مفاهیم فیبر نوری

مقدماتی

مفاهیم فیبر نوری

مقدماتی

OPTICAL FIBER TRAINIG

Foundation Course

تهیه و گردآوری:

مهندس امیر تاجبخشیان

FOA Certified

فناوران ارتباطات رستاک سیستم (فارس)

نام کتاب: مفاهیم فیبر نوری

تهیه و گردآوری: مهندس امیر تاجبخشیان

ویراستار: مهندس سیروس پژمان

طراحی و صفحه بندی: فاطمه پروانه

چاپ اول: پاییز ۱۴۰۱

واحد آموزش شرکت فناوران ارتباطات رستاک سیستم (فارس)

نشانی: تهران، مرزداران ، خیابان گلستان ،کوچه پژوهش ،پلاک ۱۳ ،طبقه ۵ ، واحد۱۰

تلفن: ۴۴۲۶۷۳۰۳-۴۴۲۶۷۳۰۱

www.farnet.co

پیش گفتار

نیاز انسان به برقراری ارتباطات پویا از زمانی دیرینه باعث پیشرفت روزافزون راهکار های ارتباطی برای صنایع مختلف گردیده است.

پیشرفت تکنولوژی در بخش های مختلف و به روزرسانی صنایع و اصلاحات بنیادی در آنها باعث بوجود آمدن ارتباطات بیشتر و ایجاد دهکده جهانی گردید.

به فراخور پیشرفت صنایع که بخش عمده آن مرهون استفاده از تجهیزات فن آوری اطلاعات همچون رایانه ها و اینترنت است، نیاز به گسترش ارتباطات نیز با استفاده از تجهیزات و زیرساخت های پایدار بیش از پیش نمود پیدا کرده است و به همین خاطر شبکه های ارتباطی مخابراتی و رایانه‌ای نقش مهم و سنگینی در برقراری ارتباطات مابین صنایع در سرتاسر گیتی را ایفا می‌نمایند. از این رو نیاز به ارتباطات با ظرفیت و سرعت بالاتر و آسانی دسترسی به‌این ارتباطات برای تمامی اقشار مختلف جوامع از مباحث اولیه و مهم در زمینه طرح و احداث این شبکه ها است.

به همین منظور و به دلیل وجود ظرفیت و سرعت انتقال بالا در ارتباطات، از بسترهای فیبرنوری در شبکه های ارتباطی استفاده می گردد. شایان ذکر است لازمه ایجاد تکنولوژی های نوپا همانند 5G و شهرهای هوشمند(SmartCity) و داده های عظیم (Big Data) و اینترنت اشیا (IoT[1]) و تکنولوژی های واقعیت مجازی مانند Metavers، استفاده از فیبرنوری در زیرساخت های ارتباطی را الزامی می نماید. با امید به آن که در کشور عزیزمان نیز در راستای احداث این زیرساخت های ارتباطی اقدامات لازم صورت بپذیرد این نوشته را برای آشنایی مقدماتی با مفاهیم اولیه فیبر نوری تقدیم حضور نموده ایم.

---

[1] Internet Of Things

فهرست

فصل اول.....۱۳
فیبرنوری و فرآیند تولید ۱۳
کشش Preform در داخل برج کشش ۱۶
اجزاء تشکیل دهنده یک ارتباط نوری ۲۰
تار نوری ۲۲
گیرنده نوری ۲۳
مزایای استفاده از تار نوری در ارتباطات ۲۳
نحوه انتشار نور در تار نوری ۲۴
اجزای تشکیل دهنده تار نوری ۲۹
انواع تارنوری Multi mode ۳۰
مفروضات استاندارد در تار های نوری Multimode ۳۴
انواع تارنوری Single mode ۳۵
عامل-OH یا Water Peak ۳۸
مفروضات استاندارد در تار های نوری single mode ۳۹
عوامل بازدارنده انتقال نور در ارتباطات نوری ۳۹
پاشندگی (Modal Dispersion) ۴۱
پاشندگی رنگی (Chromatic Dispersion) ۴۲

پاشندگی قطبی ۴۴
دلایل بوجود آمدن PMD ۴۵
قطردامنه MFD (Mode Field Diameter) ۴۷
پهنای باند ۴۹
کیفیت سیگنال های ارسالی ۴۹
دیگر انواع تارهای single mode ۵۱
فصل دوم ۵۸
آشنایی با انواع کابل فیبر نوری ۵۷
کابل های Outdoor ۵۹
کابل های کانالی ۵۹
ساختار کابل از مرکز آن به سمت بیرون ۶۰
کابل نوری کانالی بدون ژلهOCUC ۶۲
مارکرهای کابل OCUC , OCFC ۶۴
کابل های خاکی ۶۵
کابل های نوری هوایی (Aerial Optical cable) ۶۸
کابل های نوری هوائی مهار دار (OSSC) ۶۹
ساختار کابل از مرکز آن به سمت بیرون ۷۰
کابل های نوری هوائی خودپشتیبان (ADSS) ۷۲
مارکرهای کابل نوری هوایی ۷۳
کابل های فیبرنوری صنعت انتقال نیرو ۷۴

کابل های نوری دریایی ۷۶
مفصل کابل دریایی ۸۱
مایکرو کابل های نوری ۸۳
ویژگی های فیزیکی مایکروکابل های نوری ۸۵
رنگ بندی تارها و لوزتیوب های مایکروکابل های نوری ۸۹
کابل های FTTH ۹۵
فصل سوم..... ۱۰۲
تعریف میکرو ترنچینگ ۹۹
مزایای ایجاد کانال ارتباطی با روش میکروترنچینگ ۱۰۱
مراحل اجرای کار ۱۰۲
طراحی ۱۰۲
حفاری ۱۰۵
رعایت نکات ایمنی ۱۰۵
کانال های خطی، مینی یا میکروترنچینگ ۱۰۶
ترمیم مسیر حفاری ۱۰۹
روکش نهایی مسیر حفاری شده و آسفالت ریزی ۱۱۱
انواع میکروداکت ها ۱۱۲
نصب میکروداکت ۱۱۴
مفصل زدن در میکروداکت ها ۱۱۶
آماده سازی میکروداکت جهت نصب در داخل مفصل ۱۱۷

پلاک گذاری و آدرس نویسی ۱۲۰
شوت میکروکابل در داخل میکروداکت (Blowing) ۱۲۰
مراحل آزمایش یکپارچگی ۱۲۱
آزمایش فشار ۱۲۵
قوانین اصلی در Blowing ۱۲۷
فصل چهارم ۱۳۴
نقشه های Red Line ۱۳۱
Asbuilt ۱۳۵
ردلاین در زمان کابل کشی و داکت گذاری ۱۳۹
فصل پنجم ۱۴۵
سربندی termination ۱۴۷
انواع سربندی ۱۴۷
Mechanical Splice اتصال مکانیکی ۱۴۸
Fusion Splicing اتصال توسط جوش الکتریکی ۱۴۸
آشنایی با تجهیزات اتصال تارهای نوری ۱۵۲
مفصل های نوری (Optical Closures) ۱۵۲
مفصل های Dome ۱۵۳
کاست های نوری ۱۵۳
ویژگی مفصل های نوری ۱۵۵
ویژگی کاست های نوری ۱۵۷

مفصل بندی کابل های نوری ۱۶۰
کابل های نوری کانالی ژله دار ۱۶۱
کابل های نوری خاکی ژله دار ۱۶۴
کابل های نوری کانالی بدون ژله تک ژاکت ۱۶۴
کابل های نوری خاکی بدون ژله ۱۶۶
مفصل بندی میکرو کابل ۱۶۷
کمرگیری در کابل ها و مایکروکابل های نوری ۱۶۹
دیگر سربندی ها ۱۷۴
سربندی در باکس های دیواری Indoor ۱۷۷
سربندی در رک های OCDF ۱۷۸
رک مشترک ODF/OCDF ۱۸۰
سربندی در شلف ها یا پچ پنل های نوری ۱۸۱
فصل ششم ۱۸۵
درباره لینک ۱۸۷
مفاهیم Power Budget و Loss Budget ۱۸۸
دستگاه OLTS ۱۹۱
موارد استفاده از دستگاه OLTS ۱۹۲
فرآیند تست با دستگاه OTDR ۱۹۲
مفاهیم در تست OTDR ۱۹۴
انتشار برگشتی رایلی (Rayleigh Backscatter) ۱۹۹

ضریب شکست IOR ۲۰۲
قطر دامنه MFD ۲۰۴
انعکاس فرنل (Fresnel Reflection) ۲۰۷
انعکاس برگشتی نوری ORL ۲۰۸
رخدادها در فیبرنوری (Events) ۲۱۰
رخدادهای انعکاسی (Reflective Events) ۲۱۲
Dead Zone در اندازه گیرهای OTDR ۲۱۳
انواع Dead Zone ۲۱۴
لغت نامه ۲۱۵
منابع ۲۱۵

آشنایی با فیبر نوری

فیبرنوری و فرآیند تولید

فیبر یا تار نوری لوله ایی شیشه ایی بسیار نازک، انعطاف پذیر و شفاف است. امواج الکترومغناطیس که توسط Photodiode ها به نور تبدیل شده اند در داخل این لوله شیشه ایی وظیفه انتقال دیتا را برعهده دارند. تار نوری، از کشیدن استوانه ای شیشه ای بنام پیش سازه (Preform) در داخل برج کشش تهیه می گردد. در فرآیند تولید تار نوری دو مرحله بنیادی وجود دارد که در زیر به آنها اشاره می گردد:

۱. تولید Preform
۲. کشش Preform در داخل برج کشش

تولید Preform

میله یا استوانه شیشه ایی که از مواد شیمیایی فوق خاص (تتراکلرید سیلیکون ($SiCl_4$[۱]) و (تتراکلرید ژرمانیوم ($GeCl_4$[۲]) ساخته شده است. این Preform عموما ۴۰ سانتی متر می باشد.

---

۱ **Silicon tetrachloride**

۲ **Germanium tetrachloride**

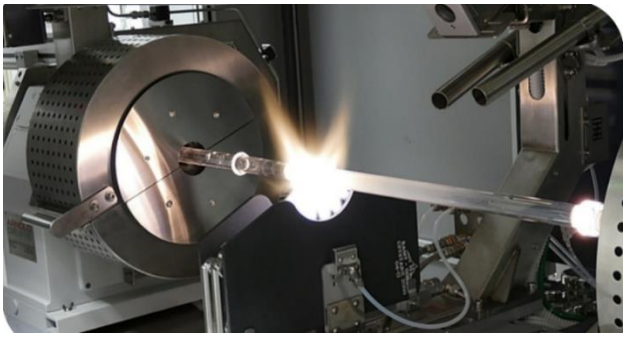
واکنش شیمیایی بنیادی در تولید Preform

SiCl٤ (gas) + O٢ > SiO٢ (solid) + ٢Cl٢ (in the presence of heat)

GeCl٤ (gas) + O٢ > GeO٢ (solid) + ٢Cl٢ (in the presence of heat)

طول

همانطور که در فرمول بالا نیز مشخص گردیده است عنصر و هسته مرکزی تمامی فیبرها از سیلیس تشکیل شده است که با افزودن مقادیر متناوبی از ژرمانیوم (در تارهای Singlemode به میزان کمتر و در تارهای Multimode به میزان بیشتر) جهت افزایش ضریب شکست این فیبر را به سطح مطلوبی می رساند . روش های مختلفی برای تولید Preform استفاده می شود. در فرآیند رسوب گذاری شیمیایی بخار (MCVD[۱])، مخلوط بسیار کنترل شده ای از مواد شیمیایی که در بالا توضیح داده شد از داخل یک لوله شیشه ای دوار ساخته شده از $SiO2$[۲] مصنوعی خالص عبور می نماید.



[۱] Modified chemical vapor deposition

[۲] Silicon dioxide

استوانه ای تشکیل شده از سیلیس خالص بر روی پایه مجهز به مشعل حرارتی مخصوص نصب می شود. هنگامی که گازها در داخل لوله جریان می یابند، با تشکیل ذرات جامد زیرمیکرون که "دوده" نامیده می شود، در مجاورت ناحیه گرمایی به گرما واکنش نشان می دهند. پس از تشکیل دوده، روی دیواره داخلی لوله رسوب می نمایند. همانطور که مشعل بر روی دوده رسوب شده حرکت می کند، گرما این ذرات سفید جامد را به شیشه‌ای خالص و شفاف در فرآیندی به نام شیشه زایی تبدیل می نماید. مواد رسوب شده، ناحیه اصلی فیبر نوری را تشکیل می دهند

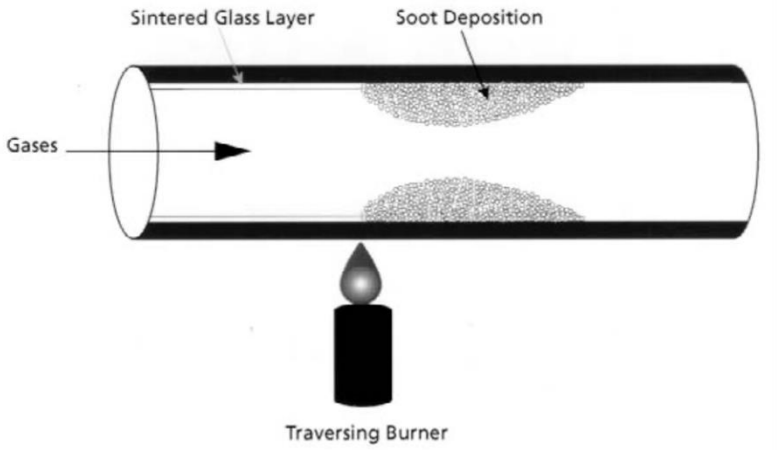


Figure 2 PREFORM FABRICATION

فرآیند فوق جهت تشکیل لایه های ساختاری هسته تا چندین ساعت تکرار می شود. به ازای هر بار حرارت دهی مشعل، تولید کننده می تواند ترکیب، ویسکوزیته و ضخامت لایه رسوب شده را به منظور ایجاد طرح های خاص تار فیبر نوری تغییر دهد.

فرآیند فوق، همراه با قابلیت تغییر سرعت حرکت مشعل و دمای شعله ، به ما این امکان را می‌دهد که طیف وسیعی از انواع فیبرهای نوری فوق خالص را تولید نماییم.

پس از رسوب مقدار مورد نظر از مواد هسته ، جریان شیمیایی از بین می رود ، سرعت مشعل کاهش می یابد و دمای شعله افزایش می یابد به طوری که لوله در یک میله جامد فرو می ریزد. در پایان این فرآیند ، یک اپراتور Preform را از بقیه مجموعه شیشه جدا نموده و آن را به مرحله بعدی منتقل می نماید. کل فرآیند تولید پیش ساخته با حداقل دخالت انسان و کاملا خودکار است.

ضریب شکست Preform تولید شده با استفاده از آنالایزر Preform شیشه اندازه گیری می شود. این ابزار پارامترهای اصلی حیاتی را اندازه گیری نموده و آنها را با مشخصات داخلی مقایسه می نماید. تمام پارامترهای مربوطه به طور خودکار در نمودارهای کنترل آماری ترسیم می شوند که اپراتورها برای هر اندازه گیری بررسی می نمایند.

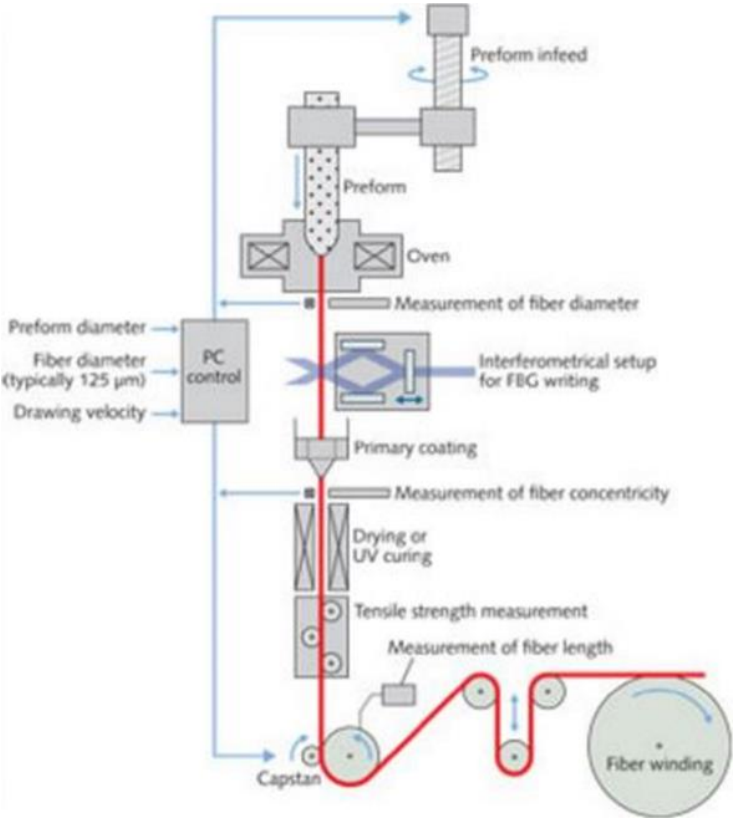
کشش Preform در داخل برج کشش

گام بعدی در فرآیند تولید فیبر نوری ، تبدیل Preform تولید شده به یک فیبر نازک به اندازه سایز یک تار مو انسان است. این کار طی عملیاتی به نام کشش فیبر نوری صورت می پذیرد . نوک Preform در کوره گرافیتی با خلوص بالا داخل می شود. گازهای خالص به داخل کوره تزریق می شوند تا فضایی تمیز و رسانا ایجاد شود. در کوره ، دمای کنترل شده نزدیک به ۱۹۰۰ درجه سانتیگراد نوک پریفرم را نرم می نماید. هنگامی که نقطه نرم شدن نوک پریفرم به دست می آید ، نیروی جاذبه تاثیر خود را میگذارد و به توده مذاب اجازه می دهد "سقوط آزاد" نماید تا زمانی که به شکل یک رشته نازک کشیده شود.

اپراتور این رشته فیبر نوری را از طریق یک سری قالب های روکش دهی عبور می دهد و روند طراحی آغاز می شود. فیبر توسط کمربنداهرم متحرک واقع در پایین برج کشیده می‌شود و سپس بر روی قرقره های وینچ پیچیده می شود. در طول فرآیند کشش سیمی ، پیش preformدر دمای مطلوب گرم می شود تا به فشار کششی ایده آل برسد. سرعت کشش سیمی ۱۰ — ۲۰ متر بر ثانیه است که در صنعت غیر متداول نیست.

در طول فرآیند کشش ، قطر فیبر کشیده شده تا ۱۲۵ میکرون با تلرانس تنها ۱ میکرون کنترل می شود. برای اندازه گیری قطر فیبر از یک قطر سنج مبتنی بر لیزر استفاده می شود. ضخامت سنج می تواند قطر فیبر را با سرعت بیش از ۷۵۰ بار در ثانیه نمونه برداری نماید. مقدار واقعی قطر با قطر هدف ۱۲۵ میکرون مقایسه می شود. انحرافات جزئی از قطر هدف به تغییرات سرعت کشش تبدیل شده و برای اصلاح به مکانیزم چرخه مجدد باز گردانده می شود. اگر قطر فیبر بیش از قطر هدف خود افزایش یابد ، سرعت کشش افزایش می یابد. اگر قطر فیبر شروع به کم شدن از قطر هدف نماید ، سرعت کشش کاهش می یابد. به طور معمول ، کنترل قطر ۱۲۵ میکرون در فاصله شش سیگما با تلرانس ۱ میکرون به دست می آید.

سپس یک روکش محافظ دو لایه به تار فیبر نوری اضافه می گردد ، یک پوشش داخلی نرم و یک پوشش خارجی سخت. این روکش های محافظ دو لایه به جهت حفاظت مکانیکی در جابجایی از آسیب جلوگیری می نمایند و در عین حال از سطح دست نخورده فیبر در برابر شرایط محیطی سخت محافظت می نماید. این پوشش ها توسط لامپ های فرابنفش مهیا می شوند. فرآیند کششی فیبر به شکل مناسب و خودکار است و عملاً نیازی به تعامل اپراتور بعد از مرحله قرار دهی ندارد.



فرآیند کشش Preform

اجزاء تشکیل دهنده یک ارتباط نوری

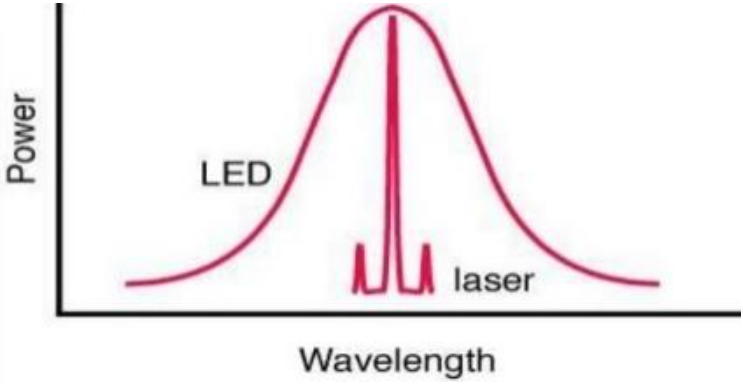
یک سیستم ارتباط نوری شامل اجزاء ذیل است:

منبع یا فرستنده نوری

LASER[۱]

LED[۲]

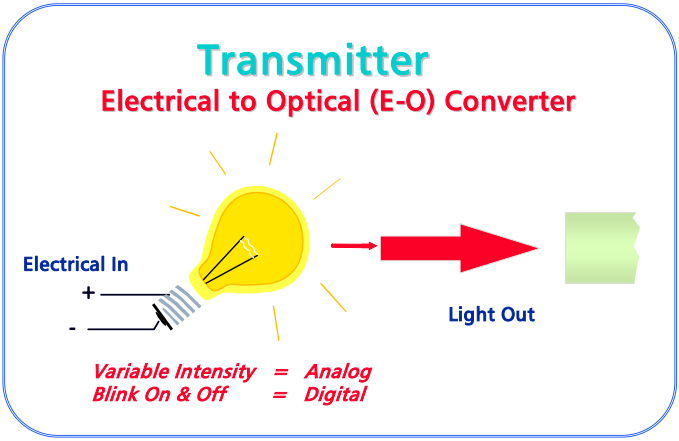
در تصویر زیر دو منبع نوری LED و LD (لیزر) مقایسه شده است:

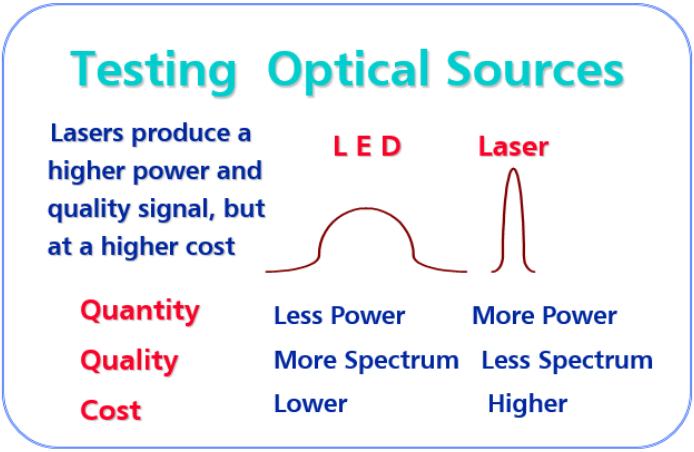


[۱] Light Amplification by simulated emission of radiation

[۲] Light emitting diode

یک فرستنده نوری، سیگنال های الکتریکی را به سیگنال های نوری تبدیل کرده و به داخل تار نوری ارسال می کند.



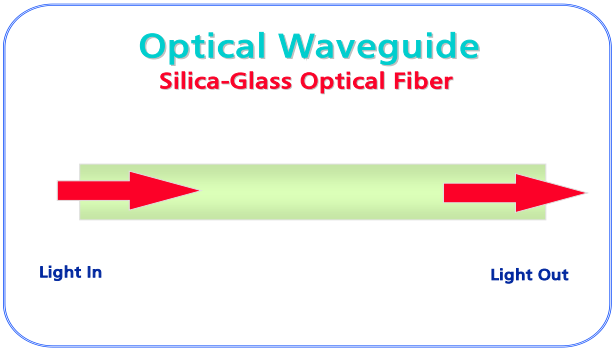


همانطور که در شکل پیداست، منبع یا فرستنده نوری، شبیه به یک لامپ است.

در این فرستنده، سیگنال های الکتریکی مانند Voice، Data یا Video تبدیل به سیگنا ل های نوری می شود. اگر ارسال سیگنال های نوری بصورت آنالوگ باشد شبیه منبع نوری است که نور آن شدت و ضعف پیدا می کند. اگر ارسال سیگنال های نوری بصورت دیجیتال باشد مانند چراغ قوه ای است که به طور مکرر روشن و خاموش می‌شود.

تار نوری

سیگنال های نوری از طریق تار نوری به سمت گیرنده ارسال می شود.

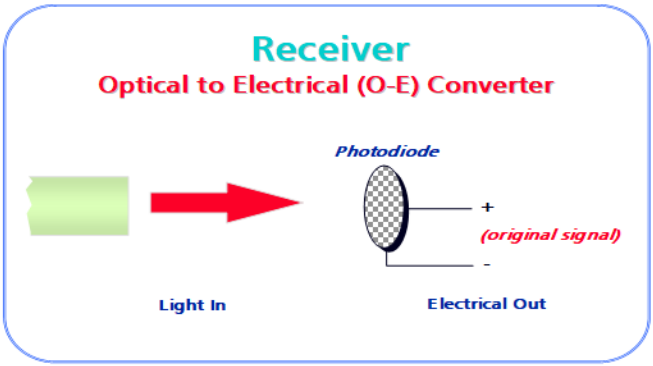


نکته:

توان سیگنال های نوری ارسال شده درتارنوری، تا رسیدن به گیرنده، به دلیل تضعیف خط، افت نقاط اتصال و سایر موارد کاهش می یابد.

گیرنده نوری

سیگنال های نوری در گیرنده بوسیله photodiodeدوباره تبدیل به سیگنال های الکتریکی می شود.



مزایای استفاده از تار نوری در ارتباطات

ارتباطات از طریق تار نوری مزایای زیادی نسبت به ارتباطات از طریق کابل های مسی ویا امواج رادیویی دارد که از جمله میتوان به موارد زیل اشاره نمود:

۱. امواج الکترومغناطیس (EMR) روی فیبر اثر ندارد.
۲. تارهای نوری وسیستم های مربوط به آن ظرفیت حمل اطلاعات بسیار بیشتری نسبت به کابل های مسی زوجی، کابل های کواکسیال و سیستم های رادیوئی دارد.
۳. کابل نوری نسبت به کابل مسی، وزنی بسیار سبک تر، حجمی بسیار کمتر و قیمتش به تناسب بسیار ارزانتراست .

٤. فضـای بسـیار کمتری اشـغال می کند و درمسـافت های بسـیار طولانی تر بکار می‌رود.
٥. انعطاف کابل های فیبرنوری نسـبت به کابل های پر ظرفیت مسـی بسـیار بیشـتر است.
٦. عمر تار نوری اسـتاندارد در شـرایط مناسـب بطور متوسـط حدود ۲۵ سـال در نظر گرفته شده است.

نحوه انتشار نور در تار نوری

نور را می توان به شـکل یک شـعاع تک فام فرض کرد که با برخورد این شـعاع با فصـل مشترک دو محیط با غلظت های مختلف، دو پدیده انعکاس و انکسار بوجود می آید.

انعکاس و انکسار نور

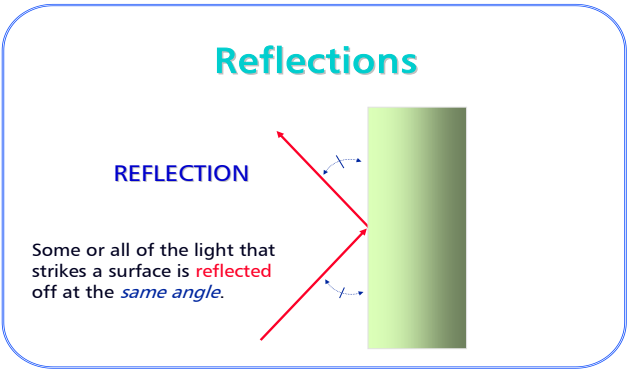
Reflection & Refraction

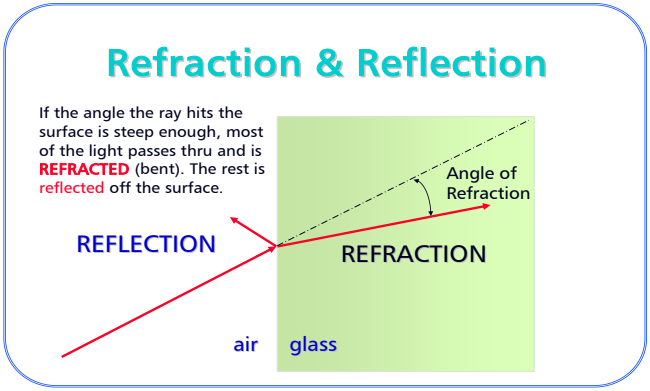
- ***Reflection*** **is a light ray BOUNCING off of the interface of two materials**
- ***Refraction*** **is the BENDING of the light ray as it changes speed going from one material to another**

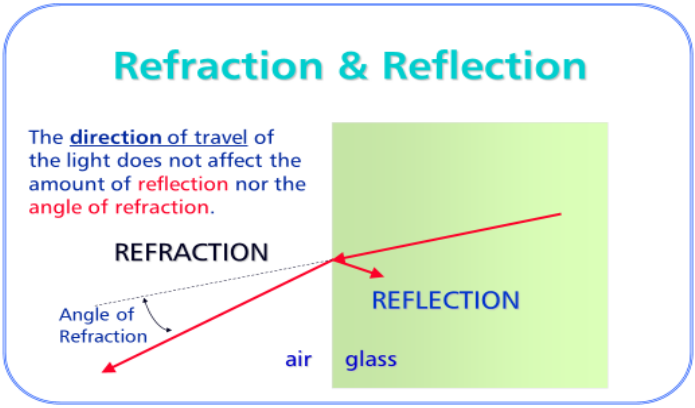
وقتی شـعاع نور با زاویه ای غیر عمود از یک محیط با غلظتی مشـخص، به محیطی دیگر با غلظتی متفاوت بتابد، بسـته به اندازه زاویه تابش، تمام یا قسـمتی از شـعاع نور، از فصل

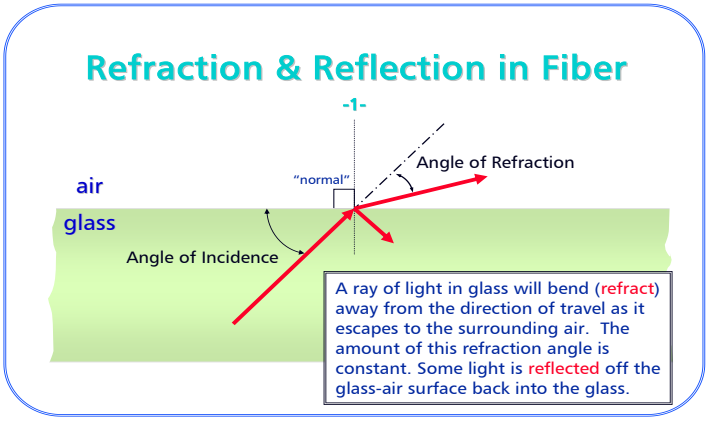
مشترک این دو محیط به محیط اول انعکاس پیدا می کند و یا تمام یا قسمتی از آن، از فصل مشترک این دو محیط در محیط اول منکسر می شود.

تصاویر ادامه حرکت هندسی نور در برخورد با فصل مشترک دو محیط با غلظت های مختلف را نشان می دهد:



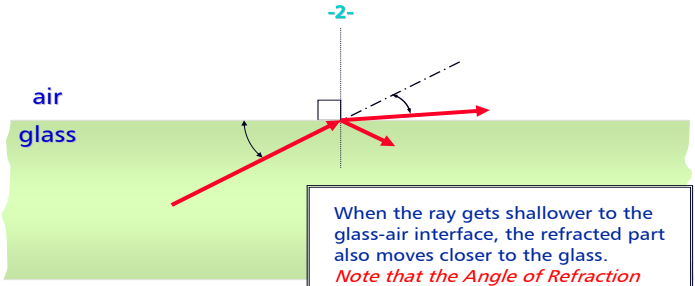



Refraction & Reflection
The direction of travel of the light does not affect the amount of reflection nor the angle of refraction.
REFRACTION
REFLECTION
Angle of Refraction
air
glass


Refraction & Reflection in Fiber
-1-
"normal"
Angle of Refraction
air
glass
Angle of Incidence
A ray of light in glass will bend (refract) away from the direction of travel as it escapes to the surrounding air. The amount of this refraction angle is constant. Some light is reflected off the glass-air surface back into the glass.

Refraction & Reflection in Fiber

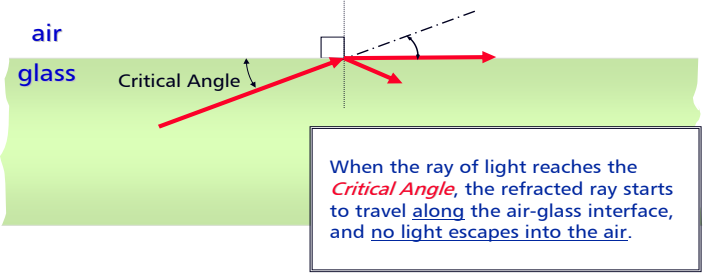
-2-



When the ray gets shallower to the glass-air interface, the refracted part also moves closer to the glass.
Note that the Angle of Refraction always remains the same.

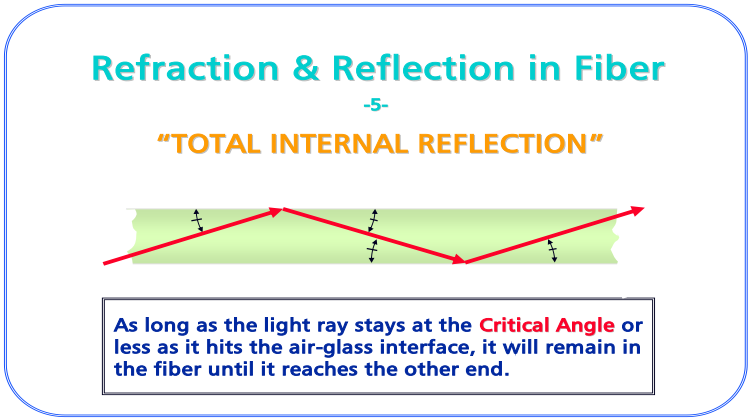
Refraction & Reflection in Fiber

-3-



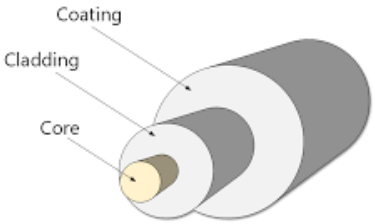
When the ray of light reaches the *Critical Angle*, the refracted ray starts to travel along the air-glass interface, and no light escapes into the air.

و در نهایت هنگامی که زاویه تابش شعاع نور به زاویه حد (Critical Angle) برسد نور در فصل مشترک دو محیط منتشر می شود و چنانچه زاویه تابش از زاویه حد کمتر شود، شعاع نور بطورکامل در محیط اول حرکت می کند و انعکاس کلی رخ می دهد.

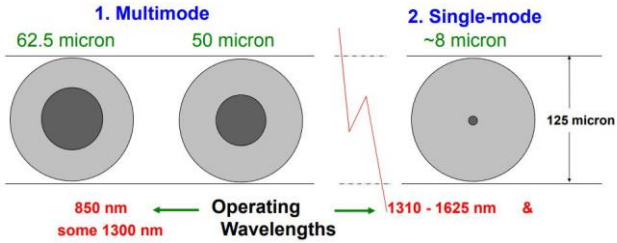


اجزای تشکیل دهنده تار نوری

همانطور که در تصویر مشاهده می نمایید هر تار نوری از سه بخش اصلی core، Cladding و Coatingتشکیل شده است.



تارهای نوری بر اساس عناصر تشکیل دهنده هسته (Core) و سایز هسته و روکش تقسیم بندی می گردند. باتوجه به این موضوع تارهای نوری به دو دسته اصلی Multimode(Step & Graded index) و single mode تقسیم می گردند.



