

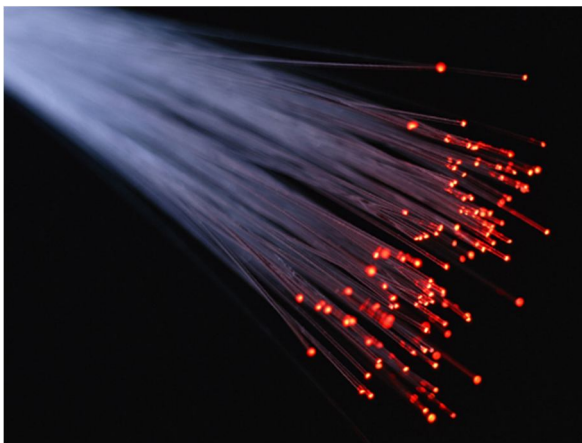
# *Optical Fiber*

## فیبر نوری

## ✓ مقدمه

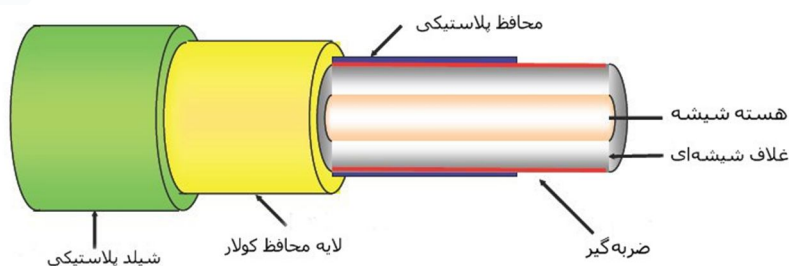
فیبر نوری یکی از محیط های انتقال داده با سرعت بالا است که از پالس های نور برای انتقال داده ها از طریق تارهای سیلیکون بهره می گیرد. یک کابل فیبر نوری که کمتر از یک اینچ قطر دارد می تواند صدها هزار مکالمه صوتی را حمل کند. فیبرهای نوری تجاری ظرفیت ۲/۵ تا ۱۰ گیگا بایت در ثانیه را فراهم می سازند. امروزه از فیبر نوری در موارد متفاوتی نظیر شبکه های تلفن شهری و بین شهری ، شبکه های کامپیوتری و اینترنت استفاده بعمل می آید.

## ✓ مبانی فیبر نوری



فیبر نوری ، رشته ای از تارهای بسیار نازک شیشه ای بوده که قطر هر یک از تارها نظیر قطر یک تار موی انسان است . تارهای فوق در کلاف هائی سازماندهی و کابل های نوری را بوجود می آورند. از فیبر نوری بمنظور ارسال سیگنال های نوری 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 که سیگنال های نوری در آن حرکت می نمایند. هسته در بعضی از کابل ها از پلاستیک کاملاً بازتابنده ساخته می شود، 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 نور منعکس شده به هسته می‌گردد. این عمل بازتاب نور به مرکز هسته را (بازتاب داخلی کلی) می‌نامند. ، روکش، یک لایه حائل پلاستیکی می‌باشد که به منظور محافظت از Core مورد استفاده قرار می‌گیرد.

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 می‌شود. 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 می‌شود، 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:

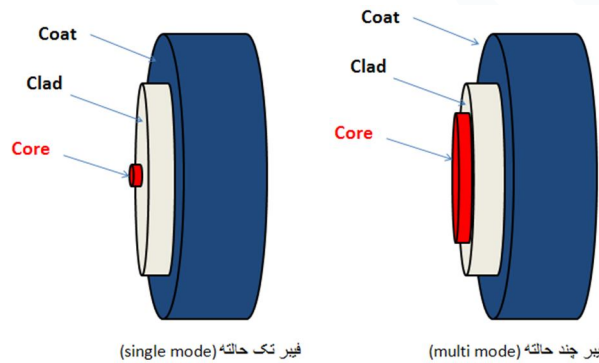
بر اساس ویژگیهای زیر ، فیبرهای نوری را می‌توان به دسته‌های مختلفی تقسیم نمود :

- ❖ 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

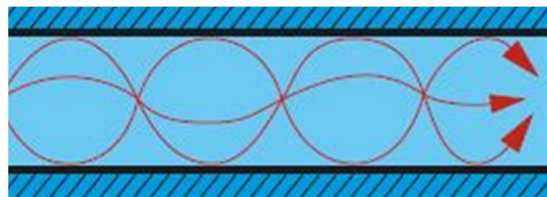


۱. فیبرهای نوری تک حالت (Single-Mode): این نوع از فیبرها، هسته های کوچکی دارند (قطری در حدود  $5/3 \times 10^{-4}$  اینچ یا ۹ میکرون) و می‌توانند نور لیزر مادون قرمز ( با طول موج ۱۳۰۰ تا ۱۵۵۰ نانومتر ) را درون خود هدایت کنند. (بمنظور ارسال یک سیگنال در هر فیبر استفاده می شود. نظیر تلفن)



انتقال نور در فیبر SM

۲. فیبرهای نوری چند حالت (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 ۰.۴/).  
inch یا 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 سخت تر می‌کند. بیشتر LAN های فیبر نوری از کابل چندحالتی استفاده می‌کنند، که علی‌رغم کارایی کمتر نسبت به کابل تک‌حالتی باز هم از کابل مسی بسیار بهتر است. شرکت‌های تلفنی و تلویزیون کابلی نیز به استفاده از فیبر تک‌حالتی 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 چندتایی ۷ 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

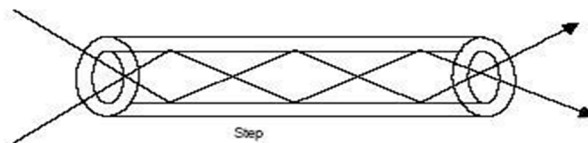


۳. فیبرنوری سیلیکا با روکش پلاستیکی (PCS)

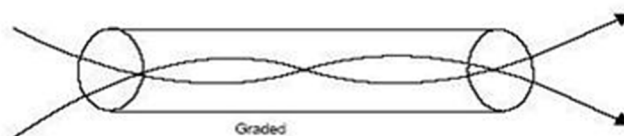


➤ انواع کابل فیبرنوری بر اساس ترکیب مواد مربوط به هسته

۱. فیبرنوری با ضریب شکست پله‌ای



۲. فیبرنوری با ضریب شکست مرحله‌ای (تدریجی)

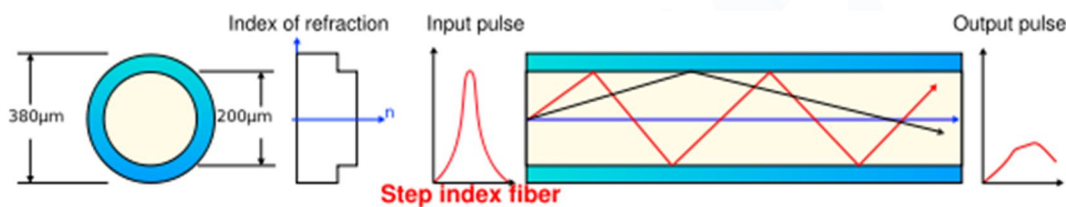


## ➤ انواع کابل فیبرنوری بر اساس دو ویژگی اول و سه

### ۱. فیبرنوری **Multi-Mode** با ضریب شکست پله‌ای (فیبرهای نوری چند حالتی با تغییر ناگهانی

در مرز هسته و روکش): در این نوع فیبر که اصطلاحاً به **Step Index Multi Fiber**

مشهورند، ابتدا لایه هسته را با ضریب شکست و قطر مشخص می‌سازند، و سپس بر روی آن یک لایه روکش با ضریب شکست کمتر می‌نشانند. بدین ترتیب فیزیکی پدید می‌آید که ضریب شکست آن در مرز بین هسته و روکش به صورت ناگهانی (پلکانی) تغییر می‌کند. در این نوع فیبر مشکل «پهن شدگی پالسها در زمان» وجود دارد. امروزه این نوع کابل به ندرت و آن هم برای کاربردهای خاص و سرعت پایین تولید می‌شود.



