسته‌بندی کرد بدون اینکه مثل کابل UTP نیاز به هم تابیدن آنها باشد و یا در مورد تضعیف سیگنال نگرانی وجود داشته باشد.

- **انواع کابل فیبرنوری بر اساس ساختار ماده‌ای آنها**

۱. **فیبرنوری شیشه‌ای**

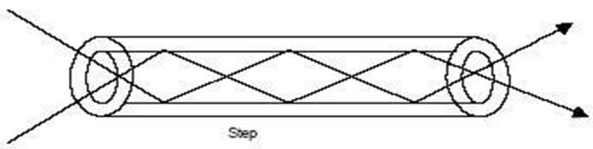


۲. **فیبرنوری پلاستیکی**

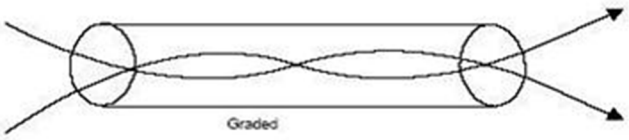
۳. فیبرنوری سیلیکا با روکش پلاستیکی (PCS)

- **انواع کابل فیبرنوری بر اساس ترکیب مواد مربوط به هسته**

۱. فیبرنوری با ضریب شکست پله‌ای

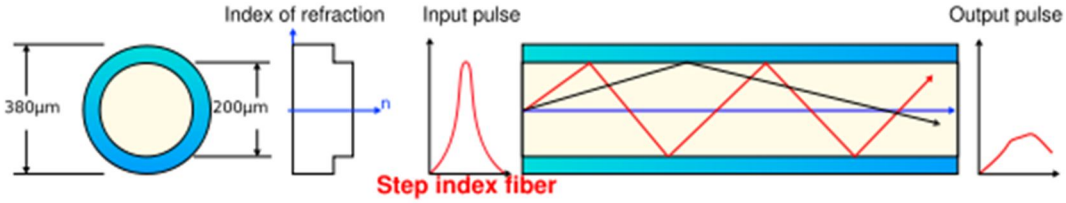


۲. فیبرنوری با ضریب شکست مرحله‌ای (تدریجی)



➢ انواع کابل فیبرنوری بر اساس دو ویژگی اول و سوم

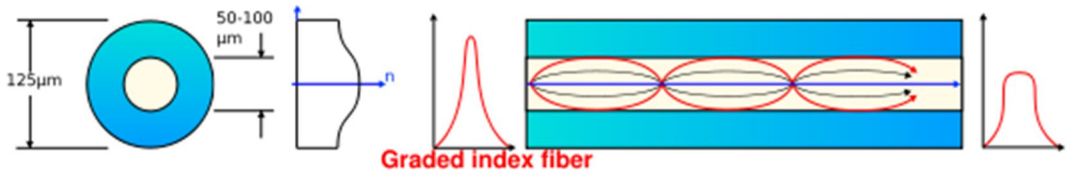
۱. **فیبرنوری Multi-Mode با ضریب شکست پله‌ای (فیبرهای نوری چند حالته با تغییر ناگهانی در مرز هسته و روکش)**: در این نوع فیبر که اصطلاحا به Step Index Multi Fiber مشهورند، ابتدا لایه هسته را با ضریب شکست و قطر مشخص می سازند، و سپس بر روی آن یک لایه روکش با ضریب شکست کمتر می نشانند. بدین ترتیب فیبری پدید می آید که ضریب شکست آن در مرز بین هسته و روکش به صورت ناگهانی (پلکانی) تغییر می کند. در این نوع فیبر مشکل «پهن شدگی پالسها درزمان» وجود دارد.امروزه این نوع کابل به ندرت و آن هم برای کاربردهای خاص و سرعت پایین تولید می شود.



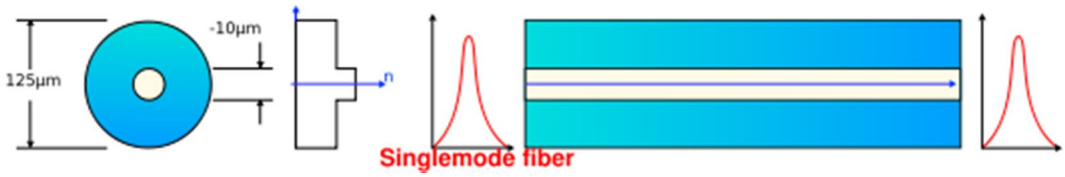
۲. **فیبرنوری Multi-Mode با ضریب شکست مرحله‌ای (فیبرهای نوری چند حالته با تغییر تدریجی ضریب شکست در مرز هسته و روکش)**: در این نوع فیبر که اصطلاحا به Graded Index Multi Mode Fiber شهرت یافته اند، ضریب شکست هسته به آرامی و با دور شدن از مرکز رو به کاهش می گذارد و در مرز ۵۰ تا ۶۲.۵ میکرون از مرکز هسته، به حداقل خود می رسد. چنین وضعیتی باعث خواهد شد که مرز بین ناحیه هسته و روکش به صورت یک سطح آینه ای عمل نکند بلکه پرتوهای نور همانند پدیده سراب به صورت منحنی وار شکسته شده و پس از رسیدن به زاویه بحرانی مجددا بر روی منحنی مشابه به سوی هسته برگردند.

این نوع از فیبرهای نوری می توانند در سرعتهای بالای گیگابیت در مسافتهای کوتاه به کارگرفته شوند. ولی در مسافتهای زیاد یا باید از سرعت ارسال کاسته شود و یا از فیبر نوع بعد استفاده گردد.از آنجا که در فیبر نوری چند حالته با ضریب شکست پله ای شعاع های نوری که با زاویه تابش متفاوت دچار انعکاس می شوند همزمان به مقصد نمی رسند ، عرض پالس در مقصد بیشتر شده و به دلیل تداخل پالس های مجاور نمی توان نرخ انتقال داده را از یک حد بالاتر برد . برای رفع این مشکل از فیبر نوری چند حالته با ضریب شکست تدریجی استفاده می شود که باعث می شود نور به تدریج و شبیه موج سینوسی بشکند . سرعت نور در هسته به دلیل چگالی بالاتر بیشتر

است و لذا همه شعاع های نوری همزمان به مقصد می رسند. بنابراین به دلیل نزدیکتر شدن عرض پالس در گیرنده به عرض پالس فرستنده ، نرخ انتقال در آنها بیشتر است.



۳. **فیبرنوری Single-Mode با ضریب شکست پله‌ای:** این نوع از فیبرهای نوری که به اختصار SMF نامیده شده اند، دارای یک هسته فوق العاده باریک (۸ تا ۱۰ میکرون) هستند و یک پرتوی تک موج (لیزر) به درون آن تابانیده می شود. این پرتو تک موج حداقل برخورد را با مرز ناحیه شکست دارد و طبعا کمترین اتساع را به پالسها تحمیل میکند و برای نرخهای ارسال چند ده گیگابیت در فواصل بسیار طولانی مناسب است.



مقایسه تضعیف و پهنای باند فیبرهای نوری

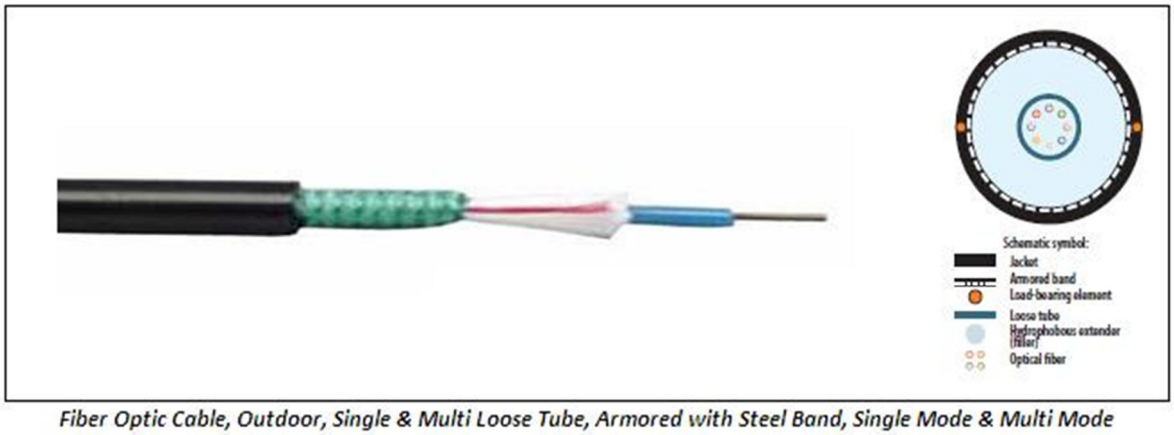
Core / Cladding	Attenuation	Band Width
Multimode Graded - Index		
	@ 850/1300 nm	@ 850/1300 nm
50/125microns	3/1 db/km	500/500 MHz - km
50/125microns	3/1 db/km	2000/500 MHz - km
62.5/125microns	3/1 db/km	160/500 MHz - km
100/140microns	3/1 db/km	150/300 MHz - km
Singlemode		
	@ 1310/1550nm	
8-9/125microns	0.4/0.25 dB/km	HIGH! ~100 Terahertz
Multimode Step - Index		
	@ 850nm	@ 850nm
200/240microns	4-6 dB/km	50 MHz-km
POF (Plastic Optical Fiber)		
	@ 650nm	@ 650nm
1mm	~1 dB/m	~5 MHz-km

➢ انواع کابل فیبر نوری بر اساس ویژگی های محیطی

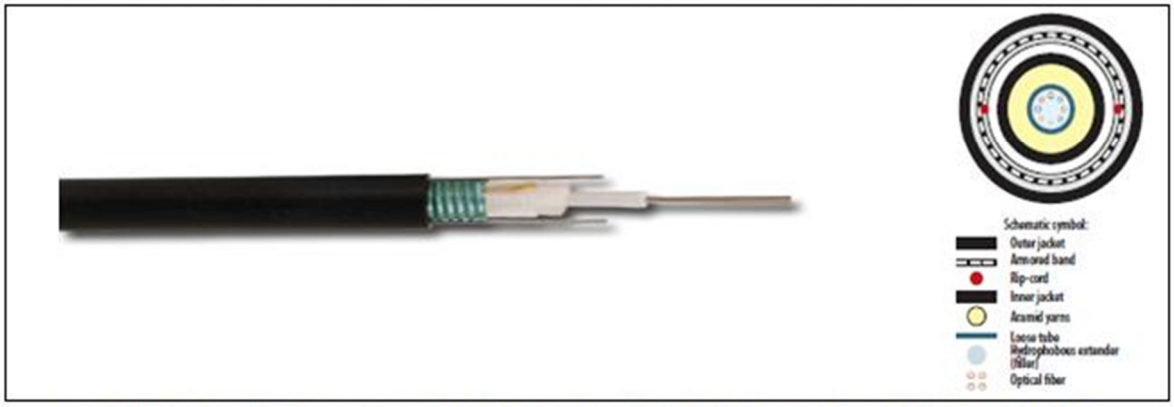
کابلهای فیبر نوری بسته به محیطی که باید در آن نصب شوند در انواع کاملا متفاوتی تولید می شوند. هر چند که ماهیت تارهای فیبر نوری درون آنها یا از نوع MMF یا SMF با پارامترهای کمابیش مشابه است. تمام انواع مختلف کابلهای فیبر نوری را می توان در دو رده کلی زیر دسته بندی کرد:

۱. **کابلهای فیبر نوری جهت کاربرد در بیرون ساختمان**(Outdoor Grades):

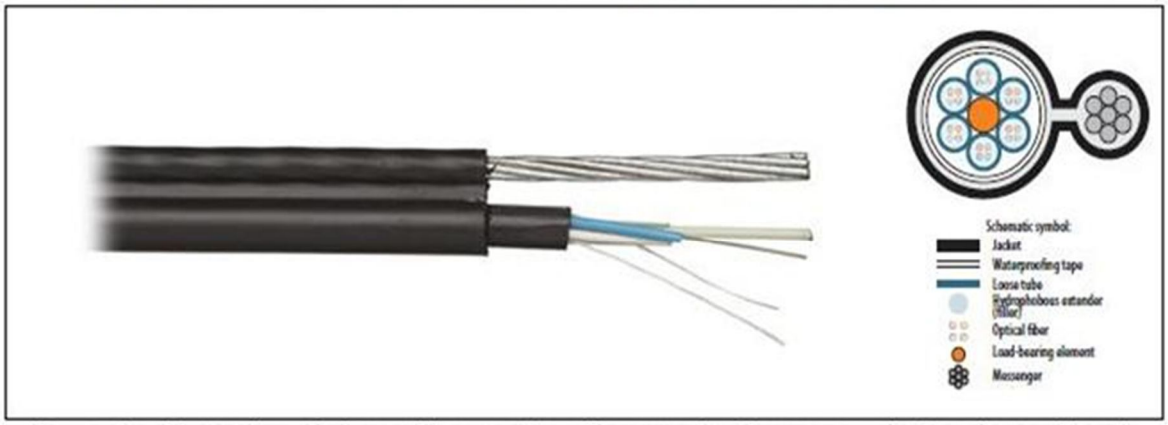
این فیبرها جهت ارتباط بین ساختمانها در خارج ازساختمان بکار می رود، حداکثر فاصله ای که مجاز است این کابل در داخل ساختمان وارد شود 10 متر است . در این نوع کاربرد از کابل فیبر نوری مدل Loose Tube بیشتر استفاده می شود. جهت استحکام و محافظت بیشتر فیبر ها از Armored (زره) استفاده می شود. از دیگر ویژگیهای این نوع کابل می توان به موارد زیر اشاره کرد، تحمل رطوبت محیطی از ۹۰ تا ۱۰۰ درصد، تحمل محدوده دمایی بین ۴۰ – تا ۸۰ + درجه سانتیگراد، عدم تجزیه یا استهلاک ژاکت کابل در مقابل نور خورشید، انعطاف پذیری بالا در مقابل خمش تا کمترین شعاع ممکن، پوشش بسیار مقاوم در مقابل شعله ور شدن، قابلیت تحمل فشار بالا، پوششی که جونده ها مثل موش به آن علاقه نداشته باشند، تحمل دفن مستقیم زیر خاک .



Fiber Optic Cable, Outdoor, Single & Multi Loose Tube, Armored with Steel Band, Single Mode & Multi Mode



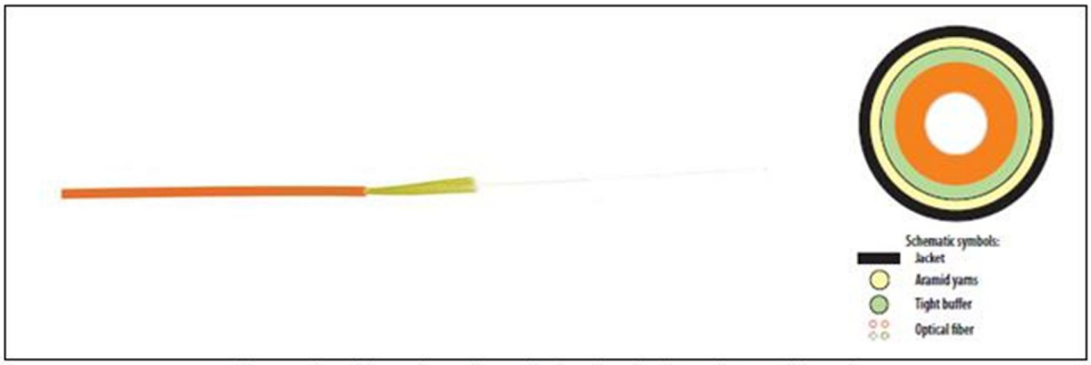
Fiber Optic Cable, Outdoor, Central Loos tube, 2 wire Corrugated Steel Armored, Single Mode & Multi Mode



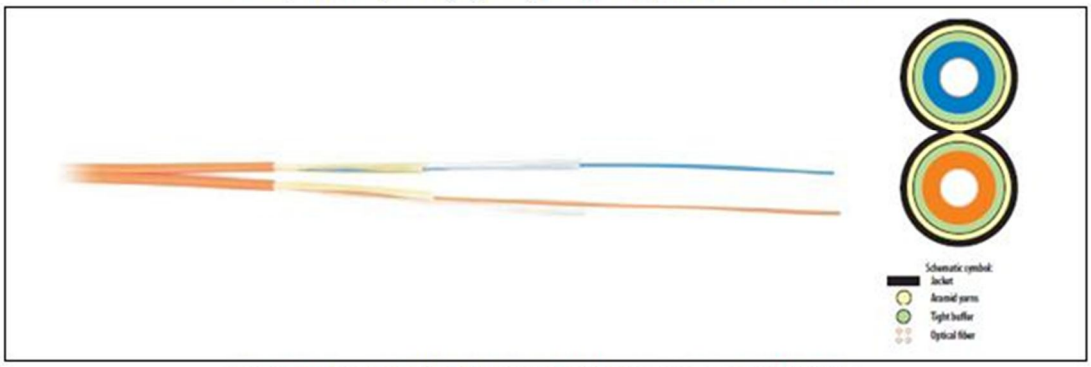
Fiber Optic Cable, Outdoor, Single & Multi Loose Tube, Self-supported, with Messenger, Single Mode & Multi Mode

۲. **کابلهای فیبر نوری جهت کاربرد در درون ساختمان** (Indoor Grades):

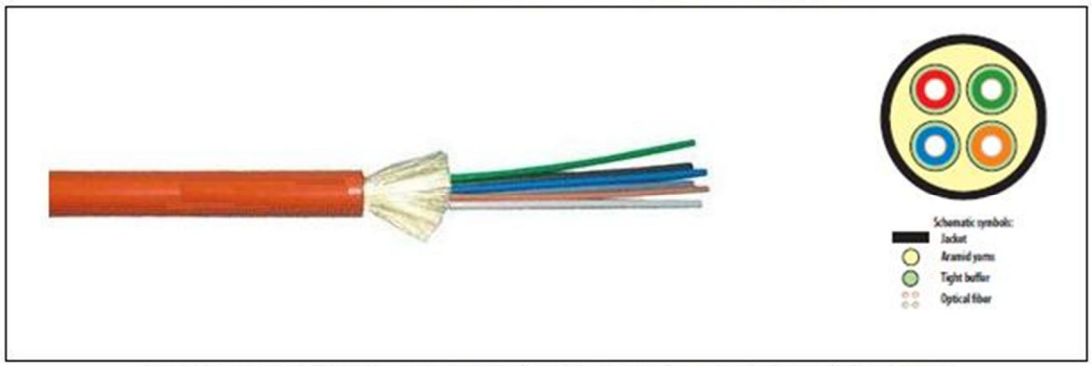
از این کابلها جهت استفاده از Backbone شبکه در داخل ساختمان استفاده می شود، دارای محافظتهای فیزیکی مناسبی می باشند،می توان از ۶ تا ۱۴۴ تیوب استفاده کرد که در هر تیوب ۲۴ فیبر نوری قرار دارد، داخل هر تیوب ژل بی رنگ قرار دارد تا باعث شود قابلیت انعطاف فیبر بالا رفته و در برابر ضربه مقاوم باشد. ویژگیهای عمومی این نوع از کابل عبارتند از، پوششی که در صورت آتش گرفتن گاز سمی از خود متصاعد نکند، مقاوم در مقابل شعله ور شدن، مقاوم در مقابل خمش و در عین حال ظریف و منعطف.



Fiber Optic Cable, Indoor, Zip-cord, Simplex Single Mode & Multi Mode



Fiber Optic Cable, Indoor, Zip-cord, Duplex, Single Mode & Multi Mode



Fiber Optic Cable Indoor/Outdoor, Mini Breakout Tight Buffer, Single Mode & Multi Mode

Fiber Optic Cable, Indoor/Outdoor, Central Loos tube, Single Mode & Multi Mode

کد کابل به صورت XXXX- NYxZ بیان می شود که در آن N شناسه ، XXXX معرف نـوع کابـل ، Y تعداد تیوب و Z تعداد فیبردر هر تیوب می باشد.

