

## فیبر نوری و کاربردهای آن

حسن امینی جاوید

استفاده از نور بعنوان وسیله ای برای ارتباط ، پدیده جدیدی نیست . بشر اولیه از نور برای ارسال پیام استفاده میکرد و با فرستادن علائم بصورت دود که خود نوعی ارتباط نوری بود مقاصد خاصی رابه دیگران ابراز مینمود.تا مدتها دود تنها وسیله ارتباطی میان افراد قبایل دور از هم بشمار می رفت . بشر پس از مدتی دریافت که از نور میتوان برای فرستادن پیام و رمز از طریق فانوسهای دریائی نیز بهره بگیرد. تجربیات اولیه و ابتدائی بشر در قرون بعد بصورت پیشرفته تری بکار گرفته شد.

برای برقراری ارتباط و انتقال پیام وجود فرستنده و گیرنده و محیط انتشار ضروری است . در سیستمهای مخابراتی کابل بعنوان یکی از محیطهای انتشار و انتقال اطلاعات از فرستنده به گیرنده بکار میرود. بشر از مدتها پیش فکر استفاده از کابلهای دیگر بجای کابل فلزی را در سر میپروراند و برای جایگزینی سیستم کم هزینه اما دارای کیفیت بهتر و کاربرد بیشتر "شیشه و نور" را برای ارسال اطلاعات ، راه حل منطقی و مناسبی یافت و در نهایت الیاف نوری را مناسب تر از کابلهای فلزی تشخیص داد.

اولین کسانی که در قرون اخیر به فکر استفاده از نور افتادند ، انتشار نور را در جو زمین تجربه کردند. اما وجود موانع مختلف نظیر گردوخاک، دود، برف ، باران ، مه و ... انتشار اطلاعات نوری در جو را با مشکل مواجه ساخت . بعدها استفاده از لوله و کانال برای هدایت نور مطرح گردید . نور در داخل این کانالها بوسیله آینه ها و عدسی ها هدایت میشود ، اما از آنجا که تنظیم این آینه ها و عدسی ها کار بسیار مشکلی بود این کارها هم غیر عملی تشخیص داده شد و مطرود ماند.

کاکو و کوکهام انگلیسی برای اولین بار استفاده از شیشه را بعنوان محیط انتشار مطرح ساختند. آنان مبنای کار خود را بر آن گذاشتند که به سرعتی حدود ۱۰۰ مگابیت بر ثانیه و بیشتر بر روی محیط های انتشار شیشه دست یابند. این سرعت انتقال با تضعیف زیاد انرژی همراه بود. این دو محقق انگلیسی ، کاهش انرژی را تا آنجا میپذیرفتند که کمتر از ۲۰ سی بل نباشد . اگر چه آنان در رسیدن به هدف خود ناکام ماندند ، اما شرکت آمریکائی ( کورنینگ گلس ) به این هدف دست یافت. در اوایل سال ۱۹۶۰ میلادی با اختراع اشعه لیزر ارتباطات فیبرنوری ممکن گردید.

به نحوی که طرح یک منبع نوری تعدیل شده که بتواند اطلاعات را انتقال دهد ارائه شد. در سال ۱۹۶۶ میلادی ، دانشمندان در این نظریه که نور در الیاف شیشه ای هدایت میشود پیشرفت کردند که حاصل آن از کابلهای معمولی

بسیار سودمندتر بود. چرا که فیبرنوری بسیار سبکتر و ارزانتر از کابل مسی است و در عین حال ظرفیت انتقالی تا چندین هزار برابر کابل مسی دارد.

در عصر کامپیوترها و ماهواره ها بشر می‌تواند در آن واحد تصویر، صدا و دیگر اطلاعات مورد نیاز خود را در حداقل زمان دریافت یا ارسال کند. همزمان با ورود به قرن ۲۱ توجه دست‌اندرکاران صنعت مخابرات و مراکز تحقیقاتی به فناوری روز دنیا یعنی فیبر نوری بیشتر شد به اعتقاد یکی از کارشناسان ارتباطات با استفاده از فیبر نوری زیرساخت‌های محلی و شهری ارتباطات قادر خواهد بود با سرعت‌های بیشتر و کیفیت برتر به یکدیگر و به زیرساخت‌های منطقه‌ای و جهانی اطلاعات بپیوندند

فیبرهای نوری از شیشه شفاف و خالص ساخته میشوند و با ضخامتی به نازکی یک تار موی انسان، میتوانند اطلاعات دیجیتال را در فواصل دور انتقال دهند. از آنها همچنین برای عکسبرداری پزشکی و معاینه‌های فنی در مهندسی مکانیک استفاده میشود.