### ۲. فیبرنوری **Multi-Mode** با ضریب شکست مرحله‌ای (فیبرهای نوری چند حالتی با تغییر

تدریجی ضریب شکست در مرز هسته و روکش): در این نوع فیبر که اصطلاحاً به **Graded**

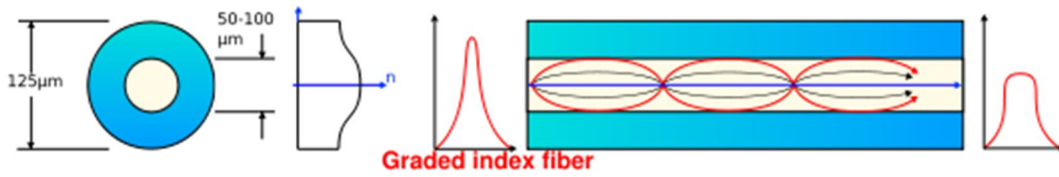
**Index Multi Mode Fiber** شهرت یافته‌اند، ضریب شکست هسته به آرامی و با دور شدن از

مرکز رو به کاهش می‌گذارد و در مرز ۵۰ تا ۶۲.۵ میکرون از مرکز هسته، به حداقل خود می‌رسد. چنین وضعیتی باعث خواهد شد که مرز بین ناحیه هسته و روکش به صورت یک سطح آینه‌ای عمل نکند بلکه پرتوهای نور همانند پدیده سراب به صورت منحنی وار شکسته شده و پس از رسیدن به زاویه بحرانی مجدداً بر روی منحنی مشابه به سوی هسته برگردند.

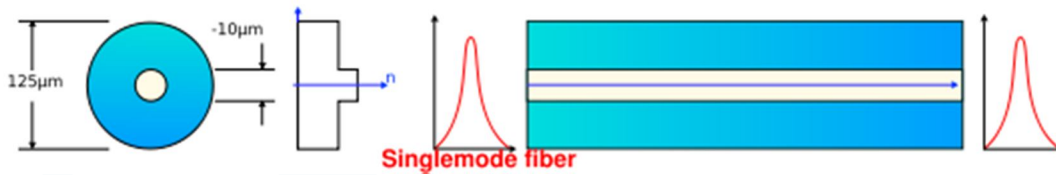
این نوع از فیبرهای نوری می‌توانند در سرعت‌های بالای گیگابیت در مسافت‌های کوتاه به کار گرفته شوند. ولی در مسافت‌های زیاد یا باید از سرعت ارسال کاسته شود و یا از فیبر نوع بعد استفاده گردد. از آنجا که در فیبر نوری چند حالتی با ضریب شکست پله‌ای شعاع‌های نوری که با زاویه تابش متفاوت دچار انعکاس می‌شوند همزمان به مقصد نمی‌رسند، عرض پالس در مقصد بیشتر شده و به دلیل تداخل پالس‌های مجاور نمی‌توان نرخ انتقال داده را از یک حد بالاتر برد. برای رفع این مشکل از فیبر نوری چند حالتی با ضریب شکست تدریجی استفاده می‌شود که باعث می‌شود 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 پله ای: 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 طبعاً 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

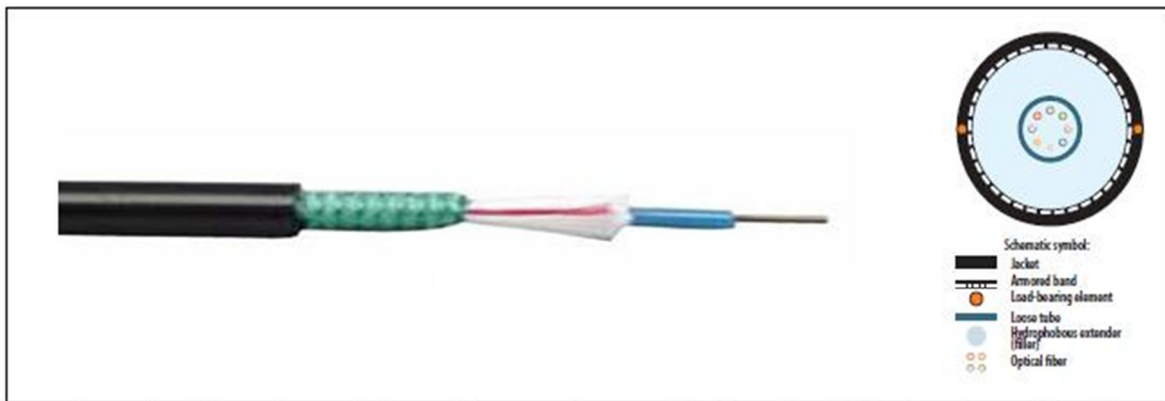


➤ انواع کابل فیبر نوری بر اساس ویژگی های محیطی

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

۱. کابل های فیبر نوری جهت کاربرد در بیرون ساختمان (Outdoor Grades):

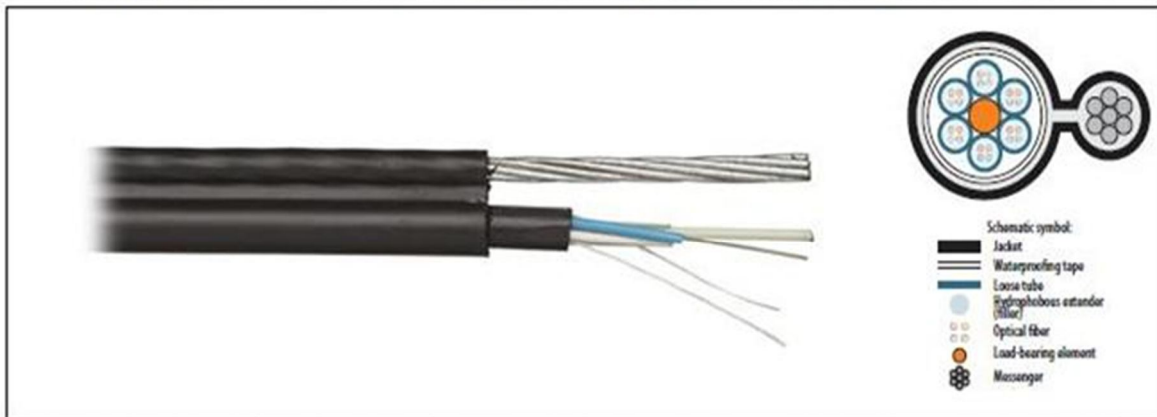
این فیبرها جهت ارتباط بین ساختمانها در خارج از ساختمان بکار می رود، حداکثر فاصله ای که مجاز است این کابل در داخل ساختمان وارد شود 10 متر است. در این نوع کاربرد از کابل فیبر نوری مدل Loose Tube بیشتر استفاده می شود. جهت استحکام و محافظت بیشتر فیبرها از Armored (زره) استفاده می شود. از دیگر ویژگی های این 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 چونده 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



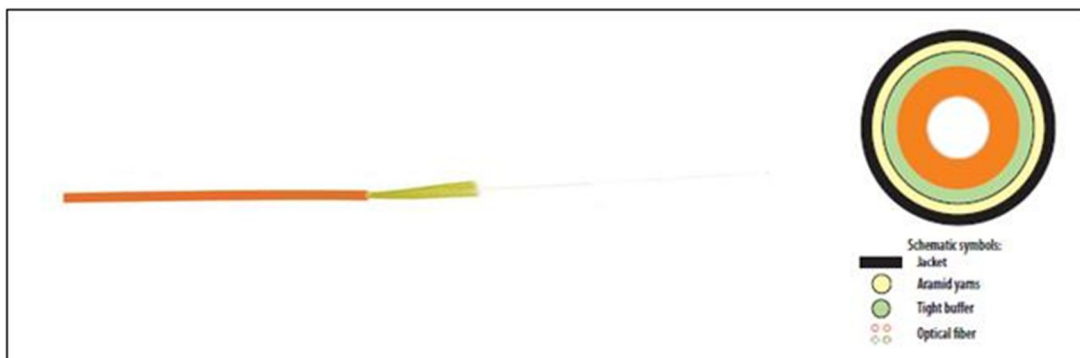
Fiber Optic Cable, Outdoor, Central Loos tube, 2 wire Corrugated Steel Armored, Single Mode & Multi Mode