به عنوان مثال : کابل N2x6 -OBFC کابل نوری ژله فیلدخاکی بـا ۲ تیـوب وهرتیـوب شـامل ۶ فیبـر میباشد که نشان میدهد این کابل ۱۲ فیبردارد

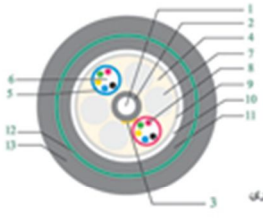
کابل نوری ژله فیلد خاکی (OBFC)

پارامتر		N1x4	N2x4	N2x6	N4x6	N8x6	N12x6
تعداد تیوب		۱	۲	۲	٤	۸	۱۲
تعداد فیلر		۵	٤	٤	۲	۰	۰
تعداد تار نوری		٤	۸	۱۲	۲٤	٤۸	۷۲
قطر عنصر مقاوم (mm)		۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۳	٤
نیروی کشش مجاز (N)	بدون عنصر کشش میانی	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰
	با عنصر کشش میانی	٤۰۰۰	٤۰۰۰	٤۰۰۰	٤۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰
قطر نهایی (mm)		۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۸	۲۱
وزن (kg/km)		۲۵۰	۲۵۲	۲۵۲	۲۶۵	۳۲۵	٤٤۵

کابل نوری خشک کانالی (OBUC)

Optical Buried Unfilled Cable

کابل نوری خشک خاکی
(OBUC)



1. عنصرمقاوم مرکزی
2. روکش (در صورت لزوم)
3. نخ جاذب رطوبت
4. ژله
5. لوز تیوب
6. ژله سرد
7. پرکننده (فیلر)
8. تارنوری
9. نوار جاذب رطوبت
10. عنصر مقاوم میانی (انتخابی)
11. روکش اولیه
12. نوار استیل دندانه اره‌ای با روکش پلیمری
13. روکش ثانویه

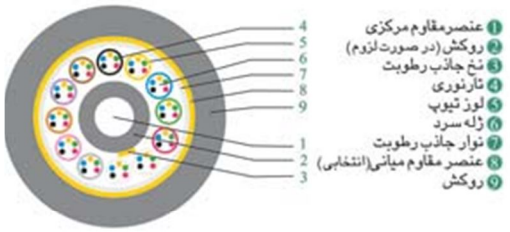
این نوع کابل دارای کاربرد ساختار مشابه (OBFC) میباشد با این تفاوت که به‌جای ژله از نخ و نوارجاذب رطوبت استفاده می شود.
این کابل دارای یک محافظ نوار استیل دندانه اره ای با روکش پلیمری (کروگیت) میباشد.
بر اساس نیاز متقاضی، سایر ساختارهای کابل نیز قابل تولید میباشد.

پارامتر		N1x4	N2x4	N2x6	N4x6	N8x6	N12x6
تعدادتیوب		۱	۲	۲	٤	۸	۱۲
تعداد فیلر		۵	٤	٤	۲	۰	۰
تعداد تارنوری		٤	۸	۱۲	۲٤	٤۸	۷۲
قطر عنصر مقاوم (mm)		۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۳	٤
نیروی کشش مجاز (N)	بدون عنصر کشش میانی	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰
	با عنصر کشش میانی	٤۰۰۰	٤۰۰۰	٤۰۰۰	٤۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰
قطر نهایی (mm)		۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۸	۲۱

کابل (ADSS)

All Dielectric Self Support Cable

کابـل (ADSS)

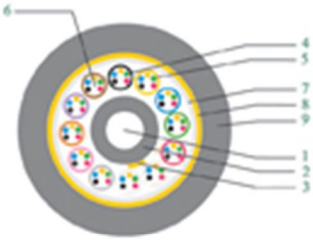


1. عنصرمقاوم مرکزی
2. روکش (در صورت لزوم)
3. نخ جاذب رطوبت
4. تارنوری
5. لوز تیوب
6. ژله سرد
7. نوار جاذب رطوبت
8. عنصر مقاوم میانی (انتخابی)
9. روکش

این نوع کابل دارای ساختار متفاوت و بدون ژله یا خشک میباشد. برای حفاظت کابل در مقابل نفوذ رطوبت از نوار جاذب رطوبت استفاده میشود. این کابل در مجاورت کابلهای فشار قوی استفاده میگردند و دارای روکش مقاوم ضد ترک (Anti Track) می باشند نیروی کشش کابل زیاد می باشد که البته متناسب با شرایط جوی و نحوه کاربـرد، نیروی کشـش متناسباً تنظیم و طراحی می گردد.

پارامتر		N2x6	N4x6	N8x6	N12x6	N12x12	N24x12
تعدادتیوب		۲	٤	۸	۱۲	۱۲	۲٤
تعداد فیلر		٤	۲	۰	۰	۰	۰
تعداد تارنوری		۱۲	۲٤	٤۸	۷۲	۱٤٤	۲۸۸
قطر عنصر مقاوم (mm)		۲/۵	۲/۵	۲/۵	۳	٤	٤
نیروی کشش مجاز (N)	بدون عنصر کشش میانی	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۳۰۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰
	با عنصر کشش میانی	٤۰۰۰	٤۰۰۰	٤۰۰۰	۵۰۰۰	۳۲۰۰	۳۵۰۰
قطر نهایی (mm)		۱۲	۱۲	۱٤	۱۷	۱۹	۲۱/۵
وزن (kg/km)		۱۰۰	۱۰۵	۱٤۰	۲۱۵	۲۵۰	۲۹۵

کابل نوری خشک کانالی (OCUC)



1 عنصر مقاوم مرکزی
2 روکش (در صورت لزوم)
3 نخ جاذب رطوبت
4 تار نوری
5 لوز تیوب
6 ژله سرد
7 نوار جاذب رطوبت
8 عنصر مقاوم میانی (انتخابی)
9 روکش

این نوع کابل دارای ساختار متفاوت و بدون ژله یا خشک میباشد. برای حفاظت کابل در مقابل نفوذ رطوبت از نوار جاذب رطوبت استفاده میشود.
بر اساس نیاز متقاضی، سایر ساختارهای کابل نیز قابل تولید میباشد.

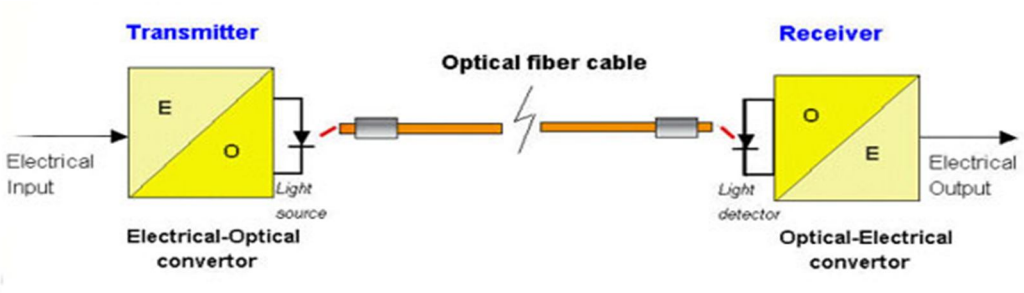
پارامتر		N2x6	N4x6	N8x6	N12x6	N12x12	N24x12
تعداد تیوب		۲	٤	۸	۱۲	۱۲	۲٤
تعداد فیلر		٤	۲	۰	۰	۰	۰
تعداد تار نوری		۱۲	۲٤	٤۸	۷۲	۱٤٤	۲۸۸
قطر عنصر مقاوم (mm)		۲/۵	۲/۵	۲/۵	۳	٤	٤
نیروی کشش مجاز (N)	بدون عنصر کشش میانی	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۳۰۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰
	با عنصر کشش میانی	٤۰۰۰	٤۰۰۰	٤۰۰۰	۵۰۰۰	۳۲۰۰	۳۵۰۰
قطر نهایی (mm)		۱۲	۱۲	۱٤	۱۷	۱۹	۲۱/۵
وزن (kg/km)		۱۰۰	۱۰۵	۱٤۰	۲۱۵	۲۵۰	۲۹۵

✓ سیستم ارتباط بوسیله فیبرنوری

برای پی بردن به اینکه فیبرهای نوری چگونه در سیستم های ارتباطی مورد استفاده قرار می‌گیرند، اجازه دهید نگاهی بیاندازیم به سندی که مربوط به جنگ جهانی دوم است. دو کشتی نیروی دریایی را درنظر بگیرید که از کنار یکدیگر عبور می‌کنند و لازم است باهم ارتباط برقرار کنند درحالی که امکان استفاده از رادیو وجود ندارد و یا دریا طوفانی است. کاپیتان یکی از کشتی ها پیامی را برای یک ملوان که روی عرشه است می‌فرستد. ملوان آن پیام را به کد مورس ترجمه می‌کند و از نورافکنی ویژه که یک پنجره کرکره جلو آن است برای ارسال پیام به کشتی مقابل استفاده می‌نماید. ملوانی که در کشتی مقابل است این پیام مورس را می‌گیرد، ترجمه می‌کند و به کاپیتان می‌دهد .

حالا فرض کنید این دو کشتی هر یک در گوشه ای از اقیانوسند و هزاران مایل فاصله دارند و در فاصله بین آنها یک سیستم ارتباطی فیبرنوری وجود دارد.

✓ سیستم رله فیبر نوری



سیستم‌های ارتباط بوسیله فیبرنوری، شامل قسمت های زیر است:

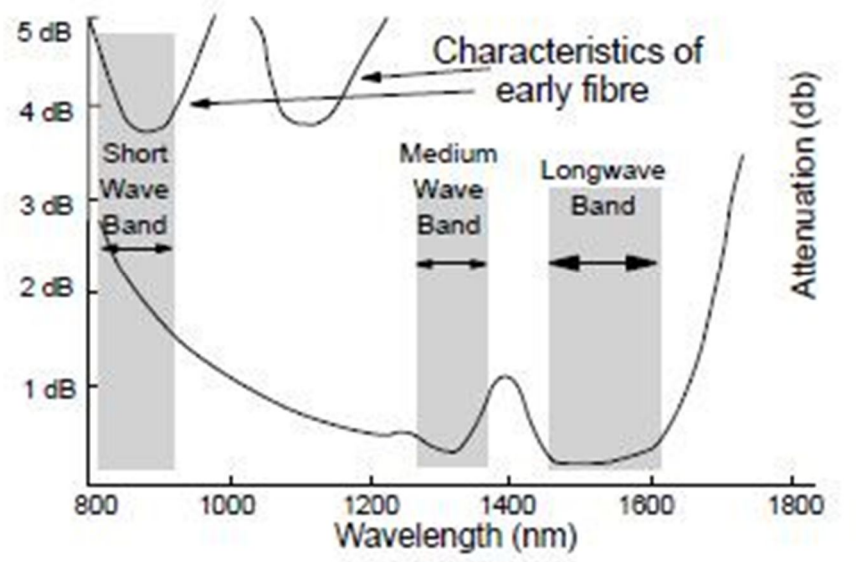
- فرستنده (Transmitter) : سیگنال‌های نور را تولید می‌کند و به رمز در می‌آورد .
- فیبر نوری (Optical fiber) : سیگنال‌های نور را تا فواصل دور هدایت می‌کند.
- تقویت کننده نوری (Optical regenerator) : ممکن است برای تقویت سیگنال‌های نـوری لازم باشد. (برای ارسال سیگنال به فواصل خیلی دور)
- دریافت کننده نوری (Optical Receiver) :سیگنال‌های نور را دریافت و رمزگشائی می‌نماید.

➢ فرستنده

نقش فرستنده شبیه ملوانی است که روی عرشه کشتی فرستنده پیام، ایستاده و پیام را ارسال می‌کند. فرستنده ابزار تولید نور را در فواصل زمانی مناسب خاموش یا روشن می‌کند.