### فیبرنوری چیست؟

فیبرهای نوری رشته‌های بلند و نازکی از شیشه بسیار خالصند که ضخامتی در حدود قطر موی انسان دارند. آنها در بسته‌هایی به نام کابل‌های نوری کنار هم قرار داده می‌شوند و برای انتقال سیگنال‌های نوری در فواصل دور مورد استفاده قرار می‌گیرند.

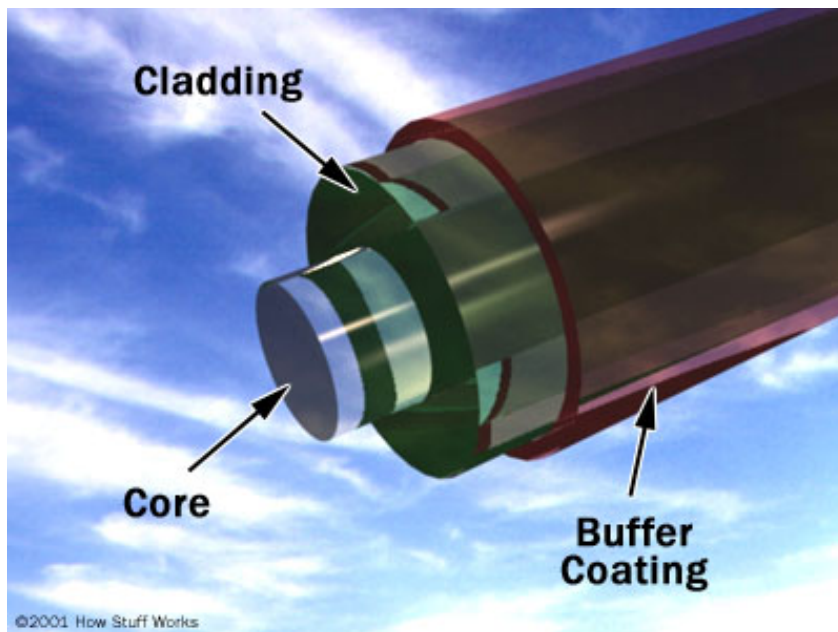
یک رشته فیبر نوری از قسمتهای زیر ساخته شده است:

هسته (Core): هسته بخش مرکزی فیبر است که از شیشه ساخته شده و نور در این قسمت سیر می‌کند.

لایه روکش (Cladding): واسطه شفافی که هسته مرکزی فیبر نوری را احاطه می کند و باعث انعکاس نور به داخل هسته می شود.

روکش محافظ (Buffer Coating): روکشی پلاستیکی که فیبر نوری در برابر رطوبت و آسیب دیدن محافظت می کند.

صدها یا هزاران عدد از این رشته های فیبر نوری بصورت بسته ای در کنار هم قرار داده می شوند که به آن کابل نوری گویند. این دسته از رشته های فیبر نوری با یک پوشش خارجی موسوم به ژاکت یا غلاف محافظت می شوند. شکل زیر قسمت های مختلف یک فیبر نوری را نشان می دهد.