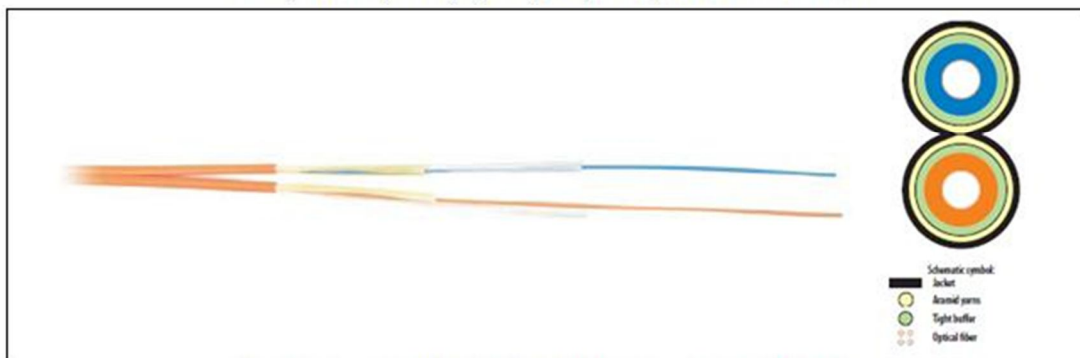
Fiber Optic Cable, Outdoor, Single & Multi Loose Tube, Self-supported, with Messenger, Single Mode & Multi Mode

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

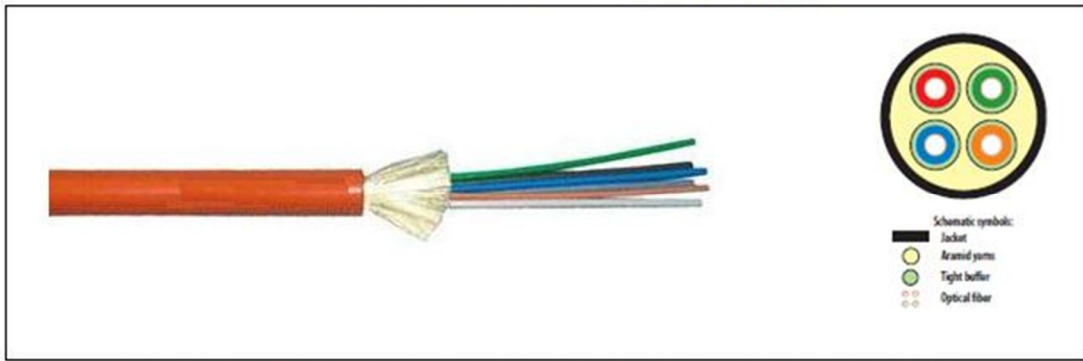
از این کابلها جهت استفاده از Backbone شبکه در داخل ساختمان استفاده می شود، دارای محافظتهای فیزیکی مناسبی می باشند، می توان از ۶ تا ۱۴۴ تیوب استفاده کرد که در هر تیوب ۲۴ فیبر نوری قرار دارد، داخل هر تیوب ژل بی رنگ قرار دارد تا باعث شود قابلیت انعطاف فیبر بالا رفته و در برابر ضربه مقاوم باشد. ویژگیهای عمومی این نوع از کابل عبارتند از، پوششی که در صورت آتش گرفتن گاز سمی از خود متصاعد نکند، مقاوم در مقابل شعله و 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  $XXXX-NY \times Z$  بیان می شود که در آن N شناسه ، XXXX معرف نوع کابل ، Y تعداد تیوب و Z تعداد فیبر در هر تیوب می باشد.

به عنوان مثال : کابل  $N2 \times 6-OBFC$  کابل نوری ژله فیلدخاکی با ۲ تیوب و هر تیوب شامل ۶ فیبر میباشد که نشان میدهد این کابل ۱۲ فیبردار

کابل نوری ژله فیلد خاکی (OBFC)

Optical Burred Fiber Cable

کابل نوری ژله فیلدخاکی (OBFC)

این نوع کابل عموماً در شبکه های زیر ساخت و بین شهری در مسافت های طولانی مورد استفاده قرار میگیرد و مستقیماً داخل خاک دفن می گردد.

این کابل دارای یک محافظه نوار استیل دندان آرد ای با روکش پلیمیری (کروگیت) میباشد. بر اساس نیاز متفاوتی، سایر ساختارهای کابل نیز قابل تولید میباشد.

عناصر مقوم مکانیکی  
 روکش پلیمیری  
 ژله  
 کوز تیوب  
 کوز استیل  
 پریمیتو (پارچه)  
 نوار پلی استر  
 نوار پلی استر  
 عنصر مقاوم مکانیکی (استیل)  
 روکش نوار  
 نوار استیل دندان آرد ای با روکش پلیمری  
 روکش کاتوپه

پارامتر					
N12x6	N8x6	N4x6	N2x6	N2x4	N1x4
۱۲	۸	۴	۲	۲	۱
-	-	۲	۴	۴	۵
۲۲	۴۸	۲۴	۱۲	۸	۴
۴	۳	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵
۳۰۰۰	۳۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰
۵۰۰۰	۵۰۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰
۲۱	۱۸	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶
۴۴۵	۳۲۵	۲۶۵	۲۵۲	۲۵۲	۲۵۰

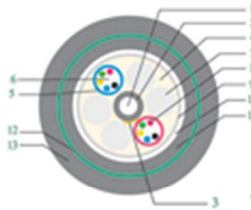
تعداد تیوب  
 تعداد فیبر  
 تعداد تار نوری  
 قطر عنصر مقاوم (mm)  
 بیرون عنصر کشش میانی (N)  
 با عنصر کشش میانی  
 قطر نامی (mm)  
 وزن (kg/km)

کابل نوری خشک کانالی (OBUC)

Optical Buried Unfilled Cable



کابل نوری خشک خاکی (OBUC)



- 1 عنصر مقاوم مرکزی
- 2 روکش (در صورت لزوم)
- 3 نخ جاذب رطوبت
- 4 ژله
- 5 لوز تیوب
- 6 ژله سرد
- 7 پرکننده (فایبر)
- 8 تار نوری
- 9 نوار جاذب رطوبت
- 10 عنصر مقاوم میانی (انتخابی)
- 11 روکش اولیه
- 12 نوار استیل دندانه آره ای با روکش پلیمری
- 13 روکش ثانویه

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

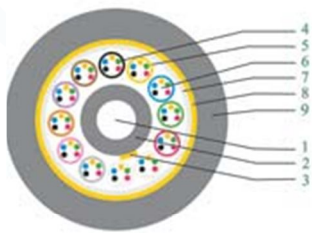
پارامتر						
N12x6	N8x6	N4x6	N2x6	N2x4	N1x4	تعداد تیوب
۱۲	۸	۴	۲	۲	۱	تعداد فیبر
۰	۰	۲	۴	۴	۵	تعداد تار نوری
۷۲	۴۸	۲۴	۱۲	۸	۴	قطر عنصر مقاوم (mm)
۴	۳	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	نیروی کشش مجاز (N)
۳۰۰۰	۳۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	بدون عنصر کشش میانی
۵۰۰۰	۵۰۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰	با عنصر کشش میانی
۲۱	۱۸	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	قطر نهایی (mm)

کابل (ADSS)

All Dielectric Self Support Cable



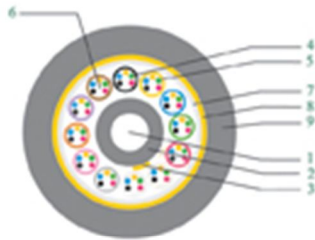
کابل (ADSS)



- 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. این کابل در مجاورت کابلهای فشار قوی استفاده میگردد و دارای روکش مقاوم ضد ترک (Anti Track) می باشد نیروی کشش کابل زیاد می باشد که البته متناسب با شرایط جوی و نحوه کاربرد، نیروی کشش متناسباً تنظیم و طراحی می گردد.