فرستنده درعمل به فیبر نوری متصل می‌شود و حتی ممکن است دارای لنزی بـرای متمرکـز کـردن نـور بـه داخل فیبر هم باشد. قدرت اشعه لیزر بیش از LED هاست اما با کم و زیاد شدن دما شدت نورشان تغییـر می‌کند و گرانتر هم هستند.

متداول‌ترین طول موج‌هایی که استفاده می‌شود عبارتنـد از: ۸۵۰ ، ۱۳۰۰ و ۱۵۵۰ نـانومتر. (مـادون قرمـز و طول موج‌های نامرئی طیف- پنجره های مخابراتی)



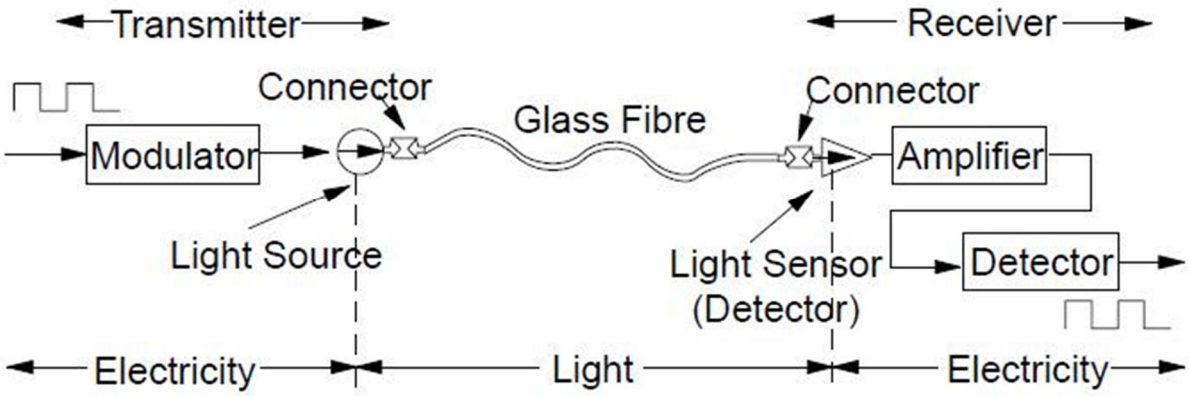
➢ تقویت کننده نوری

نور حین عبور از فیبر ضعیف می‌شود. (مخصوصا در فواصل طولانی بیش از نیم مایل یا حدود یک کیلومتر مثلا در کابل‌های زیر دریا) بنابرین یک یا بیش از یک تقویت کننده نوری در طول کابل بسته می‌شوند تا نور ضعیف شده را تقویت کنند .

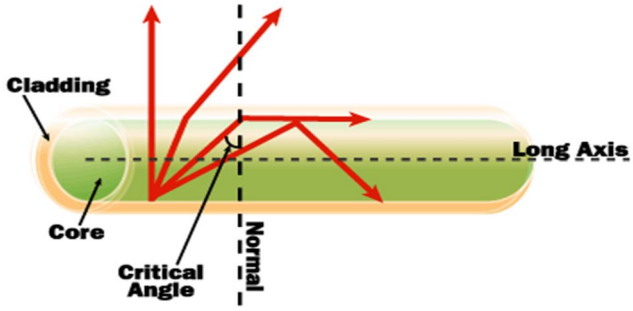
یک تقویت کننده نوری دارای فیبرهای نوری با پوشش ویژه ای است. نور ضعیف شده پس از ورود به این تقویت کننده تحت تاثیر این پوشش خاص و نیز نور لیزری که به این پوشش تابیده می‌شود تقویت می‌شود. ملکول‌های موجود در این پوشش ویژه با تابش لیزر به آنها، سیگنال نوری جدید و قوی تولید می‌کنند که مشخصات آن مشابه نور ورودی به تقویت کننده است. درواقع تقویت کننده نوری یک آمپلی فایر لیزری برای نور ورودی به آن است .

➢ گیرنده نوری

گیرنده نوری مشابه ملوانی که روی عرشه کشتی گیرنده پیام بود عمل می‌کند. این گیرنده سیگنال‌های نوری ورودی را می‌گیرد، رمزگشائی می‌کند و سیگنال‌های الکتریکی مناسب را برای ارسال به کامپیوتر، تلویزیون یا تلفن کاربر تولید و به آنها ارسال می نماید. این گیرنده برای دریافت و آشکارسازی نور ورودی از فتوسل یا فتودیود استفاده می‌کند.



✓ هدایت نور در فیبر نوری



ارسال نور در فیبر

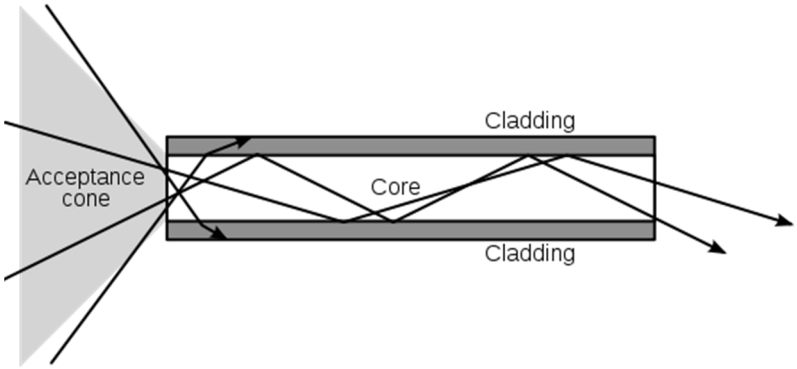
فرض کنید می‌خواهید یک باریکه نور را بطور مستقیم و در امتداد یک کریدور بتابانید. نور براحتی در خطوط راست سیر می‌کند و مشکلی ازین جهت نیست. حال اگر کریدور مستقیم نباشد و در طول خود خمیدگی داشته باشد چگونه نور را به انتهای آن می‌رسانید؟

برای این منظور می‌توانید از یک آینه استفاده کنید که در محل خمیدگی راهرو قرار می‌گیرد و نور را در جهت مناسب منحرف می‌کند. اگر راهرو خیلی پیچ در پیچ باشد و خمهای زیادی داشته باشد چه؟

می‌توانید دیوارها را با آینه بپوشانید و نور را به دام بیندازید بطوریکه در طول راهرو از یک گوشه به گوشه دیگر بپرد. این دقیقا همان چیزی است که در یک فیبرنوری اتفاق می افتد.

نور در یک کابل فیبرنوری، بر اساس قاعده ای موسوم به بازتابش داخلی، مرتبا بوسیله دیواره آینه پوش لایه ای که هسته را فراگرفته، به این سو و آن سو پرش می‌کند و در طول هسته پیش می‌رود.

از آنجا که لایه آینه پوش اطراف هسته هیچ نوری را جذب نمی‌کند، موج نور می‌تواند فواصل طولانی را طی کند. به هر حال، برخی از سیگنال‌های نوری در حین حرکت در طول فیبر، ضعیف می‌شوند که علت عمده آن وجود برخی ناخالصی‌ها داخل شیشه است. تفاوت جنس فیبر با محیط بیرون (غلاف) و در نتیجه تفاوت ضریب شکست این دو ماده باعث می‌شود که دیواره فیبر به صورت آینه عمل کند. به این ترتیب زمانی که نور با زاویه‌ای خاص به دیواره فیبر می‌تابد، پدیده بازتاب کلی داخلی رخ می‌دهد و نور با انعکاس از دیواره فیبر پیش‌می‌رود و در انتها از کابل خارج می‌شود. گفتنی است ماکزیمم زاویه‌ای که نور می‌تواند تحت آن و بدون بازتاب داخلی از یک ماده خارج شود $Arc\sin\frac{n_2}{n_1} < I$ که $n1$ ضریب شکست محیط غلیظ (در اینجا فیبر) و $n2$ ضریب شکست محیط رقیق (محیط بیرون فیبر)است.



با این حال بعضی از سیگنال‌های نوری در طول فیبر دچار اختلال و بازتاب‌های نامنظم می‌شوند. میزان این اختلال و همچنین تعداد سیگنال‌هایی که دچار آن می‌شوند به عواملی از جمله درصد خلوص مواد هسته فیبر و طول موج نور دارد.

بطور مثال:

در طول موج ۸۵۰ نانومتر = ۶۰ تا ۷۵ درصد در هر یک کیلومتر

طول موج ۱۳۰۰ نانومتر = ۵۰ تا ۶۰ درصد در هر یک کیلومتر

طول موج ۱۵۵۰ نانومتر = بیش از ۵۰ درصد در هر یک کیلومتر

در حال حاضر هزینه تولید فیبرنوری کمتر از کابل‌های مسی است. البته هزینه کار گذاری و نصب آن‌ها تا حدودی بیشتر از کابل‌های قدیمی است. این امر با پیشرفت فن‌آوری‌های کابل‌کشی نوری در حال تغییر

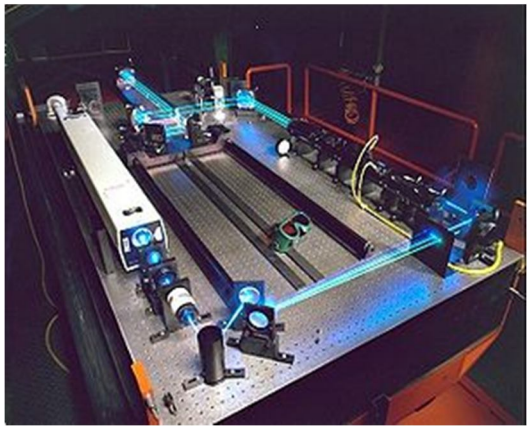
است و به زودی می‌توان کیلومترها کابل نوری را با هزینه‌ای بسیار کمتر از کابل‌های مسی تولید و مصرف کرد.

✓ تلفات احتمالی انتقال نور در فیبر نوری

تلفات (افت) شامل موارد زیر می باشد:

- ❖ تلفات جذبی
- ❖ تلفات پراکندگی به علت ناهمگونی ضریب شکست هسته
- ❖ تلفات مرزی
- ❖ تلفات خمش
- ❖ تلفات در محل اتصالها و پیوندها
- ❖ تلفات در ورودی و خروجی فیبرنوری

✓ میز نوری (Optical Table)



برای اتصالات و انجام آزمایشات بر روی فیبر نوری از میز نوری کمک می گیرند، لرزش های کوچک در انجام آزمایشات فیبر نوری ممکن است یک آزمایش را منجر به شکست کند. از این رو، نیاز به یک میز بسیار سفت و سخت که حرکت و انعطاف پذیری نداشته باشد و سطح میز نیز کاملا صاف باشد. ، تا بدون تکان و تسهیل بتوان فیبر نوری را به آسانی مونتاژ کرد.