واحد های اندازه گیری در تارهای نوری Micron هستند که قطر داخلی هسته در تارهای Multi mode برابر با ۵۰ و یا ۶۲.۵ میکرون و قطر خارجی آن ۱۲۵ میکرون است. این اعداد در تارهای single mode برابر با قطر داخلی ۹ و قطر خارجی ۱۲۵ میکرون است. یک میکرون برابر با یک میلیونیوم متر و ۱۲۵ میکرون برابر ۰.۰۰۵ اینچ می باشد. که کمی بزرگتر از تار موی انسان است.

انواع تارنوری Multi mode

تارهـای نـوری multimode دارای قطـر هســته ۵۰ یـا ۶۲.۵ میکـرون هســتند. به همین علت در ایـن تارهـا انتشـار نـور بـرخلاف تارهـای singlemode در چنـد حالت انجـام مـی شـود. ایـن تارهـا بـه دو دسـته اصـلی Step Index و Graded Index تقسیم می شوند.

Step index multi mode fibers

این تارهـا نسـل اولیـه تولیـدی تارهـای نـوری Multi mode هسـتند، بـه علـت تفـاوت متریـال اسـتفاده شـده در سـاخت Core تـار نـوری بـا Claddin تضـعیف نور در این نوع از تارهـا بـالا بـوده و مـوارد اسـتفاده کمتـری را دارنـد. عمومـا از ایـن تارهــا در POF(Plastic optic fiber) و تکنولــوژی هــای صــوتی و تصــویری استفاده می گردد.

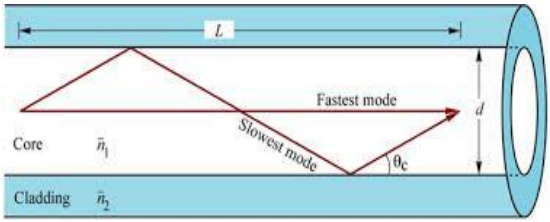
مشخصات عمومی

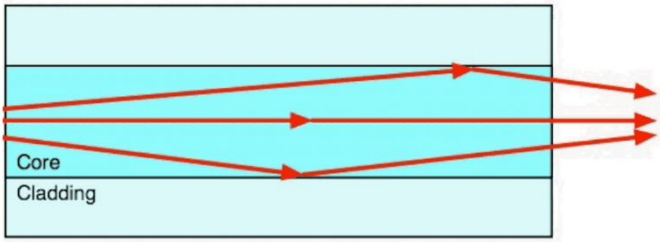
تار نوری (MM) با ظریب شکست (IOR) پله ای
(Step Index Multimode Fiber = SI)

قطر هسته (Core) = 62.5 µm

قطر غلاف (Cladding) = 125 µm

قطر پوشش پلیمری (پوشش اکریلیت همراه با پوشش نازک کد رنگ) = 250 µm





نحوه انتشار نور در تارهای step index و ضریب شکست پله ایی در این تارها

graded index multi mode fibers

این تارها نسل پیشرفته تولیدی تارهای نوری Multi mode هستند . به علت تغییرات در ساختار شیشه ساخته شده و استفاده از طیف وسیعی از مواد برای Core این تارها دارای پهنای باند بیشتری در حدود ۴ گیگاهرتز در کیلومتر نسبت به تارهای step index می باشند. عموما از این تارها در درجه اول برای شبکه های محلی LAN، FTTD وسیستم های دوربین های مداربسته استفاده می شود.

مشخصات عمومی

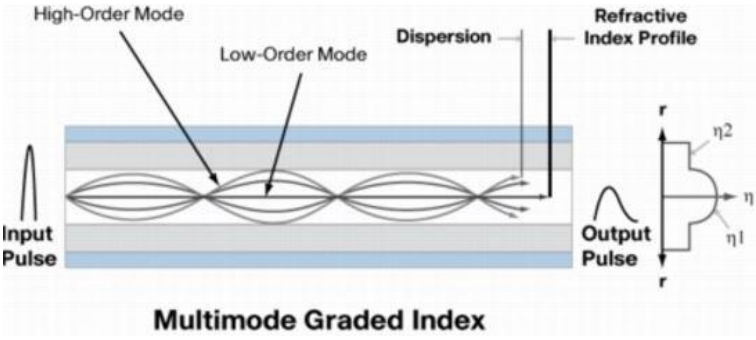
تار نوری (MM) با ظریب شکست (IOR) تدریجی

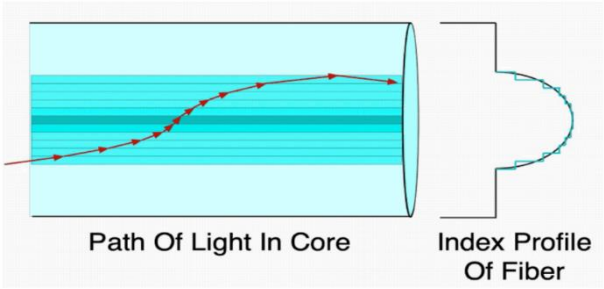
(graded Index Multimode Fiber = SI)

قطر هسته (Core) = 50 µm

قطر غلاف (Cladding) = 125 µm

قطر پوشش پلیمری (پوشش اکریلیت همراه با پوشش نازک کد رنگ) = 250 µm





نحوه انتشار نور در تارهای graded index و ضریب شکست تدریجی در این تارها

در جدول زیر به تفاوت میان تارهای Multimode Step &Graded index اشاره شده است:

Feature	Step-Index Multimode Fiber	Graded-Index Multimode Fiber
Bandwidth Size	Lower bandwidth	Higher bandwidth
Diameter of the Core	50-200 μm	About 50 μm
Application Scenarios	Normally used in short-distance (within a few kilometers) and low-speed (8 Mb/s or less) communication systems	Usually used in medium-distance (10~20 km) and relatively higher-speed (34~140 Mb/s) communication systems
Data Transmission Form	Light propagates in the shape of a zigzag along the fiber/core axis	Light travels forward in the form of sinusoidal oscillation/curves
Modal Dispersion	Affects the transmission capacity of the fiber and limits the relay distance	Greatly decreased dispersion than step-index multimode fiber, making a higher bandwidth
Performance	Relatively worse	Relatively better
Cost	Lower	Higher

مفروضات استاندارد در تار های نوری Multimode

گروه بندی انواع مختلف تارهای نوری بر اساس استانداردهای بین المللی ISO/IEC[۱] 11801 و ITU-T[۲]، تارهای نوری MM = Multi-Mode با حروف اختصاری OM با نام های OM1، OM2، OM3، OM4 و جدیدترین آن OM5 معرفی کرده است. دراستاندارد ITU-T تارهای نوری (MM) در گروه G 651 قرار دارند.

اختلاف قطر هسته (Core) تارهای نوری OM با یکدیگر:

قطر هسته (Core) تار نوری OM1 با ضریب شکست پله ای (Step Index=SI) برابر با 62.5µm است.

قطر هسته (Core) تارهای نوری در مدل های OM2، OM3، OM4 و OM5 با ضریب شکست تدریجی (Graded Index=GI) برابر با 50µm است.

Name	100 MB	1000BASE-SX	10GBASE-S	40GBASE-SR4	100GBASE-SR10
OM1	2000m	275m	33m	Not Specified	Not Specified
OM2	2000m	550m	82m	Not Specified	Not Specified
OM3	2000m	550m	300m	100m	100m
OM4	2000m	1000m	550m	150m	150m
OM5	/	/	550m	550m	150m

[۱] International Organization for Standardization/International Electronical Commission

[۲] International Telecommunication Union

انواع تارنوری Single mode

تارنوری single mode دارای قطر هسته ۹ میکرون می باشد. به همین علت در این تارها انتشار نور برخلاف تارهای multi mode در یک حالت انجام می گردد و این امر باعث برطرف شدن مشکل پاشندگی نور(Modal Dispersion) و ایجاد پهنای باند وسیع تروافت کمتر است و از آن در مسافت های طولانی استفاده می شود.

Fiber Cable Type ISO/IEC 11801	Glass Fiber Specification TIA-492AAAx	Core Diameter (µm)	Mimimum Modal Bandwitdh (MHz-km)					Maximum Fiber Cable Attenuation (dB/km) TIA 568-3-D, ISO/IEC 11801		
			Overfilled Launch (OFL) Bandwidth			Effective Modal Bandwidth				
			850 nm	953 nm	1300 nm	850 nm	953 nm	850 nm	953 nm	1300 nm
OM1	TIA-492AAAA	62.5	200		500			3.5		1.5
OM2	TIA-492AAAB	50	500		500			3.5		1.5
OM3	TIA-492AAAC	50	1500		500	2000		3.0		1.5
OM4	TIA-492AAAD	50	3500		500	4700		3.0		1.5
OM5 (WBMMF)	TIA-492AAAE	50	3500	1850	500	4700	2470	3.0	2.3	1.5

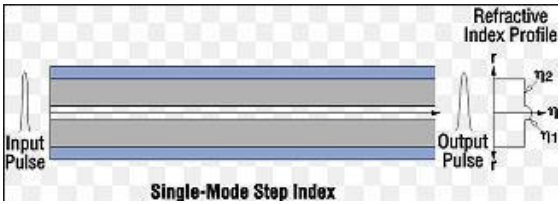
مشخصات عمومی

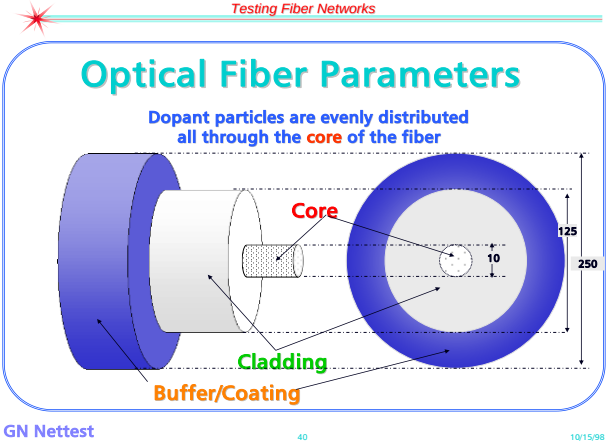
تار نوری تک مُدی (Single Mode = SM)

متوسط قطر هسته (Core) = 9 µm

قطر غلاف (Cladding) = 125 µm

قطرپوشش پلیمری (پوشش اکریلیت همراه با پوشش نازک کد رنگ) = 250 µm



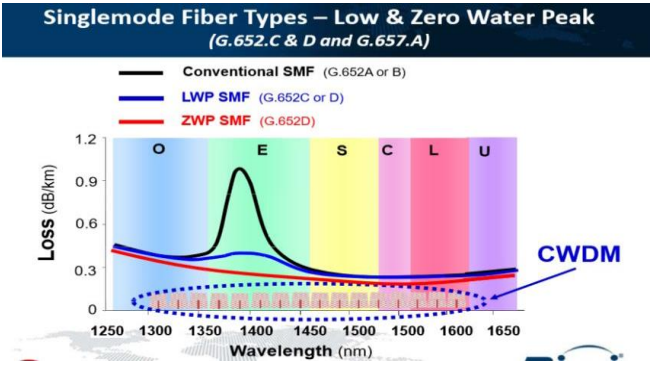


بر اساس استاندارد ITU-T تارهای نوری گروه G ۶۵۲ در چهار نوع تولید شده است:

G 652 A _G 652 B _G 652 C _ G 652 D

تارهای نوری Single mode نسل قدیمی تارهای G 652 A و G 652 B هستند که به علت وجود عامل OH[۱] یا Water Peak (WP) دارای محدودیت های اجرایی می باشند.

در تارهای نوری G 652 C و G 652 D عامل OH حذف شده و بصورت LWP (Low Water Peak) و یا ZWP (Zero Water Peak) در آمده است.



تارهای نوری OS1 در گروه های G 652 A و G 652 B قرار دارد.

تارهای نوری OS2 در گروه های G 652 C و G 652 D قرار دارد.

[۱] The hydroxyl ion

عامل-OH یا Water Peak

وجود آب و یا یون OH در فرآیند تولید تارهای نوری باعث تضعیف طیفی در طول موج های محدوده ۱۲۴۴ نانومتر تا ۱۳۸۳ نانومتر می شود. به همین علت و جهت کاهش این تضعیف با تغییرات و دقت بیشتر در فرآیند تولید تارها و حذف عامل water peak این مشکل برطرف گردیده است. حذف این عامل دلیل تفاوت اصلی در نسل های G652(A&B) با نسل جدید G652(C&D) است.

SM Fiber Type	ISO / IEC 11801	TIA	IEC 60793-2-50	ITU-T
Legacy	OS1	492CAAA	B1.1	G.652.A or B
Low Water Peak	OS2	492CAAB	B1.3	G.652.C or D

SM *CABLED* Fiber Designation	Wavelength *(nm)*	Max CABLE Loss *(dB/km)*	Cable Type	Typcial Reach *(meters)*
OS1	1310 1383 1550	1.0 --- 1.0	Typically Tight Buffer	2000
OS2	1310 1383 1550	0.4 0.4 0.4	Typically Loose Tube	10,000

OSx designations are from ISO/IEC 11801 International Cabling Standard

مفروضات استاندارد در تار های نوری single mode

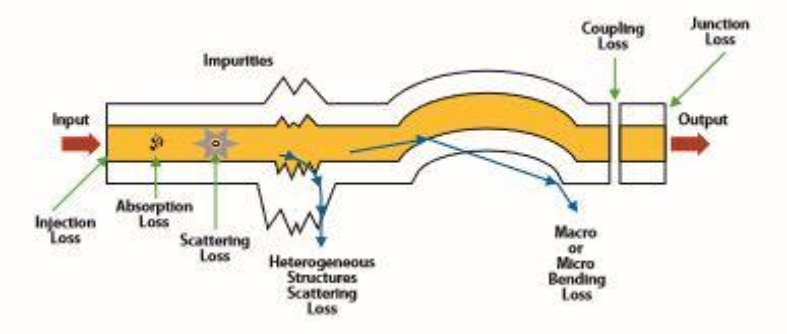
استانداردهای ISO/IEC 11801 تارهای نوری (Standard or Conventional Single mode Fibers=SM) را بعنوان OS1 و OS2 معرفی کرده است.

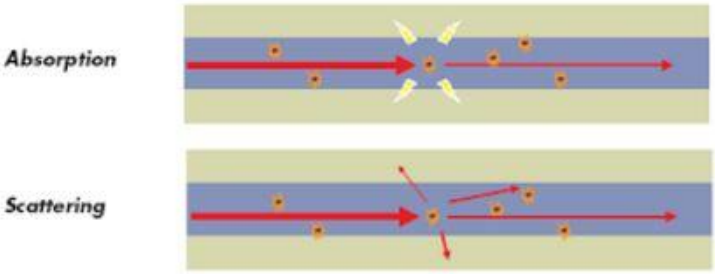
در استاندارد ITU-T تارهای نوری SM در گروه G 652 قرار دارند. قطر Cladding تارهای نوری مولتی مُد و سینگل مُد 125 µm است ولی در قطرهسته (Core) با یکدیگر اختلاف دارند.

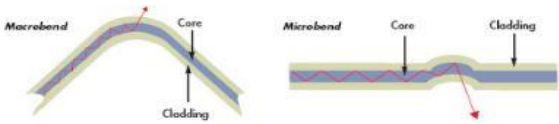
عوامل بازدارنده انتقال نور در ارتباطات نوری

تضعیف

وقتی سیگنال نوری در طول تار نوری حرکت می کند به سبب عوامل ذاتی موجود در فیبر مانند جذب (Absorption)، پاشندگی (Scattering) و ریز خمش ها (Micro Bending) همچنین افت های مکانیکی مانند بزرگ خمش ها (Macro Bending) نقاط جوش تارها به یکدیگر (Fusion Splice)) و اتصال های مکانیکی (Mechanical Splice) سیگنال نوری تضعیف می شود.


Coupling Loss
Junction Loss
Impurities
Input
Output
Injection Loss
Absorption Loss
Scattering Loss
Heterogeneous Structures Scattering Loss
Macro or Micro Bending Loss

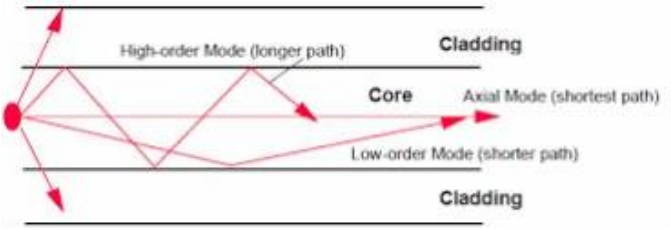

Absorption
Scattering

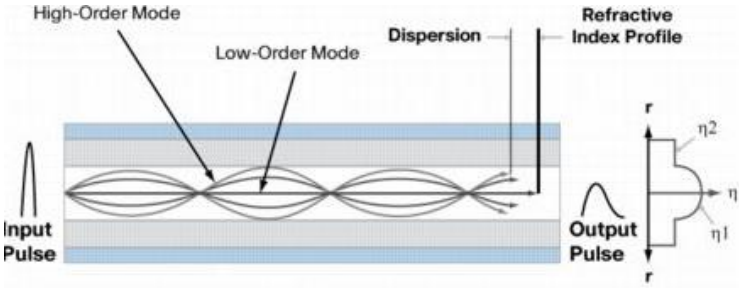

Macrobend
Core
Cladding
Microbend
Core
Cladding

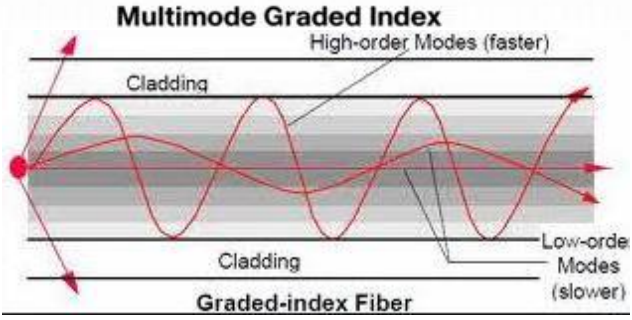
Micro Bending Loss
Macro Bending Loss

پاشندگی (Modal Dispersion)

این نوع پاشندگی در تارهای نوری MM بوجود می آید و دلیل آن تقسیم سیگنال نور به مولفه های (Modal) مختلف است که هر یک در درون هسته فیبر مسیر جداگانه‌ای را طی می کند.







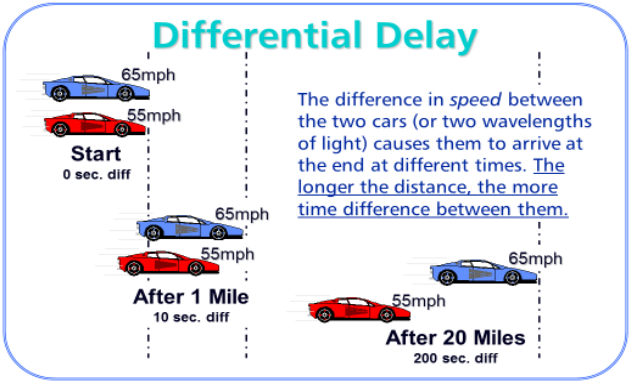
پاشندگی رنگی (Chromatic Dispersion)

عموماً نور منبع های لیزر، طول موج ها را بصورت تکفام ارسال نمی کند لذا خروجی آن بیش از یک طول موج است.

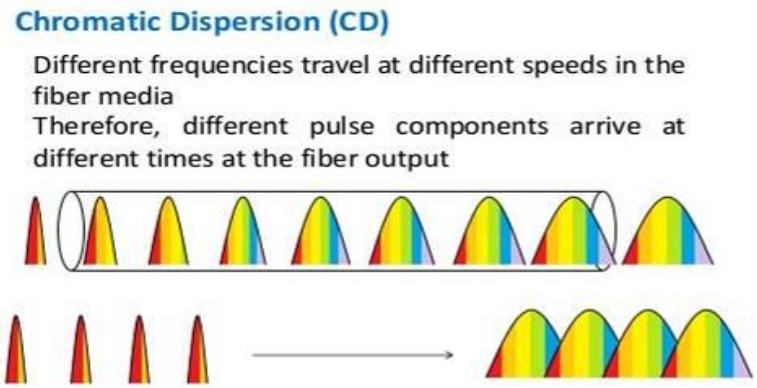
(البته می توان به کمک فیلترهای خاصی نور تکفام در تار نوری ارسال کرد)

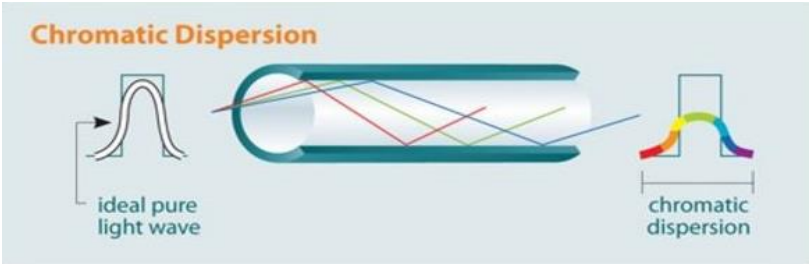
پاشندگی رنگی بدلیل سرعت طول موج های مختلف در تارهای نوری MM و SM اتفاق می افتد.

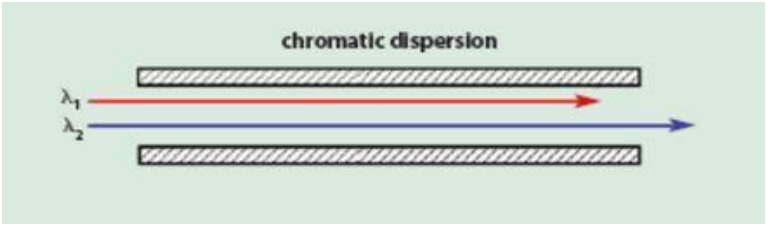
در تصویر زیر سرعت های مختلف دو اتومبیل مصداق سرعت طول موج های مختلف است:



تصاویر زیر نشان دهندهٔ سرعت های مختلف طول موج های مختلف در تار نوری است:

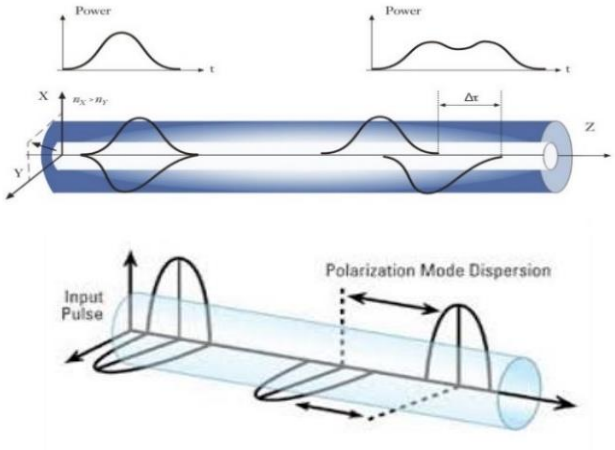


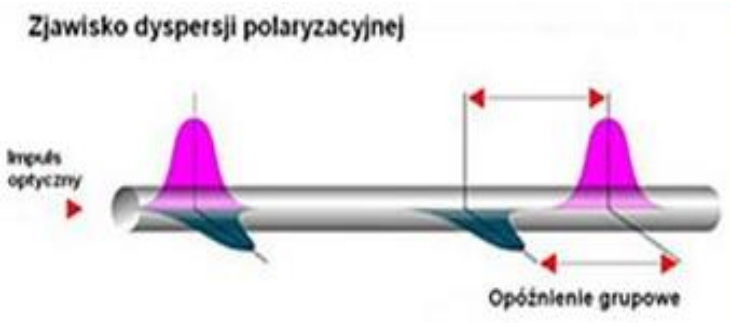




PMD = Polarization Mode Dispersion (پاشندگی قطبی)

پدیده PMD پدیده پیچیده ای است و در واقع شکلی از پاشندگی رنگی (chromatic dispersion) است، در بیانی ساده تر، سیگنال های نوری ارسال شده درتار نوری دردو محورX وY در دو قطب شکل می گیرند و در طول مسیردر داخل تار نوری بدلیل سرعت های متفاوت هر قطب از یکدیگر فاصله می گیرند.

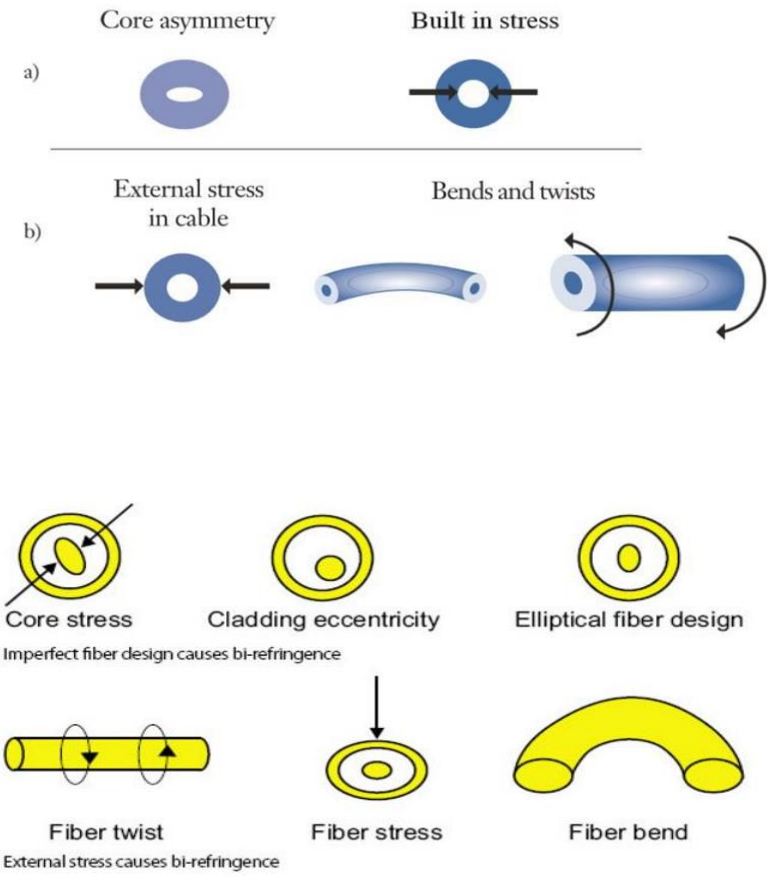




دلایل بوجود آمدن PMD

عدم یکنواختی در ساخت استوانه ای شکل هسته و غلاف (core و cladding) تارنوری

۱. بیضی شکل شدن هسته یا غلاف و یا هردو
۲. وارد آمدن فشار بر هسته در موقع ساخت
۳. هم مرکز نبودن هسته و غلاف
٤. خمش
٥. فشارهای جانبی بر فیبر
٦. پیچش طولی تار نوری
۷. تغییرات ضریب شکست (IOR) در طول فیبر و سایر موارد



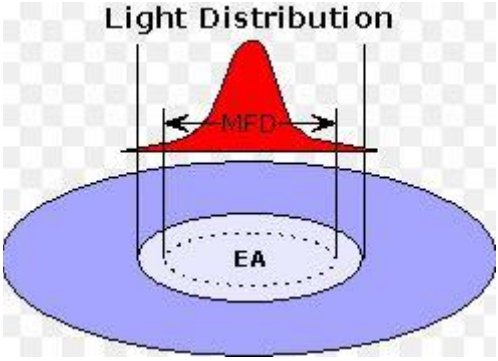
در تارهای نوری با PMD خارج از حد مجاز، هرچه سرعت و حجم دیتای ارسالی بالاتر و مسافت مسیرطولانی تر باشد، محدودیت هایی در ارسال سیگنال ها ایجاد می شود تا جایی که ارتباط بطور کامل قطع می شود. امروزه، بسیاری از کارخانه های تولید کننده

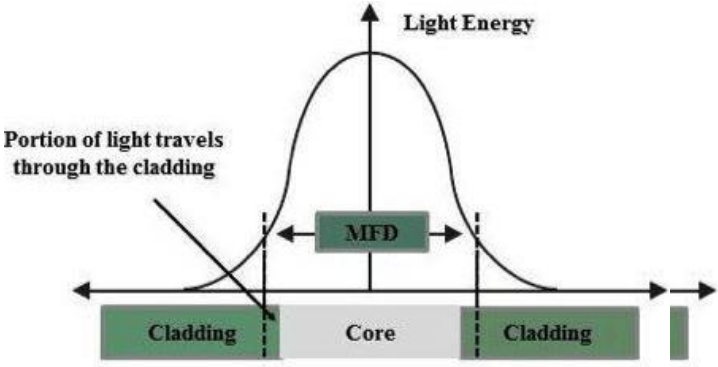
تارهای نوری با بکاربردن تکنولوژی پیشرفته، مشکل تفرق قطبی (PMD) فیبر نوری را تقریباً حل کرده اند.

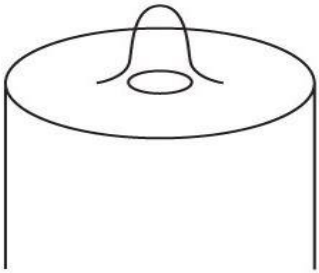
قطردامنه MFD (Mode Field Diameter)

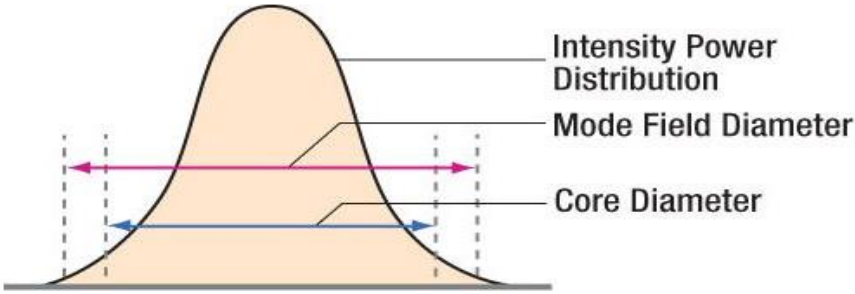
قطردامنه modal سیگنال های نور ارسالی در هسته تار نوری بزرگتر از قطر هسته (Core) است و مقداری از نور ارسالی، داخل غلاف (Cladding) تار نوری می شود.

تصاویر زیر مبین قطر دامنه مُدی است:








Intensity Power
Distribution
Mode Field Diameter
Core Diameter

پهنای باند

پهنای باند یک کانال انتقال، ظرفیت حمل اطلاعاتی است که آن کانال انتقال می تواند در واحد زمان از خود عبور دهد، هر قدر ظرفیت حمل اطلاعات درثانیه (bit/s or bps) یک کانال بیشتر باشد، پهنای باند آن بیشتر است. به تعریف دیگر پهنای باند اشاره به فرکانسی است که یک کانال انتقال می تواند در واحد زمان از خود عبور دهد.

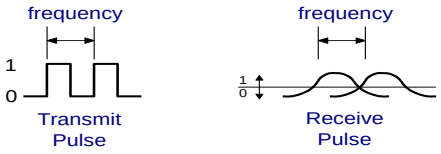
کیفیت سیگنال های ارسالی

پالس های نوری طی حرکت در طول تار نوری، پهن یا گسترده می شوند و به نقطه ای می رسند که غیر قابل تشخیص خواهند شد و این بستگی به نرخ بیت در ثانیه (bit/s or bps) و طول خط دارد.

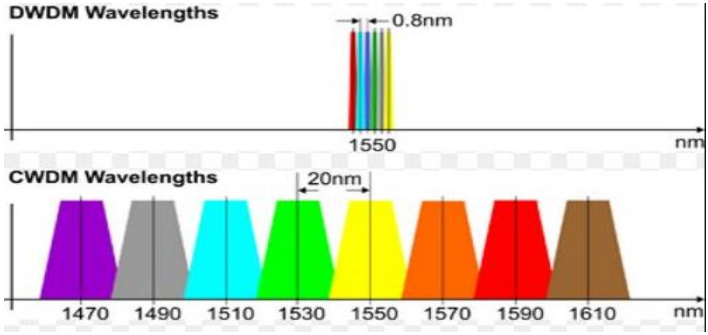
Signal Quality Issues

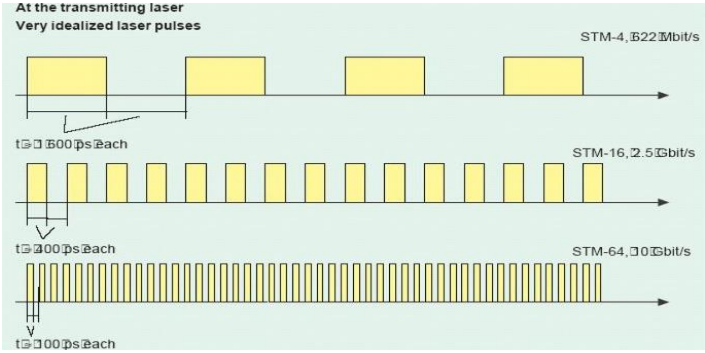
The term for signal quality in a digital system is *bandwidth* which is the amount of data that can be sent within a certain time period while meeting a specified error tolerance, such as:

100 MHz-kM at BER of 10^{-9}

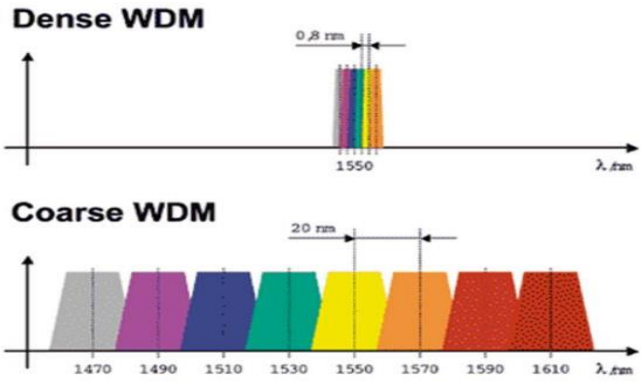


چند مثال تصویری از پهنای باند و فرکانس:





محدودیت های پهنای باند در رابطه با پاشندگی در تار نوری بررسی می شود.



دیگر انواع تارهای single mode

تارنوری G 653

تار نوری DSF[۱] یا NDSF[۲]

در تار نوری DSF پاشندگی رنگی (CD) در طول موج 1550 nm به حداقل رسیده و بدلیل تضعیف کم، این نوع تار نوری مناسب مسافت های طولانی است. طول موج قطع تار نوری فوق 1270 nm است.

تار نوری G 654

---

[۱] Dispersion -Shifted fiber

[۲] Non-dispersion-shifted fiber

در تار نوری CSF[۱] نیز پاشندگی رنگی (CD) در طول موج 1550 nm به حداقل رسیده است و مناسب مسافت های طولانی مانند کابل های دریائی است و در بازه طول موج های 1500 nm - 1600 nm کار می کند.

تار نوری G 653 سطح قدرت بیشتری را منتقل می کند و طول موج قطع آن 1530 nm است.

تارنوری G 655

تار نوری (Single-Mode Optical) NZDSF[۲] مناسب سیستم های انتقال بر اساس DWDM[۳] است و در بازه طول موج های 1530nm الی 1560nm کار می‌کند.

تار نوری G 656

تار نوری G 656 بهینه شده تار نوری G 655 است و در سیستم DWDM حداقل ۴۰ کانال را در کنار هم مالتی پلکس می کند.