### انواع فیبر نوری:

فیبرهای نوری دو نوعند:

فیبرهای نوری تک وجهی (تک حالتی): این نوع از فیبرها هسته های کوچکی دارند (قطری در حدود ۹ میکرون) و می توانند نور لیزر مادون قرمز (با طول موج ۱۳۰۰ تا ۱۵۵۰ نانومتر) را درون خود هدایت کنند. از این فیبرها بمنظور ارسال یک سیگنال در هر فیبر استفاده می شود (نظیر: تلفن)

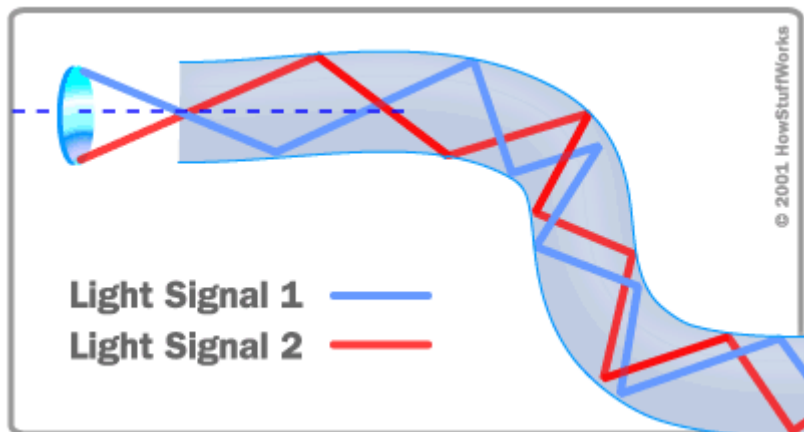
فیبرهای نوری چند وجهی (چند حالتی): این نوع از فیبرها هسته های بزرگتری دارند (قطری در حدود ۶۲,۵ میکرون) و نور مادون قرمز گسیل شده از دیوهای نوری موسوم به LED ها را با (طول موج ۸۵۰ تا ۱۳۰۰ نانومتر) درون خود هدایت می کنند. از این نوع فیبرها به منظور ارسال چندین سیگنال در یک فیبر استفاده می شود (نظیر: شبکه های کامپیوتری)

برخی از فیبرهای نوری از پلاستیک ساخته می شوند. این فیبرها هسته بزرگی ( با قطر ۴ صدم inch یا یک میلیمتر ) دارند و نور مریی قرمزی را که از LED ها گسیل میشود ( و طول موجی برابر با ۶۵۰ نانومتر دارد ) هدایت می کنند.

### یک فیبر نوری چگونه نور را هدایت می کند؟

فرض کنید ، قصد داشته باشیم با استفاده از یک چراغ قوه یک راهروی بزرگ و مستقیم را روشن نماییم . همزمان با روشن نمودن چراغ قوه ، نور مربوطه در طول مسیر مسقیم راهرو تابانده شده و آن را روشن خواهد کرد. با توجه به عدم وجود خم و یا پیچ در راهرو در رابطه با تابش نور چراغ قوه مشکلی وجود نداشته و چراغ قوه می تواند ( با توجه به نوع آن ) محدوده مورد نظر را روشن کرد. در صورتیکه راهروی فوق دارای خم و یا پیچ باشد ، با چه مشکلی برخورد خواهیم کرد؟ در این حالت می توان از یک آئینه در محل پیچ راهرو استفاده تا باعث انعکاس نور از زاویه مربوطه گردد. در صورتیکه راهروی فوق دارای پیچ های زیادی باشد ، چه کار بایست کرد؟ در چنین حالتی در تمام طول مسیر دیوار راهروی مورد نظر ، می بایست از آئینه استفاده کرد. بدین ترتیب نور تابانده شده توسط چراغ قوه (با یک زاویه خاص) از نقطه ای به نقطه ای دیگر حرکت کرده ( جهش کرده و طول مسیر راهرو را طی خواهد کرد). عملیات فوق مشابه آنچه است که در فیبر نوری انجام می گیرد.

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



تصویری از بازتابش کلی نور در یک فیبر نوری

از آنجا که لایه آینه پوش اطراف هسته هیچ نوری را جذب نمی کند، موج نور میتواند فواصل طولانی را طی کند. به هر حال، برخی از سیگنالهای نوری در حین حرکت در طول فیبر، ضعیف می شوند که علت عمده آن وجود برخی ناخالصیها داخل شیشه است. میزان ضعیف شدن سیگنال به درجه خلوص شیشه بکار رفته در داخل فیبر و نیز طول موج نوری که