پارامتر						
N24x12	N12x12	N12x6	N8x6	N4x6	N2x6	تعداد تیوب
۲۴	۱۲	۱۲	۸	۴	۲	تعداد فیبر
۰	۰	۰	۰	۲	۴	تعداد تار نوری
۲۸۸	۱۴۴	۷۲	۴۸	۲۴	۱۲	قطر عنصر مقاوم (mm)
۴	۴	۳	۲/۵	۲/۵	۲/۵	نیروی کشش مجاز (N)
۲۵۰۰	۲۵۰۰	۳۰۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰	بدون عنصر کشش میانی
۳۵۰۰	۳۲۰۰	۵۰۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰	با عنصر کشش میانی
۲۱/۵	۱۹	۱۷	۱۴	۱۲	۱۲	قطر نهایی (mm)
۲۹۵	۲۵۰	۲۱۵	۱۴۰	۱۰۵	۱۰۰	وزن (kg/km)



- ① عنصر مقاوم مرکزی
- ② روکش (در صورت لزوم)
- ③ نوار 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						
N24x12	N12x12	N12x6	N8x6	N4x6	N2x6	
۲۴	۱۲	۱۲	۸	۴	۲	تعداد تیوب
۰	۰	۰	۰	۲	۴	تعداد فیبر
۲۸۸	۱۴۴	۷۲	۴۸	۲۴	۱۲	تعداد تار نوری
۴	۴	۳	۲/۵	۲/۵	۲/۵	قطر عنصر مقاوم (mm)
۲۵۰۰	۲۵۰۰	۳۰۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰	بیرونی کشش مجاز (N) بدون عنصر کشش میانی
۳۵۰۰	۳۲۰۰	۵۰۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰	۴۰۰۰	با عنصر کشش میانی
۲۱/۵	۱۹	۱۷	۱۴	۱۲	۱۲	قطر نهایی (mm)
۲۹۵	۲۵۰	۲۱۵	۱۴۰	۱۰۵	۱۰۰	وزن (kg/km)

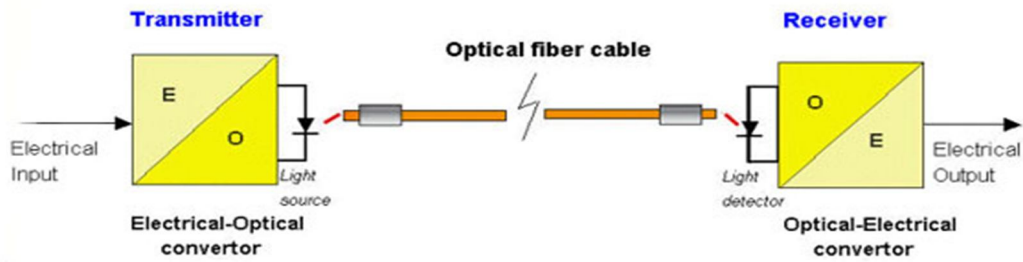
### ✓ سیستم ارتباط بوسیله فیبر نوری

برای پی بردن به اینکه فیبرهای نوری چگونه در سیستم های ارتباطی مورد استفاده قرار می گیرند، اجازه دهید نگاهی بیاندازیم به سندی که مربوط به جنگ جهانی دوم است. دو کشتی نیروی دریایی را در نظر بگیرید که از کنار یکدیگر عبور می کنند 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 می فرستد. ملوان آن پیام را به کد مورس ترجمه می کند و از نورافکنی ویژه که یک پنجره کرکره جلو آن است برای ارسال پیام به کشتی مقابل استفاده می نماید. ملوانی که در کشتی مقابل است این پیام مورس را می گیرد، ترجمه می کند و به کاپیتان می دهد .

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 فیبر نوری وجود دارد.



## ✓ سیستم رله فیبر نوری



سیستم‌های ارتباط بوسیله فیبرنوری، شامل قسمت های زیر است:

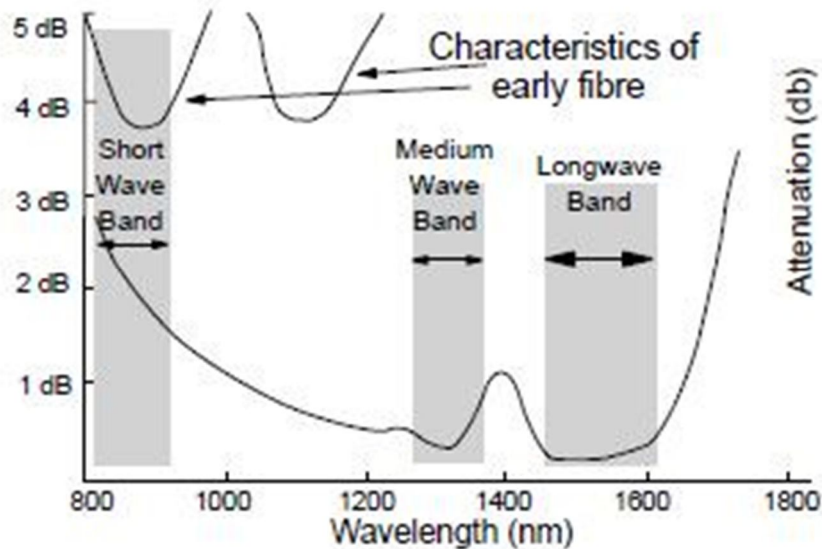
- ❖ فرستنده (Transmitter): سیگنال‌های نور را تولید می‌کند و به رمز در می‌آورد.
- ❖ فیبر نوری (Optical fiber): سیگنال‌های نور را تا فواصل دور هدایت می‌کند.
- ❖ تقویت کننده نوری (Optical regenerator): ممکن است برای تقویت سیگنال‌های نوری لازم باشد. (برای ارسال سیگنال به فواصل خیلی دور)
- ❖ دریافت کننده 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 برای متمرکز کردن نور به داخل فیبر هم باشد. قدرت اشعه لیزر بیش از LED هاست اما با کم و زیاد شدن دما شدت نورشان تغییر می‌کند و گرانتر هم هستند.

متداولترین طول موج‌هایی که استفاده می‌شود عبارتند از: ۸۵۰، ۱۳۰۰ و ۱۵۵۰ نانومتر. (مادون قرمز و طول موج‌های نامرئی طیف - پنجره های مخابراتی)



### ➤ تقویت کننده نوری

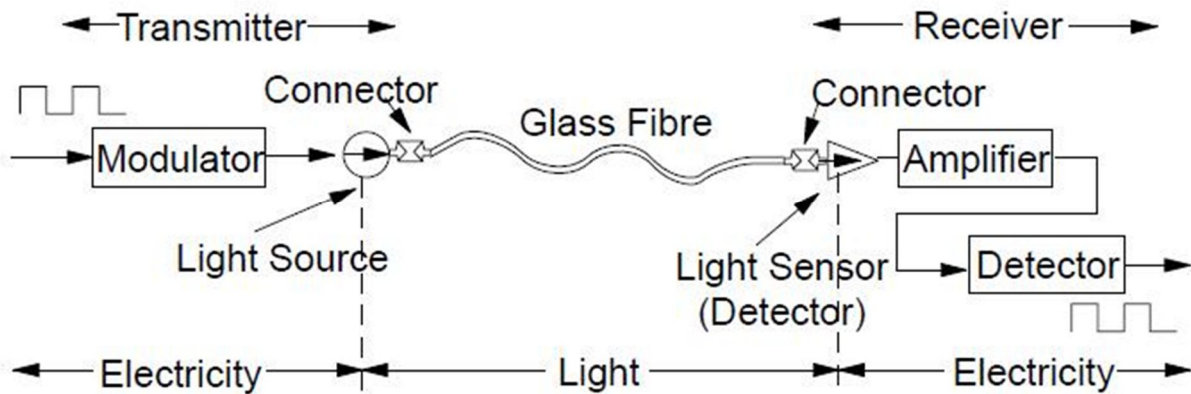
نور حین عبور از فیبر ضعیف می شود. (مخصوصا در فواصل طولانی بیش از نیم مایل یا حدود یک کیلومتر مثلا در کابل های زیر دریا) بنابراین یک یا بیش از یک تقویت کننده نوری در طول کابل بسته می شوند تا نور ضعیف شده را تقویت کنند .