---

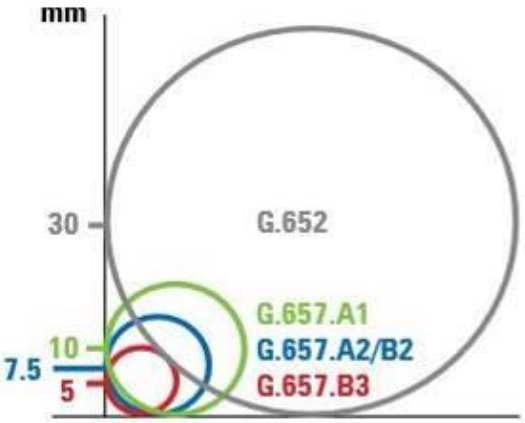
[۱] cut-off shifted fiber

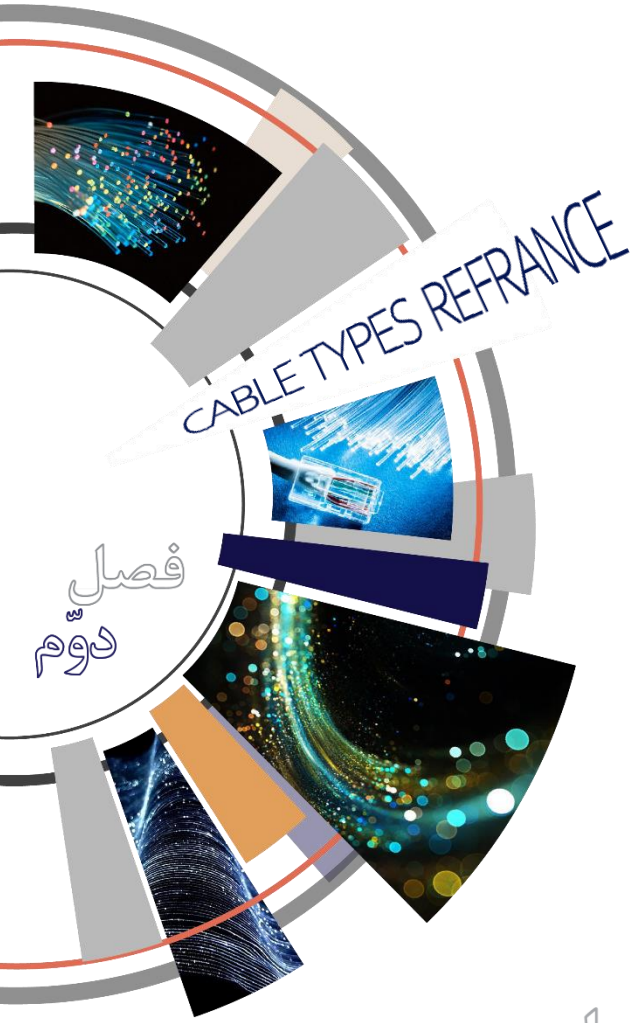
[۲] Non-zero dispersion-shifted fiber

[۳] Dense Wavelengths Division Multiplexing

تار نوری G 657

تـار نـوری G 657 از نظـر مشخصـات عمـومی، بغیـر از حساسـیت بـه خمـش، کـاملاً شـبیه بـه G 652 D اسـت. ایـن نـوع تـار در انـواع G 657 A1، G 657 A2، G 657 B2 و G 657 B3 عرضـه شـده اسـت و بـر اسـاس تصـویری کـه در ادامـه مـی آیـد، تفـاوت آنهـا بـا G 652 D در حساسـیت بـه خمش، نشان داده شده است.





آشنایی با انواع
کابل فیبر نوری

آشنایی با انواع کابل فیبر نوری

جهت آشنایی با انواع کابل های فیبر نوری ابتدا باید با ساختار آنها آشنا شد. کابل های نوری بصورت کلی به دو دسته تقسیم می شود:

۱. کابل های نوری Outdoor که بیرون از ساختمان ها (OSP[۱]) به کار می رود.
۲. کابل های Indoor که در داخل ساختمان ها (Premises) به کار می رود.

توضیح اینکه کابل هایی موسوم به Indoor/Outdoor نیز در این گروه قرار می گیرند.

انواع کابل های نوری Outdoor که عموماً در ایران هم مورد استفاده قرار می گیرند به شرح زیر هستند:

۱. کانالی
۲. خاکی
۳. هوائی

---

[۱] Outside Plant

٤. دریائی
٥. OPGW[1]
٦. کابل های کامپوزیت و (Hybrid)
٧. مایکروکابل ها

انواع کابل های نوری Indoor که عموماً در ایران هم مورد اســـتفاده قرار می گیرند به شرح زیر هستند:

١. کابل های فیبر نوری داخل ساختمان (Premises Fiber Optic Cables)
٢. کابل هایی که عموماً بطور تخصصی در FTTH[2] مورد استفاده قرار می گیرد

ساختار فیزیکی کابل های نوری تولید شده در کارخانه های کابل سازی کشور ایران به مرور زمان تغییر یافته است که آگاهی از این تغییرات ضروری است؛ به این دلیل که در شبکه فیبر نوری ایران، ترکیبی از تمام این ساختارها و هم چنین کابل های نوری وارداتی، استفاده شده است.

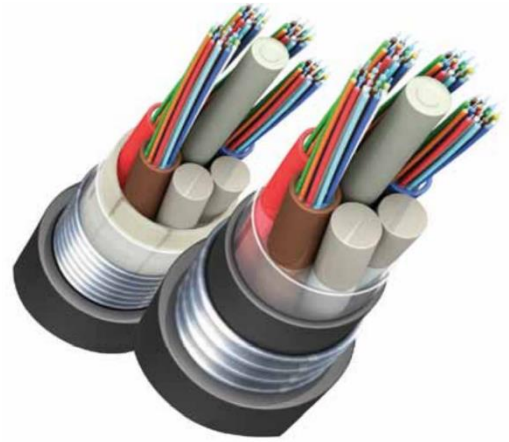
---

[1] Optical Ground Wire
[2] Fiber To The Home

کابل های Outdoor

کابل های کانالی

کابل های نوری کانالی گونه ای از کابل های Outdoor هستند که مناسب استفاده در کانال ها و مجاری لوله گذاری شده هستند. عموما از این کابل ها در شبکه های داخل شهری و مراکز مخابراتی استفاده می شود وبا توجه به نوع ساختارشان و عدم مقاومت در برابر جونده ها مناسب دفن مستقیم در خاک نیستند. ساختار این کابل ها بر پایه لوزتیوپ است.این کابل ها در ایران به دو دسته اصلی OCFC[۱] و OCUC[۲] تقسیم می‌گردند که تفاوت در این دو نوع دروجود ژل مانع رطوبت و نبود این ژل می باشد.



[۱] Optical conduit filled cable

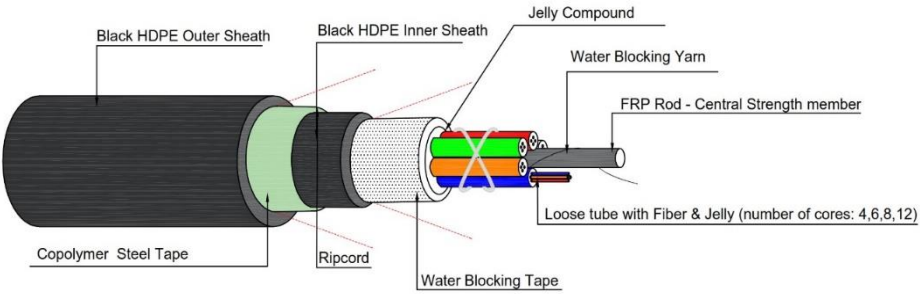
[۲] Optical conduit unfilled cable

کابل نوری کانالی ژله دار OCFC

ساختار کابل از مرکز آن به سمت بیرون

عضو مرکزی کابل بنام CSM[۱] (عضو مقاوم مرکزی) که جنس آن از FRP[۲] است.

نکته: نقش عضو مرکزی کابل (CSM) :



۱. مدیریت S و Z لوزتیوب ها و حفظ شکل Strand در کابل
۲. محافظت از اجزاء کابل در برابر کشش های طولی
۳. بالا بردن مقاومت کابل در خمش ها
٤. مستحکم کردن کابل در مفصل

---

۱ Central strength member

۲ Fiber – reinforced plastic

یک لایه ژاکت پلی اتیلن، به ضخامت معینی روی عضو مقاوم مرکزی را پوشانده است تا قطر این عضو را متناسب با تعدادلوزتیوب های (Loose Tube) آن کابل نماید.

(در بعضی از کابل ها عضو مقاوم مرکزی فاقد ژاکت پلی اتیلن است.)

تعداد ۴ و یا ۶ و یا ۸ رشته لوزتیوب، که در ساخت آن مواد پلی بوتیلین (Polybutylene Terephthate) بکار رفته است، بصورت S و Z در طول عضو مرکزی کابل قرار گرفته است.

نکته : حالت S و Z لوزتیوب ها دور عضو مرکزی، جهت جلوگیری از صدمه خوردن لوزتیوب ها و تارهای درون آنها بر اثر فشارهای کششی و خمشی متعارف هنگام کابل‌کشی و آرایش کابل ایجاد شده است.

تار یا تارهای نوری داخل هر لوزتیوب، در بستری از ژله (Thixotropic) قرار گرفته است تا بر اثر رطوبت، حرارت و فشارهای محیطی آسیبی به آنها وارد نشود.

دو نوار پلاستیکی باریک بنام بایندر (Binder)، جهت حفظ آرایش لوزتیوب ها درون کابل (حفظ Strand) دور آنها پیچیده شده است.

لایه ای از نوار پلی یستر (Polyester Tape)، روی لوزتیوب ها قرار گرفته است.

فضای اطراف لوزتیوب ها از سطح روی عضو مرکزی تا سطح زیر پوشش پلی یستر باژله (Filling Compound) پر شده است تا از نفوذ آب و رطوبت جلوگیری شود.

ژاکت اول کابل، که مواد آن از پلی اتیلن (Polyethylene) با چگالی متوسط (MDPE[۱]) است.

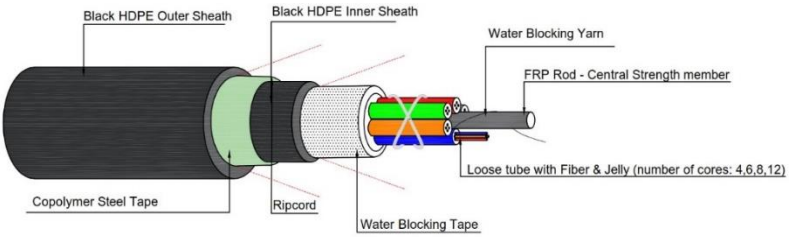
لایه ای از نوار آلومینیوم، بعنوان سدی در مقابل رطوبت (Moisture Barrier) بصورت طولی روی ژاکت اول قرار گرفته است.

ژاکت دوم یا ژاکت نهائی، که مواد آن از پلی اتیلن با چگالی بالا (HDPE[۲]) است.

کابل نوری کانالی بدون ژله OCUC

ساختار کابل از مرکز آن به سمت بیرون

عضو مرکزی کابل بنام CSM(عضو مقاوم مرکزی) که جنس آن ازFRP است.



[۱] Medium- density polyethylene

[۲] High-density polyethylene

نکته: نقش عضو مرکزی کابل (CSM) :

۱. مدیریت S و Z لوزتیوب ها و حفظ شکل Strand در کابل
۲. محافظت از اجزاء کابل در برابر کشش های طولی
۳. بالا بردن مقاومت کابل در خمش ها
٤. مستحکم کردن کابل در مفصل

یک لایه ژاکت پلی اتیلن، به ضخامت معینی روی عضو مقاوم مرکزی را پوشانده است تا قطر این عضو را متناسب با تعدادلوزتیوب های (Loose Tube) آن کابل نماید.

(در بعضی از کابل ها عضو مقاوم مرکزی فاقد ژاکت پلی اتیلن است.)

تعداد ۴ و یا ۶ و یا ۸ رشته لوزتیوب، که در ساخت آن مواد پلی بوتیلین (Polybutylene Terephthate) بکار رفته است، بصورت S و Z در طول عضو مرکزی کابل قرار گرفته است.

نکته : حالت S و Z لوزتیوب ها دور عضو مرکزی، جهت جلوگیری از صدمه خوردن لوزتیوب ها و تارهای درون آنها بر اثر فشارهای کششی و خمشی متعارف هنگام کابل کشی و آرایش کابل ایجاد شده است.

تار یا تارهای نوری داخل هر لوزتیوب، در بستری از ژله (Thixotropic) قرار گرفته است تا بر اثر رطوبت، حرارت و فشارهای محیطی آسیبی به آنها وارد نشود.

دو نوار پلاستیکی باریک بنام بایندر (Binder)، جهت حفظ آرایش لوزتیوب ها درون کابل (حفظ Strand) دور آنها پیچیده شده است.

لایه ای از نوار پلی یستر (Polyester Tape)، روی لوزتیوب ها قرار گرفته است.

ژاکت اول کابل، که مواد آن از پلی اتیلن (Polyethylene) با چگالی متوسط (MDPE) است.

لایه ای از نوار آلومینیوم، بعنوان سدی در مقابل رطوبت (Moisture Barrier) بصورت طولی روی ژاکت اول قرار گرفته است.

ژاکت دوم یا ژاکت نهائی، که مواد آن از پلی اتیلن با چگالی بالا (HDPE) است.

مارکرهای کابل OCFC , OCUC

مشخصات کابل های نوری کانالی با توجه به ظرفیت آن(تعداد تیوپ و تار) در فاصله های یک متری روی ژاکت نهایی درج شده که به شرح ذیل است:

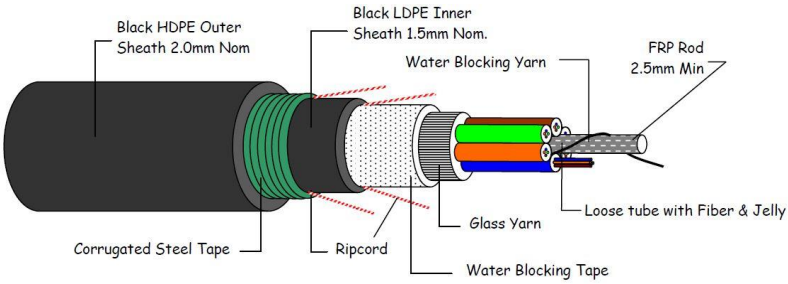
- نوع کابل:OCFC,OCUC به معنای کابل نوری کانالی ژله دار یا بدون ژله
- ظرفیت کابل(تعداد تیوپ و تار): ؛ گاهی حرف N نیز در سمت چپ ارقام مربوط به ظرفیت کابل درج شده است که اختصار کلمهNumber است و نشان دهنده ظرفیت کابل است.
- نوع تار نوری: SM یا MM و یا سایر موارد
- حروف اختصاری کارخانه سازنده تار نوری مانند:Corning، FU=Fujikura
- حروف اختصاری کارخانه سازنده تار نوری مانند شهید قندی: SGCC

- سال ساخت کابل
- نام و یا حروف اختصاری سازمان سفارش دهنده کابل: TCT یا ...
- متراژ کابل

کابل های خاکی

کابل های نوری خاکی گونه ای از کابل های Outdoor هستند که کاربرد آنها در مخابرات راه دور و شبکه های زیرساخت بین شهری می باشد و به علت ساختار آنها (دارای محافظ) مناسب برای دفن مستقیم در خاک هستند. ساختار این کابل ها بر پایه لوزتیوپ است و به طور کلی به دو دسته ژله ایی و خشک تقسیم می شوند که تفاوت در این دو نوع دروجود ژل مانع رطوبت و نبود این ژل می باشد.

OBFC



ساختار کابل از مرکز آن به سمت بیرون

- عضو مرکزی کابل بنام CSM(عضو مقاوم مرکزی)، که جنس آن از FRP) است.
- نقش عضو مرکزی کابل (CSM):
- مدیریت S و Z لوزتیوب ها و حفظ شکل Strand در کابل
- محافظت از اجزاء کابل در برابر کشش های طولی
- بالا بردن مقاومت کابل در خمش ها
- مستحکم کردن کابل در مفصل

یک لایه ژاکت پلی اتیلن، به ضخامت معینی روی عضو مقاوم مرکزی را پوشانده است تا قطر این عضو را متناسب با تعدادلوزتیوب های (Loose Tube) آن کابل نماید.

(در بعضی از کابل ها عضو مقاوم مرکزی فاقد ژاکت پلی اتیلن است.)

تعداد ۴ و یا ۶ و یا ۸ رشته لوزتیوب، که در ساخت آن مواد پلی بوتیلین (Polybutylene Terephthate) بکار رفته است، بصورت S و Z در طول عضو مرکزی کابل قرار گرفته است.

نکته : حالت S و Z لوزتیوب ها دور عضو مرکزی، جهت جلوگیری از صدمه خوردن لوزتیوب ها و تارهای درون آنها بر اثر فشارهای کششی و خمشی متعارف هنگام کابل‌کشی و آرایش کابل ایجاد شده است.

تار یا تارهای نوری داخل هر لوزتیوب، در بستری از ژله (Thixotropic) قرار گرفته است تا بر اثر رطوبت، حرارت و فشارهای محیطی آسیبی به آنها وارد نشود.

دو نوار پلاســـتیکی باریک بنام بایندر (Binder)، جهت حفظ آرایش لوزتیوب ها درون کابل (حفظ Strand) دور آنها پیچیده شده است.

لایه ای از نوار پلی یستر (Polyester Tape)، روی لوزتیوب ها قرار گرفته است.

فضای اطراف لوزتیوب ها از سطح روی عضو مرکزی تا سطح زیر پوشش پلی یستر باژله (Filling Compound) پر شده است تا از نفوذ آب و رطوبت جلوگیری شود.

ژاکت اول کابل، که مواد آن از پلی اتیلن (Polyethylene) با چگالی متوســـط (MDPE) است.

لایه ای از نوار فولادی کرکره ای یا خرطومی بصـــورت طولی بین ژاکت های پلی اتیلن اول و دوم قرار گرفته است.

ژاکت دوم یا ژاکت نهائی، که مواد آن از پلی اتیلن با چگالی بالا (HDPE) است.

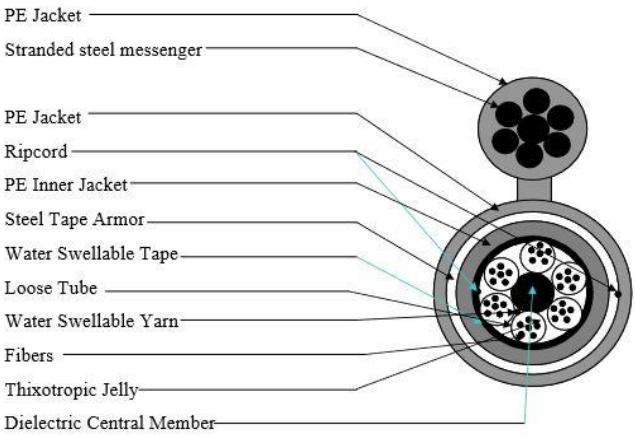
کابل های نوری هوایی (Aerial Optical cable)

کابل های نوری هوایی گونه ای از کابل های Outdoor هستند که مناسب استفاده بر روی تیرها و دکل های برق در سطح شهرها و مناطق صعب العبور می باشد. این کابل ها با توجه به نوع ساختارشان توانایی کششی بیشتری را نسبت به کابل های کانالی و خاکی دارند. ساختار این کابل ها بر پایه لوزتیوپ است.این کابل ها در ایران به دو دسته اصلی OSSC[۱] و ADSS[۲] تقسیم می گردند که تفاوت در این کابل ها در ساختار و نحوه استفاده از آنها است که در ادامه به آنها اشاره می گردد.

[۱] Optical Self Supporting Cable

[۲] All Dielectric Self Supporting

کابل های نوری هوائی مهار دار (OSSC)



کابل فیبرنوری هوایی خود پشتیبان یک کابل فیبرنوری هوایی دارای مهار فولادی است که دارای استحکام و مقاومت بالا در برابر شرایط محیطی نامناسب است در قسمت فوقانی ساختار این کابل چند رشته سیم فولادی محکم قرار دارد تا از فیبر در برابر کشش ناشی از آسیب های محیطی و انسانی مصون باشد.این کابل ها در دو نوع خشک و ژله دار تولید می گردد.

ساختار کابل از مرکز آن به سمت بیرون

عضو مرکزی کابل بنام CSM (عضو مقاوم مرکزی) که جنس آن ازFRP است.

یک لایه ژاکت پلی اتیلن، به ضخامت معینی روی عضو مقاوم مرکزی پوشش داده شده است تا قطر این عضو را متناسب با تعداد لوزتیوب های (Loose Tube) آن کابل نماید.

(در بعضی از کابل ها عضو مقاوم مرکزی فاقد ژاکت پلی اتیلن است.)

دو رشـــته نخ جاذب آب و رطوبت (Swellable Yarn or Water Absorption YarnWater) به صورت طولی دور عضو مرکزی کابل پیچیده شده است.

لوزتیوب (ها) بعلاوه فیلر ها (اگر تعداد لوزتیوب ها کم باشد و دور عضو مرکزی کابل را بطور کامل نپوشاند از فیلر استفاده می شود.

دو نوار پلاســـتیکی باریک بنام بایندر (Binder)، جهت حفظ حالت Strand لوزتیوب هاو فیلر ها (در صورت وجود) دور آنها پیچیده شده است.

یک لایه نوار طولی جاذب آب و رطوبت (Water Swellable Tape or Water Absorption Tape) روی لوزتیوب ها را پوشانده است.

نخ برش (Rip cord) ژاکت اول که در زیر این ژاکت قرار گرفته است.

ژاکت اول (ژاکت میانی) کابل، که مواد آن از پلی اتیلن (Polyethylene) با چگالی متوسط (MDPE) است.

لایه نازکی از مواد Filling Compound (ژله کابل) حد فاصل ژاکت اول (ژاکت میانی) و نوار فولادی را پوشانده است.

لایه ای از نوار فولادی کرکره ای، جهت بالا بردن مقاومت مکانیکی کابل و جلوگیری از صدمه زدن جوندگان به آن، روی ژاکت پلی اتیلن اول (ژاکت میانی) قرار گرفته است.

لایه نازکی از مواد Filling Compound (ژله کابل) حد فاصل نوار فولادی و ژاکت پلی اتیلن دوم (ژاکت نهائی) را پوشانده است.

دو رشته نخ برش (Rip cord) در زیر ژاکت دوم (ژاکت نهائی) قرار گرفته است.

ژاکت دوم (ژاکت نهائی) کابل، که مواد آن از پلی اتیلن (Polyethylene) با چگالی بالا (HDPE) است.

قسمت نگهدارنده کابل: این قسمت از ۷ سیم فولادی گالوانیزه (Galvanized Steel Wires) تابیده به هم تشکیل شده است که با ژاکت پلی اتیلن پوشش داده شده است و توسط یک پرده (Web) از جنس پلی اتیلن به کابل متصل شده است.

نقش عضو مرکزی کابل (CSM):

- مدیریت S و Z لوزتیوب ها و حفظ شکل Strand در کابل
- محافظت از اجزاء کابل در برابر کشش های طولی
- بالا بردن مقاومت کابل در خمش ها
- مستحکم کردن کابل در مفصل

کابل های نوری هوائی خودپشتیبان (ADSS)

کابل فیبرنوری هوایی دی الکتریک یک کابل هوایی خود پشتیبان است که بر خلاف مدل OSSC دارای رشته های فولادی نیست و مقاومت خود را از طریق نخ های آرامید ایجاد می کند. میزان نخ آرامید استفاده شده در کابل‌های هوایی بیشتر از کابل های زمینی است لذا مقاومت کششی بیشتری را فراهم می کند. عدم استفاده از سیم فولادی وزن و هزینه ساخت و هم‌چنین هزینه نصب و راه اندازی این کابل ها را بسیار پایین آورده است. نکته مهم در ساخت کابل های ADSS این است که روکش این کابل ها باید Anti track

باشد یعنی در برابر امواج الکترومغناطیس مقاوم باشند، زیرا جریان های فشار قوی موجود در خطوط انتقال باعث تخریب روکش های معمول می شوند. مسئله مهم دیگر در کابل های ADSS مسافت قابل استفاده از این کابل ها بین دو دکل است که اصطلاحا به آن Span می گویند. این پارامتر عموما در حدود ۱۰۰ متر است که مقدار دقیق آن در دیتا شیت کابل ذکر می شود.

مارکرهای کابل نوری هوایی

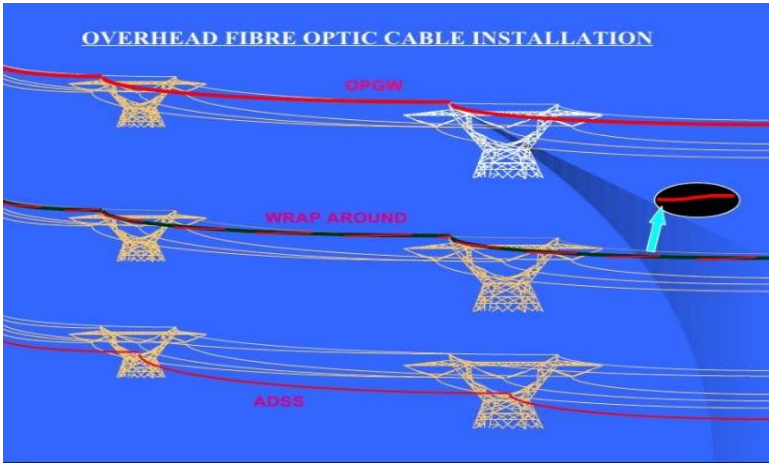
- نوع کابل: هوائی (OSSC Aerial Cable)
- ظرفیت کابل:
- نوع تار نوری: SM یاMM یا سایر موارد
- علامت اختصاری کارخانه سازنده تار نوری مانند:FU=FujikuraیاCorning
- نام اختصاری کارخانه سازنده تار نوری: مانند SGCC شهید قندی.
- سال ساخت کابل
- نام و حروف اختصاری سازمان سفارش دهنده کابل: TCT یا سایر موارد
- متراژ کابل

کابل های فیبرنوری صنعت انتقال نیرو

OPGW[۱]

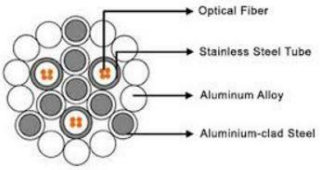
در ایران عموماً از کابل های OPGW استفاده شده است. کابل های OPGW بر روی دکل های اصلی انتقال برق نصب می شود و سه نوع هستند:

۱. نوع تمام عایق
۲. نوعی که به دور کابل های برق فشار قوی می پیچند
۳. نوعی که در هسته کابل های زمین (Ground) برق قرار می گیرند

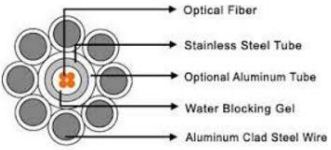


[۱] Optical ground wire

چند تصویر از کابل های OPGW



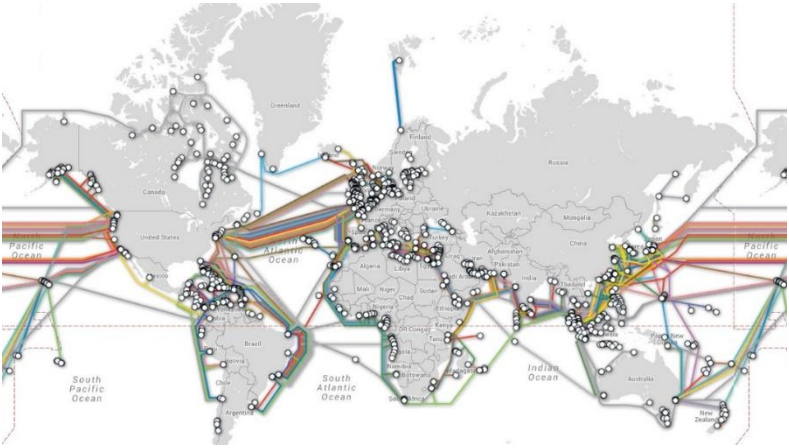
Multi Loose Tube Type



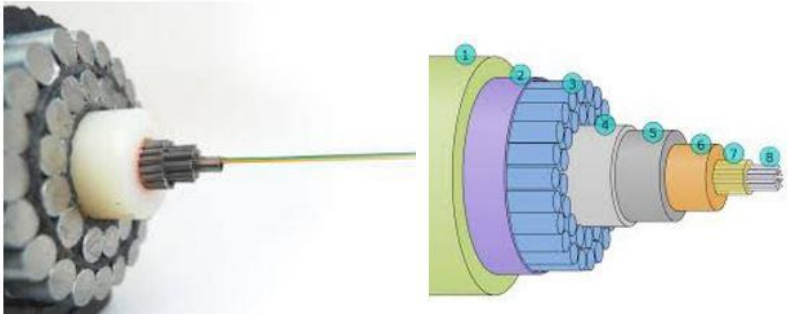
Central Loose Tube Type

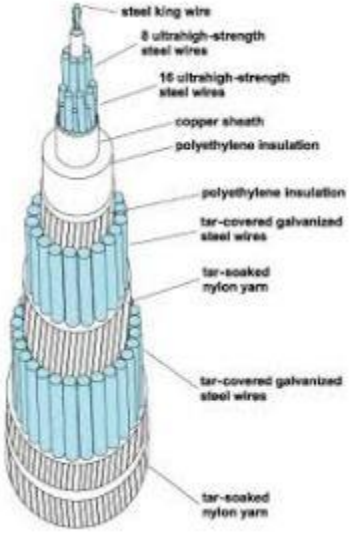
کابل های نوری دریایی

همان گونه در نقشه زیر پیداست کابل های نوری دریائی از طریق اقیانوس ها و دریاها ارتباطات بین قاره ای را برقرار کرده اند. تقریبا ۹۹ درصد ترافیک بین الملل توسط فیبرهای دریایی منتقل می گردند. تعداد ۴۵۰ کابل دریایی به طول کلی ۱.۳۵ میلیون کیلومتر وظیفه انتقال این ترافیک را بر عهده دارند.

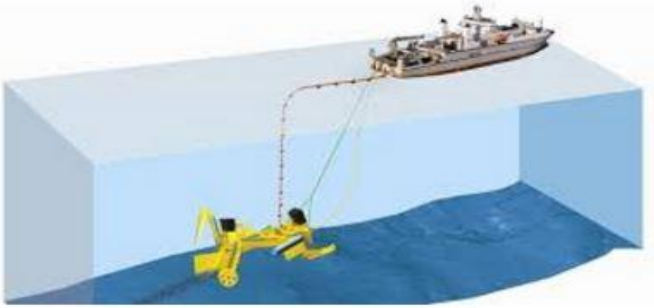


کابل های دریایی ساختارهای متنوعی دارند. در ادامه چند تصویر از نمونه های مختلف کابل های دریایی، کشتی مخصوص حمل و نقل و ماشین آلات و وسائل نصب این نوع کابل نمایش داده شده است:



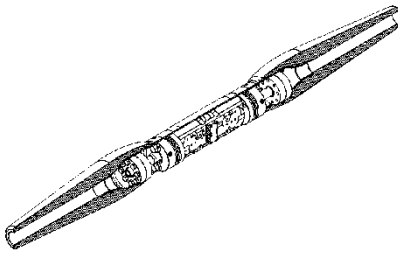

steel king wire
8 ultrahigh-strength steel wires
16 ultrahigh-strength steel wires
copper sheath
polyethylene insulation
polyethylene insulation
tar-covered galvanized steel wires
tar-soaked nylon yarn
tar-covered galvanized steel wires
tar-soaked nylon yarn

نحوه نصب کابل های دریایی نیز بسیار متنوع بوده و تقریباً برای هر تولیدی، یک روش خاص نصب طراحی شده و به نصاب ها پیشنهاد می شود. در ادامه برخی از این موارد مشاهده می شود.



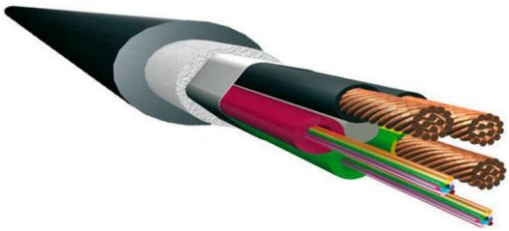
VIA 9GAG.COM

مفصل کابل دریایی



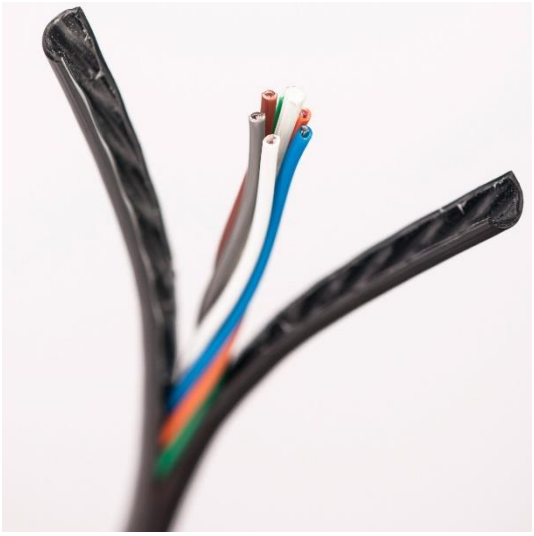
کابل های نوری ترکیبی Composite Fiber Optic Cable و Hybrid

گاهی دو کابل فیبر نوری و متالیک در قالب یک کابل بنام کابل ترکیبی استفاده می‌شود، این نوع کابل در مقاطع خاصی از مسیر کابل فیبر نوری به کار می رود و سپس در نقاط تعیین شده مس از فیبر جدا می شود.



کابل های Hybrid نیز معمولاً ترکیبی از تارهای نوری مختلف مانند MM و SM یا NZ هستند. درواقع تفاوت کابل های هیبرید با کامپوزیت در این است که کابل های هیبرید از تارهای مختلف تشکیل می شود و در کابل های کامپوزیت به غیر از تارهای نوری، در هر مدلی از کانداکتورهای مسی نیز استفاده شده است.

مایکرو کابل های نوری



میکروکابل های نوری عموماً برای کار با میکروداکت ها طراحی شده اند. در ابتدا به تفاوت کابل های نوری متداول با میکرو کابل های نوری که در شبکه های مخابراتی استفاده می شود اشاره می گردد.

نکته: منظور از تفاوت بین کابل های نوری متداول و میکرو کابل ها، تفاوت درتارهای نوری آنها نیست بلکه اختلاف صرفاً درساختار فیزیکی آنها است.

ویژگی های فیزیکی کابل های نوری متداول به شرح زیر است:

- لایه های پوششی مقاوم و کمتر صدمه پذیر در برابر جابجائی، حمل و نقل و نصب

- مقاوم بودن کابل درزمان کابل کشی درمقابل فشارهای معقول ازقبیل فشارهای جانبی، طولی، خمشی و سایر موارد
- مقاوم بودن ژاکت کابل در اصطحکاک با سطح زمین هموار و صاف، داکت و ساب داکت
- مقاوم بودن ژاکت کابل در مقابل عناصر داخل خاک، آب حوضچه ها و حرارت، برودت، نور، باد، باران، برف و دیگر عناصر طبیعی
- اجرای البته با دقت ولی نسبتاً آسان جهت باز و بسته کردن کابل از روی قرقره و کابل کشی
- اجرای با دقت ولی نسبتاً آسان آماده سازی کابل جهت مفصل بندی
- داشتن لوزتیوب های نسبتاً مقاوم جهت آرایش در مفصل و کاست
- مستحکم کردن کابل در مفصل به دلیل وجود عضو مقاوم مرکزی

عاملی که عملیات کابل کشی کابل های نوری متداول را سخت می سازد اصطحکاک ژاکت نهائی کابل با سطح داخلی ساب داکت یا داکت است که جهت غلبه بر آن نیروی کار زیادی لازم است. البته ماشین های کابل کشی پر قدرتی برای Blowing کابل های متداول نیز وجود دارد که استفاده از تکنولوژی آن در ایران تقریباً مرسوم نیست.

ویژگی های فیزیکی میکروکابل های نوری نیز به قرار زیر است:

قطر و ژاکت میکروکابل های نوری باید با قطر داخلی میکروداکت ها متناسب باشد.

کابل کشی در میکروکابل ها عموماً به روش Blowing انجام می شود. در این روش با فشار جریان هوا، میکروکابل در زمان کابل کشی و در میکروداکت، تقریباً بصورت معلق و در میانه آن حرکت می کند. فشار هوا علاوه بر پایین آوردن نیروی اصطحکاک بین میکروکابل و میکروداکت، و هل دادن کابل نیز کمک می کند.

بدیهی است، سازندگان معتبر میکروکابل از ویژگی های فیزیکی خاص که ساختار کابل را برای تکنیک Blowing بهتر می کند، استفاده می کنند.