میزهای نوری معمولا از ورق فولاد ، آلومینیوم ، و یا فیبر کربن ساخته می شوند. سطح آنها معمولا دارای شبکه ای

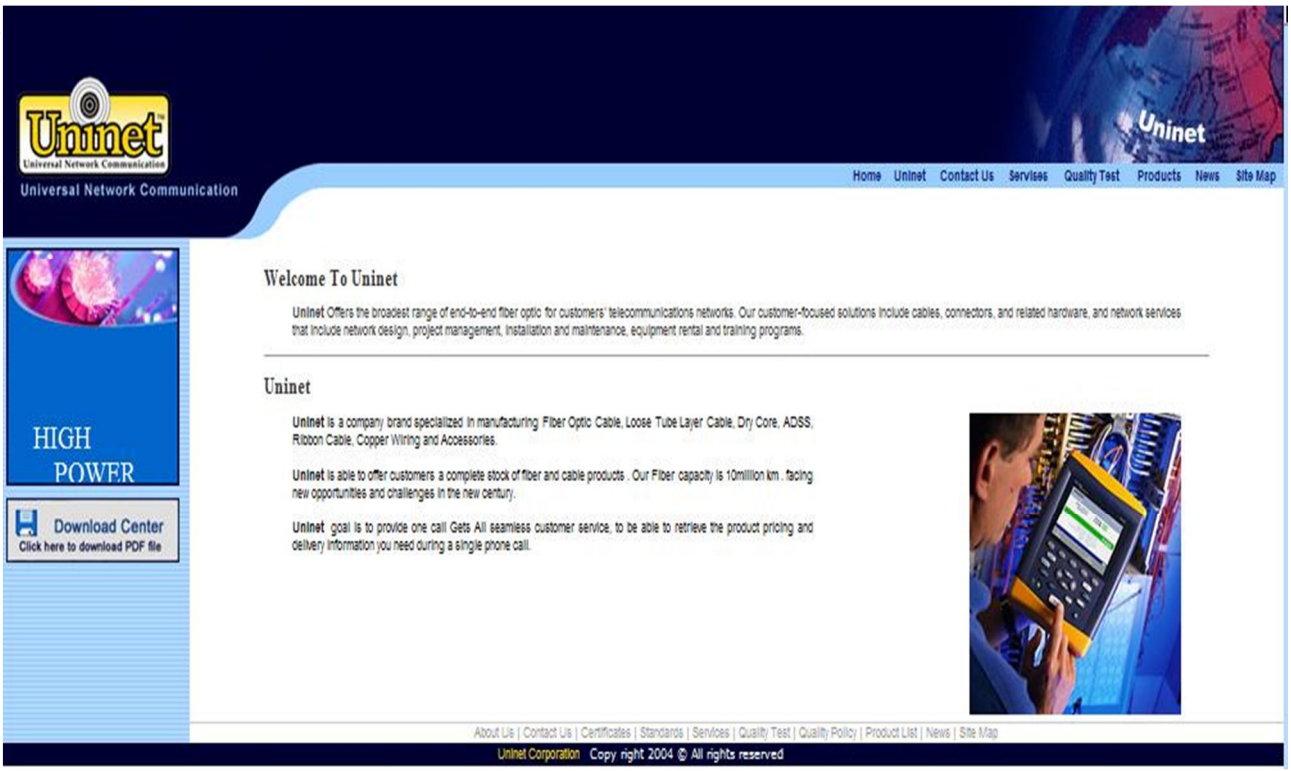
از سوراخ های رزوه دار می باشد که اجازه می دهد اجزاء پیچ شده را متناسب با طرح فیبر نوری استفاده کرد. سیستم های نوری از اجزا متعددی تشکیل شده که باید جداگانه نصب و تراز شوند و درمقابل لرزش و ... آسیب پذیر باشند.

ارتعاشات داخل ساختمان معمولا از ۴-Hz۱۰۰ می باشد، این میز ها طوری طراحی می شوند که فرکانس رزونانس آنها بالا Hz۱۰۰ باشد، زیرا اختلاف فرکانس زیاد مانع انتقال انرژی از یک فریم به فریم دیگر می شود و با ایجاد چنین تفاوتی در فرکانس رزونانس انرژی ، Coupling نمی تواند رخ دهد.

✓ شرکت های تولید کننده فیبر نوری

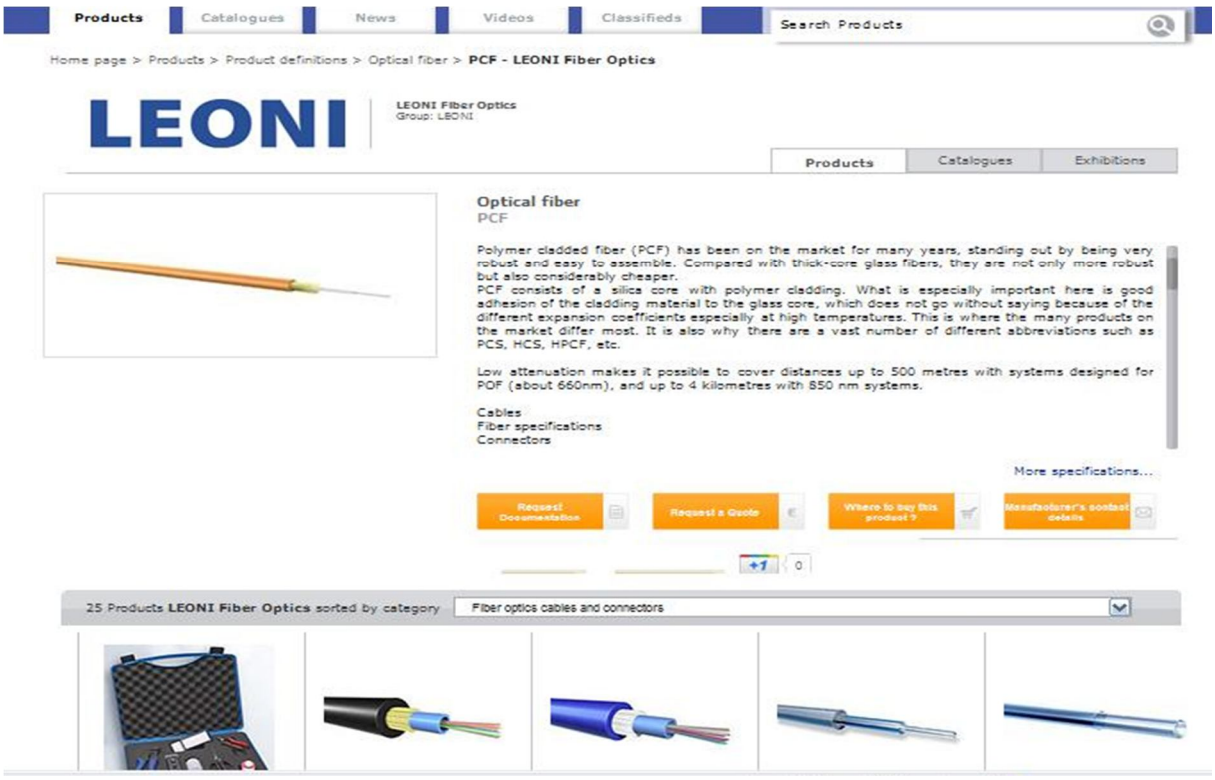
فیبر نوری و برق خورشیدی هدایت نور، شرکت شبکه سازان کیهان، شرکت ایساتیس ارتباطات قندی، Superior Essex آمریکا، Nexans فرانسه، Leoni آلمان، لگراند فرانسه، برندرکس، ، جی تک، یونی نت، تری ام، فول، یونی کام از جمله شرکت هایی هستند که فیبر نوری را ارائه می دهند.

www.uninet.co.za

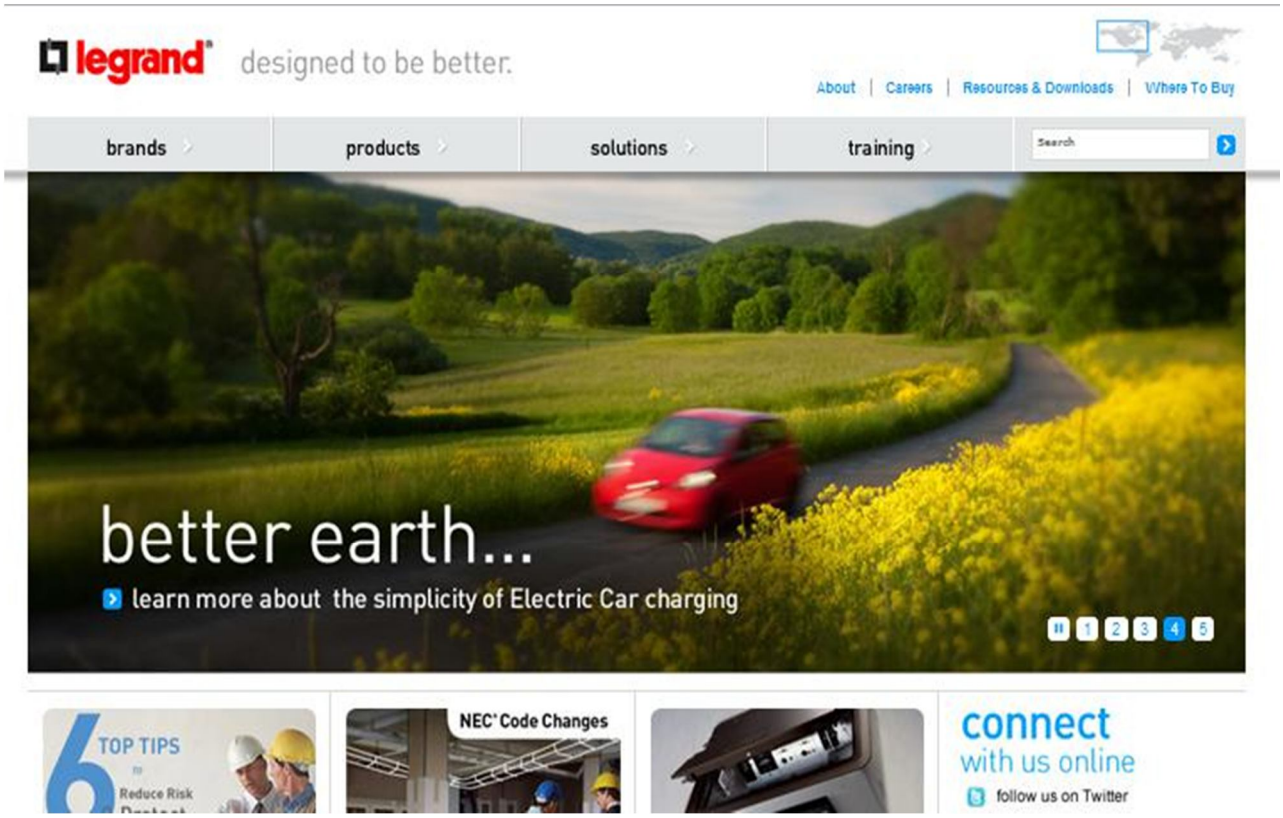


www.sgccir.com

www.leoni.com



www.legrand.us



www.nexans.com

✓ قیمت انواع فیبر نوری

شرح قیمت کابل های فیبر نوری به صورت زیر می باشد:

CORE SM OUTDOOR ۱۲NEXANS FIBER قیمت=۱۹۰۰

CORE SM TIGHTBUFFER ۱۲NEXANS FIBER قیمت =۲۷۰۰

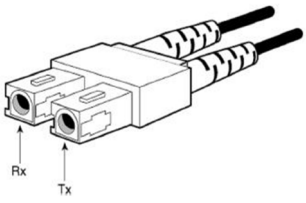
CORE MM TIGHTBUFFER ۶NEXANS FIBER قیمت =۱۶۰۰

CORE MM OUTDOOR ۸NEXANS FIBER قیمت =۱۹۰۰

CORE MM OUTDOOR ۱۲NEXANS FIBER قیمت =۲۶۰۰

CORE MM TIGHTBUFFER ۱۲NEXANS FIBER قیمت =۲۵۰۰

FIBER OPTIC PATCH CABLE (SC – SC)



M۱FIBER PATCH CABLE MM SC – SC DUPLEX قیمت =۱۳۰۰۰

M۳FIBER PATCH CABLE MM SC – SC DUPLEX ز قیمت =۲۰۰۰۰

M۵FIBER PATCH CABLE MM SC – SC DUPLEX قیمت =۲۱۰۰۰

M۱۰FIBER PATCH CABLE MM SC – SC DUPLEX قیمت =۲۷۰۰۰

M۱FIBER PATCH CABLE SM SC – SC DUPLEX قیمت =۱۸۵۰۰

M۳FIBER PATCH CABLE SM SC – SC DUPLEX قیمت =۲۱۰۰۰

M۵FIBER PATCH CABLE SM SC – SC DUPLEX قیمت =۲۳۰۰۰

M۱۰FIBER PATCH CABLE SM SC – SC DUPLEX قیمت =۲۹۰۰۰

FIBER OPTIC PATCH CABLE (SC – LC)

M۱FIBER PATCH CABLE MM SC – LC DUPLEX قیمت =۱۹۰۰۰

M۳FIBER PATCH CABLE MM SC – LC DUPLEX قیمت =۲۲۰۰۰

M۵FIBER PATCH CABLE MM SC – LC DUPLEX قیمت =۲۴۰۰۰

M۱۰FIBER PATCH CABLE MM SC – LC DUPLEX قیمت =۲۹۰۰۰

M۱FIBER PATCH CABLE SM SC – LC DUPLEX قیمت =۲۰۰۰۰

M۳FIBER PATCH CABLE SM SC – LC DUPLEX قیمت = ۲۳۰۰۰

M۵FIBER PATCH CABLE SM SC – LC DUPLEX قیمت =۲۵۰۰۰

M۱۰FIBER PATCH CABLE SM SC – LC DUPLEX قیمت = ۳۰۰۰۰

FIBER OPTIC PATCH CABLE (FC – SC)

M۱FIBER PATCH CABLE MM FC – SC DUPLEX قیمت = ۲۱۰۰۰

M۳FIBER PATCH CABLE MM FC – SC DUPLEX قیمت = ۲۵۰۰۰

M۵FIBER PATCH CABLE MM FC – SC DUPLEX قیمت = ۲۷۰۰۰

M۱۰FIBER PATCH CABLE MM FC – SC DUPLEX قیمت = ۳۵۰۰۰

M۳FIBER PATCH CABLE SM FC – SC DUPLEX قیمت =۲۸۰۰۰

M۵FIBER PATCH CABLE SM FC – SC DUPLEX قیمت =۲۷۰۰۰

FIBER OPTIC PATCH CABLE (FC – LC)

M۱FIBER PATCH CABLE MM FC – LC DUPLEX قیمت = ۲۴۰۰۰

M۳FIBER PATCH CABLE MM FC – LC DUPLEX قیمت = ۲۷۰۰۰

M۵FIBER PATCH CABLE MM FC – LC DUPLEX قیمت =۲۸۰۰۰

M۱FIBER PATCH CABLE SM FC – LC DUPLEX قیمت = ۲۸۰۰۰

M۳FIBER PATCH CABLE SM FC – LC DUPLEX قیمت =۲۸۰۰۰

M۵FIBER PATCH CABLE SM FC – LC DUPLEX قیمت =۲۸۰۰۰

FIBER OPTIC PATCH CABLE (LC – LC)

M۱FIBER PATCH CABLE MM LC – LC DUPLEX قیمت =۲۱۰۰۰

M۳FIBER PATCH CABLE MM LC – LC DUPLEX قیمت =۲۳۰۰۰

M۵FIBER PATCH CABLE MM LC – LC DUPLEX قیمت =۲۵۰۰۰

M۱۰FIBER PATCH CABLE MM LC – LC DUPLEX قیمت =۳۰۰۰۰

M۱FIBER PATCH CABLE SM LC – LC DUPLEX قیمت =۲۲۰۰۰

M۳FIBER PATCH CABLE SM LC – LC DUPLEX قیمت =۲۵۰۰۰

M۵FIBER PATCH CABLE SM LC – LC DUPLEX قیمت =۲۷۰۰۰

M۱۰FIBER PATCH CABLE SM LC – LC DUPLEX قیمت =۳۲۰۰۰

ADAPPTER FIBER

ADAPPTER MM SC – SC DUPLEX قیمت =۴۰۰۰

ADAPPTER SM SC – SC DUPLEX قیمت =۴۵۰۰

ADAPPTER MM LC – LC DUPLEX قیمت =۶۰۰۰

ADAPPTER SM LC – LC DUPLEX قیمت =۷۰۰۰

ADAPPTER MM FC – FC DUPLEX قیمت =۷۵۰۰

ADAPPTER SM FC – FC DUPLEX قیمت = ۷۵۰۰

ADAPPTER MM SC – FC DUPLEX قیمت =۷۰۰۰

ADAPPTER SM SC – FC DUPLEX قیمت =۷۰۰۰

ATTENATOR

DB۱۵ATTENATOR SM SC – SC قیمت = ۱۵۰۰۰

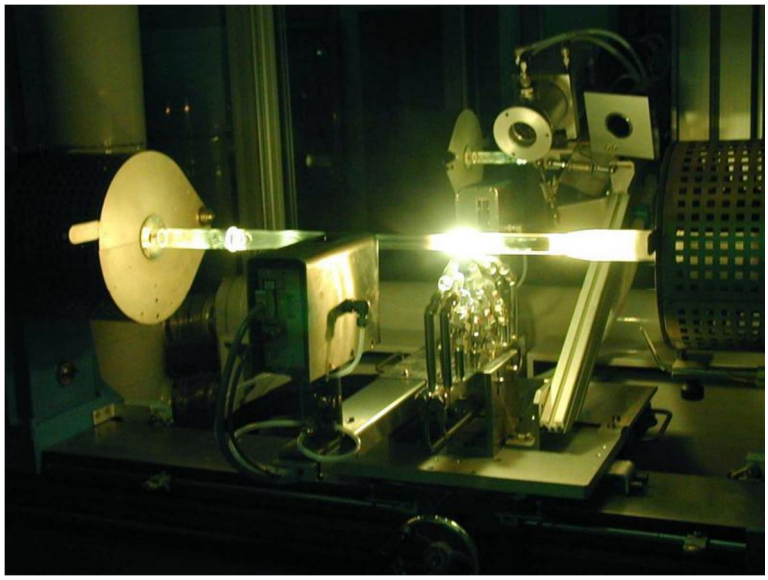
DB۱۵ATTENATOR SM LC – LC قیمت = ۱۵۰۰۰

✓ نحوه ساخت فیبرنوری

فیبرنوری از شیشه شفاف بسیار خالص ساخته میشود. اگر شیشه پنجره را بعنوان محیطی شفاف که نور را از خود عبور می دهد در نظر بگیریم، بدلیل وجود ناخالصیها در شیشه، نور بطور کامل و بدون تغییر عبور نمی کند. بهرحال شیشه ای که در ساخت فیبر نوری بکار می رود، نسبت به شیشه بکار رفته برای پنجره ناخالصیهای بسیار کمتری دارد. توصیف یک شرکت تولید کننده فیبر نوری از شیشه ای که برای ساخت آن بکار می رود به اینصورت است: اگر روی سطح اقیانوسی از شیشه بکار رفته در ساخت فیبر نوری بایستید، می توانید عمق چندین مایلی آنرا بوضوح ببینید.

✓ مراحل ساخت فیبر نوری

۱) ساخت پیش سازه با استفاده از شیشه خالص (Drawing of the preform)



۲) کشیدن و طویل کردن پیش سازه (Drawing of the preform)

۳) آزمایش فیبرهای تولید شده

۴)ساخت استوانه شیشه ای

❖ پیش سازه

پیش‌سازه یک استوانه شیشه‌ای فوق‌العاده خالص است.با توجه به نوع فیبر، پیش‌سازه از مواد متفـاوت و بـا روش‌های مختلفی ساخته می‌شود.

❖ روشهای ساخت پیش سازه

روشهای فرآیند فاز بخار برای ساخت پیش سازه فیبرنوری را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد:

۱. رسوب دهی داخلی در فاز بخار(Axial Chemical Vapor Deposition (ACVD))
۲. رسوب دهی بیرونی در فاز بخار (External Vapor Deposition (EVD))
۳. رسوب دهی محوری در فاز بخار (Internal Vapor Deposition (IVD))

❖ موادلازم در فرآیند ساخت پیش سازه

تتراکلرید سیلیکون :این ماده برای تأمین لایه‌های شیشه‌ای در فرآیند مورد نیاز است.