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 می شود تقویت می شود. ملکول های موجود در این پوشش ویژه با تابش لیزر به آنها، سیگنال نوری جدید و قوی تولید می کنند که مشخصات آن مشابه نور ورودی به تقویت کننده است. در واقع تقویت کننده نوری یک آمپلی فایر لیزری برای نور ورودی به آن است .

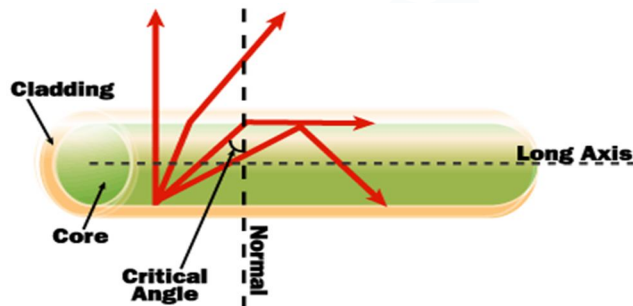
### ➤ گیرنده نوری

گیرنده نوری مشابه ملوانی که روی عرشه کشتی گیرنده پیام بود عمل می کند. این گیرنده سیگنال های نوری ورودی را می گیرد، رمزگشائی می کند و سیگنال های 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 می کند.





### ✓ هدایت نور در فیبر نوری



ارسال نور در فیبر

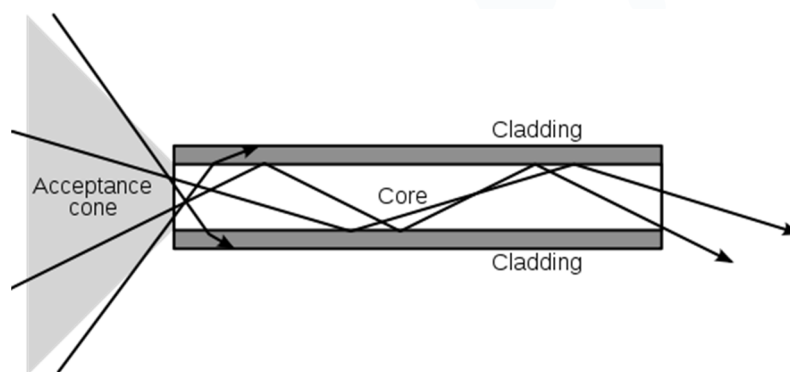
فرض کنید می‌خواهید یک باریکه نور را بطور مستقیم و در امتداد یک کریدور بتابانید. نور براحتی در خطوط راست سیر می‌کند و مشکلی ازین جهت نیست. حال اگر کریدور مستقیم نباشد و در طول خود خمیدگی داشته باشد چگونه نور را به انتهای آن می‌رسانید؟

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 می‌افتد.

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 پیش می‌رود 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  $I < \text{Arc sin} \frac{n_2}{n_1}$  که  $n_1$  ضریب شکست محیط غلیظ (در اینجا فیبر) و  $n_2$  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 می توان کیلومترها کابل نوری را با هزینه ای بسیار کمتر از کابل های 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 ۴-۱۰۰ Hz می باشد، این میز ها طوری طراحی می شوند که فرکانس رزونانس آنها بالا ۱۰۰ Hz 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، لگرانده فرانسه، برنדרکس، 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](http://www.uninet.co.za)

**Uninet**  
Universal Network Communication

Home | Uninet | Contact Us | Services | Quality Test | Products | News | Site Map

### Welcome To Uninet

Uninet Offers the broadest range of end-to-end fiber optic for customers' telecommunications networks. Our customer-focused solutions include cables, connectors, and related hardware, and network services that include network design, project management, installation and maintenance, equipment rental and training programs.

### Uninet

Uninet is a company brand specialized in manufacturing Fiber Optic Cable, Loose Tube Layer Cable, Dry Core, ADSS, Ribbon Cable, Copper Wiring and Accessories.

Uninet is able to offer customers a complete stock of fiber and cable products. Our Fiber capacity is 10million km, facing new opportunities and challenges in the new century.

Uninet goal is to provide one call Gets All seamless customer service, to be able to retrieve the product pricing and delivery information you need during a single phone call.

About Us | Contact Us | Certificates | Standards | Services | Quality Test | Quality Policy | Product List | News | Site Map  
Uninet Corporation Copy right 2004 © All rights reserved



www.sgccir.com



شهید قندی (سپاس عام)

English
تماس با ما
پست الکترونیکی
نقشه سایت
در باره ما
صفحه اصلی




اولین صادرکننده نمونه کشور در صنعت سیم و کابل  
صادرکننده نمونه ملی و استانی کشور برای چهار سال متوالی  
در گروه برق و الکترونیک



**شرکت کابلهای مخابراتی شهید قندی**  
Shahid Ghandi Communication Cable Co.  
www.sgccir.com , info@sgccir.com

**صادر کننده نمونه ملی کشور  
برای چهارمین سال متوالی**

بزرگترین تولید کننده انواع کابلهای مخابراتی

بنویس ایمیل سایت  
بر کیفیت و خدمات

- معرفی شرکت
- محصولات
- اخبار
- مشتریان
- شرکتهای تابعه
- واحدهای سازمانی
- بورس
- عکس و گزارش تصویری
- اطلاعاتی ها
- سایتهاى مرتبط
- نمایندگی ها
- خدمات فنی و مهندسی
- مناقصه ها
- مزایده
- نمودارهای آماری

بوندهای روزانه  
بر کیفیت و خدمات

بورس اوراق بهادار تهران  
بدریت فناوری بورس تهران  
لیست جهانی مس  
لیست جهانی نفت  
لیست لحظه ای ارز

www.leoni.com

Products
Catalogues
News
Videos
Classifieds


Search Products

Home page > Products > Product definitions > Optical fiber > PCF - LEONI Fiber Optics

LEONI

LEONI Fiber Optics  
Group: LEONI

Products
Catalogues
Exhibitions



**Optical fiber**  
PCF

Polymer clad fiber (PCF) has been on the market for many years, standing out by being very robust and easy to assemble. Compared with thick-core glass fibers, they are not only more robust but also considerably cheaper.

PCF consists of a silica core with polymer cladding. What is especially important here is good adhesion of the cladding material to the glass core, which does not go without saying because of the different expansion coefficients especially at high temperatures. This is where the many products on the market differ most. It is also why there are a vast number of different abbreviations such as PCS, HCS, HPCF, etc.

Low attenuation makes it possible to cover distances up to 500 metres with systems designed for PCF (about 660nm), and up to 4 kilometres with 850 nm systems.

Cables  
Fiber specifications  
Connectors

More specifications...






Request Documentation

Request a Quote

Where to buy this product?

Manufacturer's contact details

25 Products LEONI Fiber Optics sorted by category Fiber optics cables and connectors



better earth...

learn more about the simplicity of Electric Car charging

1 2 3 4 5

**6 TOP TIPS**  
to Reduce Risk

**NEC Code Changes**

**connect**  
with us online

follow us on Twitter

Home

Meet us at **Basra International Oil & Gas 2011**  
25-28 November, Basra, IRAQ  
Booth A67

**Share Price**  
Paris, 24/11/2011 - 15h39  
33.280 €

**News**

Nexans wins three major contracts to supply high-performance cables to improve safety for rail traffic and passengers in Italy

Nexans has been awarded three major contracts, worth a total of around 10 million Euros, to supply specialized signalling and telecom cables to Rete Ferroviaria Italiana (RFI), the state-owned operator of Italy's railway network.

**Nexans exhibits at SPS/IPC/DRIVES 2011**

SPS/IPC/DRIVES 2011: Nuremberg, november 22 - 24

Visit us at our booth 5-130 in hall 5.

[More...](#)

**A GLOBAL GROUP**

- About Nexans
- Sustainable development
- Read Nexans corporate brochure
- Watch Nexans video presentation

**OUR PRODUCTS & SERVICES**

Consult thousands of product sheets per country, search by product reference, by name, by brand, or simply browse our catalogue.