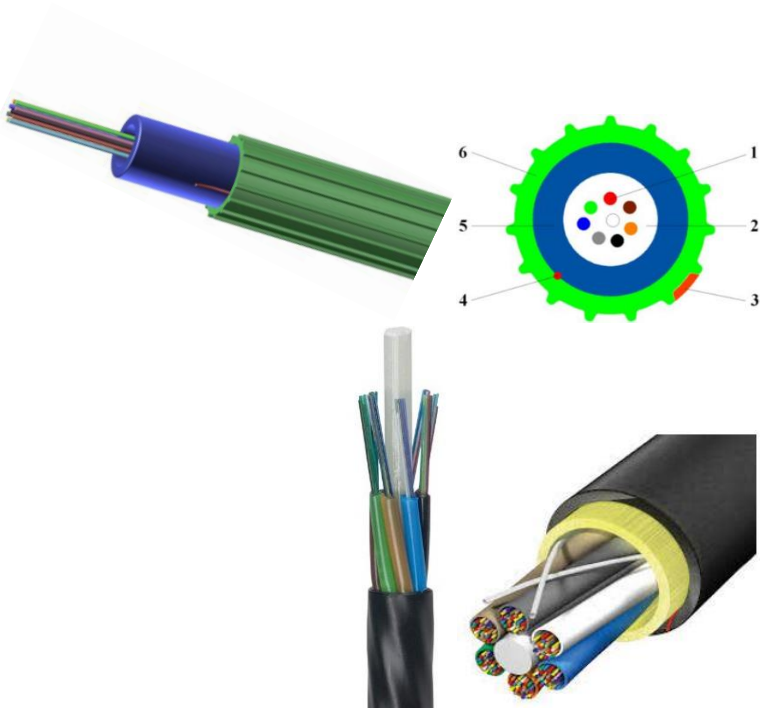
قطر بسیار کم (از حدود 0.8 تا 1.5mm برای میکروفیبر، حدود 2 تا 3.5 mm برای میکروکابل و از 4.5تا حدود 10 mm یا کمی بالاتر برای مینی کابل ها)

ژاکت نازک، عموم میکروکابل ها ژاکت نازکی دارند؛ اما میکروکابل هایی هم وجود دارند که با استفاده از یک تکنیک خاص در تیوب و حذف CSM و تبدیل آن به دو Strength Member در دو طرف کابل، ژاکتی قطورتر از میکروکابل های معمولی دارند.

وزن بسیار کم

میکروکابل ها، هم بشکلUnitube و هم بصورت چند لوزتیوب و با عضو مقاوم مرکزی در ابعادی بسیار ظریف تولید می شوند.

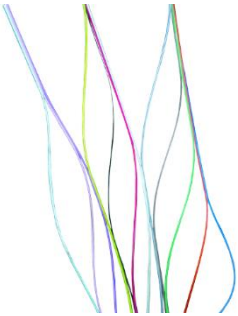
اکثر میکروکابل ها دارای عضو مقاوم میانی از جنس Kevlar هستند.



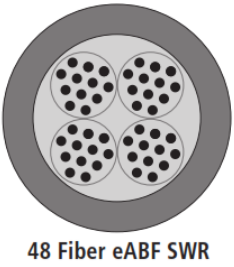
شرکت های بزرگ در زمینه کابل فیبرنوری در دنیا، تحقیقات زیادی برای بالابردن کارایی میکروکابل ها و یا کم کردن قطر آنها انجام داده اند که از این بین آنها به دو مثال اشاره می شود:

تکنیک eABF شرکت AFL که از تکنولوژی منحصر به فرد SpiderWebRibon یا SWR استفاده کرده است و توانسته است میکروکابل ۴۸ را در 4 mm و با وزن کمتر از نه کیلوگرم بسازد. همچنین کابل ۷۲ رشته را نیز با قطر 4.3 mm و وزن کمتر از نه و نیم کیلو طراحی کرده است.

تارهای ریبون که بصورت تار عنکبوتی به یکدیگر متصل هستند.

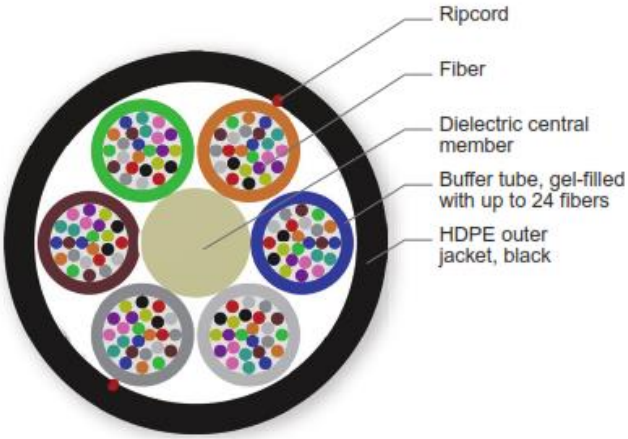


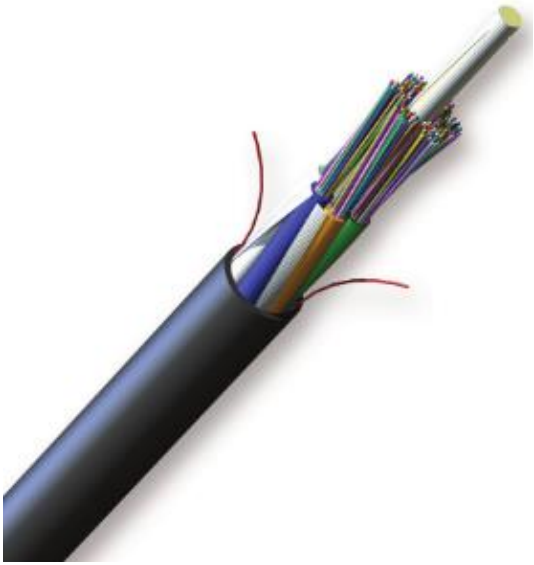
کابل eABF



و دیگری، کابل ساخته شده توسط Corning به نام MiniXtend HD است که به‌دلیل تارهای ۲۰۰ میکرون (بجای ۲۵۰ میکرون) و تیوب هایی که ۲۴ رشته تار در آنها قرار دارد، توانسته کابل ۱۹۲ رشته را با ساختار استاندارد لوزتیوب (دارای عضو مقاوم مرکزی و تار هایی که در تیوب ها قرار گرفته اند) قطر کابل را 7.5 mm برساند.

کابل با ساختار استاندارد و بسیار نازک Corning



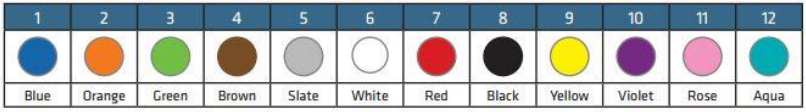


رنگ بندی تارها و لوزتیوب های میکروکابل های نوری

استاندارد و ترتیب رنگ بندی تارها و لوزتیوب های میکروکابل های تولید کنندگان مختلف یکسان نیست و باید به برگه اطلاعات فنی (Data sheet) آن تولیدکننده مراجعه نمود.

ترتیب رنگ بندی اکثر میکروکابل های نوری وارداتی به ایران (لوزتیوب ها و تارها) بر اساس استاندارد TIA-598 است.

TIA 598-C Standard Colors	
Fiber/Unit Number	Fiber Color
1	Blue
2	Orange
3	Green
4	Brown
5	Slate
6	White
7	Red
8	Black
9	Yellow
10	Violet
11	Rose
12	Aqua
13 and higher	The color code is repeated, Black stripe or dash is added, according to the ANSI/TIA/EIA-598-C specifications



نکته ۱: در صـــورتی که میکروکابل نوری از نوع Unitube و تعداد تارهای نوری داخل آن ۲۴ رشته باشد، رنگ ۱۲ تار نوری اول بر اساس رنگ بندی شکل فوق است و رنگ تارهای نوری ۱۳ تا ۲۴ همین رنگ ها ولی بصورت خط دار است.

نکته ۲: در بسیاری از میکروکابل های ۲۴ رشته ای، رنگ تار نوری هم نظیر مشکی یعنی تار نوری شماره ۸ (و تار نوری شماره ۲۰) یا بی رنگ و یا سفید دو خط است و اگر هیچ کدام از این دو نباشد می توان ۱۱ تار نوری خال دار را جدا نمود تا رنگ تار نوری شماره ۲۰ مشخص گردد.

ETA598-A fiber color chart			
Position	Jacket color	Position	Jacket color
1	Blue	13	Blue with black tracer
2	Orange	14	Orange with black tracer
3	Green	15	Green with black tracer
4	Brown	16	Brown with black tracer
5	Slate	17	Slate with black tracer
6	White	18	White with black tracer
7	Red	19	Red with black tracer
8	Black	20	Black with yellow tracer
9	Yellow	21	Yellow with black tracer
10	Violet	22	Violet with black tracer
11	Rose	23	Rose with black tracer
12	Aqua	24	Aqua with black tracer

در ادامه چند نمونه از استانداردهای بین المللی مختلف رنگ بندی تارهای نوری نشان داده شده است:

Fibre or group	Fin2012 Color in English (IEC 60304)	ANSI/TIA 598-C Color in English (ANSI/TIA)	DIN/VDE 08888 Color in English (IEC 60304)
1	Blue BU	Blue BL	Red RD
2	White WH	Orange OR	Green GN
3	Yellow YE	Green GR	Blue BU
4	Green GN	Brown BR	Yellow YE
5	Grey GY	Slate SL	White WH
6	Orange OG	White WH	Grey GY
7	Brown BN	Red RD	Brown BN
8	Turquoise TQ	Black BK	Violet VT
9	Black BK	Yellow YL	Turquoise TQ
10	Violet VT	Violet VI	Black BK
11	Pink PK	Rose RS	Orange OG
12	Red RD	Aqua AQ	Pink PK

کابل های مورد استفاده در ساختمان ها

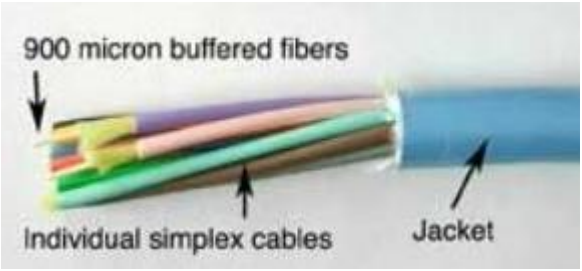
(Premises optical cables)

کابل های مورد اســـتفاده درداخل ســـاختمان (Indoor Cables) بنا به نوع کاربری، انواع مختلفی دارد. در ادامـه تصـــویر مهم ترین نمونـه هـای کـابـل هـای نوری Indoorمشاهده می شود:

Indoor Cables

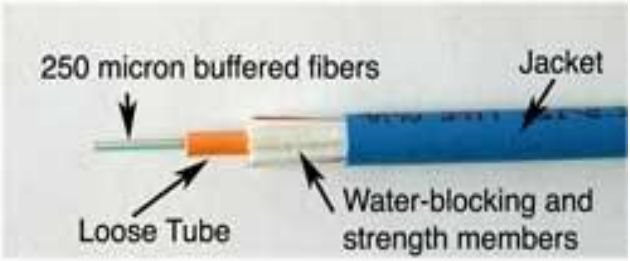
Breakout Cable

این نوع کابل ها عموما برای ارتباطات در داخل پلنوم ها، سینی ها در محیط های صنعتی استفاده می شوددد. از این نوع کابل ها در مکان هایی که نیاز به سربندی کمتر و طول مسیر بلندتری می باشد استفاده می شود.



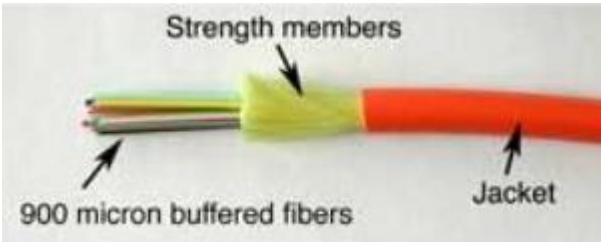
Central Loose Tube (Uni-Tube)

این نوع کابل ها عموما برای ارتباطات در داخل داکت های بیرون ساختمان استفاده می‌شود. به علت قرارگرفتن تارها در داخل یک لوله پلاستیکی کوچک Lose Tube و وجود لایه جاذب رطوبت استفاده از این کابل ها در محیط های خارجی ساختمان ها مناسب می باشد .



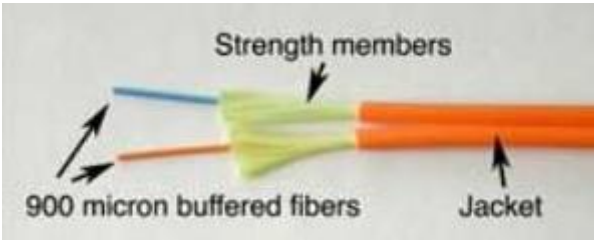
Distribution Cable (Mini Breakout)

این نوع کابل ها عموما برای ارتباطات در backbone ساختمان ها استفاده می گردد. بر روی هر تار نوری روکشی با ضخامت ۹۰۰ میکرون استفاده شده است که تمامی این تارها توسط باندلی مشترک در کنار هم قرار گرفته اند. به علت استفاده از این کابل ها در داخل ساختمان از الیاف Kevelar جهت محافظت استفاده شده است.



Zip Cord (or Simplex)

این نوع کابل ها عموما برای تولید Patch cord ها مورد استفاده قرار می گیرند. بر روی هر تار نوری در این کابل ها روکشی با ضخامت ۹۰۰ میکرون ایجاد گردیده است. به علت استفاده از این کابل ها در داخل ساختمان از الیاف Kevelar جهت محافظت استفاده شده است.

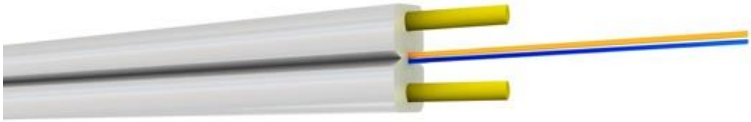


کابل های FTTH

عمومی ترین کابل در FTTH که وظیفه اتصال به کاربر را برعهده دارد، به نام کابل دراپ (Drop cable) معروف است. ساختار اصلی کابل دراپ که عموماً مستطیل است، از دو عضو مقاوم غیر مرکزی تشکل شده که هر یک بوسیله روکش PE به شکل تقریباً مربع در می آیند و در کنار یکدیگر قرار می گیرند. درفاصله بین دو مربع تار نوری قرار گرفته که وقتی دو عضو مقاوم و روکش های PE آنها را از یکدگیر جدا می کنید، تارها نمایان و قابل استفاده می شوند و در حالت اصلی، تارها از گزند ضربه های احتمالی و یا فشار محدود یا دائم بر روی کابل، در امان هستند.

کابل های Drop را می توان به دو نوع « با Messenger» و بدون آن تقسیم کرد. کابل های با Messenger بیشتر برای کابل کشی های هوایی و قبل از ورود به ساختمان مورد استفاده قرار می گیرند. البته کابل های بدون Messenger نیز امکان نصب هوایی را دارند اما در Span های بسیار پایین، که بواسطه وجود دو عضو مقاوم و شکل مستطیل مانند کابل است. در ادامه تصاویر برخی از انواع کابل های دراپ مشاهده می شود.

تصاویر چند نمونه FTTH Flat Drop Cable



میکرو ترنچینگ

تعریف میکرو ترنچینگ

میکرو ترنچینگ یا برش شیاری (خطی) روش جدیدی از حفاری است که با استفاده از ماشین آلات مخصوص، با عرض و عمق کم، سرعت اجرایی بسیار بالا و حداقل تخریب سطح معابر انجام می شود و بستر لازم جهت نصب لوله های پلی اتیلن یا انواع میکروداکت های نوری را فراهم می نماید.

در روش حفاری خطی، بسته به شرایط منطقه و نظر کارفرما، عمق حفاری بین ۲۳ تا ۴۸ سانتیمتر و عرض آن نیز بین ۲ تا ۱۳ سانتیمتر تغییر می کند.

مزایای ایجاد کانال ارتباطی با روش میکروترنچینگ

۱- هزینه

با توجه به اینکه در این روش حفاری عرض شـیار ایجاد شـده کمتر از روش های کانال سـازی سـنتی می باشـد هزینه ایجاد و ترمیم مسـیرهای حفاری شـده بسـیار پایین تر از روش های سنتی می باشد.

۲-زمان

به علت استفاده از تجهیزات و ماشین آلات مکانیکی در این روش از حفاری و کم بودن عرض شیار سرعت اجرا بالاتر از روش های سنتی می باشد.

۳-ظرفیت بالا و افزونگی ساده

با توجه به اینکه در روش میکروترنچینگ ازتیوپ های باندل شده استفاده می گردد و با توجه به این که ظرفیت شبکه و نیاز تعداد این تیوپ ها متغیر می باشد این نوع کانال ها دارای ظرفیتی بالا و قابلیت افزونگی ساده تری می باشد.

مراحل اجرای کار

طراحی :

۱ – استعلام تاسیسات

با توجه به مخاطرات ایجاد کانال های مخابراتی در زیر زمین به علت وجود تاسیسات شهری نیاز به جمع آوری اطلاعات این تاسیسات از مراجع مربوطه می باشد. لذا اخذ استعلام ها از ارگان های خدمات رسان شهری جهت انتخاب صحیح مسیر حفاری و کمترین میزان هم مسیری با این تاسیسات (خطوط آب ، برق، تلفن،گاز و پلیس راهور) از موارد مهم طراحی است.

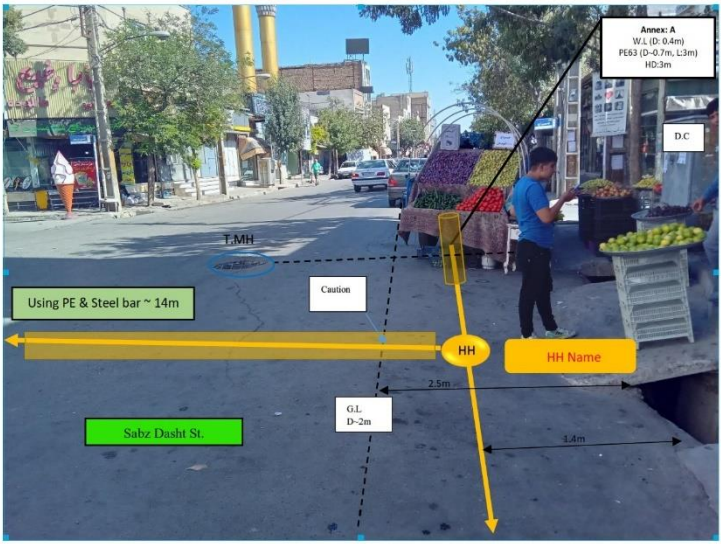
۲- مسیریابی

در ابتـدا نقـاط و مراکز مورد نظر پروژه کـه بـایـد اتصـــال پیـدا کننـد در نقشـــه هوایی(Google Earth) با مختصـــات دقیق جغرافیایی نقطه گذاری می شـــوند. بر اساس این نقطه گذاری و بررسی معابر در نقشه هوایی طرح اتصال اولیه ترسیم و آماده جهت برداشـت میدانی می گردد. در برداشـت میدانی تمامی شـواهد و عوارض شـهری و تعیین محل اجرای ترانشـه در معابر برداشـت و تصـویربرداری می گردد و پس از آن نسبت به تهیه گزارش تصویری RF[۱] اقدام لازم صورت می پذیرد.در این مرحله باید تا حد امکان نسبت به شناسائی تأسیسات زیرزمینی خدمات شهری در مسیر حفاری اقدام کرد و محل آنها را بوسیله علامت گذاری مکان های قابل تشخیص آنها تعیین نمود. این تأسیسات عبارتند از:

- کانال ها وکابل های مخابراتی
- ســـیم ها، کابل ها و کانال های دوربین های ترافیکی و یا نوارهای مربوط به سنسورهای کنترل هوشمند ترافیک (خصوصاً در محل تقاطع ها)
- لوله های گاز
- لوله های آب
- لوله های فاضلاب
- هواکش های تونل ها و ایستگاههای مترو
- شـناسـائی محفظه های زیر زمینی که وجود گاز های قابل انفجار و خفه کننده در آن ها محتمل است.

---

[۱] Route Finding



۳- طراحی تفصیلی

پس از تعیین محل نوار حفاری و دریافت استعلامات بایستی نسبت به نقشه برداری محیطی از معبر مورد نظر اقدام شود. نقشه برداری دقیق از مسیر توسط دوربین و یا GPS دو فرکانسه انجام می پذیرد. تمامی نقشه های برداشت شده توسط دوربین و یا GPS[۱] باید در نرم افزار Auto cad پیاده سازی گردیده و در نهایت نقشه UTM[۲] با ثبت تمامی عوارض و تاسیسات شهری آماده گردد. در کنار نقشه های شهری باید نسبت به تهیه و آماده سازی طرح کابل کشی (Fiber blowing Plan) و طرح سربندی

---

۱ Global Positioning System

۲ Universal Transverse Mercator

تارهای نوری(Fusion Plan) اقدام لازم صورت پذیرد. تمامی نقشه های ترسیم شده دارای مقیاس های استاندارد بوده و بر مبنای طراحی های مخابراتی رسم می شوند. مقیاس در این نقشه ها برای شبکه فیبرنوری مقیاس ۱:۵۰۰ و برای نقشه اماکن، خیابان ها و سایر عوارض ۱:۱۰۰۰ و اتاق تجهیزات با مقیاس ۱:۱۰۰ می باشد. تجهیزات قابل رویت و در سطح معبر همانند حوضچه ها و کابینت ها همگی باید دارای حداقل دو الی سه مرجع معتبر Refrence جهت نصب باشند.

حفاری

پس از اتمام مراحل طراحی و اخذ تاییدیه های لازم مراحل حفاری آغاز می گردد.

رعایت نکات ایمنی شامل موارد زیر است:

- قرار دادن دوک های اخطاری، تابلوهای اخطاردهنده، نوارهای اخطاری در اطراف محل حفاری و استقرار چراغ های چشمک زن بر اساس قوانین راهنمائی و رانندگی.
- استقرار نفر یا نفرات کافی جهت هدایت ترافیک.
- ایجاد مسیر عبور بدون خطر برای عابران پیاده.
- توجه به امکان عبور عابران ناتوان، نابینا و ناشنوا.
- جهت جابجا کردن اشیاء سنگین در سایت، مانند قرقره های میکروداکت، موتور برق وسایر موارد، باید از ماشین آلات مخصوص جابجائی اشیاء سنگین استفاده نمود و اگر در موارد خاصی نیاز به استفاده از نیروی انسانی باشد، با در نظر گرفتن حفظ سلامتی و ایمنی کارکنان و بکار گیری نیروی انسانی کافی، نسبت به جابجایی اشیای مورد نظر اقدام کرد تا از بروز هر گونه صدمات جانی و مالی احتمالی جلوگیری شود.

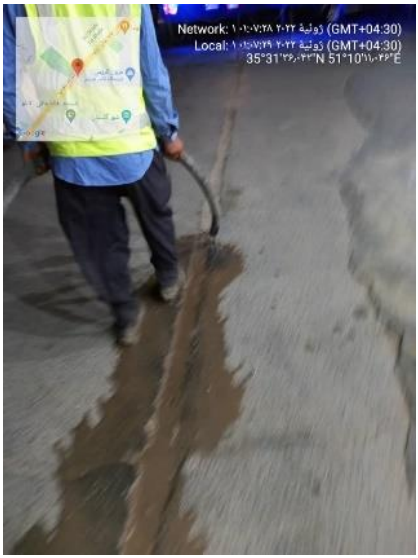
- جهت جابجائی در های سنگین حوضچه ها نیز باید از ابزار مخصوص آن استفاده شود.

کانال های خطی، مینی یا میکروترنچینگ
Mini or Micro Trenching

پس از انجام موارد ایمنی، انجام حفاری به روش کانال های خطی مطابق با شرح زیر انجام می شود:

- این نوع حفاری بیشتر در خیابان ها و مسیرهای دارای پوشش آسفالت اجرا می شود
- قبل از شروع حفاری مسیر حفاری باید مارک و مشخص گردد
- بدیهی است که در اکثر خیابان ها، در مسیرهای حفاری موانعی مانند جوی های آب، کانال ها و سایر موارد وجود دارد که باید علامت گذاری شوند تا نسبت به نصب لوله پلی اتیلن یا گالوانیزه در نقاط مذکور اقدام گردد
- نصب لوله ها در معارض باید با شیب استاندارد انجام شود
- پس از نصب لوله های پلی اتیلن یا گالوانیزه، باید بلافاصله هر دو طرف آن مسدود گردد تا از داخل شدن خاک، آب وسایر موارد در آن جلوگیری شود
- جهت جلوگیری از حرکت لوله نصب شده باید روی آن بتُن یا خاک ریخت
- در زمان استقرار دستگاه ترنچر، باید توجه داشت که فاصله خط حفاری از جدول خیابان و جهت خط برش از ابتدا به گونه ای تنظیم گردد که کمترین نیاز به جابجایی، چرخش و تغییر مسیر ماشین حفاری باشد

- کف و دیواره های مسیر حفاری باید عاری از هرگونه اجسام و سنگ های تیز باشد تا هنگام نصب میکروداکت به آن صدمه وارد نشود
- در نقاطی که مسیر حفاری تغییر می کند (مانند میدان ها و تقاطع ها)، به منظور پیش‌گیری از خمش غیر مجاز میکروداکت باید با ایجاد چند پَخ در محل، قوسی با شعاع مناسب ایجاد گردد
- شعاع خمش نباید کمتر از ۲۰ برابر قطر خارجی میکروداکت باشد
- عمق حفاری خطی بسته به عرض آن داشته و در عرض بالای ۸ سانتی متر، بطور متعارف باید بین ۴۰ تا ۴۸ سانتی متر باشد. این عمق در حدود ۲ سانتی متر به ۲۳ سانتی متر، در حدود ۴ تا ۵ سانتی متر به حدود ۳۰ سانتی متر می رسد. درصورت برش حدود ۱۵ سانتی متر که از شرایط کانال های خطی خارج است، امکان حفاری تا عمق ۹۰ سانتی متر نیز وجود دارد
- عمق خط حفاری در سرتاسر آن باید یکسان باشد و تا حد امکان فاقد هر گونه گودی یا برآمدگی باشد
- ممکن است شرایطی پیش بیاید که عمق حفاری کاهش یابد که در این صورت بهتر است روی این نقاط با بتُن یا بتُن مسلح پُر شود
- در هنگام نصب لوله پلی اتیلن یا عبور دادن میکروداکت از زیر معارض، باید دقّت شود که به تاسیسات موجود صدمه وارد نشود
- حداقل ۵ سانتیمتر (تا ۱۰ سانتیمتر) ماسه نرم بطور یکنواخت در سرتاسر کف ترانشه و روی میکروداکت ریخته شود
- پس از اتمام کار حفاری نسبت به جمع آوری نخاله و نظافت مسیر حفاری شده اقدام گردد


Network: ۱۰:۰۷:۳۸ ۲۰۲۲ (GMT+04:30)
Local: ۱۰:۰۷:۳۹ ۲۰۲۲ (GMT+04:30)
35°31'۲۹.۰۳"N 51°10'۱۰.۴۲"E

Network: ۱۲:۱۰:۵۲ ۲۰۲۲ (GMT+04:30)
Local: ۱۲:۱۰:۵۳ ۲۰۲۲ (GMT+04:30)
35°31'۲۲.۰۹"N 51°10'۱۱.۰۲"E

ترمیم مسیر حفاری

۱. غرقاب مسیر حفاری شده

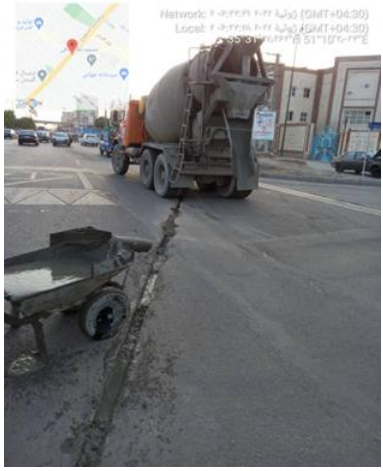
در ابتدا و قبل از عملیات کامپکت مسیر و بتن ریزی باید مسیر حفاری شده را غرقاب نمود تا نشست لازمه در خاک داخل ترانشه انجام گیرد.

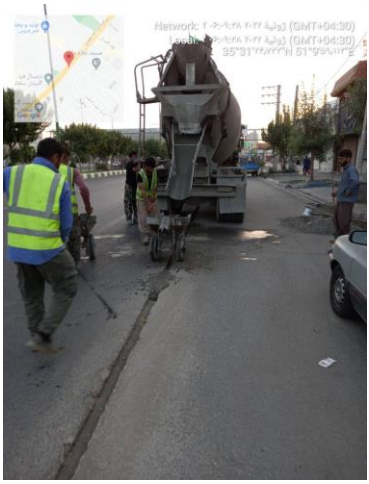
۲. کامپکت مسیر حفاری شده

پس از نشست اولیه مسیر بعد از غرقاب آن باید نسبت به کوبیدن خاک داخل ترانشه و کامپکت آن اقدام لازم صورت پذیرد. این عملیات توسط دستگاه کامپکتور با تیغه مخصوص و در داخل ترانشه صورت می گیرد.

۳. بتن ریزی

پس از عملیات کامپکت و زیرسازی عملیات بتن ریزی آغاز می گردد. در این مرحله از کار بتن آماده با عیار ۳۵۰ که توسط ماشین بتن ریز به محل پروژه حمل شده داخل ترانشه تخلیه و عملیات رگلاژ بر روی آن صورت می گیرد.





روکش نهایی مسیر حفاری شده و آسفالت ریزی

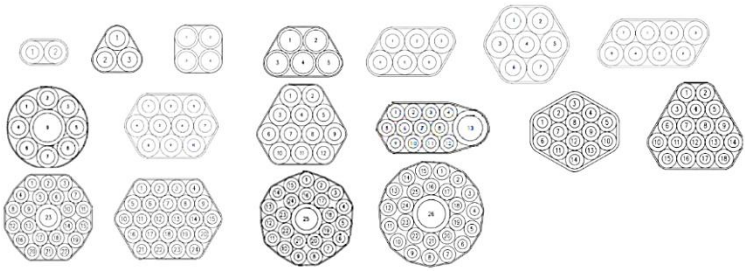
پس از انجام مرحله بتن ریزی و آماده شدن مسیر جهت ایجاد روکش نهایی، ابتدا قیرپاشی برروی مسیر انجام شده و پس از آن عملیات آسفالت ریزی انجام می شود. لازم به ذکر است انتخاب دانه مناسب برای آسفالت (دانه ۰۶) و نگه داشتن گرمای مورد نیاز آسفالت در زمان اجرا و کامپکت و غلطک مناسب از موارد مهم در این عملیات می باشد.

انواع میکروداکت ها

میکروداکت با باندل تخت (Flat Section) Flat Microduct or FlatLiner

میکروداکت با باندل چند ضلعی

Microduct (Rectangular Section=Pentagonal/Hexagonal/…)



میکروداکت با باندل لوله ای شکل (Circle Section) Mcroduct

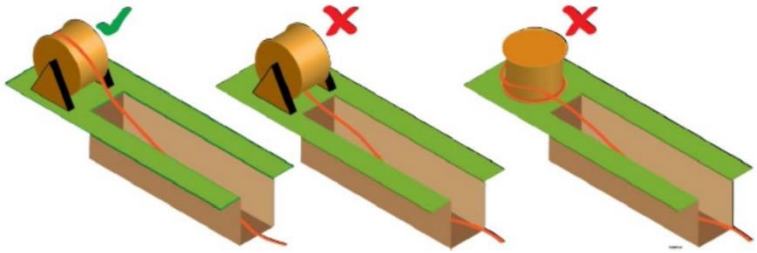
میکروداکت با باندل خرطومی (Duct–Circle Section) MicroCOD [۱]

[۱] Micro Corrugated Optic Duct

نصب میکروداکت

مراحل اجرای کار به شرح زیر است:

۱. بررسی محل حفاری، شرایط ترافیکی، تخمین زمان و متراژ حفاری در آن شیفت کاری
۲. استقرار نفرات متخصص و کارگر کافی در سایت
۳. حصول اطمینان از کافی بودن اجناس و لوازم، ابزار و ماشین آلات مورد نیاز آن شیفت
٤. بررسی قرقره میکروداکت (ها) و متعلقات لازم و اطمینان از سلامت آن ها
٥. بررسی انتهای میکروداکت هر قرقره، اگر انتهای آن فاقد سرپوش باشد باید بررسی شود که خاک و گردوغبار، رطوبت یا آب داخل میکروداکت ها نشده باشد، پس از اطمینان از سلامت آن، بلافاصله سرپوش مناسب در انتهای میکروداکت نصب شود.
٦. قرار دادن قرقره میکروداکت در راستای خط حفاری به گونه ای که جهت باز شدن آن از بالا به سمت پائین باشد.



حالات مختلف نصب میکروداکت در خط حفاری

در صورتی که خط حفاری بدون موانع و معارض باشد

زمانی که ترنچر در حال حفاری به اندازه کافی (حداقل ۱۰۰ متر) از ابتدای نقطه حفاری فاصله گرفت داخل ترنچ از وجود اشیاء و سنگ های تیز پاک سازی و کف آن به ارتفاع ۳ سانتی متر ماسه ریزی شود

با حرکت دادن تریلر حامل قرقره میکروداکت در راستای مسیر حفاری، میکروداکت درون خط حفاری خوابانده می شود.

پس از خواباندن لوله (ها) پلی اتیلن یا میکروداکت (ها) یا ترکیبی از آنها، فضای باقی‌مانده ترنچ بر اساس دستورالعمل ارائه شده توسط سازمان مربوطه پر می شود.

پس از عملیات پرکاری، پاک سازی اطراف ترنچ نیز باید انجام شود.

درصورتی که موانع و معارضی از قبل شناسائی و لوله گذاری شده است

بر اساس تجربه سرپرست کارگاه بهترین نقطه جهت استقرار قرقره میکروداکت انتخاب می شود و میکروداکت بدون آنکه صدمه ببیند در طول ترنچ کشیده و از داخل لوله های پلی اتیلن در نقاط معارض عبور داده و نصب می شود.

درصورتی که با مانعی برخورد شود که از قبل قابل شناسائی نبوده است

باید تا آنجا که ممکن است سعی شود میکروداکت در نقطه مانع بریده نشود و پس از لوله گذاری (لوله پلی اتیلن) میکروداکت از میان آن عبور داده شود.

مفصل زدن در میکروداکت ها

اگر در نقطه ای از مسیر نیاز به اتصال مستقیم یا انشعاب باشد، جهت هم پوشی و اتصال میکروداکت ها به یکدیگر، باید طول کافی برای هر یک از آنها در نظر گرفته شود

برای این کار از بست افزارها و یا مفصل های مخصوص اتصال میکروداکت، در مدل های مختلف استفاده می گردد. (I, T, Y or H type)

آماده سازی میکروداکت جهت نصب در داخل مفصل (بست افزار)

پس از انتخاب مفصل مناسب، با ماژیک محل برش های ژاکت میکروداکت علامت زده می شود و سپس با وسیله مخصوص یا با تیغ موکت بری ژاکت برداری شده به گونه ای که به میکروداکت ها صدمه ای وارد نشود.

پس از روکش برداری، هر میکروداکت با میکروداکت هم رنگ خود یا میکروداکت تعیین شده در نقشه با رعایت فاصله کانکتورها از یکدیگر توسط کانکتور مستقیم به یکدیگر متصل می شوند. باید از تجمع همه کانکتورها در یک نقطه پرهیز کرد و از آرایش مناسب آنها مطمئن شد.

اتصال مستقیم میکروداکت به میکروداکت های هم رنگ یا شماره به شماره یا هر میکروداکت تعیین شده به میکروداکت دیگر، باید به گونه ای باشد که کانکتورهای مستقیم، تا حد امکان روی یک دیگر قرار نگیرند و در یک نقطه برجستگی ایجاد نشود.

پس از اتصال میکروداکت ها به یک دیگر باید مفصل کاملاً آب بندی شود.

نکته: در نقاطی که در محل اتصـــال میکروداکت های دســـته ای، قطر میکروداکت ها متفاوت است از کانکتور کاهش دهنده یا تبدیل متناسب (Reducer) استفاده می‌شود.