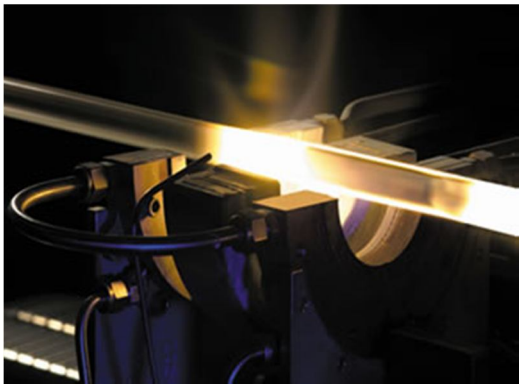
تتراکلرید ژرمانیوم :این ماده برای افزایش ضریب شکست شیشه در ناحیه مغزی پیش سازه استفاده می‌شود.

اکسی کلرید فسفریل :برای کاهش دمای واکنش در حین ساخت پیش سازه ، این مواد وارد واکنش می‌شود.

گاز فلوئور :برای کاهش ضریب شکست شیشه در ناحیه غلاف استفاده می‌شود.

گاز هلیوم :برای نفوذ حرارتی و حباب زدایی در حین واکنش شیمیایی در داخل لوله مورد استفاده قرار می‌گیرد.

گاز کلر :برای آب زدایی محیط داخل لوله قبل از شروع واکنش اصلی مورد نیاز است .



❖ ساخت پیش‌سازه

اولین قدم در ساخت فیبر نوری شیشه‌ای، ساخت یک میله شیشه‌ای جامد است که پیش‌سازه نامیده می‌شود. مواد شیمیایی فوق خالص(تتراکلرید سیلیسوم $SiCl_4$و تتراکلریدژرمانیوم $GeCl_4$) به عنوان مواد

پایه در طی ساخت پیش سازه به شیشه خالص تبدیل می‌شود. این مواد برای ساخت انواع متفاوت پیش‌سازه با نسبت‌های متغیری استفاده می‌شوند.

پایه‌ای ترین واکنش‌های شیمیایی که ر طی فرایند ساخت فیبر انجام می‌شود عبارتند از:

$SiCl_4$ (gas) + O_2 > SiO_2 (solid) + $2Cl_2$ (in the presence of heat) در معرض گرما

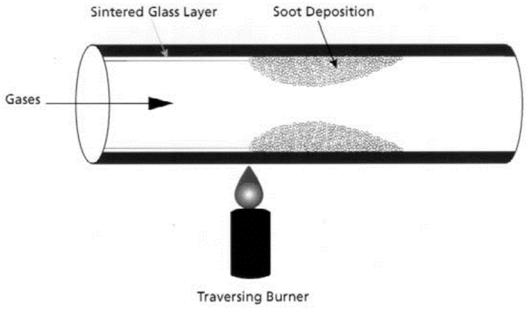
$GeCl_4$ (gas) + O_2 > GeO_2 (solid) + $2Cl_2$ (in the presence of heat) در معرض گرما

ترکیب اصلی همه فیبرهای مخابراتی استاندارد بر پایه سیلیکا ساخته شده است که مقادیر مختلفی از ژرمانیوم برای رسیدن به ضریب شکست مطلوب به آن اضافه می‌شود. فیبرهای تک‌حالته به طور معمول دارای مقادیر کمی ژرمانیوم هستند و ترکیب یکسانی در هسته دارند. فیبرهای چندحاته معمولاً دارای ضریب شکست بیشتری هستند و به همین سبب ژرمانیوم بیشتری هم دارند. در فیبرهای چندحالته با ضریب شکست تدریجی، ترکیب هسته و ضریب شکست در عرض هسته تغییر می‌کند طوری که نمودار ضریب شکست آن سهمی شکل شود.

- **روش رسوب نشانی داخلی**

راه‌های متفاوتی برای ساختن پیش‌سازه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در فرایند « رسوب‌زایی تعدیل شده با بخار» (MCVD) مخلوطی از مواد شیمیایی یاد شده با نسبت بسیار دقیق، از داخل یک لوله شیشه‌ای دوار که از سیلیکون صنعتی خالص ساخته شده عبور داده می‌شود.

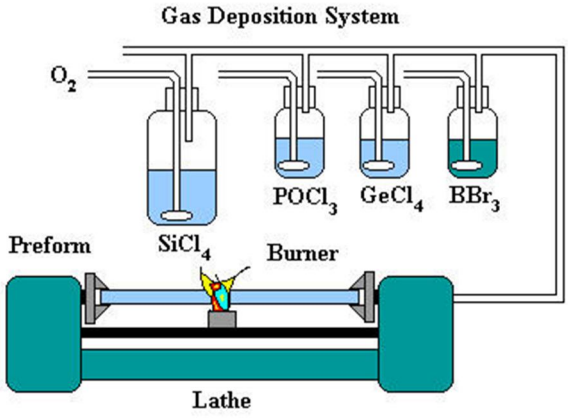
لوله سیلسکونی بر روی یک ماشین دوار نصب شده که دارای یک مشعل حرارتی مخصوص می‌باشد. همچنان که گازها در داخل لوله جاری هستند، در مجاورت حرارت واکنش داده و ذرات جامد بسیار ریزی را تشکیل می‌دهند که «دوده» نامیده می‌شود. این دوده بر لایه داخلی لوله نشست می‌کند. وقتی که شعله مشعل از مجاورت محل رسوب دوده عبور می‌کند، آن ذرات بسیار ریز جامد سفید رنگ را ذوب کرده و تبدیل به شیشه بسیارشفاف و خالص می‌کند. این فرایند «شیشه‌ای کردن» نام دارد.



این فرایند برای چندین ساعت تکرار می‌شود تا هسته لایه لایه شکل بگیرد. در حرکت رفت و برگشت مشعل، تراکم و ضخامت لایه رسوب بسته به طراحی ویژه فیبر، توسط سازنده با تغییر ترکیب یا نسبت کنترل می‌شود. این کار به همراه کنترل سرعت حرکت مشعل در طول شیشه و کنترل حرارت مشعل این امکان را به ما می‌دهد تا طیف وسیع و متنوعی از فیبرهای نوری بسیار خالص را بسازیم.

دقت در عبور دادن مواد شیمیایی به همچنین تجهیزات تولید ما را از اینکه پیش‌سازه به صورت همگن و به درستی ساخته شده مطمئن می‌کند. برای مثال کنترل کننده‌های جریان برای اندازه‌گیری مواد شیمیایی واکنش استفاده می‌شوند. تمامی مؤلفه‌های حساس و حیاتی این فرایند به صورت لحظه‌ای و رایانه‌ای مورد کنترل و بازبینی قرار دارد و اطلاعات مربوط به فرایند تولید جمع‌آوری و نگهداری می‌شود.

وقتی که میزان مناسبی از مواد لازم برای هسته در جداره لوله تولید شد، جریان گازها قطع می‌شود. سرعت حرکت مشعل کم شده و حرارت شعله زیاد می‌شود تا اینکه لوله به صورت یک میله جامد درآید. در پایان این فرایند این قطعه از دستگاه جدا شده و به مرحله بعدی منتقل می‌شود. فرایند ساخت پیش‌سازه به صورت کاملاً خودکار و با کمترین دخالت دست انجام می‌شود.

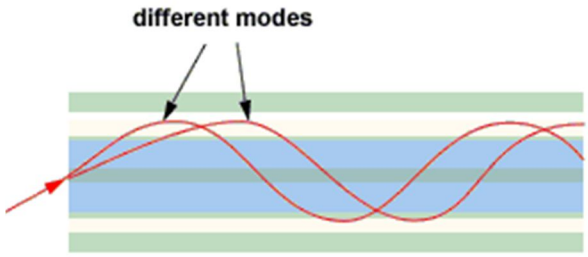


➢ ساخت فیبر با ضریب شکست تدریجی

اگر در ساخت پیش سازه، نسبت گازهای مورد استفاده طوری تغییر کند که نسبت مواد کاهش دهنده ضریب شکست نسبت به مواد زیاد کننده ضریب شکست، به تدریج افزایش یابد، آنگاه حاصل کار پیش سازه ای خواهد بود که ضریب شکست آن از مرکز هسته به سمت بیرون به تدریج افزایش خواهد یافت.

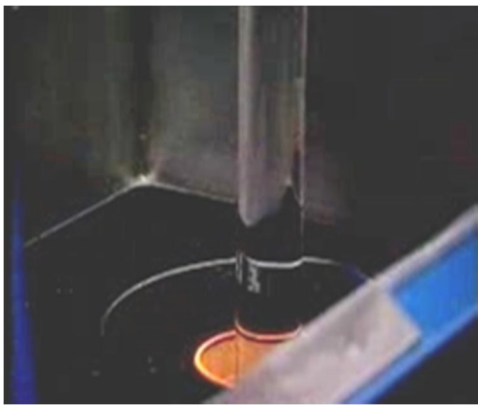
ضریب شکست پیش‌سازه با دستگاهی به نام آنالیزگر پیش‌سازه بررسی می‌شود. این دستگاه شاخصه‌های حساس و حیاتی هسته را بررسی کرده و آنرا با ویژگی‌های مورد نظر مقایسه می‌کند. تمامی مؤلفه‌های مرتبط به شکل خودکار به صورت نمودار در جداولی ثبت شده و در هر اندازه‌گیری توسط کاربر بازبینی و کنترل می‌شود.

لوله شیشه‌ای که در ابتدا گفته شد در فرایند ساخت در واقع غلاف فیبر را تشکیل خواهد داد. ضخامت غلاف در فرایند روکش‌دار کردن افزوده می‌شود. در این فرایند لوله مزبور در داخل یک لوله شیشه‌ای دیگر قرار داده شده بدین ترتیب ضخامت غلاف به اندازه نهایی از پیش تعیین شده می‌رسد.



Graded-Index Multimode Fiber

فرایند دیگری هم وجود که «رسوب‌زایی بیرونی» نامیده می‌شود. در این فرایند بخار بر سطح بیرونی یک میله شیشه‌ای که از سیلسکون خالص ساخته‌شده است رسوب داده می‌شود. در واقع میله شیشه‌ای هسته است و غلاف گرداگرد آن تشکیل می‌شود. بعد از رسوب زایی پیش‌سازه به روشی مشابه روش قبلی آماده می‌شود.

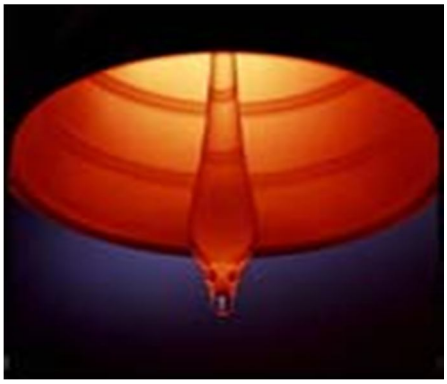


➢ کش دادن پیش سازه

پیش سازه آماده شده به صورت عمودی وارد یک کوره القایی با حرارت کنترل شده در حدود ۲۰۰۰°C می‌شود. این کوره در رأس تأسیساتی به نام برج کشش (Drawing Tower) نصب شده است.