درون فیبر سیر می کند بستگی دارد (مثلاً " موج با طول ۸۵۰ نانومتر بین ۶۰ تا ۷۵ درصد در هر کیلومتر ، موج با طول ۱۳۰۰ نانومتر بین ۵۰ تا ۶۰ درصد در هر کیلومتر ، موج با طول ۱۵۵۰ نانومتر بیش از ۵۰ درصد در هر کیلومتر) برخی از فیبرهای نوری هم هستند که سیگنال در داخل آنها خیلی کم تضعیف می شود. (کمتر از ۱۰ درصد در هر یک کیلومتر برای ۱۵۵۰ نانومتر)

### سیستم ارتباط بوسیله فیبرنوری:

برای پی بردن به اینکه فیبرهای نوری چگونه در سیستم های ارتباطی مورد استفاده قرار می گیرند، اجازه دهید نگاهی بیندازیم به فیلم یا سندی که مربوط به جنگ جهانی دوم است. دو کشتی نیروی دریایی را در نظر بگیرید که از کناریکدیگر عبور می کنند و لازم است باهم ارتباط برقرار کنند درحالی که امکان استفاده از رادیو وجود ندارد و یا دریا طوفانی است. کاپیتان یکی از کشتی ها پیامی را برای یک ملوان که روی عرشه است میفرستد. ملوان آن پیام را به کد مورس ترجمه می کند و از نورافکنی ویژه که یک پنجره کرکره جلو آن است برای ارسال پیام به کشتی مقابل استفاده می کند. ملوانی که در کشتی مقابل است این پیام مورس را میگیرد، ترجمه می کند و به کاپیتان می دهد. حالا فرض کنید این دو کشتی هر یک در گوشه ای از اقیانوسند. و هزاران مایل فاصله دارند و در فاصله بین آنها یک سیستم ارتباطی فیبرنوری وجود دارد.

سیستم های ارتباط بوسیله فیبرنوری، شامل این قسمت هاست :

فرستنده : سیگنالهای نور را تولید میکند و به رمز در می آورد.

فیبرنوری : سیگنالهای نور را تا فواصل دور هدایت می کند.

تقویت کننده نوری : ممکن است برای تقویت سیگنالهای نوری لازم باشد. (برای ارسال سیگنال به فواصل خیلی دور)

گیرنده نوری :سیگنالهای نور را دریافت و رمزگشایی می کند.

فرستنده : نقش فرستنده شبیه ملوانی است که روی عرشه کشتی فرستنده پیام ایستاده و پیام را ارسال می کند. فرستنده ابزار تولید نور را در فواصل زمانی مناسب خاموش یا روشن می کند. فرستنده درعمل به فیبر نوری متصل می شود و حتی ممکن است دارای لنزی برای متمرکز کردن نور به داخل فیبر هم باشد. قدرت اشعه لیزر بیش از LEDهاست. اما با کم و زیاد شدن دما شدت نورشان تغییر می کند و گرانتتر هم هستند. متداول ترین طول موجهایی که استفاده می شود عبارتند از: ۸۵۰ نانومتر، ۱۳۰۰ نانومتر و ۱۵۵۰ نانومتر. ( مادون قرمز و طول موجهای نامرئی طیف )

تقویت کننده نوری

همانطور که قبلا هم به آن اشاره شد، نور حین عبور از فیبر ضعیف میشود. (مخصوصا در فواصل طولانی بیش از نیم مایل یا حدود یک کیلومتر مثلا در کابل های زیر دریا) بنابراین یک یا بیش از یک تقویت کننده نوری در طول کابل بسته می شوند تا نور ضعیف شده را تقویت کنند.

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

گیرنده نوری

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

### فیبرنوری چگونه ساخته می شود؟

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

برای ساخت فیبرنوری بایستی مراحل زیر طی شود:

ساخت یک استوانه شیشه ای از پیش تعیین شده

کشیدن فیبر از استوانه آماده شده

آزمایش فیبرهای تولید شده

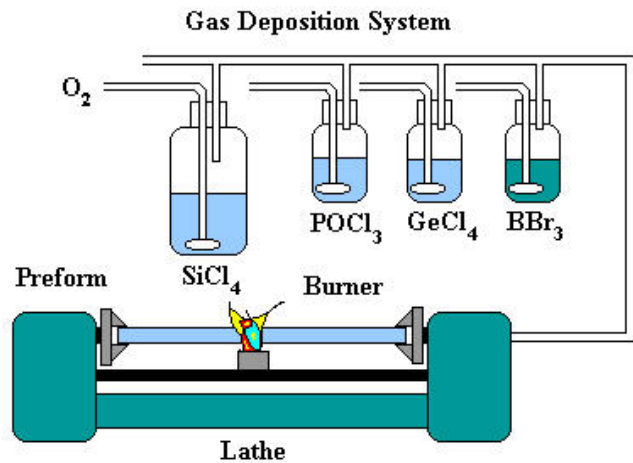
ساخت استوانه شیشه ای

شیشه مورد استفاده برای ساخت استوانه طی روندی موسوم به MCVD یا رسوب سازی تعدیل شده شیمیایی با بخار تولید میشود.

در روش MCVD اکسیژن از میان محلول کلراید سیلیکون ( $\text{SiCl}_4$ )، کلراید ژرمانیوم ( $\text{GeCl}_4$ ) (و دیگر مواد شیمیایی میجوشد (قلقل میکند)

این مخلوط بسیار دقیق و حساب شده، ویژگیهای فیزیکی و اپتیکی گوناگونی دارد. ( از جمله ضریب شکست، ضریب انبساط، نقطه ذوب و ... )

شکل زیر فرآیند MCVD برای ساخت استوانه را نشان می دهد.



سپس بخارهای گاز بوسیله یک ماشین مخصوص با حرکات دورانی به داخل یک لوله سیلیس مصنوعی یا لوله کوارتز هدایت می شود که به این عمل آبکاری گویند. در حین چرخش ماشین، یک مشعل در بیرون لوله به بالا و پایین حرکت می کند. حرارت بسیار زیاد ناشی از مشعل، باعث میشود دو چیز اتفاق بیفتد:

سیلیکون و ژرمانیوم با اکسیژن واکنش میدهند، دی اکسید سیلیکون ( $\text{SiO}_2$ ) (و دی اکسید ژرمانیوم  $\text{GeO}_2$ ) حاصل میشود.

دی اکسید سیلیکون و دی اکسید ژرمانیوم روی سطح داخلی لوله رسوب می کنند، باهم آمیخته میشوند تا شیشه شکل بگیرد.

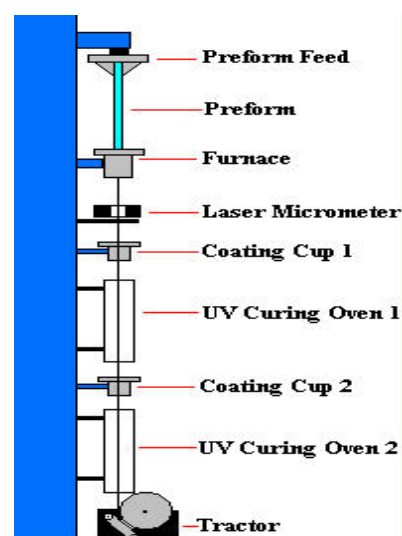


ماشین مورد استفاده برای ساخت استوانه

ماشین مخصوص بطور مستمر میچرخد تا استوانه ای استوار و آندود شده ساخته شود. خلوص شیشه با استفاده از قطعات پلاستیکی که در برابر خوردگی مقاوم است و در سیستم تزریق گاز بکار رفته و نیز با کنترل دقیق جریان گاز و ترکیب آن حفظ میشود. روند ساخت این استوانه کاملاً خودکار است و چندین ساعت بطول می انجامد. بعد از اینکه استوانه ساخته شده خنک شد، تست کنترل کیفیت روی آن انجام می شود.

کشیدن فیبر از استوانه آماده شده

بعد از اینکه استوانه شیشه ای کنترل کیفی شد، روی دستگاهی بنام برج فیبر کشی سوار می شود. استوانه شیشه ای در یک کوره گرافیتی داغ میشود ( ۳۴۵۲ تا ۳۹۹۲ درجه فارنهایت یا ۱۹۰۰ تا ۲۲۰۰ درجه سانتیگراد ) تا حدی که یک گلوله گداخته شده از نوک آن، تحت تاثیر نیروی جاذبه سقوط میکند. گلوله شیشه ای مذاب در حین سقوط خنک میشود و یک رشته شیشه ای را بوجود می آورد.