- Catalogue
- A World of Services

**Nexans' Shareholders' Meetings - Appointment of Hubert Porte as new director - Update of Nexans bylaws regarding the exercise of voting rights**

Paris, November 10, 2011 - The Nexans Combined General Shareholders' Meeting and the special meeting of the holders of double voting rights were held in Paris on November 10, 2011.

**YOUR BUSINESS**

- Aerospace and military
- Airport infrastructures
- Automation
- Automotive

**Sustainable development for your business**

Nexans provides key pieces in the sustainable puzzle and contributes to your sustainable...

**Sustainable development for your business**

Nexans provides key pieces in the sustainable puzzle and contributes to your sustainable...

**Nexans wins power umbilical contract for Chevron-operated Jack and St. Malo fields in the Deepwater Gulf of Mexico**

Nexans has been awarded a contract by Chevron U.S.A. Inc. to design, manufacture and supply a



## ✓ قیمت انواع فیبر نوری

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



۱۹۰۰ = قیمت CORE SM OUTDOOR ۱۲ NEXANS FIBER

۲۷۰۰ = قیمت CORE SM TIGHTBUFFER ۱۲ NEXANS FIBER

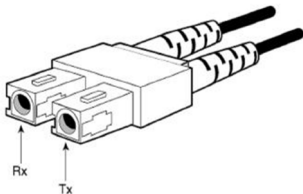
۱۶۰۰ = قیمت CORE MM TIGHTBUFFER ۶ NEXANS FIBER

۱۹۰۰ = قیمت CORE MM OUTDOOR ۸ NEXANS FIBER

۲۶۰۰ = قیمت CORE MM OUTDOOR ۱۲ NEXANS FIBER

۲۵۰۰ = قیمت CORE MM TIGHTBUFFER ۱۲ NEXANS FIBER

### FIBER OPTIC PATCH CABLE (SC - SC)



۱۳۰۰۰ = قیمت M۱ FIBER PATCH CABLE MM SC - SC DUPLEX

۲۰۰۰۰ = قیمت M۳ FIBER PATCH CABLE MM SC - SC DUPLEX

۲۱۰۰۰ = قیمت M۵ FIBER PATCH CABLE MM SC - SC DUPLEX

۲۷۰۰۰ = قیمت M۱۰ FIBER PATCH CABLE MM SC - SC DUPLEX



۱۸۵۰۰ = قیمت M۱ FIBER PATCH CABLE SM SC – SC DUPLEX

۲۱۰۰۰ = قیمت M۳ FIBER PATCH CABLE SM SC – SC DUPLEX

۲۳۰۰۰ = قیمت M۵ FIBER PATCH CABLE SM SC – SC DUPLEX

۲۹۰۰۰ = قیمت M۱۰ FIBER PATCH CABLE SM SC – SC DUPLEX

---

#### FIBER OPTIC PATCH CABLE (SC – LC)

۱۹۰۰۰ = قیمت M۱ FIBER PATCH CABLE MM SC – LC DUPLEX

۲۲۰۰۰ = قیمت M۳ FIBER PATCH CABLE MM SC – LC DUPLEX

۲۴۰۰۰ = قیمت M۵ FIBER PATCH CABLE MM SC – LC DUPLEX

۲۹۰۰۰ = قیمت M۱۰ FIBER PATCH CABLE MM SC – LC DUPLEX

۲۰۰۰۰ = قیمت M۱ FIBER PATCH CABLE SM SC – LC DUPLEX

۲۳۰۰۰ = قیمت M۳ FIBER PATCH CABLE SM SC – LC DUPLEX

۲۵۰۰۰ = قیمت M۵ FIBER PATCH CABLE SM SC – LC DUPLEX

۳۰۰۰۰ = قیمت M۱۰ FIBER PATCH CABLE SM SC – LC DUPLEX



---

#### FIBER OPTIC PATCH CABLE (FC – SC)

۲۱۰۰۰ = قیمت M۱ FIBER PATCH CABLE MM FC – SC DUPLEX

۲۵۰۰۰ = قیمت M۳ FIBER PATCH CABLE MM FC – SC DUPLEX

۲۷۰۰۰ = قیمت M۵ FIBER PATCH CABLE MM FC – SC DUPLEX

۳۵۰۰۰ = قیمت M۱۰ FIBER PATCH CABLE MM FC – SC DUPLEX

۲۸۰۰۰ = قیمت M۳ FIBER PATCH CABLE SM FC – SC DUPLEX



۲۷۰۰۰ = قیمت M۵ FIBER PATCH CABLE SM FC – SC DUPLEX



FIBER OPTIC PATCH CABLE (FC – LC)

۲۴۰۰۰ = قیمت M۱ FIBER PATCH CABLE MM FC – LC DUPLEX

۲۷۰۰۰ = قیمت M۳ FIBER PATCH CABLE MM FC – LC DUPLEX

۲۸۰۰۰ = قیمت M۵ FIBER PATCH CABLE MM FC – LC DUPLEX

۲۸۰۰۰ = قیمت M۱ FIBER PATCH CABLE SM FC – LC DUPLEX

۲۸۰۰۰ = قیمت M۳ FIBER PATCH CABLE SM FC – LC DUPLEX

۲۸۰۰۰ = قیمت M۵ FIBER PATCH CABLE SM FC – LC DUPLEX

FIBER OPTIC PATCH CABLE (LC – LC)

۲۱۰۰۰ = قیمت M۱ FIBER PATCH CABLE MM LC – LC DUPLEX

۲۳۰۰۰ = قیمت M۳ FIBER PATCH CABLE MM LC – LC DUPLEX

۲۵۰۰۰ = قیمت M۵ FIBER PATCH CABLE MM LC – LC DUPLEX

۳۰۰۰۰ = قیمت M۱۰ FIBER PATCH CABLE MM LC – LC DUPLEX

۲۲۰۰۰ = قیمت M۱ FIBER PATCH CABLE SM LC – LC DUPLEX

۲۵۰۰۰ = قیمت M۳ FIBER PATCH CABLE SM LC – LC DUPLEX

۲۷۰۰۰ = قیمت M۵ FIBER PATCH CABLE SM LC – LC DUPLEX

۳۲۰۰۰ = قیمت M۱۰ FIBER PATCH CABLE SM LC – LC DUPLEX



ADAPPTER FIBER

۴۰۰۰ = قیمت ADAPPTER MM SC – SC DUPLEX



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

ATTENATOR SM SC – SC DB۱۵ قیمت = ۱۵۰۰۰

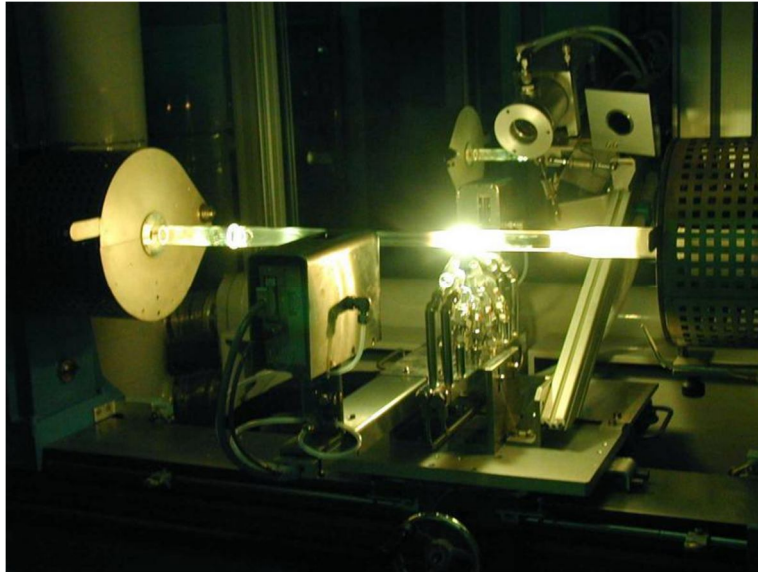
ATTENATOR SM LC – LC DB۱۵ قیمت = ۱۵۰۰۰

#### ✓ نحوه ساخت فیبر نوری

فیبر نوری 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

پیش سازه یک استوانه شیشه ای فوق العاده خالص است. با توجه به نوع فیبر، پیش سازه از مواد متفاوت و با روش های مختلفی ساخته می شود.