حرارت، نوک پیش‌سازه را نرم می‌کند تا وقتی سر پیش‌سازه به اندازه کافی ذوب شود. جاذبه قطره‌ای از مذاب را به سمت پایین می‌کشد و در یک سقوط آزاد تبدیل به یک رشته نازک می‌شود.

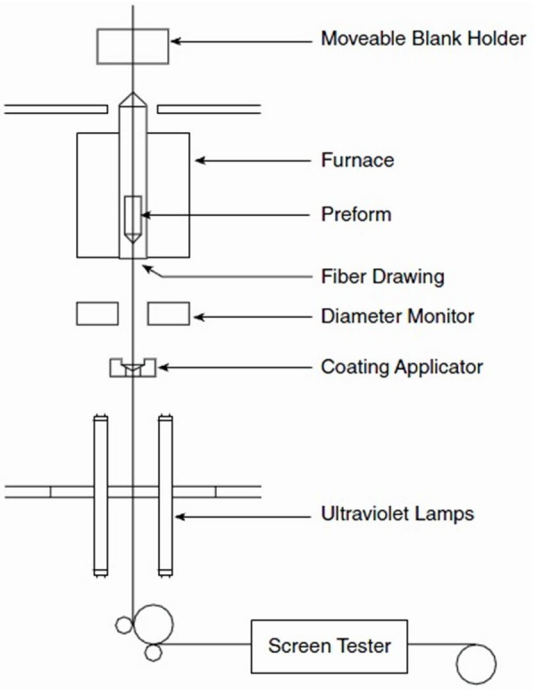
این رشته از یک سری دستگاه‌های پوشش دهنده عبور داده شده و فرایند کش دادن آغاز می‌شود. فیبر به وسیله تسمه‌هایی که در پایین برج کشش وجود دارد کشیده می‌شود و سپس به دور قرقره‌هایی می‌پیچد. در طی فرایند کش دادن، پیش‌سازه برای رسیدن به دمای بهینه گرم می‌شود تا کشش مطلوب فراهم شود. سرعت کش دادن حدود ده تا بیست متر بر ثانیه است.



طی فرایند کش‌دادن قطر فیبر در حدود ۱۲۵ میکرون با خطای یک میکرون کنترل می‌شود. از یک دستگاه اندازه‌گیر لیزری برای اندازه‌گیری قطر فیبر استفاده می‌شود. دستگاه می‌تواند ضخامت فیبر را با نرخ بیش از ۷۵۰ بار در هر ثانیه نمونه برداری کند. قطر فیبر با مقدار مبنای ۱۲۵ میکرون مقایسه می‌شود و هر اختلاف کوچکی نسبت به این مقدار موجب تغییر سرعت دستگاه کشنده می‌شود تا قطر فیبر در اندازه مطلوب حفظ شود. اگر ضخامت فیبر کم شود، سرعت کشش دستگاه زیاد می شود و اگر فیبر نازک شود سرعت کشش دستگاه کم می‌شود تا قطر درستی به دست آید.

معمولاً با انحراف معیار۶، در نهایت فیبری با ضخامت ۱۲۵ میکرون با خطای ۱ میکرون حاصل می‌شود.

➢ برج کشش



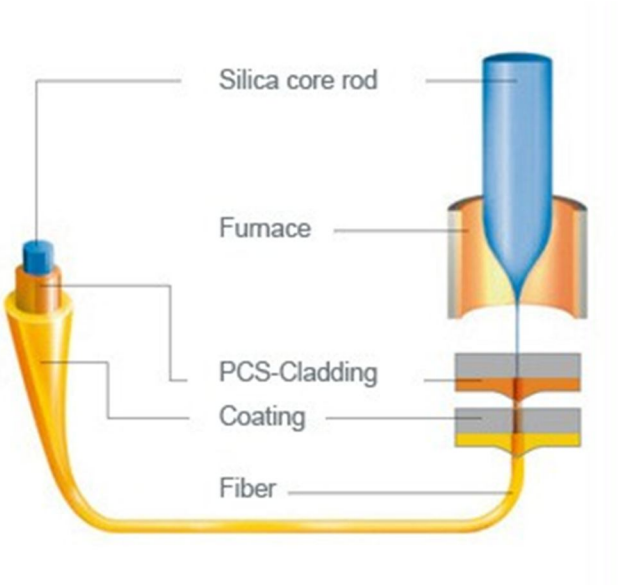
➢ روش بوته های تو در تو

در این روش مذاب مربوط به غلاف در بوته بیرونی و مذاب مربوط به هسته در بوته درونـی ذوب مـی شوند.پلاتین، در ساخت بوته‌ها کاربرد دارد.

مذاب‌ها در هنگام بیرون آمدن بر اثر جاذبه زمین، به شـکل رشـته نـازکی در مـی‌آینـد کـه همـان فیبـر است.(مشابه مکانیزم خمیر دندان دو رنگ)

با این رو ش نمی‌توان فیبر ضریب تدریجی ساخت، زیرا مذاب بوته‌ها همگن است.

یک لایه پوشش محافظ دو لایه روی فیبر قرار داده می‌شود. لایه نـرم‌تـر در داخـل و لایـه سخت‌تر در خارج. این دو لایه پوشش محافظت مکانیکی لازم را برای جابجا کردن فیبـر و همچنین محافظت لازم را در محیط‌های خشن از فیبر مهیا می‌کند. این پوشـش بـه وسـیله لامپ‌های ماوراء بنفش درست می‌شود. فرایند کش دادن واقعاً بـه صـورت کـاملاً خودکـار انجام می‌شود و تا بعد از مرحله قرقره کردن فیبر هیچ کاری توسط کاربران انجام نمی‌شود.



✓ تست و آزمایش فیبرنوری آماده شده

فیبر کشیده شده برای اطمینان از تحصیل همه شاخص‌های هندسی و نوری فیبر و داشتن یک کشش مطلوب چک می‌شود. برخی از آزمایشهایی که پس از ساخت فیبرنوری بر روی آن انجام می‌شوند ، عبارتند از:

❖ مقاومت کششی

فیبر باید بتواند نیروی کشش معادل ۱۰۰/۰۰۰ پوند بر اینچ مربع یا بیشتر را تحمل کند. هر قرقره از فیبرها توسط دستگاهی بارگذاری می‌شوند تا از داشتن حداقل مقاومت کششی اطمینان حاصل شود. سپس فیبر به دور قرقره پیچیده شده و آماده حمل می‌شود. فیبر برای کنترل هرگونه ترک خوردگی به وسیله دستگاه OTDR تست می‌شود. این دستگاه از یک پرتوی نور پراکنده برای مشخص کردن محل هرگونه ترک خوردگی در طول فیبر استفاده می‌کند.

❖ آزمایش منحنی ضریب شکست

بررسی فیبر از لحاظ ابعاد هندسی ازجمله کنترل یکنواختی قطر هسته و یکنواختی ضخامت لایه روکش

❖ آزمایش میزان تضعیف امواج در فیبرنوری

در این آزمایش مشخص میشود که سیگنالهای نوری در طول موجهای مختلف چه مقدار انرژی خود را از حین عبور از فیبر دست میدهند.

- **ظرفیت انتقال اطلاعات (پهنای باند)**

تعداد سیگنالهایی که در هر لحظه می‌تواند بوسیله فیبر منتقل شود.

- **گشودگی عددی:**

اندازه‌گیری زاویه پذیرش نور توسط فیبر.

- **طول موج قطع:**

در فیبرهای تک‌حالته، از کدام طول موج به بالا سیگنال نوری متلاشی خواهد شد.

- **قطر حوزه دید:**

در فیبرهای تک‌حالته، عرض تابش یک پالس نوری در فیبر، در محل اتصال فیبرها مهم است.

- **پاشندگی کروماتیک:**

انتشار پالس‌های یک نور به طول موج‌های تشکیل دهنده آن در سرعت‌های مختلف در هسته. در فیبرهای تک‌حالته این مورد محدود کننده ظرفیت انتقال داده در فیبر است.

- **طیف رنگی**

انتشار طول موجهای مختلف نور در هسته فیبر که در بحث پهنای باند حائز اهمیت است.

- **دمای عملیاتی / دامنه تغییرات رطوبت**

تاثیر دما در تضعیف سیگنال عبوری

- **توانایی هدایت نور در زیر آب**

حائز اهمیت برای کابلهایی که در زیر دریا استفاده میشود.

علاوه بر این همه فیبرهای تک حالته و چندحالته از نظر مؤلفه‌های هندسی نیز کنترل می‌شوند:

- قطر غلاف
- ناداریره بودن غلاف

- ❖ قطر بیرونی پوشش
- ❖ نادایره بودن بیرونِ پوشش
- ❖ خطاهای پیچشی در پوشش
- ❖ نادایره بودن هسته
- ❖ قطر هسته

آزمون‌های محیطی و مکانیکی هم برای اطمینان از اینکه فیبر خواص مکانیکی و نوری خود را حفظ کند و با خواست‌مشتری نیز هم‌خوانی داشته باشد روی فیبر انجام می‌شود.

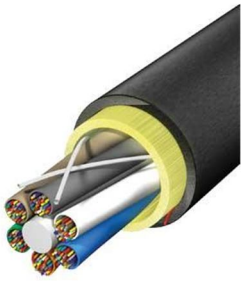
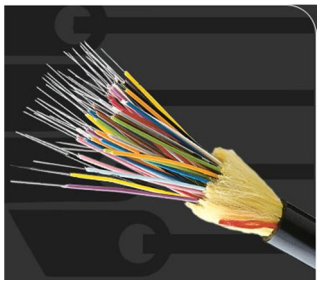
- ❖ نیروی کششی پوشش
- ❖ محدوده دمای کار
- ❖ بستگی میزان تضعیف به دما
- ❖ چرخه دما و رطوبت
- ❖ دوره فرسودگی
- ❖ غوطه‌وری در آب

✓ برخی از ادوات تست و آماده سازی فیبر نوری

- **آماده سازی فیبر**

فیبر پس از طی مراحل آزمون وارد مراحل آماده سازی بعدی می‌شود.

رشته های فیبر بر اساس استاندارد در پوشش‌های دیگری قرار گرفته و یک کابل نوری را تشکیل می دهد. (Optical Cable)

منابع

www. mums.ac.ir

www.ict-tcm.ir

www.hamshahrionline.ir

www.old.sanatekhodro.com

www.ammar.parsiblog.com

www.ozoptics.com

www.thorlabs.com

www.uninet.co.za

www.sgccir.com

www.leoni.com

www.nexans.com

www.legrand.us

Understanding Optical Communications