انواع اتصالات

در محل حوضـــچه ها (Hand Holes/CANs/Man Holes) باید میکروداکت ها به طور مستقیم و ترجیحاً به صورت تراز وارد سوراخ های ورودی حوضچه ها شوند. محل ورود میکروداکت ها به حوضـــچه ها باید آب بندی گردد. طول میکروداکت ها در حوضـــچه ها باید به اندازه در نظر گرفته شـــود که در موقع اتصـــال بتوان آنها را با یک کانکتور به یکدیگر متصل کرد. در تمام مراحل نصب هیچ گاه نباید سر میکروداکت ها بدون سرپوش باشد.

پلاک گذاری و آدرس نویسی:

در تمام نقاط دسترسی مانند حوضچه ها، هندهول ها، کابینت ها و در مجموع در هر نقطه ای که انتهای میکروداکت در آن قطع شده است باید پلاک یا برچسب شناسائی جهت ثبت مشخصات آن میکروداکت نصب شود.

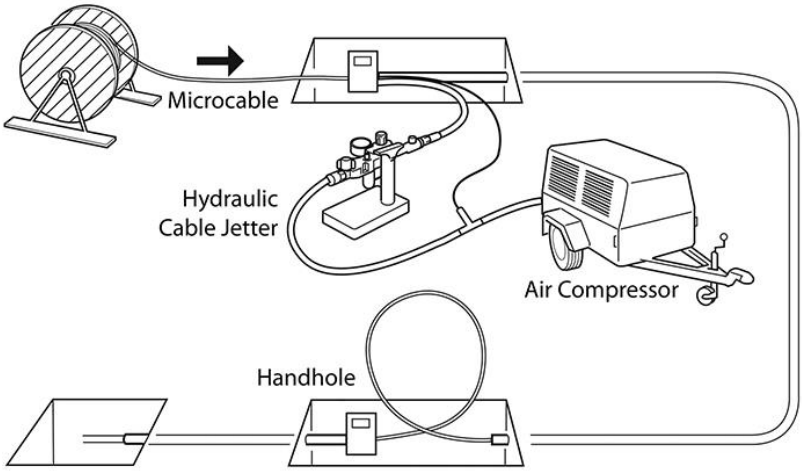
شوت میکروکابل در داخل میکروداکت (Blowing)

در روش Blowing میکروکابل بوســیله غلطک های دوار بطور مســتقیم و یا بواســطه تســمه ی چرخشــی، به داخل میکروداکت هل داده شــده و هم زمان هوایی که عموماً رطوبت آن گرفته و سرد شده است، جهت کم کردن تماس میکروکابل با بدنه داخلی میکروداکت و پایین آوردن اصطحکاک، به داخل میکروداکت دمیده می شود. انجام این روش، به عوامل مختلفی بستگی دارد که بسیار تعیین کننده هستند.

این عوامل عبارتند از:

۱. نوع دستگاه Blower مورد استفاده
۲. اندازه جریان هوای فشرده
۳. شکل و طول مسیر

ویژگی های ساختاری میکروداکت و میکروکابل



مراحل آزمایش یکپارچگی

آزمایش یکپارچگی و فشار در پایان مرحله نصب انجام می شود تا از سلامت میکروداکت ها اطمینان حاصل شود. این آزمایش جهت بررسی و یافتن خرابی های احتمالی میکروداکت نصب شده از قبیل تغییر شکل داکت ، خمش تیز و خارج از استاندارد،

پیچ‌خوردگی، له شدگی، ناپیوستگی در طول مسیر، فرورفتگی، کنگره کنگره شدگی و سایر موارد انجام می یابد.

نوع خرابی هائی که با این آزمایش ها مشخص می شوند به قرار زیر هستند:

- در نقطه ای از مسیر میکروداکت قطع شده باشد
- کانکتور میکروداکت ها به درستی متصل نشده باشد
- در محل اتصال کانکتورها، نشتی هوا وجود داشته باشد
- میکروداکت در نقطه یا نقاطی پیچ خورده باشد
- میکروداکت در نقطه یا نقاطی مسدود شده باشد
- میکروداکت در نقطه یا نقاطی پنچر شده باشد

مرحله ۱- آزمایش Blowing هوا تست پیوستگی

هوای کمپرسور به اندازه ۱۰ بار (10 bar) بین ۱ تا ۵ دقیقه (بسته به طول و قطر میکروداکت) در آن تخلیه گردد.

در انتهای دیگر میکروداکت اندازه جریان خروجی هوا باید برابر جریان ورودی آن باشد. کنترل این شدت جریان هوا می تواند بصورت تجربی و در صورت عدم وجود کارشناسان با تجربه در انتهای مسیر، بوسیله مانومتر انجام شود.

برابری جریان هوای ورودی و خروجی به معنای پیوستگی میکروداکت است.

جریان خروجی کم یعنی:

- اتصال ضعیف کانکتورهای مسیر
- پنچر بودن میکروداکت

- تا حدی مسدود بودن آن در یک یا چند نقطه و مواردی از این قبیل

هیچ جریان هوایی را دریافت نکردن یعنی:

- قطع میکروداکت در مسیر
- انسداد کامل میکروداکت
- ناپیوستگی به علت نصب نکردن کانکتورها

مرحله ۲- کاربرد اسفنج جهت تمیز کردن میکروداکت ها

اگر آزمایش مرحله ۱ مورد قبول واقع شد، باید آزمایش اسفنج و تمیز کردن میکروداکت آغاز شود تا داخل میکروداکت ها از وجود احتمالی گرد و خاک، رطوبت و دیگر آلودگی‌ها تمیز شود.

این مرحله تمیز کردن میکروداکت ها نباید نادیده گرفته شود و حتماً باید اجرا گردد.

قطر اسفنج باید تقریباً دو برابر قطر داخلی میکروداکت و طول آن ۳۰ تا ۵۰ میلی متر باشد.

با فشار حدود ۱۰ بار (۱۰ bar) هوای فشرده اسفنج به داخل میکروداکت Blow شود.

در خصوص تمیز کردن میکروداکت ها، دستگاه های مختلف Blowing روش های مختلفی ارائه می دهند که باید از آنها پیروی کرد.

نکته: بسته به طول میکروداکت، زمانی که مسیر میکروداکت توسط اسفنج طی می شود ممکن است تا چند دقیقه طول بکشد. هر چه قطر داخلی میکروداکت کوچکتر باشد عبور

اسفنج از داخل آن بیشتر طول می کشد. همچنین در زمان خارج شدن اسفنج از انتهای دیگر میکروداکت، باید نحوه و شرایط خارج شدن آن توسط شخصی که در انتهای خط مستقر است نظارت شود.

مرحله ۳- Blowing شاتل، فشنگی، پاراشوت یا ساچمه

این مرحله زمانی انجام می شود که مراحل قبلی صورت پذیرفته و نتیجه آن مورد قبول باشد. مهمترین کاربرد آزمون مرحله ۳، آگاهی یافتن از خرابی های احتمالی مانند خمش های تند، پیچ خوردگی، انسداد و تغییر حالت میکروداکت در طول مسیر است. اندازه شاتل به تشخیص تمامی خرابی های بالقوه کمک می کند. این اندازه بر اساس رابطه ذیل تعیین می شود:

قطر خارجی شاتل = حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد قطر داخلی میکروداکت.

جدول اندازه شاتل ها که توسط یکی از تولید کنندگان ارائه شده به شرح زیر است:

Shuttle size calculation - Microduct DB					
Microduct OD [mm]	Microduct ID [mm]	Wall Thickness [mm]	Min. Bend Radius [mm]	Shuttle OD [mm]	Shuttle Length [mm]
5	3,5	0,75	50	-	
6	4	1	60	-	
7	3,5	1,75	70	-	
8	4	2	80	-	
10	5,5	2,25	100	4	40
12	8	2	120	6	55
14	10	2	140	8	65
16	12	2	160	9,5	75
40	32	4	400	25	195

ناظر مستقر در انتهای دیگر میکروداکت باید خروج شاتل را مشاهده و تأیید کند.

تذکر مهم: شاتل در انتهای مسیر میکروداکت با شدت خارج می شود و می تواند صدمات جسمی جدی را به فرد یا افراد مستقر در انتهای میکروداکت وارد کند، لذا این فرد یا افراد نباید در مسیر خروج شاتل قرار گیرند و رعایت کلیه اقدامات ایمنی در این خصوص یک الزام است. برای راحتی کار و البته بالا بردن ایمنی در زمان کنترل خروجی شاتل، بهتر است سر میکروداکت را در یک بطری شفاف که پر از آب شده باشد، قرارداد که هم خروج پاراشوت مشاهده شود و هم از نظر ایمنی ناظر و دیگر حاضران در محل، آسیب نبینند.

آزمایش فشار

آزمایش فشار عموماً زمانی انجام می شود که قطر میکروداکت کمتر از 1mm باشد و همچنین آزمایش های فوق نیز انجام و قبول شده باشد. این آزمایش هرگونه نشتی در قسمت کانکتورها یا پنچری در مسیر میکروداکت ها را مشخص می کند. توضیح اینکه در برخی پروژه ها از میکروکابل با قطر زیر 1.5mm که به نام های ABF[1] (یا EPFU[2]) نامیده می شود، استفاده شده است که در آن پروژه ها، میکروداکت هایی به ابعاد 5*3.5 mm بکار می رود. به همین دلیل احتمال پنچری این میکروداکت ها بالا بوده و این تست برای این مدل از میکروداکت ها بسیار ضروری است.

---

[1] Air Blown Fiber

[2] Enhanced Performance Fiber Unit

مراحل آزمایش به قرار زیر است:

هر دو انتهای یک میکروداکت باید با کانکتور والف دار مسدود گردد.

از یکی از دو انتهای میکروداکت، از والف هوا ۵/۵ بار (5.5 bar) هوا وارد آن می گردد. باید منتظر شد تا فشار هوای داخل میکروداکت در سرتاسر آن بطور یکسان به ۵/۵ بار برسد و ثابت بماند.

پس از متعادل شدن ۵/۵ بار هوا در داخل میکروداکت، به آهستگی از هوای داخل میکروداکت کاسته شود تا فشار داخل آن به ۵ بار (5 bar) برسد و ثابت بماند.

اگر در عرض یک دقیقه افت فشار مشاهده نشد باید تا ۳۰ دقیقه صبر کرد.

اگر در طول ۳۰ دقیقه افت فشار کمتر از ۴.۵ بار نشد، آزمایش فشار مورد قبول است.

اعداد آزمایش های فوق مربوط به یکی از کارخانه های تولید کننده میکروداکت است و ممکن است دیگر کارخانه های تولیدکننده این محصول،اعداد و معیارهای قبولی متفاوتی ارائه دهند ولی اصول این آزمایش ها شبیه هم هستند.

قوانین اصلی در Blowing

دستگاه Blowing باید متناسب با قطر خارجی کابل و قطر خارجی میکروداکت باشد.

سطح خارجی میکروکابل باید با سطح داخلی میکرو داکت سازگار باشد.

دستگاه Blowing باید همیشه تمیز و در وضعیت خوب باشد.

آزمایش پیوستگی یک ضرورت است که قبل از عملیات Blowing کابل باید انجام شود.

مقدار استفاده از روان ساز (Lubrication) در هنگام شوت کابل باید به اندازه باشد. این اندازه عموماً یا توسط کارخانه سازنده دستگاه تعیین می شود و یا به تجربه توسط تکنسین اعمال می گردد.

اگر روان کاری بیش از اندازه باشد بین کابل و میکروداکت چسبندگی ایجاد می کند. توصیه می شود در زمانی که کارشناس Blowing نیازی به استفاده از روان ساز نمی‌بیند، از آن استفاده نشود. در صورتی که در یک مسیر از روان ساز استفاده نشود و دو سر میکروداکت نیز با کانکتور Gasblock متناسب، بدرستی آب بندی شده باشد، می توان تضمین کرد که از این میکروداکت در آینده می شود مجدداً استفاده کرد. اما استفاده بیش از اندازه از روان ساز باعث می شود بیرون کشیدن میکرو کابل از میکروداکت و شوت مجدد میکروکابل درون آن بدون ریسک نباشد.

بهترین شرایط دما برای کار با دستگاه های Blowing بین ۵ تا ۲۰ درجه سانتیگراد است.

در شرایطی که خط حفاری شیب دار باشد بهتر است عملیات Blowing از بالای شیب به سمت پائین انجام شود.

در زمان Blowing دقت شود تا حد امکان میکروکابل با زمین تماس پیدا نکند.

تلرانس قطر ژاکت میکروکابل نباید بیش از 0.1 mm باشد.

سطح میکروکابل باید کاملاً تمیز باشد.

در ادامه جدول پیشنهادی یکی از تولید کنندگان برای انتخاب قطر میکروداکت و میکروکابل مشاهده می شود

			Theoretical calculated values		Proved by practice (500-1000m achieved)	
ID Microduct [mm]	OD Microcable IDEAL [mm]	Filling ratio [%]	OD Microcable MAXIMUM [mm]	Filling ratio [%]	Recommended max. cable OD [mm]	Filling ratio [%]
3,5	1,8	25%	3,0	75%	2,1	36%
5,5	2,8	25%	4,8	75%	3,9	50%
8	4,0	25%	6,9	75%	6,3	62%
10	5,0	25%	8,7	75%	7,6	58%
12	6,0	25%	10,4	75%	9,7	65%
14	7,0	25%	12,1	75%	10,5	56%

مستندسازی

RedLine AsBuilt

نقشه های Red Line

نقشه های ردلاین، نقشه هایی هستند که وضعیت دقیق اجرایی در زمان اجرا، مطابق با محل و با خط قرمز بر روی آن منعکس می گردد. به طوری که شامل کلیه اطلاعات اجرایی بوده و مواردی از قبیل کدهای اجرایی، نوع داکت، نوع کابل، عمق ترانشه، فاصله از نقطه معین، نوع حفاظ مکانیکی استفاده شده در موارد خاص، متراژ و شماره قرقره داکت، متراژ و شماره قرقره کابل، موقعیت دقیق حوضچه ها، آنتن ها هم چنین سکوها و کابینت ها، موقعیت سایت های Indoor یا Outdoor، ساختمان ها و سایر موارد ، بر اساس دستورالعمل زیر در آن قید می شود.

نکته: با توجه به اینکه پیمانکار نقشه‌های چون ساخت را از روی نقشه‌های ردلاین تهیه می کند، در نتیجه تهیه به موقع و دقیق نقشه های مزبور اهمیت فراوانی دارد. لازم است نقشه های ردلاین دارای مشخصات زیر بوده و ثبت این موارد در هر برگ از ردلاین انجام شود:

۱. نوع کانال، میکروداکت و لوله و کابل
۲. شماره قرقره داکت و کابل
۳. طول موجود بر روی قرقره داکت و کابل

٤. طول داکت گذاری و کابل کشی مفید
٥. طول دست پیچ کابل در هر حوضچه
٦. چگونگی هدایت داکت و کابل به سمت کابینت، سایت یا ساختمان
۷. تاریخ و ساعت شروع و پایان عملیات داکت گذاری و کابل کشی
۸. نام ناظر، پیمانکار، سرپرست کارگاه، سرکارگر، مسئول ترنچر
۹. فاصله ترنچ از جدول یا محور جاده (آکس = AX) و در جاده ها، حریم جاده مشخص گردد.
۱۰. کد ابتدا و انتها و تغییر مسیر نسبت به جدول یا آکس و فاصله و علت آن ذکر گردد.
۱۱. درصورت تغییر عمق داکت گذاری کد ابتدا و انتها همراه با عمق مشخص گردد.
۱۲. درصورت استفاده از لوله در مسیر اجرا، نوع، متراژ، کدمحل نصب و عمق آن مشخص گردد.
۱۳. تغییر طرح و مسیر با ذکر دلیل در هر برگ با کد مربوطه و در صورت امکان با توجه به وضعیت منطقه مشخصات زمین در هر برگ قید شده و نحوه عبور در برخورد با انواع جوی آب و سایر تأسیسات زیرزمینی مشخص گردیده و نقشه شماتیک آنها بر اساس تمپلیت های ارائه شده تکمیل شود.

نوع حفاظ مکانیکی با حجم و متراژ مشخص گردد:

- لوله فلزی
- PE/PVC
- بتن
- بتن مسلح
- آجر چینی
- و سایر موارد

محل عبور های عرضی و نحوه عبور با کد مربوطه مشخص گردد:

- سایز میلگرد
- عمق بتن زیر و روی میلگرد
- انتقال دقیق محل شروع و خاتمه مسیر

انجام موارد خاص و محدود:

- نحوه بستن لوله به بدنه پل ها و تونل ها و غیره که باید در نقشه مشخص شود

تغییرات و انحراف احتمالی مسیر به دلیل عبور تأسیسات خاص در نقشه قید گردد:

- پمپ بنزین
- کارخانه و سایر موارد لازم
- تعیین محل دقیق موارد زیر علاوه بر فاصله‌از جدول، اکس جاده و کد مربوطه حتی الامکان با درج فاصله از یک علامت مشخصه تعیین کننده درمحل (ساختمان مشخص، آب رو، تابلو خاص، تیر انتقال برق و دیگر موارد) در نقشه مشخص گردد.
- انواع حوضچه ها
- مفصل ها
- سکوها
- کابینت ها
- T, Y, I ها و سایر موارد لازم
- در مسیرهای بین شهری محل مارکرها یا تیرک های شناسائی با کد محل و شماره روی آن و فاصله آن به کیلومتر از مرکز مشخص گردد.

Asbuilt

نقشه اجرا شده یا چون ساخت، بازگو کننده وضعیت اجرائی کلیه امور، اعم از کانال سازی یا داکت گذاری، کابل کشی، مفصل بندی، نصب انواع سکو ها، کابینت ها، لدر و استراکچرها، راک ها (شامل Indoor و Outdoor)، من هول ها و هند هول ها، چاه‌ارت و مواردی از این قبیل بوده که پس از اتمام مراحل اجرایی بر روی نقشه های اصلی که در اختیار پیمانکار قرار گرفته با علامت گذاری دقیق (مطابق اجرا) بر اساس نقشه های ردلاین تهیه می گردد بطوری که این نقشه ها دقیقاً با وضعیت فیزیکی اجرا شده طرح مطابقت داشته و ملزومات مصرف شده و تمامی موارد مربوط به آن را بیان کند. این نقشه ها باید در نهایت مورد تأیید کارفرما قرار گیرد.

هدف از تهیه نقشه های چون ساخت:

شناسائی وضعیت پروژه اجرا شده جهت نگهداری شبکه

نهائی کردن صورت حساب‌ها و مشخص شدن اجناس مصرفی

نحوه تهیه ازبیلت:

کلیه پیمانکاران و واحدهای نظارت بر اجراء موظف هستند هرگونه تغییرات در حین اجرای پروژه‌ها را بر اساس دستورالعمل های مربوطه، از روی نقشه های ردلاین به شرح ذیل آماده نمایند.

دراین نقشه‌ها موارد زیر مشخص می گردد:

- مسیر دقیق کانال ها
- تعداد و انواع میکروداکت‌ها در طول مسیر

- انواع دیگر داکت ها مایکرو COD، COD، PVC، PE، گالوانیزه و سایر موارد
- درج متراژ طولی و فواصل عرضی
- محل بتون ریزی و میزان آن
- عمق و عرض حفاری
- محل دقیق من هول ها، هند هول ها و CAN ها، دکل ها و آنتن ها
- زدن سکشن و درج نوع و فاصله حوضچه ها، گلویی آن ها و تعداد و آرایش لوله‌های مابین حوضچه ها، داکت های پر و خالی وسایر موارد

نقشه‌های کابلی نیز به صورت زیر مشخص شود:

- مسیر کابل‌های کانالی، خاکی یا هوایی
- ذکر دقیق محل نصب و مشخصات کابل‌ها
- ذکر محل مفصل ها در طول مسیر با قید فاصله از حوضچه یا کابینت قبلی و تعداد آن ها و عمق نصب آن ها

تغییر طرح باید در آن نقاط با زدن سکشن یا مقطع و در صورت نیاز ترسیم پروفایل طولی نقشه ها را اصلاح و علت تغییر طرح و مجوز مربوطه را نیز در جدولی جداگانه برای هر مسیر در کنار نقشه های ازبیلت ارائه نمایند:

- اضافه یا کاهش عمق
- تغییر مسیر داکت یا لوله گذاری
- بتن ریزی
- عبور از موانع و سایر موارد

تحویل اولیه نقشه های ازبیلت:

پیمانکاران اجرایی باید نقشه های اولیه ازبیلت یا ردلاین را به همراه برآورد ملزومات مصرفی طبق مشخصات فوق تهیه و جهت بررسی و مطابقت با نقشه‌های اجرایی واحد نظارت و تأیید نقشه ها، به واحد نظارت ارسال نمایند.

واحد نظارت پس از دریافت نقشه ها ضمن کنترل و مقایسه آنها با نقشه ها و گزارش ناظرین خود، نقشه ها را اصلاح و جهت رفع اشکالات احتمالی به پیمانکار عودت می‌دهد.

پیمانکار پس از رفع اشکالات، نقشه ها و برآورد های اصلاح شده را مجدداً برای ناظر ارسال می نماید.

واحد نظارت پس از بررسی و تأیید، سوابق فوق را جهت تأیید نهایی به معاونت توسعه و مهندسی ارسال می نماید.

تهیه و تحویل نهایی نقشه های اجرا شده ازبیلت:

پس ازتأیید نقشه‌های ازبیلت توسط معاونت توسعه و مهندسی، پیمانکار موظف است یک نسخه سافت کپی و دو نسخه هارد کپی به ابعاد A۳ تهیه و در اختیار معاونت توسعه و مهندسی قرار دهد.

لازم به ذکر است که در نقشه‌های چون ساخت مسیرهای اجرائی (کانال، حوضچه، سکو و کابینت، کابل، لوله وسایر موارد) باید با رنگ قرمز و با ضخامت ۰۸ تهیه و ارائه می‌شود.

کلیه علائم مشخصه از قبیل مفصل و موارد مشابه لازم است با ضخامت ۰۳ منعکس شود.

غیر از موارد مذکور باید تمامی موارد باقی مانده با ضخامت ۰۲ منعکس گردد.

در نقشه‌های چون ساخت طی جدولی نحوه حفاری، کانال سازی، کابل کشی (با ماشین کابل کشی، دستی، بیل مکانیکی وسایر موارد) همچنین نوع زمین (سنگی، دژ، معمولی، باتلاقی وسایر موارد) و عمق در قسمت‌های مختلف مسیر باید مشخص و ارائه گردد.

ردلاین در زمان کابل کشی و داکت گذاری

دراین مستند، "کد" به معنی متراژ است. این متراژ، عددی است مابین اجزاء اصلی شبکه (سایت، کابینت، حوضچه و CAN) که از "۰" شروع و تا جزء اصلی بعدی ادامه می یابد.

نکته: با توجه به اینکه نقشه‌های چون ساخت (As-Built) از روی نقشه‌های ردلاین تهیه می شود، در نتیجه تهیه به موقع و دقیق نقشه های مزبور اهمیت فراوانی دارد.

لازم است مستند پیوستِ نقشه های ردلاین دارای مشخصات زیر باشد:

- نوع کانال، داکت و کابل، با ذکر کدهای ابتدا و انتها
- شماره قرقره داکت و کابل با ذکر کدها
- طول موجود داکت و کابل بر روی قرقره
- طول داکت گذاری و کابل کشی مفید با ذکر کدها
- طول دست پیچ کابل در هر حوضچه، کابینت و سایت
- چگونگی هدایت داکت و کابل به سمت سایت
- تاریخ، ساعت شروع و پایان عملیات داکت گذاری و کابل کشی
- نام ناظر، پیمانکار، سرپرست کارگاه، سرکارگر، ترنچر

در صورت تشخیص، با توجه به وضعیت منطقه مشخصات زمین در هر برگ قید گردد.

لازم است نقشه های ردلاین دارای مشخصات زیر باشد:

- فاصله کانال اجرا شده از محور جاده (آکس = AX)
- اعلام حریم جاده
- کد ابتدا و انتها و تغییر مسیر نسبت به آکس و فاصله و علت آن ذکر گردد.

درصورت تغییر عمق داکت گذاری و کابل کشی کد ابتدا و انتها همراه با عمق مشخص گردد.

درصورت استفاده از دیگر موارد درمسیر اجرا، نوع، متراژ، کد محل نصب و عمق آن مشخص گردد.

تغییر طرح و مسیر با ذکر دلیل در هر برگ با کد مربوطه مشخص گردد.

نحوه عبور در برخورد با انواع جوی آب و سایر تأسیسات زیرزمینی مشخص شده و نقشه شماتیک آنها بر اساس تمپلیت های ارائه شده، تکمیل شود.

نوع حفاظ مکانیکی با حجم و متراژ مشخص گردد

- لوله فلزی
- PE/PVC
- بتن
- بتن مسلح
- سایز آرماتور
- شکل سیستم مسلح
- بلوک سیمانی
- آجر چینی و سایر موارد

محل عبور های عرضی و نحوه عبور با کد مربوطه مشخص گردد

- متراژ و سایز میلگرد
- عمق بتن زیر و روی میلگرد
- حجم بتن ریزی
- درج دقیق محل شروع و خاتمه مسیر بر روی نقشه ها با کد مربوطه

انجام موارد خاص و محدود:

- نحوه بستن لوله به بدنه پل ها، تونل ها، زیر گذرها و سایر موارد که باید جزئیات آن در نقشه مشخص گردد
- درج مقدار کالاها و لوازم مصرفی اجرا شده (پیدا و پنهان) در این موارد

تغییرات و انحراف احتمالی مسیر به دلیل عبور تأسیسات خاص با درج کد در نقشه

- پمپ بنزین
- خطوط لوله
- کارخانه
- رمپ های ورود و خروج و سایر موارد

تعیین محل دقیق موارد زیر علاوه بر فاصله از اکس جاده و کد مربوطه حتی الامکان با درج فاصله از یک علامت مشخصه تعیین کننده درمحل (ساختمان مشخص، آب رو، تابلو خاص، تیر انتقال برق و سایر موارد) در نقشه مشخص گردد.

- حوضچه ها و CANها
- مفصل ها
- سکوها و کابینت ها
- مفصل های داکت T, Y, I
- سایر موارد مشابه و خاص

در مسیرهای بین شهری محل مارکرها یا تیرک های شناسائی، با کد دقیق محل و شماره آن بر روی نقشه مشخص گردد.

درج طول و عرض جغرافیایی:

- محل سایت ها
- محل کابینت ها
- محل حوضچه و CANها
- محل I, Y و T
- محل مفصل فیبرنوری بین مسیر
- شروع و خاتمه عبور عرضی
- محل انحراف های عمده از مسیر مستقیم و بازگشت به مسیر

لازم است در زمان اجرای پروژه موارد زیر عکاسی شود:

- محل اجزاء اصلی شبکه شامل سایت، حوضچه، CAN و کابینت ها
- محل I, T و Y
- محل مفصل بین راهی
- تصویر داخل مفصل، پچ پنل، OCDF[۱]/ODF و پست باکس ها و داخل هر کاست؛ در حین انجام کار و پس از اتمام مفصل بندی
- دست پیچ داخل حوضچه و CANها، مفصل و پست باکس ها
- تصاویر عبور از معارض در حین انجام کار و پس از بازسازی
- مکان هایی که یک مشکل خاص در اجرا رخ می دهد

در خصوص تست و تحویل نیز لازم است موارد زیر انجام شود:

لازم است کلیه تارهایی که سربندی شده اند، با دستگاه OTDR[۲] در دو طول موج ۱۳۱۰ و ۱۵۵۰ نانو متر تست شوند.

- کپی گواهی کالیبراسیون دستگاه OTDR پیوست مستندات باشد.
- جدول خلاصه نتایج تست مطابق با تمپلیت مربوطه تهیه شود.
- جدول نتایج تست یک به یک بودن لینک ها بوسیله ست دستگاه OLTS[۳] یا دو دستگاه Power Meter و Laser Source آماده شود.

---

۱ Optic Cable Distribution Frame

۲ Optical Time Domain Reflectometer

۳ Optical Loss Test Set

- فایل اصلی نتایج تست OTDR به همراه نرم افزار مربوطه،
- فرم ردلاین
- کد مستند: RE-001-TXT نام پروژه: شماره نقشه:

تاریخ و ساعت شروع و پایان:			وضعیت هوا و دما:	
نام پیمانکار: نام ناظر:		نام سرکارگر:	تعداد کارگر:	مسئول ترنچر:
تعیین موارد* اجرا شده در مسیر:			کد** مسیر اجرا شده:	
تعیین موارد اجرا شده در مسیر:			کد مسیر اجرا شده:	
تعیین موارد اجرا شده در مسیر:			کد مسیر اجرا شده:	
*"موارد" شامل نام سایت، ساختمان، حوضچه و ODC یا هرعنصری که در دوطرف یک سگمنت قرار دارد. ** "کد" به معنی متراژ تعیین شده مسیر از هر				
نوع زمین***:	کد: تا ،	نوع زمین:	کد: تا ،	
نوع زمین:	کد: تا ،	نوع زمین:	کد: تا ،	
*** مانند ماسه ای، بلوکاژ (قلوه سنگ)، سخره ای، بتن، آسفالت روی آسفالت و عمق آن، آسفالت خاص و دیگر موارد				
متراژ داکت گذاری: کد تا و تعیین نوع داکت:				
متراژ داکت گذاری: کد تا و تعیین نوع داکت:				
حفاری دستی: کد تا ، عرض، عمق، نوع زمین:				
نوع معارض:	کد	نوع معارض:	کد	
نوع معارض:	کد	نوع معارض:	کد	
نوع معارض:	کد	نوع معارض:	کد	
نوع معارض:	کد	نوع معارض:	کد	
توضیحات: *اتفاقاتی که درزمان اجرای پروژه رخ داده که باعث توقف پروژه شده و یا روند اجرای آن تغییر داده است بیان شود.*				
نام و امضاء				

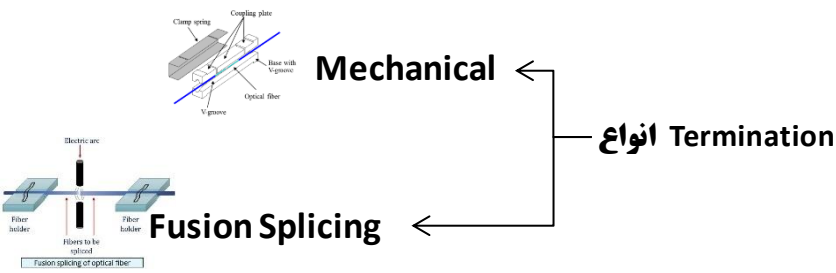
فصل
پنجم

سربندی
تارهای نوری

سربندی termination

به عملیات اتصال تارهای نوری به یکدیگر با مکانیزم های مختلف سربندی یا Terminationمی گویند.

انواع سربندی



Mechanical Splice اتصال مکانیکی

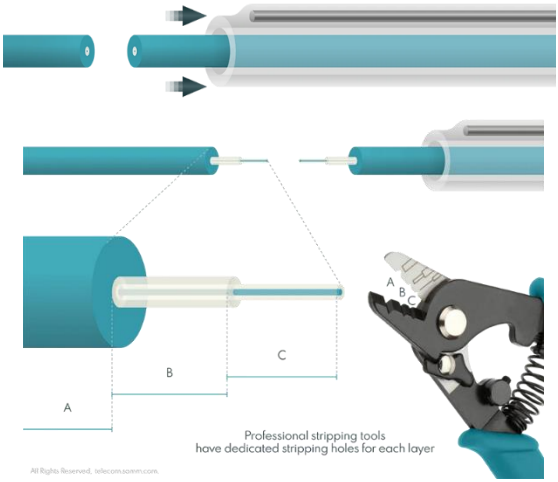
در این روش و پس عملیات stripping و پس از آن Cleaving بر روی تارهای نوری در ابتدا از یک سمت کانکتور مخصوص Mechanical splice تار نوری وارد شده و پس از آن سمت دیگر تار دیگر وارد کانکتور می گردد. به منظور اطمینان از کیفیت اتصال تارها (قرارگرفتن تارها در روبروی هم) از منبع لیزر نور داخل یکی از تارها ارسال شده و محل اتصال بررسی می گردد. پس از اطمینان از نحوه صحیح اتصال با فشار بر روی کانکتور ژل پرکننده هوا که از جنس اپکسی می باشد در فاصله دو تار تزریق شده و گپ موجود را پر می کند.

Fusion Splicing اتصال توسط جوش الکتریکی

در این روش تمامی عملیات اتصال توسط دستگاه Fusion Splicer و به صورت اتوماتیک انجام می پذیرد. این دستگاه پس از قرار دادن تارها در فک های روبروی هم با تنظیم تارها در زوایای X,Y و نزدیک کرن آن ها به یکدیگر به صورت خودکار با استفاده از قوس الکتریکی دو تار مورد نظر را جوش داده و کیفیت جوش انجام شده را اعلام می‌نماید.

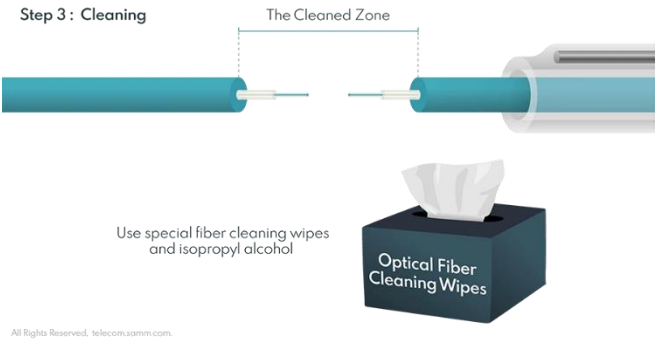
در زیر مراحل انجام کار به صورت تصویری به نمایش گذاشته شده است:

عبور دادن شیرینک حرارتی بر روی یکی از تارها جهت محافظت از Splice

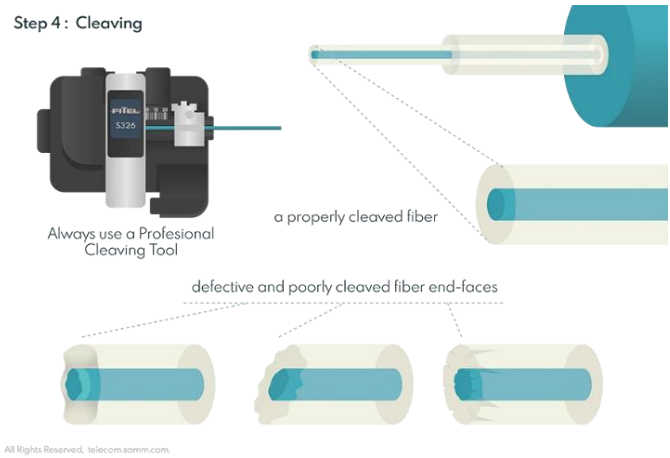


stripping روکش برداری

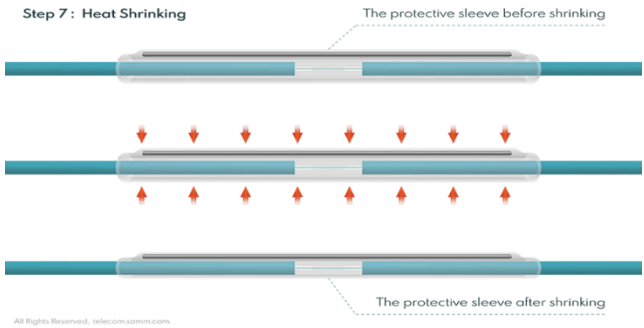
تمیز کردن تارها جهت چربی زدایی با پدهای مخصوص آغشته به الکل



برش زدن تارها cleaving



عملیات Splicing و پس از آن قراردادن Heat shirink داخل Owen



مزایای استفاده از روش Mechanical Splice

- عدم نیاز به منبع برق
- عدم نیاز به ابزارآلات اضافی
- سرعت اجرای بالاتر

معایب استفاده از روش Mechanical Splice

- افت بالاتر محل اتصال نسبت به Fusion Splice
- فقط مناسب جهت استفاده بر روی تارهای Multimode
- گران بودن کانکتورها و بالا رفتن هزینه اجرا
- تاثیر دما بر روی ضریب شکست تارهای متصل شده
- قابلیت استفاده در محیط های داخل ساختمان ها

مزایا استفاده از روش fusion Splice

- دقت بالاتر و اطمینان بیشتر
- صرفه اقتصادی در کل پروژه
- اتلاف و برگشت نور کمتر
- اتصال بدون شکاف

مزایا استفاده از روش fusion Splice

- نیاز به منبع برق
- عدم امکان استفاده از دستگاه در مکان های با دسترسی دشوار
- هذینه اولیه بالا برای خرید دستگاه
- تمام شدن عمر الکترود ها و نیاز به تعویض قطعات

آشنایی با تجهیزات اتصال تارهای نوری

در شبکه های فیبر نوری، انواع کابل های نوری مانند کابل های کانالی، خاکی، هوائی، OPGW، میکروکابل ها، کابل های دریایی و سایر موارد بکار می رود.