### ❖ روشهای ساخت پیش سازه

روشهای فرآیند فاز بخار برای ساخت پیش سازه فیبرنوری را می توان 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))

### ❖ مواد لازم در فرآیند ساخت پیش سازه

تتراکلرید سیلیکون: این ماده برای تأمین لایه های شیشه ای در فرآیند مورد نیاز است.

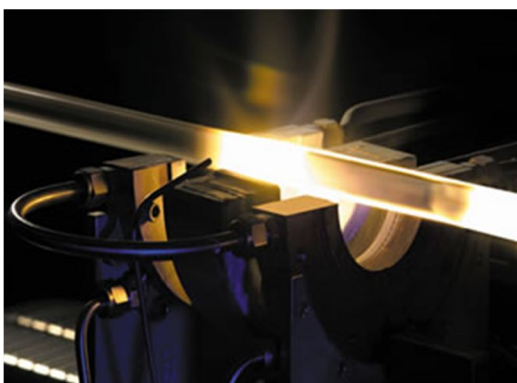
تتراکلرید ژرمانیوم: این ماده برای افزایش ضریب شکست شیشه در ناحیه مغزی پیش سازه استفاده می شود.

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

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

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

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

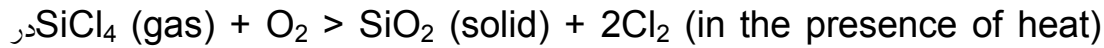


### ❖ ساخت پیش سازه

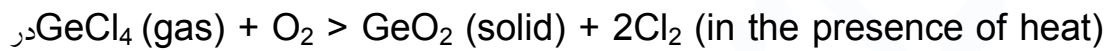
اولین قدم در ساخت فیبر نوری شیشه ای، ساخت یک میله شیشه ای جامد است که پیش سازه نامیده می شود. مواد شیمیایی فوق خالص (تتراکلرید سیلیسوم  $\text{SiCl}_4$  و تتراکلرید ژرمانیوم  $\text{GeCl}_4$ ) به عنوان مواد

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

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



معرض گرما



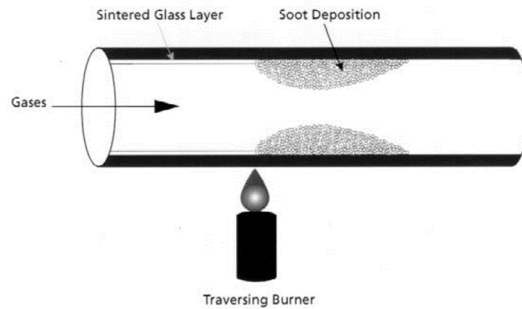
معرض گرما

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 تک‌حالت به طور معمول دارای مقادیر کمی ژرمانیوم هستند و ترکیب یکسانی در هسته دارند. فیبرهای چندحالت معمولاً دارای ضریب شکست بیشتری هستند و به همین سبب ژرمانیوم بیشتری هم دارند. در فیبرهای چندحالت 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 پیش سازه 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.

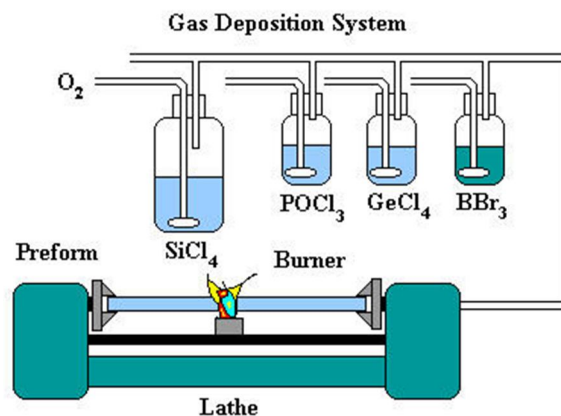
لوله سیلیسکونی بر روی یک ماشین دوار نصب شده که دارای یک مشعل حرارتی مخصوص می‌باشد. همچنان که گازها در داخل لوله جاری هستند، در مجاورت حرارت واکنش داده و ذرات جامد بسیار ریزی را تشکیل می‌دهند که «دوده» نامیده می‌شود. این دوده بر لایه داخلی لوله نشست می‌کند. وقتی که شعله مشعل از مجاورت محل رسوب دوده عبور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



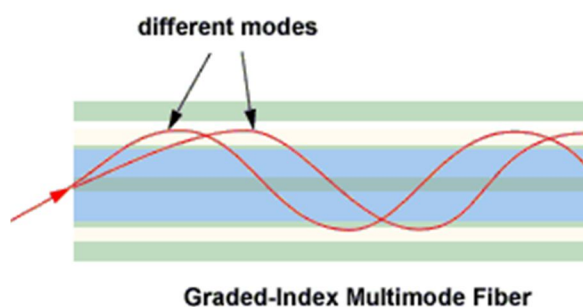


### ➤ ساخت فیبر با ضریب شکست تدریجی

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.

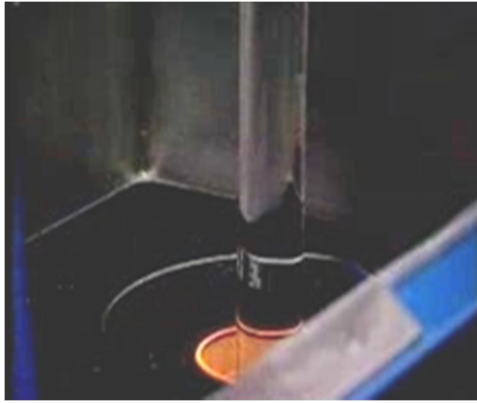
ضریب شکست پیش سازه با دستگاهی به نام آنالیزگر پیش سازه بررسی می شود. این دستگاه شاخصه های حساس و حیاتی هسته را بررسی کرده و آن را با ویژگی های مورد نظر مقایسه می کند. تمامی مؤلفه های مرتبط به شکل خودکار به صورت نمودار در جداولی ثبت شده و در هر اندازه گیری توسط کاربر بازبینی و کنترل می شود.

لوله شیشه ای که در ابتدا گفته شد در فرایند ساخت در واقع غلاف فیبر را تشکیل خواهد داد. ضخامت غلاف در فرایند روکش دار کردن افزوده می شود. در این فرایند لوله مزبور در داخل یک لوله شیشه ای دیگر قرار داده شده بدین ترتیب ضخامت غلاف به اندازه نهایی از پیش تعیین شده می رسد.



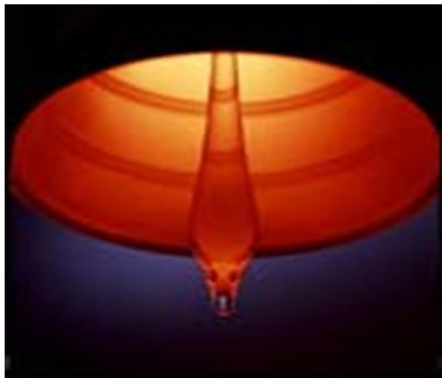
فرایند دیگری هم وجود که «رسوب زایی بیرونی» نامیده می شود. در این فرایند بخار بر سطح بیرونی یک میله شیشه ای که از سیلسکون خالص ساخته شده است رسوب داده می شود. در واقع میله شیشه ای هسته است و غلاف گرداگرد آن تشکیل می شود. بعد از رسوب زایی پیش سازه به روشی مشابه روش قبلی آماده می شود.

### ➤ کش دادن پیش سازه



پیش سازه آماده شده به صورت عمودی وارد یک کوره القایی با حرارت کنترل شده در حدود  $2000^{\circ}\text{C}$  می شود. این کوره در رأس تأسیساتی به نام برج کشش (Drawing Tower) نصب شده است.