نمایی از یک برج فیبر کشی

متصدی دستگاه این رشته را در داخل دیگر قسمتهای برج از جمله تعدادی فنجانک اندود کننده و نیز کوره ماوراء بنفش نخ کشی میکند تا در نهایت به قرقره پایین دستگاه برسد.

قرقره مکانیکی فیبر را به آرامی از استوانه داغ شده می کشد. یک ریزسنج لیزری بدقت این مرحله را کنترل میکند و قطر فیبر را اندازه میگیرد. اطلاعات بدست آمده از ریزسنج به سیستم خودکار قرقره مکانیکی ارسال می شود. فیبرها با سرعت ۳۳ تا ۶۶ فوت بر ثانیه ( ۱۰ تا ۲۰ متر بر ثانیه ) از استوانه داغ کشیده می شوند و محصول نهایی روی قرقره پیچیده می شود. معمولاً در نهایت بیش از ۱/۴ مایل ( ۲/۲ کیلومتر ) فیبرنوری روی قرقره جمع نمی شود





موضوع برخی آزمایشها که روی فیبرنوری تولید شده انجام میشود:

مقاومت کششی: فیبر باید بتواند نیروی کشش معادل  $100/000$  پوند بر اینچ مربع یا بیشتر را تحمل کند. آزمایش منحنی ضریب شکست: بررسی فیبر از لحاظ ابعاد هندسی از جمله کنترل یکنواختی قطر هسته و یکنواختی ضخامت لایه روکش

آزمایش میزان تضعیف امواج در فیبرنوری: در این آزمایش مشخص می شود که سیگنالهای نوری در طول موجهای مختلف چه مقدار انرژی خود را از حین عبور از فیبر دست می دهند.

ظرفیت انتقال اطلاعات (پهنای باند): تعداد سیگنالهایی که در هر لحظه می تواند بوسیله فیبر منتقل شود.

طیف رنگی: انتشار طول موجهای مختلف نور در هسته فیبر که در بحث پهنای باند حایز اهمیت است.

دمای عملیاتی / دامنه تغییرات رطوبت

تاثیر دما در تضعیف سیگنال عبوری

توانایی هدایت نور در زیر آب: حایز اهمیت برای کابل هایی که در زیر دریا استفاده می شود.

وقتی فیبر مراحل آزمایش را طی کرد، به شرکتهای فعال در زمینه تلفن، کابل و شبکه فروخته میشود. در حال حاضر بسیاری از شرکتهای سیستمهای نوین مبتنی بر فیبرنوری را جایگزین سیستمهای قدیمی مبتنی بر سیم مسی کرده اند تا سرعت، ظرفیت و وضوح بیشتری حاصل شود.