کابل های نوری کانالی در ساب داکت های مسیرهای کانالی، کابل های نوری خاکی در ترانشه های مسیر های خاکی، کابل های نوری هوائی روی تیرک های چوبی یا فلزی، کابل های OPGW روی دکل های برق فشار قوی، میکروکابل ها در میکروداکت ها، کابل های دریایی در بستر دریاها و اقیانوس ها و سایر موارد نصب می شوند.

در اکثر موارد، حد فاصل سیستم های فرستنده و گیرنده، متشکل از چند قرقره کابل نوری است، لذا قطعات کابل های بین ابتدا و انتهای خط باید به هم پیوسته گردند، جهت پیوستن این کابل ها عملیات مفصل بندی نوری (Fusion Splice) انجام می‌شود.

مفصل های نوری (Optical Closures)

مفصل های نوری در انواع مختلف تولید می شوند، مفصل های مورد استفاده در ایران عموماً به دو دسته تقسیم می شوند:

مفصل های In-Line

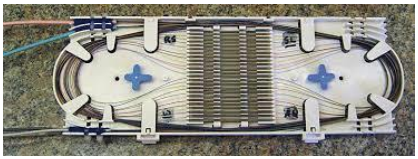
مفصل هائی که کابل های نوری از دو سمت آن وارد مفصل می شود و به آن In-Line Closure می گویند.

مفصل های Dome

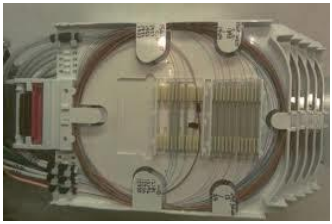
مفصـــل هائی که کابل های فیبر نوری فقط از یک ســـمت آن وارد مفصـــل می شـــود و به آن مفصـــل های کله قندی و یا Dome Type Closure می گویند.

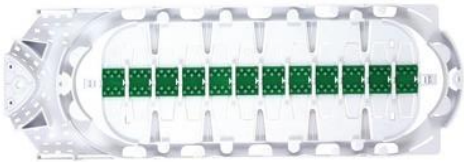
کاست های نوری

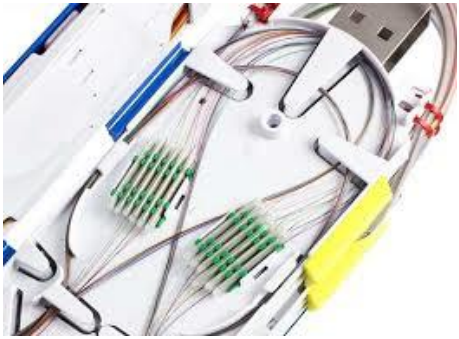
کاست های نوری (Splice Tray) که در مفصل های نوری، شلف ها، کابینت ها و سایر موارد و متناسب با ساختار آنها طراحی شده است.



LONGXING







ویژگی مفصل های نوری

مفصل های نوری (Optical Closures) باید دارای ویژگی های ذیل باشند:

- بدنه آنها طبق استاندارد های معتبر باید در برابر شرایط محیطی مقاوم باشد.
- حداقل دارای ۴ ورودی کابل (Cable entries) باشد (چه Dome Type چه In-Line).
- کمرگیری کابل (Mid-span branch) در آن امکان پذیر باشد.
- در هر یک از مفصل های Dome Type یا In-Line، باید فضائی برای ذخیره سازی طول اضافی لوزتیوب های عبوری، تیوب های محافظ و تارهای نوری انشعابی وجود داشته باشد.
- گیره های مخصوص جهت بستن عضو مقاوم مرکزی (Central Strength Member) یا عضو مقاوم میانی (Intermediate Strength Membr) کابل در آن وجود داشته باشد.
- محل مخصوص اتصال سیم زمین (ارت) جهت پیوستگی شیلدکابل های نوری خاکی داشته باشد.
- اجزاء نصب شده در مفصل مانند کاست ها، تارهای نوری آرایش شده درون کاست ها، لوزتیوب های آرایش شده، تیوب های محافظ وسایر موارد نباید پس از بستن مفصل در اثر ضربه و تکان های وارده، از جای خود حرکت کنند.
- مفصل باید از نوع R-Type یا نام دیگر آن Re-enterable باشد یعنی نیاز به لوازم اضافی مانند Sealing Tape و Sealing cord نداشته باشد و در اثر باز و بسته کردن مکرر، از آب بندی خارج نشود.

- جهت آزمایش فشار هوا و اطمینان از آب بندی، مفصل باید دارای والف هوا باشد.
- تمام قطعات فلزی داخل و خارج مفصل از فولاد نگیر (Stainless Steel) باشد و دچار زنگ زدگی و خورندگی نشود.

ویژگی کاست های نوری

ویژگی کاست های نوری (Splice Trays) در مفصل های In-Line و شلف ها:

- کاست هایی که در هر چهار گوشه آن شیارهای ورودی لوزتیوب ها یا تیوب های محافظ (Protection Tube) وجود داشته باشد برای کابل های انشعابی و کمرگیری در مفصل های In-Line مناسب ترند
- شیارهای ورودی هرکاست باید متناسب با تعداد لوزتیوب های کابل های ورودی باشد.

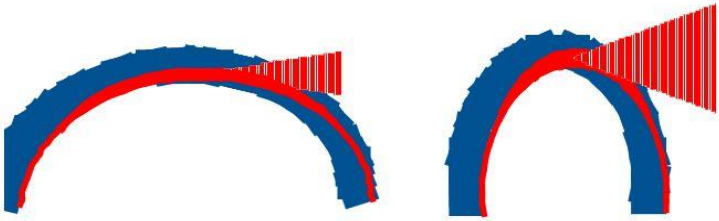
(اگر عمق شیارهای ورودی گوشه های کاست به اندازه ای باشد که در هر شیار دو لوزتیوب یا دو تیوب محافظ روی هم قرار گیرد ظرفیت آن کاست افزایش می‌یابد.)

- تعداد شیارهای نگهدارنده کریمپ ها (Crimp Organizer) در هر کاست باید متناسب با تعداد رشته تارهای لوزتیوب های وارده در کاست باشد.

(اگر ارتفاع شیارهای نگهدارنده کریمپ ها بگونه‌ای باشد که در هر شیار دو کریمپ حرارتی قرار گیرد می توان حجم بیشتری تار نوری در آن کاست جای داد.)

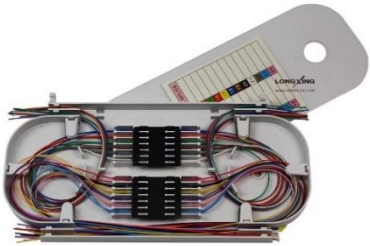
- سمت و سوی چیدمان کریمپ ها در کاست باید مشخص باشد.
- تعداد شیارها باید ضریبی از ۶ باشد و بهتر است گنجایش قرار دادن ۲ کریمپ حرارتی در هر شیار را داشته باشد (تعداد تارهای نوری داخل هر لوزتیوب عموماً ۶ یا ۱۲ رشته و در کابل های Unitube تا ۲۴ و گاهی ۴۸ رشته است).
- هر کاست نوری، در محل شیار ورود لوزتیوب ها یا تیوب های محافظ، باید محل نصب بست کمربندی (Tiewrap) جهت مهار کردن لوزتیوب ها و یا تیوب های محافظ به کاست را داشته باشد.
- کاست هایی که شیارهای نگهدارنده کریمپ های آن (Crimp Organizer) در وسط قرار دارد و بستر آرایش تارهای نوری در دو طرف آن واقع است هم برای نصب و هم برای نگهداری مناسب تر است.

- اگر قطر دایره بستر آرایش تارهای نوری در کاست ۸ سانتی متر (8cm) باشد، استاندارد خمش تارهای نوری آرایش شده در کاست به راحتی حفظ می شود.
- هرگاه قطر آرایش تارهای نوری گروه G652 در کاست کمتر از ۶ سانتی متر (6cm) شود افت آن نقطه از خط بالا می رود و هرچه حلقه آرایشی تار نوری تنگ تر گردد افت آن نقطه از خط بیشتر می شود.



- بسترآرایش تارهای نوری در کاست باید بگونه ای باشد تا از در هم ریختن و از جای خارج شدن تارهای نوری جلوگیری نماید.
- کریمپ های حرارتی در داخل شیارهای نگهدارنده پس از اتمام کار، نباید از جای خود حرکت کنند و یا از درون شیار خارج شوند.
- کاســـت نوری نباید دارای لبه های تیز و یا هرگونه زائده ای باشـــد که به تارهای نوری آسیب برساند.
- گاهی تارهای نوری دو لوزتیوب که باید به یکدیگر جوش شوند به اجبار هم مسیر می‌شوند، در چنین شرایطی اگر کاست دارای شیار مخصوص متقابل کردن تارهای نوری هم مسیر باشد مزیت آن کاست است، در غیر این صورت تارهای نوری باید با آرایش غیر استاندارد بشکل S متقابل گردند.

نکته: درکاست هایی که یک بستر آرایشی دارند تارهای نوری متقابل، در پیرامون داخلی کاست روی یکدیگر آرایش می شوند، در این نوع کاست ها شناسایی و ردیابی یک تار خاص و بیرون کشیدن آن از بین تارهای دیگر نسبت به کاست هایی که آرایش تارهای متقابل در دو بستر جداگانه قرار دارند دشوارتر است.



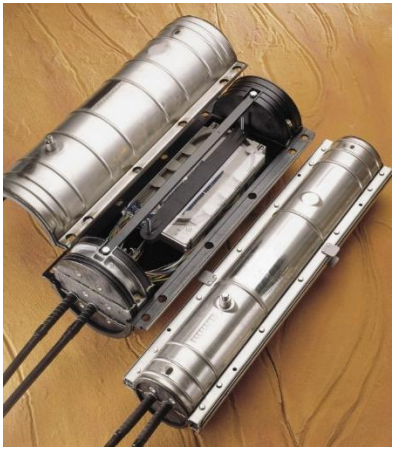
نکته: در کاست های مفصل های Dome Type ورودی تیوب های محافظ یا لوزتیوب ها به داخل کاست ها از یک سمت است.

مفصل بندی کابل های نوری

مفصل بند قبل از اقدام به آماده سازی کابل ها باید کارهای ذیل را انجام دهد:

- دست پیچ تمام کابل های نوری داخل حوضچه، هند هول یا هر بست افزار دیگری را از محل خود بیرون بیاورد.
- اگر هر کدام از این رشته کابل ها به خود گره خورده یا به دور کابل دیگری پیچیده باشدو یا از دهانه داکت به سمت بیرون در مسیر نامناسب از لابلای کابل های دیگر عبور کرده باشد باید توسط مفصل بند آزاد شود و در مسیر درست قرار بگیرد.
- معمولاً در هنگام کابل کشی سرپوش کابل برداشته می شود و احتمال دارد آب یا رطوبت در آن نفوذ کرده باشد، لذا باید قسمت صدمه دیده و رطوبت گرفته آن از سر کابل حذف شود.
- با در نظر گرفتن فضای داخل حوضچه، هند هول یا هر بست افزار دیگری برای آرایش کابل ها و مفصل ها، برای برآوردن نظرات اداره طراحی و اداره نظارت، طول اضافی کابل ها تعیین می گردد.

نکته: متوسط طول اضافی کابل ها در حوضچه های مخابراتی ۱۵ متر و در هندهول ها، کابینت ها، باکس های دیواری و OCDF ها، بسته به شرایط زیر ۱۰ متر است.



- مفصل بند باید خاک و خاشاک وگل و لای روی کابل ها را کاملاً تمیز کند.
- آماده سازی کابل های مختلف نوری جهت مفصل بندی

کابل های نوری کانالی ژله دار

یاد آوری: معمولاً کابل های نوری کانالی ژله دار(کابل های قدیمی) دارای دو ژاکت پلی اتیلن و یک غلاف آلومینیوم در بین دو ژاکت است.

- ابتدا باید سر های مفصل در جهت درست روی کابل ها نصب شود.

از سر کابل حدود ۲ متر اندازه و علامت زده و گرداگرد ژاکت پلی اتیلن نهائی در محل علامت با دوربر یا تیغ، یک برش تا سطح پوشش آلومینیومی ایجاد شود بدون آنکه تیغ، ژاکت پلی اتیلن زیرین کابل را لمس کند و ناخواسته به لوزتیوب ها صدمه وارد شود.

- بوسیله تیغ شکافنده غلاف کابل (Cable Seath Slitter) ژاکت پلی اتیلن نهائی همراه با پوشش آلومینیومی، تا خط برش دور کابل شکافته و غلاف برداری شود. (چون قبلاً در این نقطه گرداگرد کابل یک برش ایجاد شده است لذا می توان ژاکت نهائی و پوشش آلومینیومی کابل را به کمک تیغ به راحتی جدا کرد.)
- در فاصله ۱/۵ سانتیمتری از محل برش ژاکت نهائی، بوسیله تیغ یک شیار کم عمق گرداگرد ژاکت پلی اتیلن زیرین ایجاد شود به صورتی که عمق خط برش کمتر از ضخامت ژاکت زیرین باشد تا به لوزتیوب ها صدمه وارد شود.

- بوسیله تیغ قابل تنظیم بدون آنکه به لوزتیدب ها صدمه وارد شود حدود ۱۰ سانتیمتر از سر ژاکت زیرین کابل غلاف برداری شود. (با این عمل عمق برش تیغ قابل تنظیم تعیین می شود تا هنگام برش بیش از حد در کابل فرو نرود.)
- پس از ۱۰ سانتیمتر غلاف برداری مشخص می شود که زیر ژاکت زیرین، نخ برش وجود دارد یا خیر، اگر نخ برش در زیر ژاکت وجود داشته باشد ژاکت پلی اتیلن توسط آن نخ تا محلی که گرداگرد ژاکت زیرین خط انداخته شده است برش خورده و غلاف برداری می شود، اگر در زیر ژاکت نخ برش وجود نداشته باشد، به وسیله تیغ قابل تنظیم از ۱/۵ سانتیمتری برش ژاکت نهایی، تیغ با حرکتی یکنواخت، به سمت سر کابل کشیده و غلاف برداری شود.
- اگر کابل دارای هر دو عضو مقاوم میانی (Intermediate Strength Member) و عضو مقاوم مرکزی (Central Strength Member) باشد، عضو مقاوم میانی، بدون صدمه وارد کردن به لوزتیوب ها، از انتها چیده شود.

تذکر: اگر کابل فاقد عضو مقاوم مرکزی (Central Strength Member) باشد، باید عضـــو مقاوم میانی آن به گیره نگهدارنده داخل مفصـــل مهار شـــود لذا باید طول کافی جهت مهار آن به گیره نگهدارنده در نظر گرفته شود.

- نوار طولی پلی استر از روی لوزتیوب ها برداشته شود و اجزاء اطراف لوزتیوب ها از محل برش غلاف با احتیاط قطع گردند.

تذکر: در صورتیکه از عضو مقاوم مرکزی (Central Strength Member) کابل جهت مهار کابل در مفصل استفاده شود، حدود ۲۰ سانتیمتر از این عضو باقی بماند تا در زیر گیره مخصوص داخل مفصل اندازه و بسته شود.

- در بسیاری از کابل ها پوشش پلی اتیلن روی عضو مقاوم مرکزی، قطر این عضو را افزایش داده است به صورتی که درون گیره نگهدارنده قرار نمی گیرد، لذا جهت

قراردادن آن در درون گیره، حدود ۵ سانتیمتر از روکش پلی اتیلن آن باقی بماند و بقیه برداشته شود.

تذکر: هنگام برداشتن روکش پلی اتیلن از روی عضو مرکزی باید دقت نمود به لوزتیوب‌ها صدمه وارد نشود.

- ژله روی لوزتیوب ها کاملاً تمیز و لوزتیوب ها کاملاً خشک شوند.
- لوزتیوب ها، در داخل مفصل، تا ورودی سمت دیگر کاست ها، نیم دور گردش کنند و داخل شیار ورودی کاست ها اندازه و اضافه آن از روی تارهای نوری برداشته شود.
- لوزتیوب های اندازه شده داخل بافرهای محافظ قرار گیرند
- با ماژیک روی بافرهای محافظ ۳ سانتیمتر قبل از ورود به کاست علامت گذاری و سپس شماره های شناسائی روی آنها نصب شود.

اگر قطر لوزتیوب ها به گونه ای باشد که داخل کردن آن به درون بافرهای محافظ سخت باشد از محل غلاف برداری کابل به اندازه ۱۰ سانتیمتر از آن روی تارهای نوری باقی بماند و بقیه آن از روی تارهای نوری برداشته شود، سپس ژله فیبرها تمیز و آنگاه بافرهای محافظ تا انتها روی ۱۰ سانتیمتر لوزتیوب هم پوش (Overlap) گردد.

- شماره هر لوزتیوب در انتهای تارهای نوری آن در کاست نصب شود.
- بافرهای محافظ با نوارچسب به ژاکت کابل محکم شوند تا از روی لوزتیوب ها سُر نخورند.
- انتهای دیگر بافرهای محافظ توسط تایرپ (Tie wrap) در شیار ورودی کاست ها مستحکم شود.
- تارهای نوری حدود ۳ دور در کاست آرایش شوند.
- هر دسته تار نوری در وسط شیارهای نگهدارنده کریمپ ها اندازه و سپس طول اضافی آن قطع گردد.

- کابل در گلند ورودی مفصل مستحکم و آب‌بندی شود.
- با انجام مراحل فوق کار آماده سازی کابل نوری به پایان می رسد و تارهای نوری آماده فیوژن می‌شوند.

کابل های نوری خاکی ژله دار

درکابل های نوری خاکی به جای پوشش آلومینیومی در بین دو ژاکت پلی اتیلن، یک غلاف فولادی خرطومی شکل (Corrugated Steel Tape) به کار رفته است.

آماده سازی کابل های نوری خاکی ژله دار مانند کابل های نوری کانالی ژله دار است و فرق آن احتیاط بیشتر در غلاف برداری نوار استیل بعلت برُنده بودن زیاد آن و پیوستگی شیلد کابل ها است.

کابل های نوری کانالی بدون ژله تک ژاکت

کابل نوری کانالی جدید تنها دارای یک ژاکت پلی اتیلن است و بجای ژله در اطراف عضو مقاوم مرکزی و لوزتیوب ها بترتیب نخ و نوار جاذب آب (Swellable Cord and Swellable Tape) به کار رفته است و برای شکافتن ژاکت پلی اتیلن نیز نخ برش (Rip Cord) در زیر ژاکت وجود دارد، هم چنین رنگ لوزتیوب ها مشابه رنگ تارهای نوری است.

- ابتدا باید سر های مفصل در جهت درست روی کابل ها نصب شود.

- حدود ۱۰ سانتیمتر از سر کابل غلاف برداری گردد تا نخ برش در دسترس قرار گیرد.
- از سر کابل حدود ۲ متر اندازه زده و سپس با تیغ گرداگرد ژاکت خط انداخته شود.
- یک شکاف ۱ سانتیمتری در راستای حرکت نخ برش در ژاکت ایجاد گردد، سپس نخ برش درون آن قرار گیرد و تا شیار ایجاد شده در گرداگرد ژاکت در فاصله ۲ متری غلاف برداری شود.
- اجزاء اطراف لوزتیوب ها از کابل جدا گردد.
- بقیه مراحل آماده سازی کابل شبیه مراحلی است که در قبل توضیح داده شد و تنها فرق در این است که لوزتیوب های کابل های جدید دارای کُد رنگی است.
- در کابل هائی که دارای لوزتیوب های رنگی هستند، سر لوزتیوب های رنگی حدود ۵ میلیمتر از سر بافر محافظ بیرون بزند تا با دیدن رنگ لوزتیوب بتوان به راحتی آن را شناسائی کرد، البته شماره های آدرس دهی روی بافرهای محافظ کماکان نصب شوند.

کابل های نوری خاکی بدون ژله

کابل های نوری خاکی بدون ژله دارای دو ژاکت پلی اتیلن و یک غلاف فولادی خرطومی (Corrogated Steel Tape) بین دو ژاکت است، بقیه اجزاء آن مشابه کابل های کانالی بدون ژله است.

مراحل غلاف برداری این کابل مانند مراحل غلاف برداری کابل های نوری خاکی قدیمی است که قبلاً ذکر شد.

مراحل آماده سازی آن یعنی نصب تیوب های محافظ روی لوزتیوب ها و قرار دادن آنها در کاست، مانند کابل های بدون ژله کانالی است که قبلا" ذکر شد.

مفصل بندی میکرو کابل

آماده سازی میکرو کابل های نوری جهت مفصل بندی

میکروکابل های نوری دارای مقاومت فیزیکی کابل های نوری فوق الذکر نیستند لذا رفتار با این نوع کابل ها بایدکاملاً متفاوت باشد.

میکروکابل ها دو گونه اند:

۱. میکروکابل هایی که دارای لوزتیوب و عضو مقاوم مرکزی هستند.
۲. میکروکابل هایی که بصورتUnitube هستند و عضو مقاوم میانی دارند.

مفصل بندی مورد اول بسیار شبیه مفصل بندی کابل های معمولی فیبر نوری است و فقط باید روی آب بندی آن دقت نمود.

مفصل بندی مورد دوم (میکروکابل های Unitube) باید با تمهیداتی انجام پذیرد تا مقاومت فیزیکی این کابل ارتقا یابد و در ورودی مفصل آب بندی شود که عبارتند از:

- استفاده از تیوب های محافظ بعنوان پوشش میکروکابل در حد فاصل دهانه میکروداکت تا داخل ورودی مفصل
- اتصال تیوب محافظ به میکروداکت
- آب بندی تیوب محافظ در ورودی مفصل
- آب بندی میکروکابل در تیوب محافظ در داخل مفصل

مفصل بندی مایکروکابل ها

- ابتدا مایکروکابل ها بهمراه تیوب محافظ (در صورت وجود تیوب محافظ) از داخل سر مفصل عبور داده شود

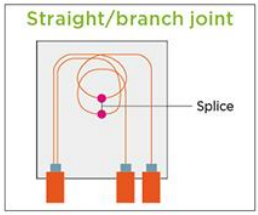
نکته: اگر ورودی مفصل دارای تیوب حرارتی باشد، ابتدا از داخل تیوب حرارتی عبور داده شود، سپس داخل سر مفصل گردد.

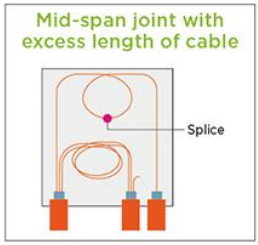
- قبل از مهار کردن عضو مقاوم مرکزی یا میانی میکروکابل در زیر گیره‌های نگهدارنده ابتدا حدود ۲ متر از سر آن اندازه زده شود، سپس با دقّت بسیار زیاد توسط لوزتیوب کاتر یا تیغ، یک خط گرداگرد ژاکت میکروکابل ایجاد گردد بگونه ای که هیچ آسیبی به اجزاء زیر ژاکت وارد نشود.
- از سر میکروکابل حدود ۱۰ سانتیمتر اندازه و یک خط برش گرداگرد ژاکت ایجاد گردد بدون آنکه به لوزتیوب ها یا تارهای نوری صدمه ای وارد شود.
- با ایجاد یک برش طولی حدود ۱۰ سانتیمتر ژاکت کابل از روی آن برداشته شود تا نخ برش ژاکت در دسترس قرار گیرد.
- نخ برش (Rip Cord) ژاکت تا خط گرداگرد روی آن در فاصله ۲ متری کشیده و غلاف برداری شود.
- عضو مقاوم مرکزی (Central Strength Member) یا میانی آن (Intermediate Strength Member) در گیره مخصوص مهار گردد.
- اگر میکروکابل دارای لوزتیوب و عضو مقاوم مرکزی باشد مراحل نصب آن در مفصل و کاست مانند مراحل نصب کابل های نوری معمولی در مفصل و کاست است.
- اگر میکروکابل از نوع Unitube باشد ابتدا ژله تارها تمیز شود و سپس طبق طرح، تارهای نوری آن جدا سازی و دسته بندی شود و هر دسته

داخل تیوب محافظ قرار گیرد و پس از شماره گذاری، طبق آدرس تعیین شده در طرح، در کاست مربوطه آرایش گردد.

کمرگیری در کابل ها و مایکروکابل های نوری

* Example of use : The product does not include cables or cords other than the module.





(Midspan branch)

به خروج تعداد خاصی از تارهای نوری از یک کابل بدون قطع کامل آن کابل کمرگیری می گویند.

معمولاً طراحان شبکه، برای کاهش هزینه های فیوژن تارها، حذف جوش های اضافی و نیز نگهداری آسان تر شبکه، در نقاط انشعاب طرح کمرگیری از کابل را در دستورکار مجری قرار می دهند.

تذکر: طول دست پیچ کابل باید طوری در نظر گرفته شود تا عملیات مفصل بندی در داخل ون مفصل بندی به راحتی انجام پذیر باشد.

هنگام کابل کشی در نقاطی که قرار است کابل کمرگیری شود، حدود ۳۰ متر از کابل نوری یا طولی که طراح در نظر گرفته است دست پیچ می شود. متراژ دست پیچ کابل معمولاً بر اساس شرایط محل تعیین می شود.

نحوه کمرگیری از کابل ها یا میکرو کابل های نوری

- طول غلاف برداری از کابل در نقطه کمرگیری، بسته به نوع مفصل بین ۲ تا ۲/۵ متر انتخاب شود.
- وسط دست پیچ کابل علامت گذاری شود.
- به اندازه نصف طول متراژ کمرگیری، در دو طرف نقطه وسط علامت گذاری شود.
- از یکی از علامت های طرفین، حدود ۱۰ سانتیمتر به سمت وسط در ژاکت کابل یک شیار ایجاد گردد بگونه ای که هیچ صدمه ای به لوزتیوب ها یا تارهای نوری وارد نشود.

- در کابل هایی که دارای دو ژاکت پلی اتیلن و یک لایه فلزی (آلومینیومی یا فولادی) هستند، ابتدا ژاکت نهائی همراه با لایه فلزی برداشته شود سپس مراحل بالا جهت غلاف برداری ژاکت زیرین انجام گردد.
- پس از دست یابی به نخ برش، کابل غلاف برداری گردد، سپس ژله لوزتیوب ها یا تارها تمیز و لوزتیوب یا تارهای مورد نظر از دیگر لوزتیوب ها یا تارها جدا شود.
- پس از غلاف برداری از کابل ها یا میکرو کابل های نوری، قسمت غلاف برداری شده بدون آنکه صدمه ای به لوزتیوب ها یا تارهای نوری وارد آید در داخل مفصل قرار گیرد، جهت این کار ابتدا باید ساختار مفصل در نظر گرفته شود، لذا به شرح ذیل عمل گردد:
- اگر مفصل به صورت In-Line باشد و سر های آن (Glands) قابل برش باشد، می‌توان دو سر متقابل یا هم جوار (انتخاب بر اساس شرایط مفصل) را برش داد و ژاکت هر سمت کابل یا میکرو کابل را درون آنها قرار داد و آب بندی کرد.
- مهار کردن کابل در مفصل قبلاً توضیح داده شده است.
- در مفصل های In-Line معمولاً در زیر کاست ها فضائی برای آرایش لوزتیوب های عبوری (لوزتیوب هائی که قطع نمی شوند) وجود دارد که با در نظر گرفتن خمش‌های مجاز لوزتیوب ها در آنجا آرایش شوند.
- در صورت وجود فضای کافی از نوار پوشش پلاستیکی (نوار هلی کالی) جهت حفاظت از لوزتیوب ها استفاده شود.
- اگر مفصل از نوع Dome Type باشد ابتدا لوزتیوب ها توسط سشوار نرم شده آنگاه با احتیاط خم گردند و از داخل تیوب حرارتی (در صورت وجود) و سر مفصل به داخل مفصل هدایت شوند.
- عضو مقاوم مرکزی هر طرف کابل در گیره مخصوص مهار گردد.
- اگر کابل مورد استفاده از نوع Unitube باشد، پس از عبور دادن تارها از میان تیوب حرارتی (در صورت وجود) و سر مفصل، عضو مقاوم میانی (Aramid yarn) هر طرف کابل در گیره مخصوص مهار می شود.

- اگر بستر آرایشی تارهای نوری فضای کافی داشت، می توان جهت محافظت بیشتر از تارهای نوری آنها را درون یک نوار هلی کالی ظریف قرار داد.
- بدیهی است که در کمرگیری طول تارهای نوری در کاست کوتاه تر از مفصل بندی سر به سر خواهد شد که باید آنرا پذیرفت.
- پس از اتمام مراحل فوق تارهای نوری آماده عملیات جوش (Fusion) هستند.
- در صـــورت امکان جهت پرهیز از دوباره کاری، افت نقطه جوش تارهای نوری هم‌زمان با عملیات فیوژن بوسیله OTDR، تست شود تا اگرنقطه جوشی دارای افت غیر استاندارد و غیر قابل قبول باشد شکسته و مجدداً جوش گردد.
- اگر بر اثر شـکســتن نقطه جوش جهت جوش مجدد، قطر حلقه آرایشـــی تارهای نوری کمتر از ۶ سانتیمتر شود لازم است یک حلقه از آرایش تار نوری در کاست باز شود.

تذکر ۱: در تست اپتیکی با OTDR متوسط افت هر نقطه جوش تارهای نوری استاندارد در اندازه گیری از هر دوسمت (Bidirectional Measurement) حدود 0.1dB است، بهتر است این تست پس از بستن مفصل و آرایش کابل ها در حوضچه، هندهول و سایر موارد انجام شود تا اگر در زمان بستن مفصل به تارهای نوری صدمه وارد شده باشد مشخص گردد.

تذکر ۲: حداقل شعاع حلقه آرایش کابل های نوری نباید کمتر از ۲۰ برابر قطرکابل باشد در غیر این صورت افت ایجاد می شود، هرچه قطر حلقه آرایش کابل های نوری تنگ تر شود افت درآن نقطه بیشتر می شود.

تذکر ۳: هیچ نقطه ای از تارهای نوری نباید تحت تنش وفشار باشد چون فشار و تنش افت ایجاد می کند.

تذکر ۴: باید از ایجاد پیچش و بهم تابیدن تارهای نوری به یکدیگر جلوگیری کرد چون افت ایجاد می شود.

نکته: قبل از جوش تارهای نوری به یکدیگر باید روی یکی از تارها یک کریمپ حرارتی قرار داد تا بعد از جوش جهت محافظت، روی نقطه جوش قرار گیرد.

گاهی جهت افزایش ظرفیت کاست در هر شیار دو کریمپ روی هم قرار داده می شود لذا جهت شناسائی تارهای نوری و احتراز ازجابجائی آنها تارهای نوری هم رنگ در یک شیار قرار نگیرند، بدین جهت کریمپ تار شماره ۲ روی کریمپ تار شماره ۱ و کریمپ تار شماره ۴ روی کریمپ تار شماره ۳ و الی آخر قرار گیرد. در صورتی که شیارها در کاست دارای شماره و جهت نباشند با ماژیک ترتیب شماره گذاری شیارها در کف کاست نوشته شود و در صورت مشکی بودن کاست می توان آدرس دهی و عمل شماره گذاری را با نوشتن روی چسب تسا انجام داد و کف کاست چسباند.

جهت مشخص شدن تارهای نوری هرلوزتیوب در کاست، شماره آن لوزتیوب در انتهای تارهای آن نصب شود تا از جابجایی تارهای نوری جلوگیری شود.

باید توجه نمود که تمام کریمپ ها و آرایش تارهای نوری در جای خود ثابت باشند و در اثر تکان های مفصل از جای خود حرکت نکنند و آشفتگی در آرایش ایجاد نگردد.

پس از بستن مفصل باید با هوا گذاری و تست از طریق والف هوا از آب بندی مفصل مطمئن شد.

پس از اتمام کار، کابل های ورودی و خود مفصل در محل مناسب در من هول یا هندهول یا هر بست افزار دیگری آرایش شوند و روی کابل ها پلاک شناسائی نصب گردد. قطر حلقه آرایش کابل نیز در حد مجاز باشد.

روی هر پلاک موارد زیر قید شود:

- مبدأ و مقصدکابل
- تعداد رشته ها
- نام سازمان مالک یا استفاده کننده از کابل

دیگر سربندی ها

سربندی در باکس های دیواری Outdoor (FAT)

تـذکر: انـدازه و حجـم بـاکس دیـواری و تعـداد کاسـت هـای آن بایـد متناسـب بـا تعداد تارهای نـوری و تعـداد رشـته کابـل هـای ورودی و خروجـی باشـد و همچنـین دارای فضـای کـافی جهـت آرایـش لوزتیـوب هـا، تارهـای نـوری، پیگتیـل هـا و پـچ کوردها بوده و امکـان نصـب آداپتـور در آن وجـود داشـته باشـد، در آن قفـل شـود و در موقع بستن در به تارهـای نـوری فشـار وارد نشـود. حـداقل IP مـورد قبـول بـرای باکس های Outdoor 55 است، مسلماً IP های بالاتر بهتر است.

میکروداکت یا کابل از زیر زمین تا زیر باکس دیواری Outdoor باید در لوله گالوانیزه قرار گیرد.

فاصله سر لوله گالوانیزه تا گلند ورودی زیر باکس حدود ۲۰ تا ۳۰ سانتیمتر (بسته به انعطاف پذیری میکروداکت یاکابل جهت خم کردن و داخل کردن آن در باکس) باشد.

در حد فاصل لوله گالوانیزه و گلند زیر باکس، از لوله خرطومی فلزی روکش دار (لوله فلکسی) استفاده شود تا از میکروداکت یاکابل محافظت شود.

در قسمت اتصال لوله گالوانیزه به لوله فلکسی، لوله فلکسی حداقل ۱۰ سانتیمتر داخل لوله گالوانیزه قرار گیرد.

نکته: قبل از آنکه کابل وارد باکس شود حدود ۲ متر غلاف برداری شود، سپس از داخل لوله فلکسی عبور داده شود و در انتهای کار، پس از قراردادن کابل درون باکس، فضای بین لوله فلکسی و لوله گالوانیزه با فوم آب بندی گردد.

اگر کابل دارای لوزتیوب باشد، عضو مقاوم مرکزی آن در گیره داخل باکس مهار گردد.

در صورتی که کابل از نوع Unitube باشد عضو مقاوم میانی (Aramid Yarn) آن به گیره داخل باکس بسته شود.

حدود ۲ تا ۳ سانتیمتر از غلاف کابل، بالاتر از گلند درون باکس قرار گیرد.

تیوب های محافظ روی لوزتیوب ها یا تارهای نوری نصب شوند و تا داخل کاست ادامه یابند.

انتهای تیوب های محافظ در شیار کاست با Tie Wrap مهار شود.

نقطه اتصال تیوب های محافظ به غلاف کابل با چسب الکتریکی بسته شود تا از جای خود حرکت نکند.

تیوب های محافظ با خمش مناسب در باکس آرایش گردند.

پس از آرایش تارهای نوری در کاست اضافه طول تارهای نوری قطع گردد.

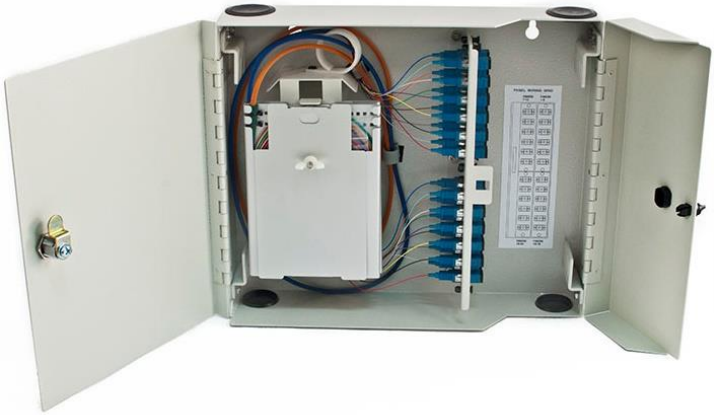
روی کابل (ها) پلاک شناسائی نصب شود.