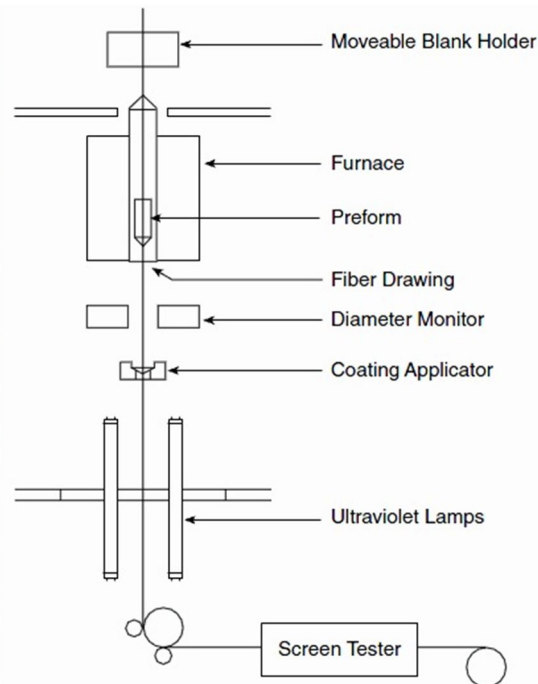
حرارت، نوک پیش سازه را نرم می کند تا وقتی سر پیش سازه به اندازه کافی ذوب شود. جاذبه قطره ای از مذاب را به سمت پایین می کشد و در یک سقوط آزاد تبدیل به یک رشته نازک می شود. این رشته از یک سری دستگاه های پوشش دهنده عبور داده شده و فرایند کش دادن آغاز می شود. فیبر به وسیله تسمه هایی که در پایین برج کشش وجود دارد کشیده می شود و سپس به دور قرقره هایی می پیچد. در طی فرایند کش دادن، پیش سازه برای رسیدن به دمای بهینه گرم می شود تا کشش مطلوب فراهم شود. سرعت کش دادن حدود ده تا بیست متر بر ثانیه است.



طی فرایند کش دادن قطر فیبر در حدود ۱۲۵ میکرون با خطای یک میکرون کنترل می شود. از یک دستگاه اندازه گیر لیزری برای اندازه گیری قطر فیبر استفاده می شود. دستگاه می تواند ضخامت فیبر را با نرخ بیش از ۷۵۰ بار در هر ثانیه نمونه برداری کند. قطر فیبر با مقدار مبنای ۱۲۵ میکرون مقایسه

می شود و هر اختلاف کوچکی نسبت به این مقدار موجب تغییر سرعت دستگاه کشنده می شود 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 می شود تا قطر درستی به دست آید.

معمولاً با انحراف معیار ۶، در نهایت فیبری با ضخامت ۱۲۵ میکرون با خطای ۱ میکرون حاصل می شود.



## ➤ روش بوت‌های تو در تو

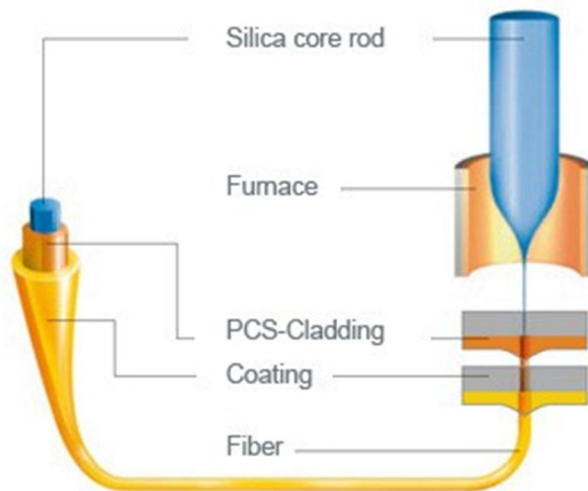
در این روش مذاب مربوط به غلاف در بوت‌های بیرونی و مذاب مربوط به هسته در بوت‌های درونی ذوب می‌شوند. پلاتین، در ساخت بوت‌ها کاربرد دارد.

مذاب‌ها در هنگام بیرون آمدن بر اثر جاذبه زمین، به شکل رشته نازکی در می‌آیند که همان فیبر است. (مشابه مکانیزم خمیر دندان دو رنگ)

با این روش نمی‌توان فیبر ضریب تدریجی ساخت، زیرا مذاب بوت‌ها همگن است.



یک لایه پوشش محافظ دو لایه روی فیبر قرار داده می‌شود. لایه نرم‌تر در داخل و لایه سخت‌تر در خارج. این دو لایه پوشش محافظت مکانیکی لازم را برای جابجا کردن فیبر و همچنین محافظت لازم را در محیط‌های خشن از فیبر مهیا می‌کند. این پوشش به وسیله لامپ‌های ماوراء بنفش درست می‌شود. فرایند کش دادن واقعاً به صورت کاملاً خودکار 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  $100/000$  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 از جمله 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 می تواند بوسیله فیبر منتقل شود.

#### ❖ گشودگی عددی:

اندازه گیری زاویه پذیرش نور توسط فیبر.

#### ❖ طول موج قطع:

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

#### ❖ قطر حوزه دید:

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

#### ❖ پاشندگی کروماتیک:

انتشار پالس های یک نور به طول موج های تشکیل دهنده آن در سرعت های مختلف در هسته. در فیبرهای تک حالت این مورد محدود کننده ظرفیت انتقال داده در فیبر است.

#### ❖ طیف رنگی

انتشار طول موج های 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 حالت و چندحالت از نظر مؤلفه های هندسی نیز کنترل می شوند:

#### ❖ قطر غلاف

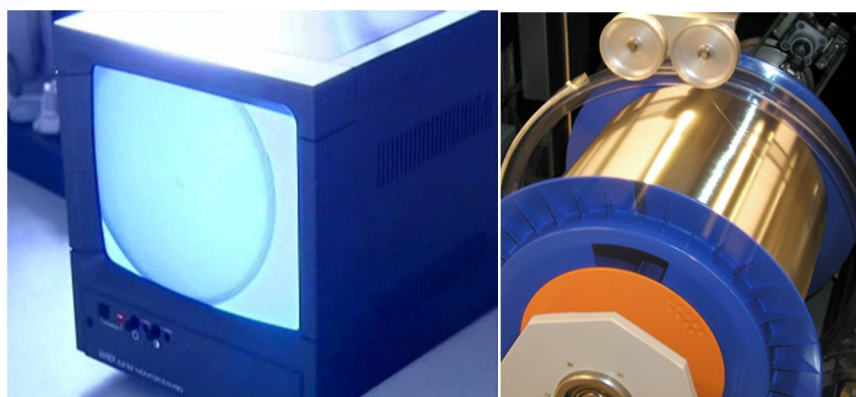
#### ❖ نادایره بودن غلاف

- ❖ قطر بیرونی پوشش
- ❖ نادایره بودن بیرون 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 خواست مشتری 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

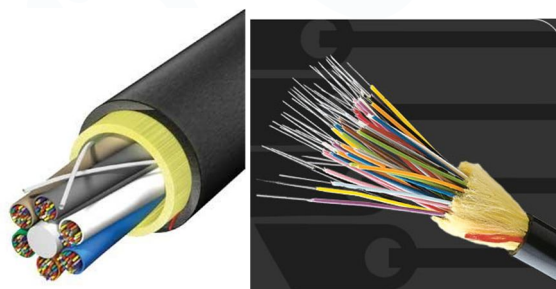




### ➤ آماده سازی فیبر

فیبر پس از طی مراحل آزمون وارد مراحل آماده سازی بعدی می شود.

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





[www.mums.ac.ir](http://www.mums.ac.ir)

[www.ict-tcm.ir](http://www.ict-tcm.ir)

[www.hamshahrionline.ir](http://www.hamshahrionline.ir)

[www.old.sanatekhodro.com](http://www.old.sanatekhodro.com)

[www.ammar.parsiblog.com](http://www.ammar.parsiblog.com)

[www.ozoptics.com](http://www.ozoptics.com)

[www.thorlabs.com](http://www.thorlabs.com)

[www.uninet.co.za](http://www.uninet.co.za)

[www.sgccir.com](http://www.sgccir.com)

[www.leoni.com](http://www.leoni.com)

[www.nexans.com](http://www.nexans.com)

[www.legrand.us](http://www.legrand.us)

Understanding Optical Communications