طول تارهای نوری درون کاست به اندازه ای در نظر گرفته شود تا به راحتی به دستگاه فیوژن برسد.

اگر کاست نوری داخل باکس قابلیت جدا شدن از بدنه باکس را داشته باشد، انعطاف پذیری کار در آن بیشتر است.

اگرکابل دیگری وارد باکس شود (از مسیری غیر از لوله گالوانیزه) به ترتیب بالا عمل شود و در خصوص نصب لوله فلکسی روی کابل اخیر، طول لوله فلکسی تا نقطه ای امن ادامه یابد.

سربندی در باکس های دیواری Indoor



سربندی باکس های داخل ساختمان (Indoor) مشابه سر بندی باکس های Outdoor است.

تذکر: اندازه و حجم باکس دیواری و تعداد کاست های آن باید متناسب با تعداد تارهای نوری و تعداد رشته کابل های ورودی و خروجی باشد و دارای فضای کافی جهت آرایش لوزتیوب ها، تارهای نوری، پیگتیل ها و پچ کوردها بوده و امکان نصب آداپتور در آن وجود داشته باشد، در آن قفل شود و در موقع بستن در به تارهای نوری فشار وارد نشود.

سربندی در رک های OCDF

رک OCDF زیمنس بصورت Slim Rack (عرض ۱۲ سانتیمتر) ساخته شده است و اکثراً در سالن های فنی مخابراتی استفاده می شود و دارای پایه است که روی Plate Base مخصوص این رک قرار می‌گیرد و بالای رک به Ladder & Structure بسته می‌شود. ارتفاع این رک حدود ۲۷۸ سانتی متر است.

کابل با غلاف خود از روی Ladder و از سمت چپ رک OCDF از میان بست های افقی پشت رک، تا ۵ سانتیمتر زیر اولین تیغه دندانه دار افقی پشت Section 1 اندازه می گردد، سپس از آن نقطه حدود 4.5 m غلاف برداری می شود.

- غلاف کابل با بست کمری به تیغه بسته می شود.
- تمام لوزتیوب های کابل داخل نوار پلاستکی هلی کالی قرار گرفته و در سکشن ۳ بصورت حلقه ذخیره می شوند.
- طبق طرح هر لوزتیوبی که باید در یکی از ۳ سکشن نصب شود، کمی بالاتر از پشت آن سکشن از دسته لوزتیوب ها جدا شده، داخل یک نوار هلی کالی جداگانه، از کانال سمت چپ کف سکشن تا داخل کاست آرایش می شود.
- طول نوار هلی کالی از محل انشعاب تا زیر عصائی جلوی سکشن ادامه می یابد.
- طول لوز تیوب نیز از نقطه انشعاب تا داخل کاست حدود ۲۲۰ سانتیمتر در نظر گرفته می شود.

- لوزتیوب مورد نظر، روی پلیت کاست بگونه ای اندازه شود که قوس لوزتیوب از سطح عصائی سکشن بیش از ۱/۵ سانتیمتر بیرون نزند، سپس در شیار ورودی کاست قرار گیرد و کمی جلوتر از شیار علامت گذاری شود و از نقطه علامت بوسیله لوزتیوب استریپر از روی تارها برداشته شود.

در نقاطی که بست کمربندی روی لوزتیوب (ها) یا پیگتیل ها قرار می گیرد جهت جلوگیری از وارد شدن فشار بر تارهای نوری از چسب تسا استفاده شود.

ژل تارهای نوری تمیز شود، سپس لوزتیوب (ها) یا پیگتیل ها با بست کمربندی به پلیت و کاست بسته شود و اطمینان حاصل گردد که بست کمربندی ها به تارهای نوری فشار وارد نمی آورند.

تارهای نوری ۳ دور در کاست پیچیده شوند و دقت شود که بعد از عملیات جوش، قطر دایره آرایشی تارها از ۶ سانتیمتر کمتر نگردد.

تارهائی که باید به یکدیگرجوش شوند، بگونه ای در کاست وارد شوند که مقابل هم قرار گیرند، اگر هم مسیر شوند یکی از آنها باید بشکل S مقابل دیگری قرار گیرد، که در این صورت دایره آرایشی آن کمتر از ۶ سانتیمتر خواهد شد و لذا افت آن بالا می رود.

مسیر عبور پیگتیل ها در رک (OCDF) از سمت راست آن است و از کانال سمت راست کف سکشن عبور می کند.

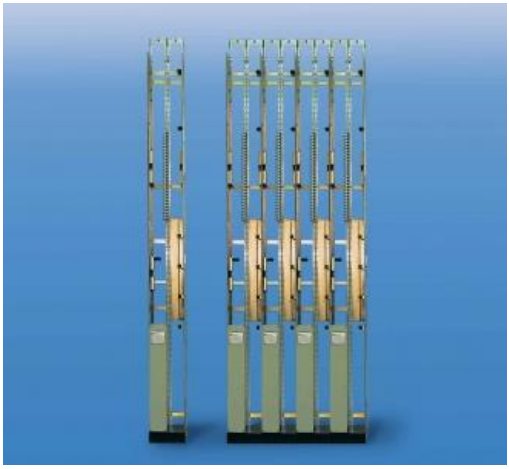
برای آرایش پیگتیل ها ابتدا کانکتور آن در ODF نصب و تا رک OCDF در مسیرآرایش شود، سپس وارد کاست مورد نظر گردد، روی پلیت کاست اندازه شود و روکش ۲ میلیمتری یا ۳ میلیمتری آن برداشته شود وروکش ۹۰۰

میکرون آن تا کمی بعد از شیار داخل کاست ادامه پیدا کند و سپس با استریپر روکش ۹۰۰ میکرون از روی تار نوری برداشته شود.

در صورتی که پیگتیل از نوع Tight Tube باشد و نتوان آنرا کاملاً روکش برداری کرد، آرایش آن در کاست با همان روکش ۹۰۰ میکرون انجام پذیرد ولی برای جلوگیری از اشغال فضا در کاست، بجای ۳ حلقه آرایش در کاست، ۲ حلقه کافیست.

نصب برچسب های شماره دار و آدرس نویسی روی کابل ها، کاست ها، لوزتیوب ها، دو انتهای پیگتیل ها و تارهای نوری داخل کاست الزامیست.

رک مشترک ODF/OCDF



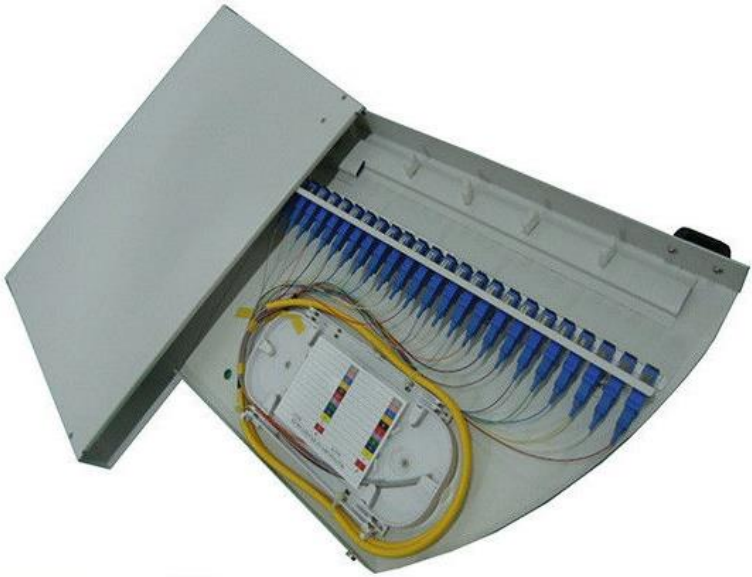
عرض این رک ۲۴ سانتیمتر است و دارای دو پوزیشن در بالا و یک سکشن در پائین در سمت چپ رک است.

ورود کابل (ها) و پیگتیل (ها) به این رک همانند رک OCDF است.

کابل همراه با غلاف تا روی تیغه دندانه دار پشت تنها سکشن این رک ادامه پیدا می‌کند و سپس به مقدار ۳ متر غلاف برداری می شود.

پس از غلاف برداری لوزتیوب ها تمیز شوند و داخل نوار هلی کال قرار گیرند. بقیه مراحل کار مانند مراحل ذکر شده در نصب کابل و پیگ تیل در رک OCDF است.

سربندی در شلف ها یا پچ پنل های نوری



شلف های نوری که اکثراً با عرض ۱۹ اینچ و ارتفاع حداقل 1U در رک ها و کابینت ها نصب می شوند، دارای پچ پنل و کاست نوری هستند و ورودی کابل ها در پشت یا کنار آنها تعبیه شده است. شلف ها یا بصورت کشویی و یا به صورت چرخشی ساخته می شوند و البته در اشکال متنوع دیگری نیز موجود هستند.

در خصوص رک ها و کابینت های Indoor اگر شلف در رک یا کابینتی نصب شود که فاقد گلند یا بست کابل باشد، نمی توان مستقیماً آنرا با غلاف وارد شلف نمود چون غلاف کابل انعطاف پذیر نیست و جلوی حرکت شلف را می گیرد، به همین دلیل نیاز است ابتدا کابل در نقطه ای در رک مهار شود.

- ابتدا باید نقطه مهار کابل در رک یا کابینت مشخص شود.
- نقطه مهار کابل در رک یا کابینت باید حدود ۲۰ سانتیمتر از کف یا سقف آن باشد.
- قبل از مهار کابل در رک، کمی بعد از نقطه مهارکابل غلاف برداری شود.
- در صورتی که ورودی کابل از بالای رک باشد، اندازه غلاف برداری برابر ارتفاع رک بعلاوه ۲ متر در نظر گرفته شود.
- در صورتی که ورودی کابل از زیر رک باشد، اندازه غلاف برداری دوبرابر ارتفاع رک بعلاوه ۲ متر در نظر گرفته شود.
- لوزتیوب های کابل پس از تمیز شدن داخل نوار هلی کالی قرار داده شوندو در پائین رک ذخیره شوند.
- لوزتیوب(ها) اختصاص یافته به هر شلف از لوزتیوب های دیگر جدا شود و در نوار هلی کالی جداگانه ای قرار گیرد.
- یک نیم حلقه در لوزتیوب مورد نظر همراه با نوارهلی کالی خود در پشت شلف ایجاد شود.

نکته: اندازه این نیم حلقه کمی بیشتر از عمق شلف در نظر گرفته شود.

- پس از ورود لوزتیوب (ها) به داخل گلند شلف، جهت ثابت نگه داشتن لوزتیوب، در دو طرف گلند شلف، با پیچیدن نوار چسب تسا دور نوار هلی لوزتیوب مربوطه، می توان از حرکت آن جلوگیری کرد.
- اگر شلف دارای گلند های ورودی و گیره های مهار کننده باشد از آنها استفاده شود.

(در کابینت های Outdoor این اجزاء در پائین آن قرار دارد)

- در داخل شلف، لوز تیوب (ها) حد اقل یک دور در بستر پیرامون کاست آرایش گردد و در شیار ورودی کاست اندازه و علامت گذاری شود.
- لوزتیوب از محل علامت گذاری شده توسط لوزتیوب استریپر از روی تارهای نوری برداشته و ژل آن تمیز شود.
- لوزتیوب (ها) در داخل شلف درون تیوب های محافظ قرار گیرند.
- سر تیوب محافظ در داخل شیار کاست مهار شود بدون آنکه فشاری به تارهای نوری وارد گردد، سپس تارهای نوری داخل کاست آرایش شوند.
- کانکتور پیگتیل ها در آداپتورها قرارگیرند و ژاکت کابل پیگتیل ها پس از یک حلقه آرایش پیرامون کاست نزدیک شیار کاست غلاف برداری شوند و سپس با تیوب ۹۰۰ میکرون داخل شیارکاست قرار گیرندو کمی جلوتر از شیار در داخل کاست روکش ۹۰۰ میکرونی آنها غلاف برداری شود و تارهای نوری آنها در کاست آرایش شوند.
- اگر پیگتیل ها از نوع Tight Tube باشند چون غلاف برداری ژاکت ۹۰۰ میکرون در طول مورد نظرغیرممکن است با همان ژاکت ۹۰۰ میکرون داخل کاست آرایش شوند.
- در شیار ورودی کاست، روی تارهای نوری پیگتیل ها، با نوار چسب تسا پوشیده شود و Wrap Tie روی آنها طوری سفت شود که به تارهای نوری فشار وارد نشود.
- یکی از مهم ترین نکاتی که در حین نصب کابل (ها)، لوزتیوب (ها)،پیگتیل (ها) و پچ کورد(ها) باید انجام داد نصب برچسب های شناسائی و آدرس نویسی روی آنهاست.

آزمایش های اپتیکی

دستگاه OTDR

درباره لینک

یک خط (Link) نوری شامل تجهیزات زیر است:

۱. دستگاه فرستنده نوری که سیگنال های الکتریکی را تبدیل به سیگنال های نوری نموده و از طریق تار نوری ارسال می کند.
۲. تار نوری که جهت انتقال سیگنال های نوری به کار می رود.
۳. دستگاه گیرنده نوری که وظیفه آن تبدیل سیگنال های نوری به سیگنال های الکتریکی است.

عموماً اجزاء تشکیل دهنده مسیر انتقال در حد فاصل دو دستگاه فرستنده و گیرنده عبارتند از:

- دو رشته پچ کورد (Patch cord) یکی سمت دستگاه فرستنده و دیگری سمت دستگاه گیرنده.
- دو عدد آداپتور (Adaptor)که اتصال بین پیگتیل ها و پچ کورد های طرفین خط را برقرار می کنند.
- دو رشته پیگتیل (Pigtail) که به دو انتهای تار نوری جوش شده اند
- انواع مختلف کابل های نوری بیرون از ساختمان (Outdoor Cable)
- انواع مختلف کابل های نوری داخل ساختمان (Indoor Cable) و کابل های رابط.
- نقاط اتصال تارهای نوری در مسیر به روش های جوش و مکانیکی (اتصال قطعات کابل نوری به یکدیگر).

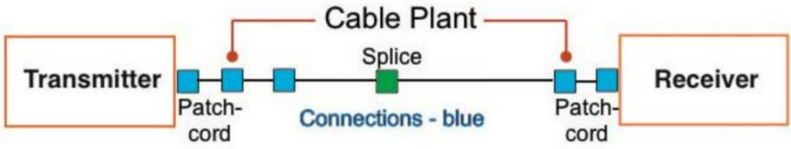
- پیگتیل ها، پچ کوردها، کانکتورها و آداپتورهای نوری بکار رفته در کابینت ها و بست افزارهای مشابه (در صورت وجود) در میانه مسیر.

مفاهیم Power Budget و Loss Budget

Power Budget یا توان اسمی تجهیزات انتقال

به توان اسمی و محدوده عملکردی تجهیزات ارسال و دریافت سیگنال های نوری Power Budget می گویند . به تعریفی دیگر میزان توان مورد نیاز برای انتقال موفقیت آمیز سیگنال ها در طول مسیر یک لینک نوری را می توان Power Budget نامید.

Loss Budget یا بودجه افت مجاز به میزان افت تخمینی در یک لینک Passive فیبر نوری از خروجی دستگاه فرستنده تا ورودی دستگاه گیرنده را بودجه افت یا Loss Budget می گویند . برای محاسبه این این بودجه نیاز به تهیه جدولی متشکل از تمامی عناصر موجود در لینک و محاسبه افت هرکدام می باشد.



در زیر به یک نمونه جدول محاسباتی loss Budget اشاره شده است:

فیبرنوری

No	Link Address	Connection Type	Qty	Loss Budget	Total	Total Link Loss
1		Connector	2(Pcs)	0.75 db	1.5 db	3.5 db
2					1.7 db	
3					0.3 db	

دستگاه OTDR

(OTDR) ابزاری الکترونیکی اســـت که میزان مقاومت یا امپدانس کابل یا خط انتقال تحت آزمایش را اندازه گیری می کند. این دســـتگاه با ارســـال پالس های نوری بر روی فیبر تحت آزمایش و برگشـــت نور پراکنده شـــده(برگشـــت رایلی) در برخورد با هر عامل بازدارنده ایی به منبع ارســـال پالس و انجام محاســـبات قدرت پالس های برگشـــتی به عنوان تابعی از زمان و ایجاد گراف اطلاعات لازم در خصوص کیفیت لینک مورد آزمایش را به اپراتور می دهد.

موارد استفاده از دستگاه OTDR

۱. بررسی لینک فیبرنوری بالای ۲۵۰ متر و سلامت آن
بررسی لینک فیبرنوری در مفاصل بین راهی
۲. بررسی و یافتن مشکلات ناشی نصب نامناسب کابل فیبرنوری در مسیر
۳. بررسی و یافتن نقاط قطعی به علت آسیب های محیطی
٤. بررسی کیفیت لینک فیبرنوری اجرا شده

دستگاه OLTS

OLTS ابزاری الکترونیکی است که برای محاسبه میزان افت یک لینک فیبر نوری مورد استفاده قرار می گیرد. این دستگاه از دو تجهیز منبع نور Power Source و یک قدرت سنج نوری Power Loss تشکیل شده است. از OLTS برای اندازه گیری دقیق افت ورودی کابل استفاده می شود. این کار با تزریق یک سیگنال با استفاده از منبع نور (LED یا لیزر) در یک انتها و اندازه گیری میزان نور خروجی از انتهای دیگر با استفاده از پاور سنج انجام می شود. منبع نور در یک OLTS معمولاً سیگنال های آزمایشی را در طول موج های خاص بسته به نوع فیبر مورد آزمایش ارائه می دهد. به عنوان مثال، OLTS تک حالته ممکن است تنظیمات معمول ۱۳۱۰ نانومتر و ۱۵۵۰ نانومتر را ارائه دهد، در حالی که یک OLTS چند حالته ممکن است از طول موج های ۸۵۰ نانومتر و ۱۳۱۰ نانومتر استفاده کند. از آنجایی که دستگاه‌های OLTS در طول سال‌ها پیشرفت کرده‌اند، اکنون بسیاری از آن‌ها می‌توانند قابلیت‌های تست تک حالته و چند حالته را در یک دستگاه مشترک انجام دهند و انعطاف‌پذیری و ارزش تست بیشتری را به تکنسین فیبر ارائه دهند.

موارد استفاده از دستگاه OLTS

۱. قابلیت محاسبه میزان افت Connector ها توسط Setreference
۲. قابلیت محاسبه میزان افت کل مسیر اجرا شده
۳. قابلیت بررسی End to End Connectivity

فرآیند تست با دستگاه OTDR

تنظیم دستگاه جهت اندازه گیری خط

برای اندازه گیری باید ابتدا نسبت به تنظیم دستگاه OTDR اقدام شود. انجام این کار شامل موارد زیر است:

- انتخاب فاصله (Distance):

انتخاب مقدار فاصله (Distance) در دستگاه OTDR باید کمی بیش از طول تار نوری تحت تست باشد. اگر طول تار تحت تست مشخص نباشد می توان از گزینه تست Automatic دستگاه OTDR جهت اطلاع از طول تار مورد نظر استفاده نمود.

- انتخاب عرض پالس (Pulse width):

عرض پالس باید با دقت و متناسب با طول تار تحت تست انتخاب شود چون اگر خط طولانی باشد و پالس انتخاب شده کوچک باشد، توان پالس برای آن طول کافی نیست و اگر پالس انتخاب شده خیلی بزرگ باشد دقت اندازه گیری پائین می آید.

Range / PW	500m	2km	5km	10km	20km	40km	80km	120km	160km
3ns	√	×	×	×	×	×	×	×	×
5ns	√	√	×	×	×	×	×	×	×
10ns	√	√	√	×	×	×	×	×	×
20ns	√	√	√	√	×	×	×	×	×
50ns	×	√	√	√	√	×	×	×	×
100ns	×	×	√	√	√	×	×	×	×
200ns	×	×	×	×	√	√	×	×	×
500ns	×	×	×	×	×	√	√	×	×
1000ns	×	×	×	×	×	√	√	√	×
2000ns	×	×	×	×	×	×	√	√	√
5000ns	×	×	×	×	×	×	√	√	√
10000ns	×	×	×	×	×	×	×	√	√

- انتخاب زمان میانگین (Averaging Time):

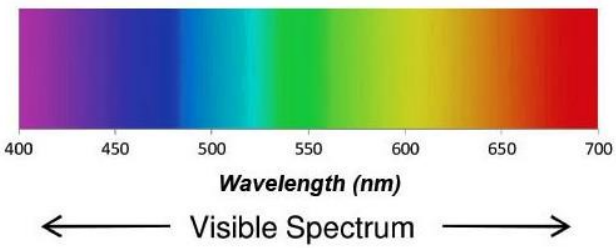
بسته به طول خط و کیفیت آن، زمان ارسال پالس های نوری و میانگین گرفتن از پالس های ارسالی، زمان انتخاب می شود، مسلم است هرچه خط طولانی تر باشد زمان میانگین گیری نیز باید بیشتر باشد.

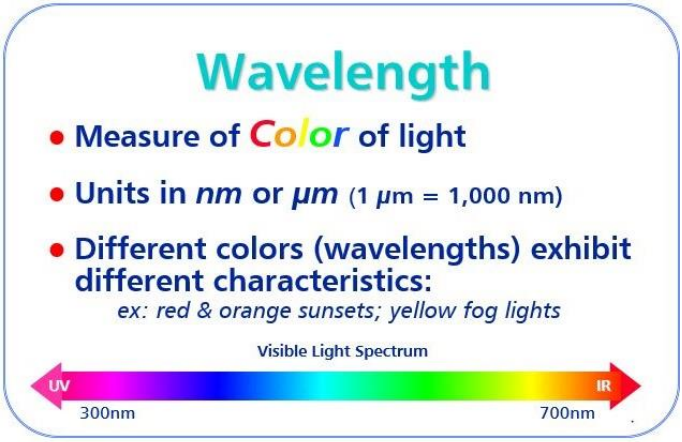
- وارد کردن عدد صحیح ضریب شکست (IOR) تار نوری تحت آزمایش.

مفاهیم در تست OTDR

طول موج (Wave Length, λ)

در ابتدا باید با پنجره ها و طول موج های مورد استفاده در ارتباطات نوری آشنا شد. نور مرئی قسمتی از طیف الکترومغناطیس است و طول موج هائی که چشم انسان در این طیف می بیند در محدوده λ=300 nm و λ=700 nm است. طول موج مورد استفاده در دستگاه قلم نوری (VFL=Visual Fault Locator) در محدوده λ=650 nm است.

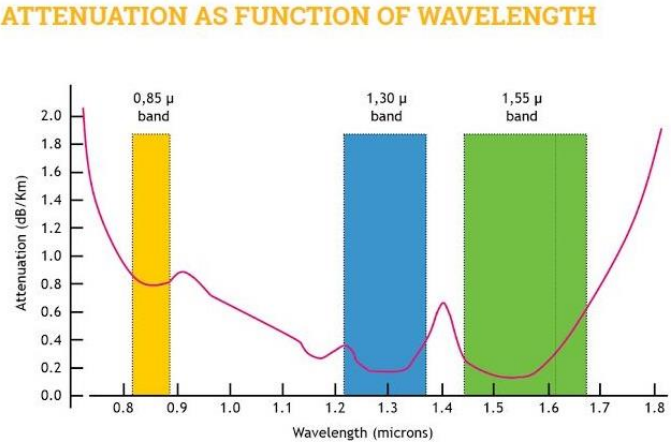


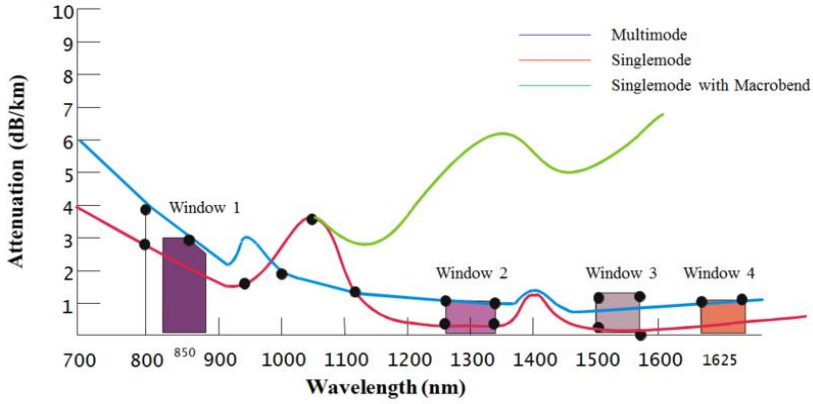


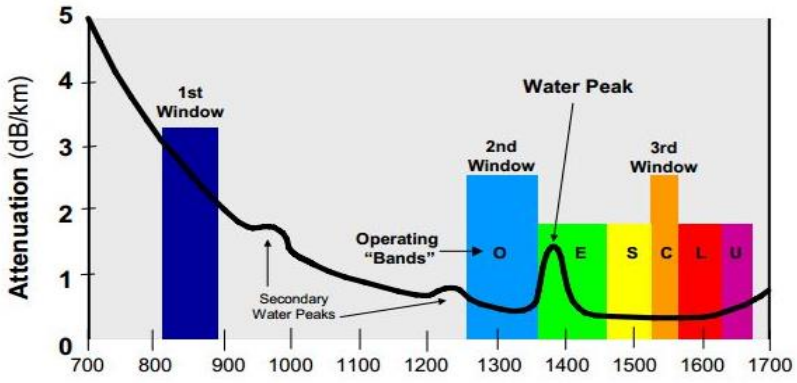
طول موج های بالاتر از λ=700 nm که طیف مادون قرمز "Infrared" را تشـکیل می دهند در ارتباطات نوری مورد استفاده قرار می گیرند مانند:

λ=850 nm λ=1300 nm λ=1310 λ=1490 nm λ=1550 nm و λ=1625 nm.

در ادامه چند تصویر ازبازه ها یا پنجره های طول موج ها (Optical Transmission Wavelengths or Windows) مشاهده می شود:



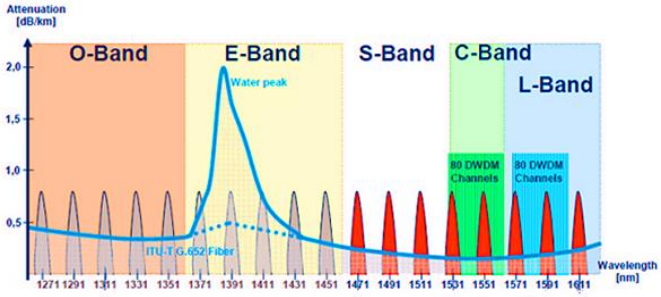


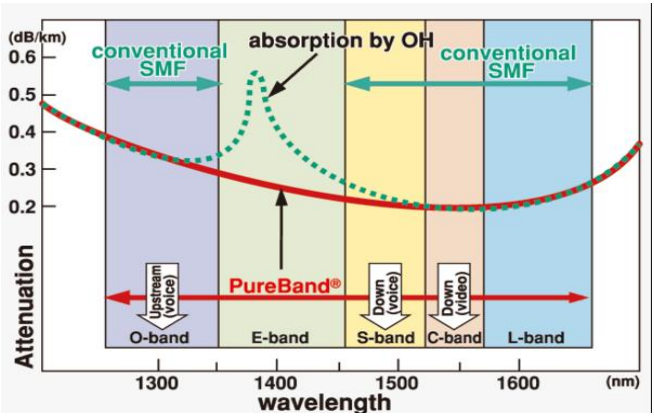


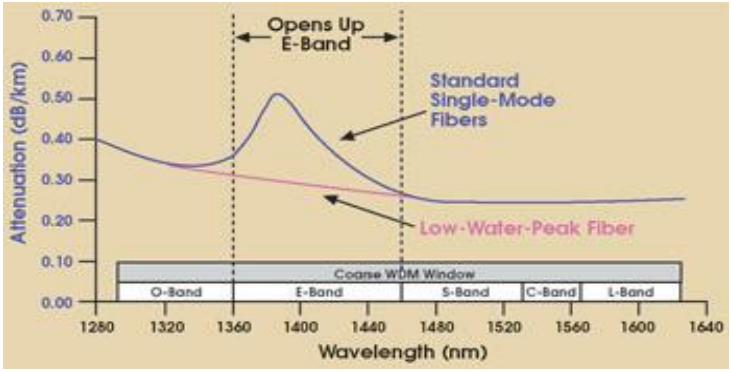
بر اساس استانداردهای ITU-T در ابتدا تارهای فیبر نوری سینگل مُد (SM) در گروه G.652-A و G.652-B تولید می شدند. ولی با گسترش ارتباطات نوری و نیاز به

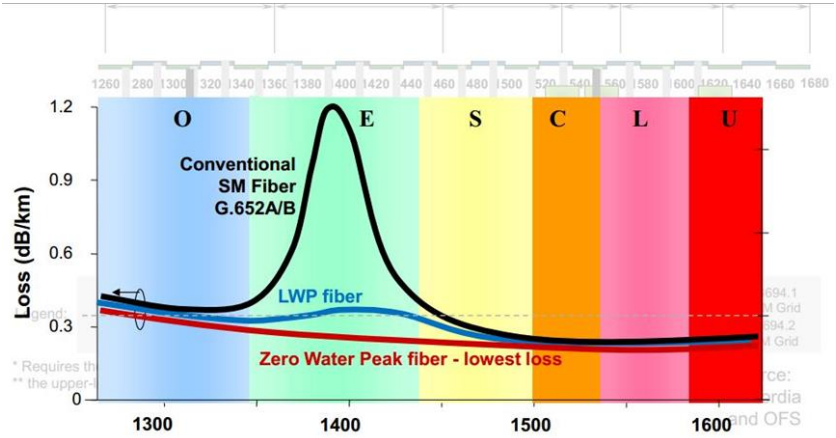
طول موج های بیشتر، با ارتقاء کیفی تارها، فیبرهای گروه G.652-C و G.652-D نیز به بازار عرضه شدند.

درفیبرهای G.652-D (Low Water Peak = LWP یا Zero Water Peak) یون OH تقریباً یا کاملاً حذف گردیده و استفاده از طیف کامل طول موج ها از λ=1260 nm تا λ=1650 nm امکان پذیر گشته است.

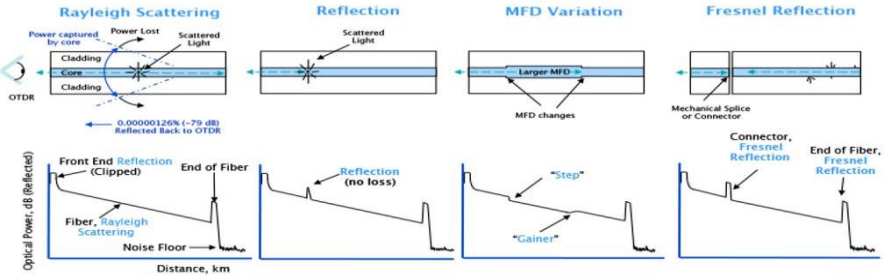





Opens Up
E-Band
Standard
Single-Mode
Fibers
Low-Water-Peak Fiber
Attenuation (dB/km)
0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
Coarse WDM Window
O-Band
E-Band
S-Band
C-Band
L-Band
1280
1320
1360
1400
1440
1480
1520
1560
1600
1640
Wavelength (nm)

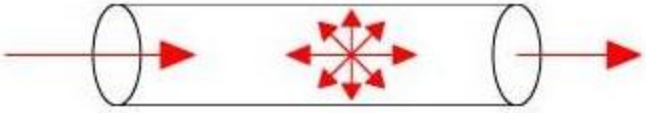

O
E
S
C
L
U
Conventional
SM Fiber
G.652A/B
LWP fiber
Zero Water Peak fiber - lowest loss
Loss (dB/km)
1.2
0.9
0.6
0.3
0
1300
1400
1500
1600

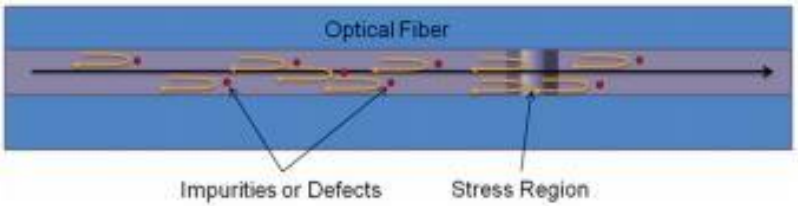
در آزمایش های اپتیکی با دستگاه OTDR و برای درک عمیق تر مطلب قبل لازم است با چهار عامل بیان شده بیشتر آشنا شویم. در ادامه تصویر کلی این چهار عامل تأثیرگذار مشاهده می شود.

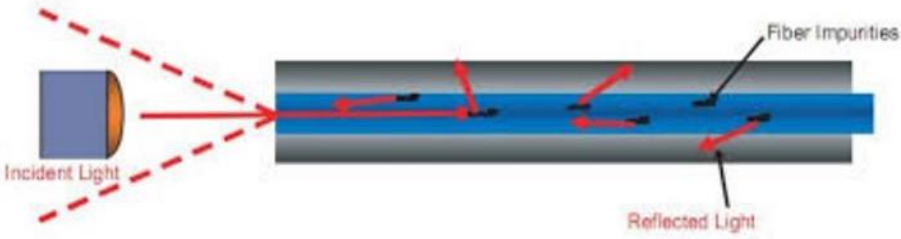


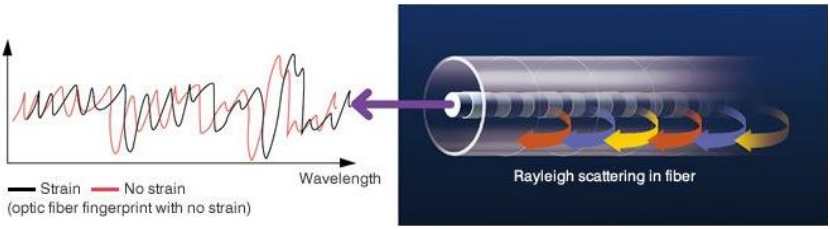
انتشار برگشتی رایلی (Rayleigh Backscatter)

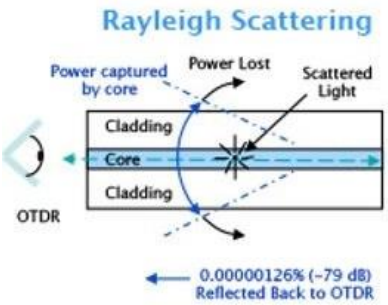
بدلیل متفاوت بودن مولکول های شیشه و وجود ذرات و ناخالصی ها در آن و تغییرات ناگهانی در ضریب شکست و سایر موارد در تارهای نوری، پالس ارسال شده از منبع نور در برخورد با هر نقطه تار نوری، یک انعکاس به سمت منبع ارسال کننده نور ایجاد می‌کند، این پدیده بنام انتشار برگشتی رایلی معروف است و کار کرد دستگاه OTDR بر اساس اندازه گیری همین انتشار برگشتی رایلی است.

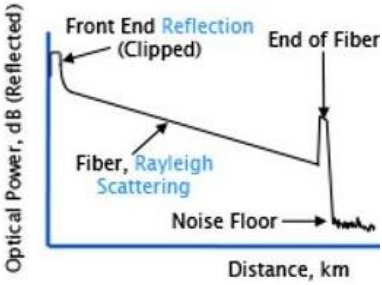



Optical Fiber
Impurities or Defects
Stress Region


Fiber Impurities
Incident Light
Reflected Light


Wavelength
Strain
No strain
(optic fiber fingerprint with no strain)
Rayleigh scattering in fiber





تذکر: ضریب انتشار برگشتی رایلی (Rayleigh Backscatter Coefficient) مانند ضریب شکست تار نوری (IOR) باید توسط کارخانه سازنده تار در مدارک و مستندات تار نوری (data sheet) اعلام گردد. در setup بعضی از دستگاه های OTDR این عدد در طول موج λ=1310 nm حدود 79dB− و در طول موج λ=1550 nm حدود 81dB- تعیین شده است ولی عدد دقیق آن باید توسط کارخانه تولید کننده تار نوری اعلام شود.

ضریب شکست IOR [۱]

نسبت سرعت انتقال نور در خلاء به سرعت انتقال نور در هر محیط واسط را ضریب شکست می گویند. با استفاده از ضریب شکست، می توان سرعت نور در محیط واسط را تعیین کرد.

Medium	Signal Velocity (km/s)	Velocity of Propagation (Vp)	Index of Refraction (IOR)
Vacuum	300,000	100.00	1.0000
Air	299,890	99.97	1.0003
Water	226,000	75.33	1.3275
Optical Fiber	203,910209,910	67.5768.97	1.45001.4800

ضریب شکست تارهای نوری کارخانه های مختلف تولید کننده تار نوری اختلاف بسیار جزئی دارند، لذا عموماً عدد آن در اسناد و مشخصات فنی ارائه شده توسط کارخانه تولید کننده تار، اعلام می گردد. در ادامه یک مثال مشاهده می شود:

Manufacturer ,	IOR @ 1310nm ,	IOR @ 1550nm
Lucent Std. Single Mode,	1.468,	1.468
Lucent TrueWave and TrueWave-RS,	1.471,	1.470
Lucent AllWave,	1.466,	1.467
Corning SMF-28,	1.4675,	1.4681
Corning SMF-LS,	1.471,	1.470
Corning E-LEAF,	N/A,	1.469
Alcatel SMOF,	1.464,	1.4645

[۱] Index Of Refrection

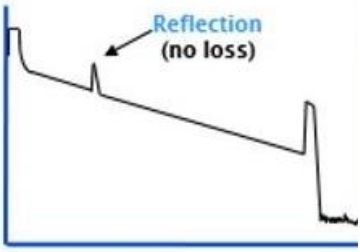
تذکر مهم: اگر ضریب شکست واقعی تار نوری تحت تست در Setup دستگاه OTDR وارد نشـود اندازه گیری طول تار نوری با خطا انجام می شـود، طبیعی اسـت که هرچه طول تار نوری بلند تر باشد خطای اندازه گیری بالاتر می رود.

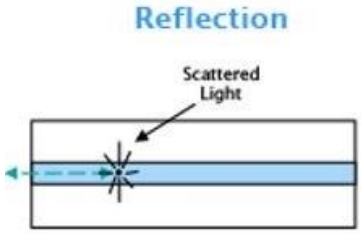
Index of Refraction (IOR)

In review, the Index of Refraction is a way of measuring the speed of light in a material. Light travels fastest in a vacuum, such as outer space. The actual speed of light in a vacuum is 300,000 kilometers per second, or 186,000 miles per second. Index of Refraction is calculated by dividing the speed of light in a vacuum by the speed of light in some other medium (such as glass in the case of fiber optics!).

Medium	Typical Index of Refraction	Speed
Vacuum	1.0000	Faster
Air	1.0003	↑
Water	1.33	
Cladding	1.46	
Core	1.48	Slower

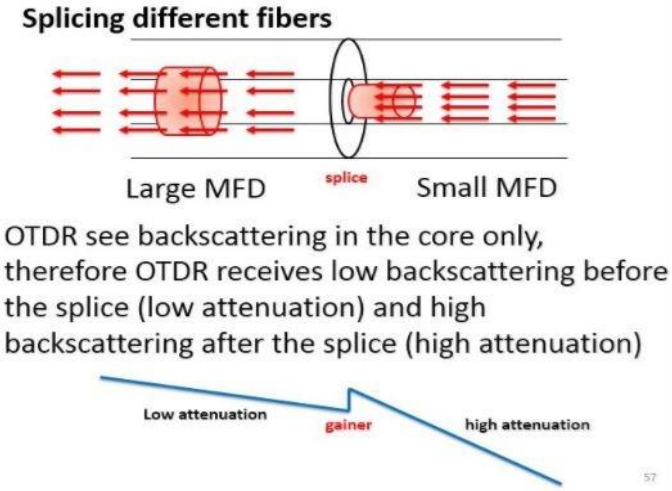
$$\text{Index of Refraction} = \frac{\text{Speed of Light in a Vacuum}}{\text{Speed of Light in a Medium}}$$



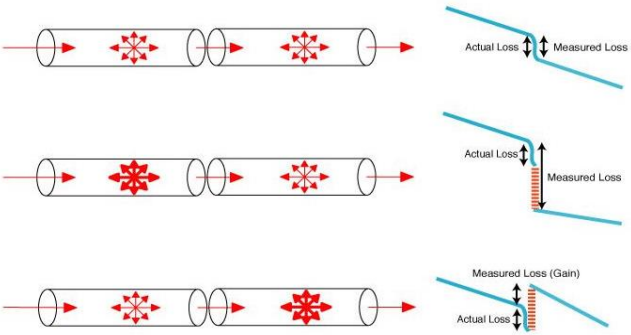


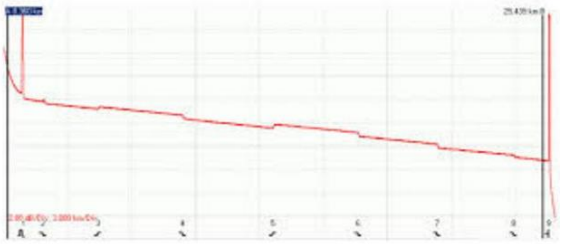
قطر دامنه MFD [۱]

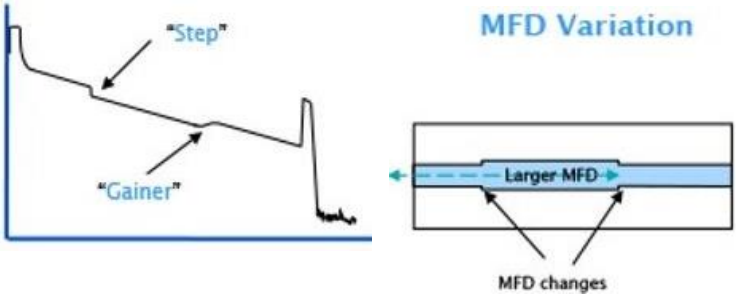
دستگاه OTDR علاوه بر توانائی هایی که در بالا اشاره شد، قادر است ساختار دو تار نوری را که دارای اختلاف ابعادی (اختلاف در MFD) و اختلاف کیفی هستند مشخص نماید. قطر دامنه (MFD) تارهای نوری ساخت کارخانه های مختلف و حتی گاهی تارهای نوری تولید شده در یک کارخانه، بدلیل بوجود آمدن اختلاف در ابعاد Core و Cladding، دفرمه شدن شکل این دو، تغییر در تراکم مولکولی، ناهمگن شدن تار نوری در بعضی نقاط آن و اختلاف در درجه خلوص مواد به کار رفته درمراحل ساخت، ممکن است با یکدیگر فرق داشته باشند، لذا گاهی در مانیتور دستگاه OTDR، نقاط جوش تارهای نوری رخدادهای مثبت نمایان می شود یعنی بجای افت (Loss) تقویت (Gain) نشان می دهد و این بدلیل اختلاف در MFD تارهای نوری است.

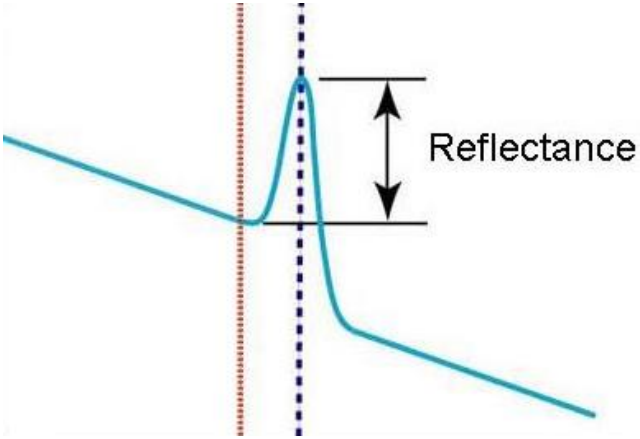


[۱] Mode Field Diamater


Actual Loss
Measured Loss
Actual Loss
Measured Loss
Measured Loss (Gain)
Actual Loss



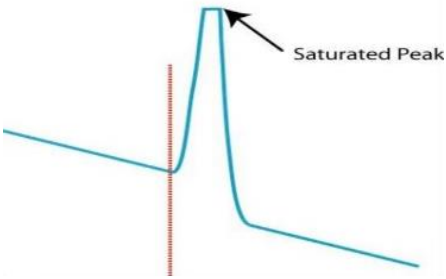

"Step"
"Gainer"
MFD Variation
Larger MFD
MFD changes

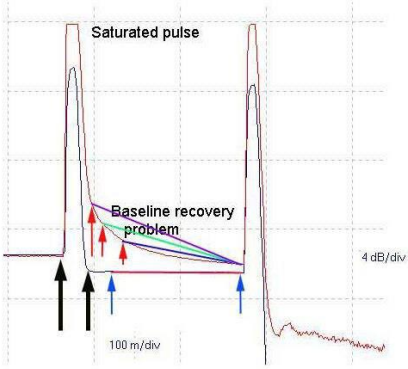

Reflectance

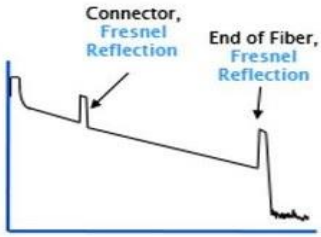
انعکاس فرنل (Fresnel Reflection)

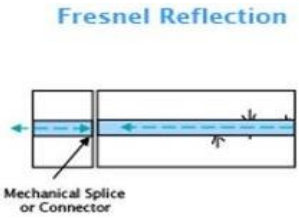
هرگاه دریک نقطه از مسیر لینک نوری گسست (Gap) بوجود آید، فضای درون این گسست توسط هوا اشغال می شود، بدیهی است که ضریب شکست (IOR) خط در این نقاط بطور ناگهانی تغییر می کند (مانند محل اتصال دو کانکتور نوری در آداپتور، مفصل های مکانیکی بدون ژل تطبیق دهنده، تَرَک دار شدن یا شکستن تار نوری) لذا نور از این نقاط به سمت منبع ارسال خود منعکس می شود، این رخداد در صفحهَ نمایش دستگاه OTDRبه شکل یک منحنی قله ای بلند (Fresnel Peak or Fresnel Reflection) نمایان می شود.

منحنی انعکاس فرنل (Fresnel Peak یا Reflectance) در نقطه گسست روی مانیتور دستگاه OTDR به شکل زیر نمایان می شود:









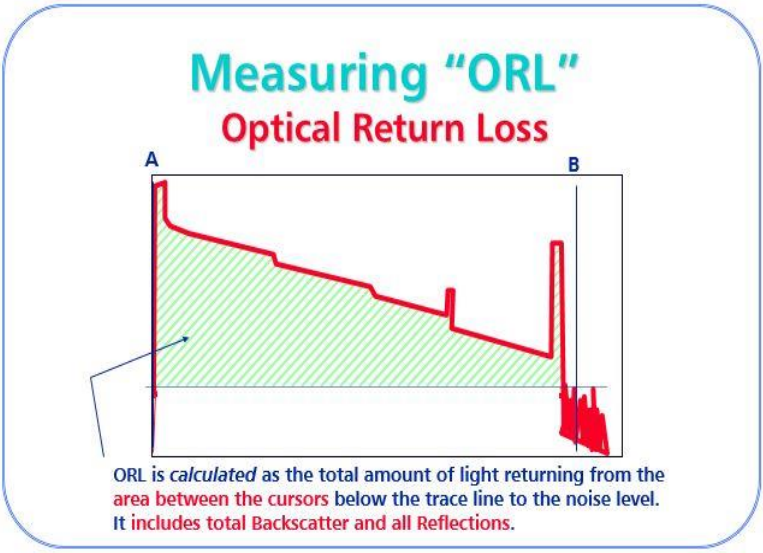
شـکل اشـباع شـده منحنی انعکاس فرنل (Fresnel Peak یا Reflectance) زمانی اتفاق می افتد که بازتاب نور در نقطه گسست بیشتر باشد. لازم به ذکر است که اندازه گیری پیک اشباع شده نمی تواند صحیح باشد.

انعکاس برگشتی نوری ORL [۱]

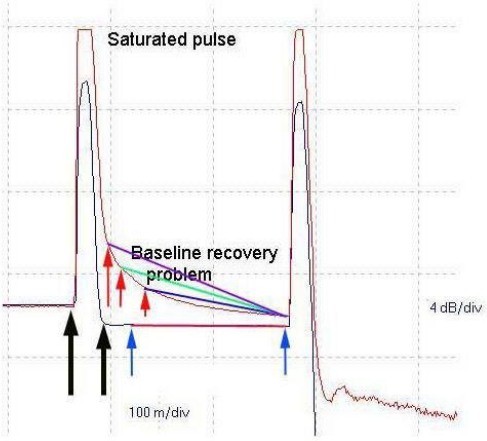
دستگاه OTDR قادر است هم مجموع انعکاس های (ORL) طول مسیر یک لینک نوری و هم مقطعی از آنرا که به سمت منبع ارسال نور بر می گردد اندازه گیری کند. انعکاس های برگشتی خارج از حد مجاز در کیفیت ارتباط سیستم های فرستنده و گیرنده نوری اثر گذار است.

---

[۱] Optical Return Loss



نکته: در setup دستگاه OTDR مقدار ORL تا سطح Noise در حدود ۶۰dB- است.

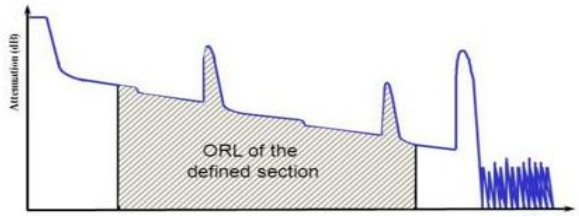


What does an OTDR Measure ?

- **Optical Return Loss (ORL)**

Measure of the amount of light that is reflected back from a feature: forward power to the reflected power. The bigger the number in dBs the less light is being reflected.

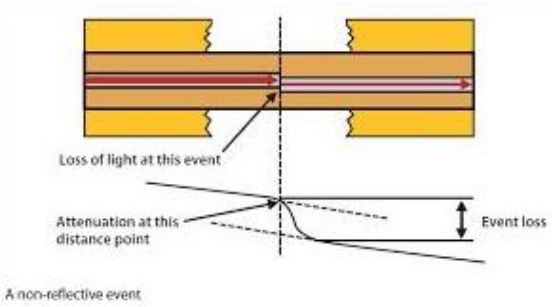
The OTDR is able to measure not only the total ORL of the link but also section ORL

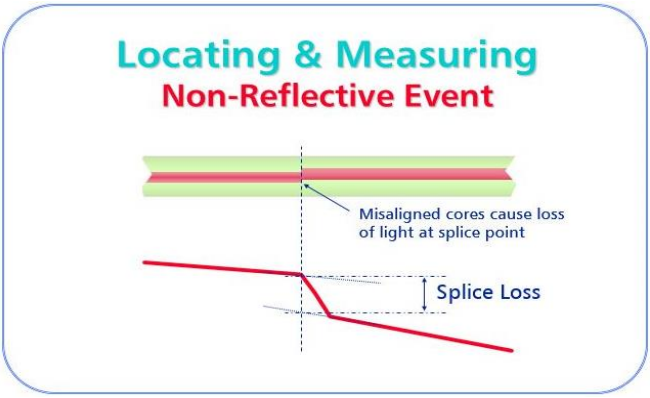


رخدادها در فیبرنوری (Events)

رخدادهای غیر انعکاسی (Non Reflective Events)

نقاط جوش دو تار نوری با دستگاه فیوژن، خمش ها، تنش ها و در مجموع وقوع هرگونه رخدادی در مسیر تار نوری بدون تغییر محیط (بدون تغییر IOR) در صفحه نمایش دستگاه OTDR به شکل رخداد غیر انعکاسی نشان داده می شود.

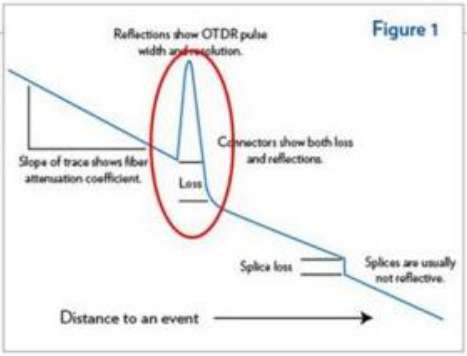




رخدادهای انعکاسی (Reflective Events)

هرگاه درطول مسیر فیبر در نقطه یا نقاطی ضریب شکست (IOR) تغییر کند مانند نقاط اتصال دو کانکتور نوری، نقاط اتصال دو فیبر با مفصل مکانیکی و یا ترک برداشتن تار نوری در نقطه ای از طول مسیر، در صفحه نمایش دستگاه OTDR به شکل رخداد انعکاسی نمایان می شود.

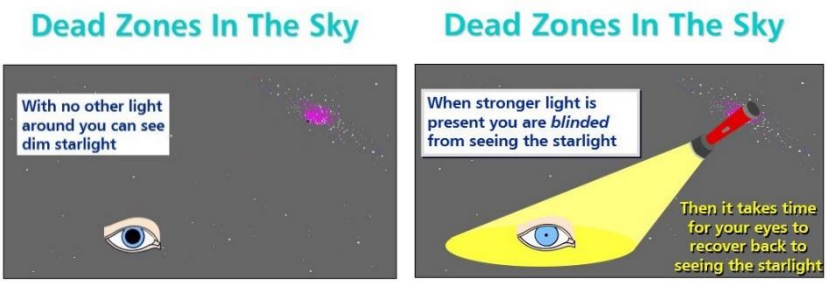
A reflection combined with a loss is usually either a mechanical splice or a connector, but could also be a fracture in the fiber.



نقـــاط کـــور یـــا عوامـــل محـــدود کننـــده (Dead Zone) در اندازه گیرهای OTDR

در طول تار نوری یک لینک نوری در نقاطی که ضریب شکست (IOR) تغییر می کند مانند نقطه اتصال Patch cord یا Launch Cord به دستگاه OTDR، نقطه یا نقاط اتصال دو کانکتور نوری در میانه مسیر، جدا شدن نقطه جوش تارهای نوری در میان کریمپ محافظ و نقطه ای از تار نوری که ترک میکرونی (micro crack) برداشته ولی هنوز کاملاً قطع نشده است. وجود این شکاف ها (Air Gap) سبب تغییر ضریب شکست می گردد و انعکاس ایجاد می کند و منطقه ای بوجود می آورد که Dead Zone نامیده می شود. اندازه گیری فاصله و افت در نقاط Dead Zone با مشکل مواجه می شود.

مثال های تصویری جهت درک مفهوم Dead Zone:



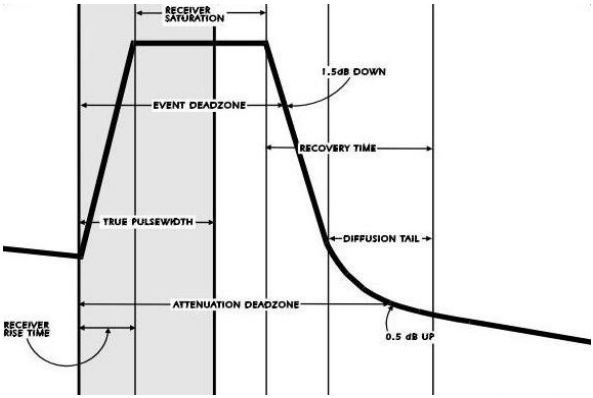
انواع Dead Zone

(EDZ[۱])

حداقل فاصلهٔ بین دو رخداد انعکاسی مانند فاصله بین دو کانکتور را که یک دستگاه OTDR بتواند تشخیص دهد (EDZ) نامند.

(ADZ[۲])

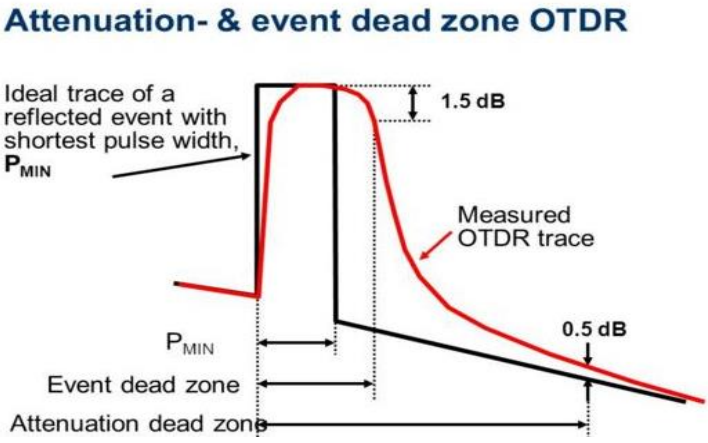
حداقل فاصلهٔ بین یک رخداد انعکاسی و یک رخداد غیر انعکاسی را که یک دستگاه OTDR بتواند تشخیص دهد (ADZ) نامند.

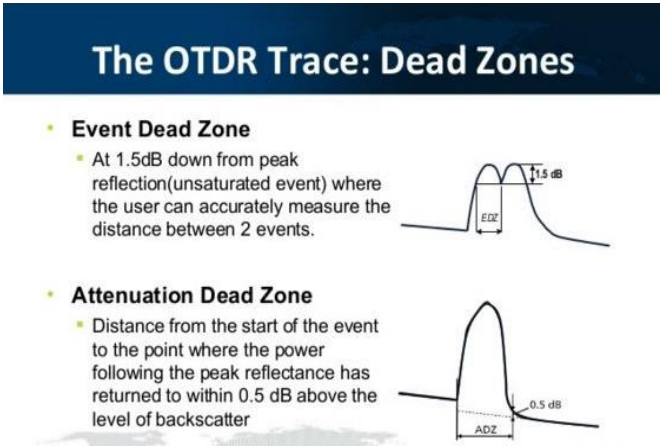


---

۱ Event Dead Zone

۲ Attenuation Dead Zone


Attenuation- & event dead zone OTDR
Ideal trace of a reflected event with shortest pulse width, P_{MIN}
1.5 dB
Measured OTDR trace
0.5 dB
P_{MIN}
Event dead zone
Attenuation dead zone


The OTDR Trace: Dead Zones
Event Dead Zone
At 1.5dB down from peak reflection(unsaturated event) where the user can accurately measure the distance between 2 events.
1.5 dB
EDZ
Attenuation Dead Zone
Distance from the start of the event to the point where the power following the peak reflectance has returned to within 0.5 dB above the level of backscatter
0.5 dB
ADZ

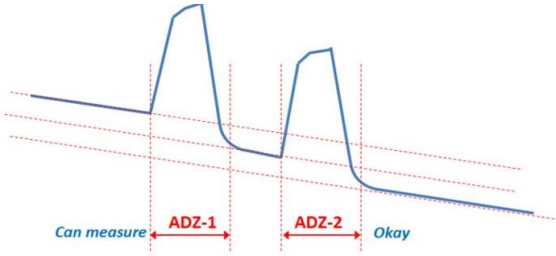
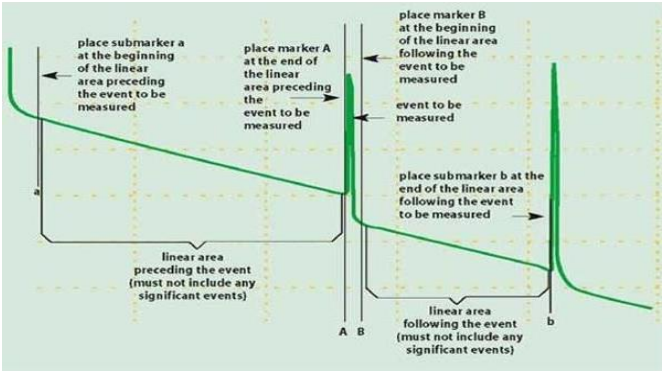


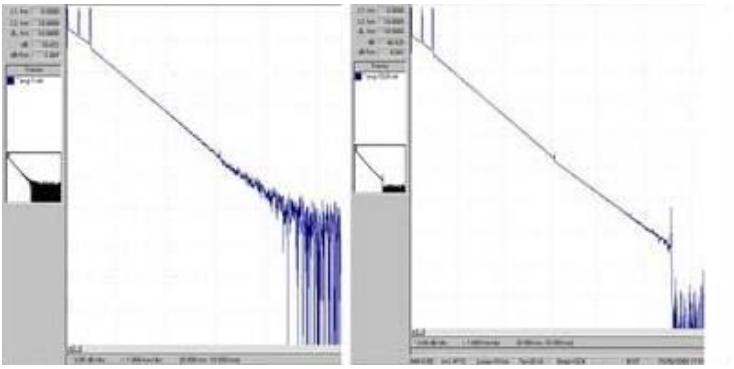
Figure 5. Attenuation deadzones of two concatenated connectors

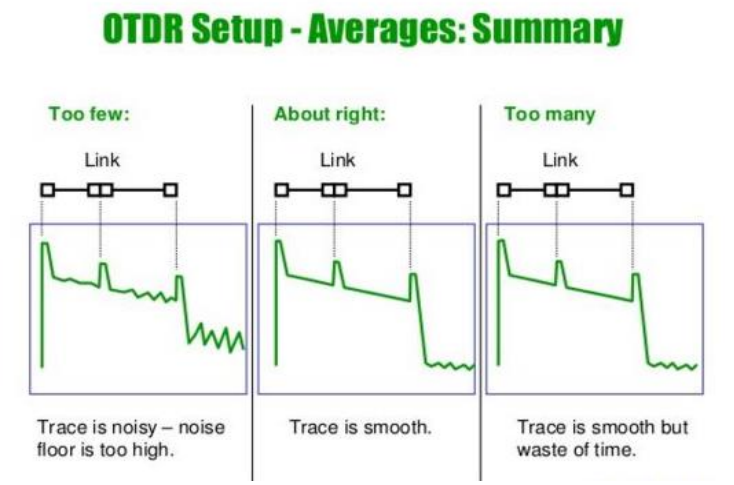
زمان یا زمان میانگین (Time or Averaging Time)

بسته به طول تار نوری و عرض پالس انتخاب شده زمان مناسب برای بدست آوردن میانگین پالس های ارسالی انتخاب می شود. انتخاب این زمان باید به گونه ای باشد که خط شکل Trace در صفحهٔ نمایش دستگاه OTDR تا حد ممکن بدون اعوجاج باشد.

بهتر است حداقل زمان انتخاب شده در فاصله های کوتاه حداقل ۱۵ ثانیه (۱۵S) باشد. زمان کافی این فرصت را به دستگاه می دهد که اکثر رخدادهای (Events) طول مسیر تار نوری را تشخیص دهد.



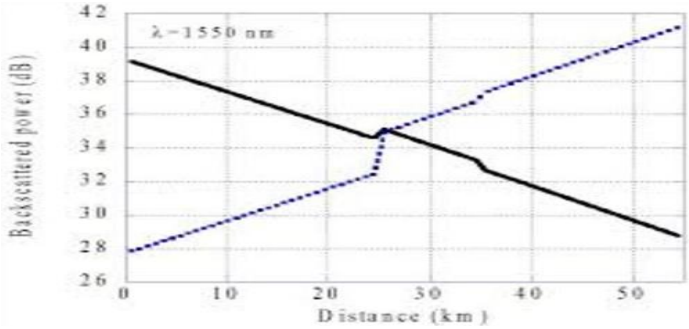


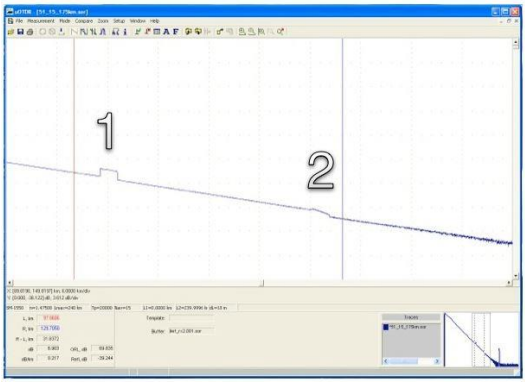


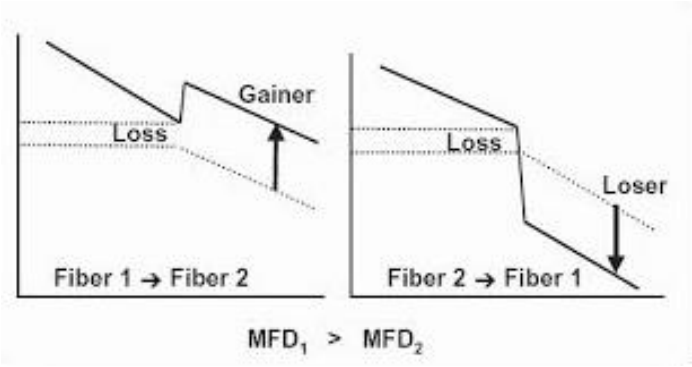
اندازه گیری افت نقطه جوش های تار نوری از دو سمت

Bidirectional Measurement

در اندازه گیری نقطه جوش های خطوط تار نوری توسط دستگاه OTDR، گاهی به‌جای افت (Loss) نقطه جوش ها، تقویت (Gain) مشاهده می شود، دلیل خطای OTDR در اندازه گیری نقطه جوش ها می تواند اختلاف در MFD تارهای نوری و متفاوت بودن تارها باشد. برای نزدیک شدن به مقدار افت واقعی هر نقطه جوش باید آنرا از هر دو سمت اندازه گیری کرد.







Example 2	
Measurement 1 – CO to Field – Splice loss:	-0.20 dB (Gainer)
Measurement 2 – Field to CO – Splice loss:	0.14 dB
Sum:	-0.06 dB
True Splice Loss Average:	-0.03 dB* – bidirectional average

*Note: Even though the "true splice loss" is negative in this case, as we have already stated, power cannot be gained through a splice. However, due to the OTDR's margin of error, negative bidirectional averages are possible. In reality, the loss in such a case is likely negligible.

Example 1	
Measurement 1 – CO to Field – Splice loss:	0.18 dB
Measurement 2 – Field to CO – Splice loss:	-0.14 dB (Gainer)
Sum:	0.04 dB
True Splice Loss Average:	0.02 dB – bidirectional average

Example 3	
Measurement 1 – CO to Field – Splice loss:	0.10 dB
Measurement 2 – Field to CO – Splice loss:	0.00 dB
Sum:	0.10 dB
True Splice Loss Average:	0.05 dB – bidirectional average

$$\text{Splice Loss} = \frac{\text{Splice loss}_{A\text{ to }B} + \text{Splice loss}_{B\text{ to }A}}{2} \quad \text{Eq (1)}$$

Example:

$$\text{Splice Loss} = \frac{0.04\text{dB}_{A\text{ to }B} + (-0.02\text{dB})_{B\text{ to }A}}{2} = 0.01\text{ dB} \quad \text{Eq. (2)}$$

لغت‌نامه

5G

5G ، پنجمین نسل از تکنولوژی شبکه تلفن همراه (سلولار) است که حجم بالایی از سرعت اینترنت، پوشش شبکه و پاسخگویی سریع سرور را در اختیار کاربران قرار می‌دهد. دمو از اینترنت 5G نشان می‌هد که این نسل از اینترنت می‌تواند سرعتی معادل ۱ گیگابیت در ثانیه را ارائه دهد. این یعنی چیزی حدود ۱۰ تا ۱۰۰ برابر سرعت متوسط اینترنت فعلی که کاربران از آن استفاده می‌کنند و سریع‌تر از تمامی سرویس‌های اینترنت کابلی و فیبر نوری که در حال حاضر وجود دارد.

Smart City

یک منطقه شهری است که از انواع مختلف سنسورها و روش‌های الکترونیکی برای جمع‌آوری اطلاعات استفاده می‌کند. این اطلاعات سپس برای مدیریت کارآمد دارایی‌ها، منابع و خدمات شهری استفاده می‌شود.

Big Data

big data به معنای میزان عظیمی داده‌های ساختاربندی شده و نشده است که این پتانسیل را دارد که به شرکت‌ها کمک کند تا عملیات‌های خود را بهبود بخشیده و تصمیمات سریع تر و هوشمندانه‌تری اتخاذ نمایند. تعداد این داده ها به قدری است که پردازش آنها به وسیله دیتابیس‌های سنتی و نرم افزارهای موجود، دشوار و غیر قابل انجام بوده است.

IOT

اینترنت اشیا (Internet of Things) یا IOT به طور کلی اشاره دارد به بسیاری از اشیا و وسایل محیط پیرامون ما که به شبکه اینترنت متصل شده اند و می توان توسط اپلیکیشن‌های موجود در تلفن‌های هوشمند و تبلت آنها را کنترل و مدیریت کرد.

Metavers

فرضیه‌ای از آینده اینترنت است که از محیط‌های مجازی سه‌بعدی آنلاین غیرمتمرکز و پایدار تشکیل می‌شود .این دنیای مجازی از طریق هدست‌های واقعیت مجاز(VR)، عینک‌های واقعیت افزوده، گوشی‌های هوشمند، رایانه‌های شخصی و کنسول‌های بازی قابل دسترسی خواهد بود.

Photodiode

دیودِ نوری گیرنده یک قطعه پیوندی p-n نیم‌رسانا است که نور را به جریان الکتریکی تبدیل می کند

Modal Dispersion

پراکندگی حالت ها یا مُدال، مکانیسم اعوجاج است که در فیبر های مالتی مد و سایر طول موج های حرکت نور رخ می دهد ، که در آن سیگنال در زمان به علت سرعت انتشار مختلف برای تمام حالت های نور پخش شده است

Absorption

آن بخش از افت سیگنال نوری که حاصل از تبدیل قدرت نوری به گرما است.

Scattering

وقتی چگالی شیشه در طول فیبر یک نواخت نباشد مثل این است که نور ضریب شکست های متفاوتی را در برابر خود می بیند. در اثر این عامل نور دچار پراکندگی می گردد. بخشی از آن وارد Clad می شود. معروف ترین نوع پراکندگی، رایلی(Rayleigh) می‌باشد که در آن هر چه طول موج کوتاه تر باشد پراکندگی بیشتر است.

Micro Bending

افت به علت خمیدگی‌های در مقیاس کوچک در فیبر اشاره دارد که اغلب از فشار وارده بر فیبر مانند زمانی که کابل روکش می‌شود و سایر عناصر موجود در کابل روی آن فشار می‌آورد.

Macro Bending

افت به علت خمیدگی های ناشی از نصب نامناسب و غیر استاندارد کابل ایجاد می گردد. برای نشان دادن این موضوع، آزمایش خمش ماکرو با پیچاندن فیبر یا کابل به دور یک سنبه با قطر مشخص انجام می‌شود.

FTTH

این تکنولوژی شامل راه حل های دسترسی فیبر نوری برای اتصال به منازل مسکونی می‌باشد. در شبکه هایFTTH فیبرها مستقیماً به خانه های فردی یا آپارتمان ها متصل می شوند .

Polybutylene Terephthate

یک ترموپلاستیک مهم با خواص خوب مقاومت شیمیایی ، عایق بندی ، روغن کاری و فرآوری است.

Thixotropic

معروف به ژله سرد است و برای جلوگیری از نفوذ آب و رطوبت به داخل لوزتیوب برای محافظت از تار فیبر نوری استفاده می‌شود. رطوبت به مرور زمان باعث از بین رفتن کابل می‌شود. این ژله به هیچ وجه سمی نیست.

Span

به میزان توان کششی وارده بر روی عنصر مقاوم مرکزی کابل های هوایی در فاصله دو تیر را Span میگویند.

Kevlar

نام تجاری برای الیاف ساخته شده از پارا آرامید است که معمولا به صورت الیاف یا پارچه‌های بافته شده یا به عنوان یک بخش از مواد کامپوزیتی استفاده می‌شود. الیاف کولار وزن کم و مقاومت بالایی دارند و عموما به شکل نخ یا پارچه‌های بافته شده عرضه می‌شوند.

TIA-598

یک استاندارد کد رنگ است که به کدهای رنگ فیبر نوری می پردازد، که اکثر تولیدکنندگان آن را پذیرفته و به آن ارجاع می دهند.

Mid-span

به عملیات روکش برداری از کابل و عناصر مقاوم مرکزی ان و برداشتن روکش لوزتیوپ ها و اتصال تارهای مورد استفاده در نقاط اتصالی می گویند.

Bidirectional Measurement

در این نوع تست هر لینک نوری توسط دستگاه OTDR از هر دو سمت تحت تست قرار گرفته و نتیجه تست از میانگین محاسبه هر دو تست به دست می آید.

منابع

The Fiber Optic Association, Inc.

ISO/IEC

TIA-598

EIA/TIA-568.B3

فناوران ارتباطات رستاک سیستم

www.farsnet.co