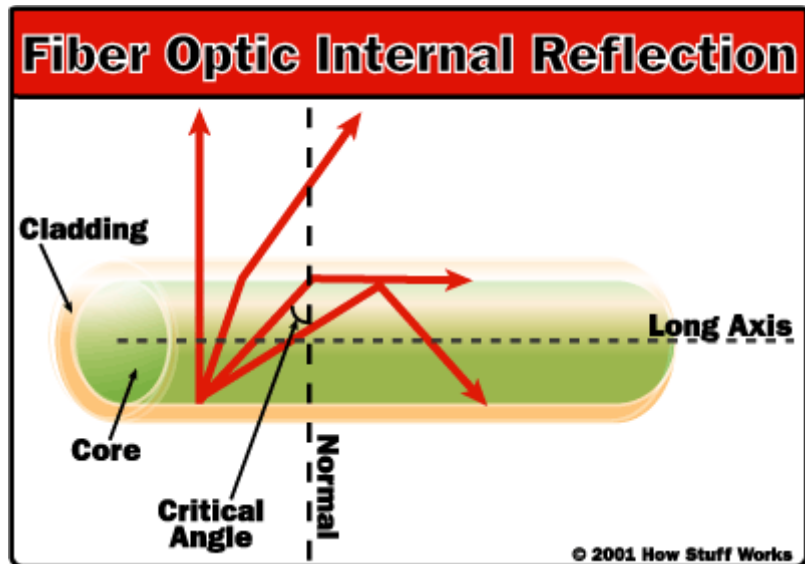
## فیزیک بازتابش کلی

وقتی نور از یک محیط با ضریب شکست  $1\text{ m}$  وارد محیط دوم با ضریب شکست کوچکتری مثل  $2\text{ m}$  می شود، زاویه ای که در محیط اول با خط عمود فرضی بر سطح جدا کننده دو محیط داشت، در محیط دوم تغییر میکند. همچنان که زاویه پرتو در محیط اول، نسبت به خط عمود فرضی بزرگتر میشود، نور شکسته شده در محیط دوم هم از خط فرضی دورتر می شود. (زاویه پرتو در محیط دوم هم نسبت به خط فرضی بزرگتر میشود) در یک زاویه خاص (زاویه بحرانی) نور شکسته شده به محیط دوم وارد نمی شود و در عوض در امتداد خط جداکننده دو محیط حرکت می کند.

$$n_1 \sin(\text{critical angle}) = n_2$$

که  $n_1 > n_2$  و ضرایب شکست اند بطوریکه  $n_1 > n_2$

در فیزیک زاویه بحرانی نسبت به خط عمود فرضی تعریف می شود. در فیبرنوری، زاویه بحرانی نسبت به محوری موازی با فیبر که در مرکز آن امتداد دارد توصیف میشود. بنابراین (زاویه بحرانی فیزیکی - ۹۰ درجه) = زاویه بحرانی در فیبرنوری



پدیده بازتابش کلی نور در یک فیبرنوری

در یک فیبرنوری نور در هسته (با ضریب شکست بزرگتر،  $n_1$ ) (سیر میکند و مرتبا با برخورد به لایه روکش (با ضریب شکست کوچکتر،  $n_2$ ) شکسته میشود چون زاویه نور همیشه از زاویه بحرانی بزرگتر است. در انعکاس نور از سطح روکش، مقدار زاویه انحنای فیبر تاثیر ندارد حتی اگر فیبرنوری یک دایره کامل ساخته باشد!

از آنجا که لایه روکش هیچ نوری از هسته جذب نمی کند، موج نور میتواند مسافتهای طولانی را طی کند. ولی بهر حال برخی سیگنالهای نوری در حین عبور از فیبر ضعیف میشوند که دلیل عمده آن ناخالصیهای موجود در شیشه است.

میزان تضعیف سیگنال به درجه خلوص شیشه و طول موج نور عبوری از فیبر بستگی دارد (مثلا نور با طول موج ۸۵۰ نانومتر در هر یک کیلومتر ۶۰ تا ۷۵ درصد ضعیف می شود. نور با طول موج ۱۳۰۰ نانومتر ۵۰ تا ۶۰ درصد در هر یک کیلومتر و نور با طول موج ۱۵۵۰ نانومتر بیش از ۵۰ درصد در هر کیلومتر تضعیف میشود.) برخی از انواع فیبرنوری کارایی بهتری دارند و سیگنال نور در آنها کمتر انرژی خود را از دست می دهد - کمتر از ۱۰ درصد در هر یک کیلومتر برای طول موج ۱۵۵۰ نانومتر.

### مزایای فیبر نوری:

فیبر نوری در مقایسه با سیمهای فلزی مرسوم (سیمهای مسی)، دارای این مزایا است:

ارزان تر بودن : فیبر نوری بطول چندین مایل از سیم مسی با همین طول ارزاتر است . این قیمت مناسب باعث می شود که بتوانید تلویزیون کابلی یا اینترنت را هر جایی در اختیار داشته باشید و در پول شما هم صرفه جویی میشود. نازکتر بودن \_ فیبرنوری با ضخامتی کمتر از ضخامت سیم مسی تولید میشود و این مزیت بزرگی است. ظرفیت انتقال بالاتر : از آنجا که فیبرنوری نازکتر از سیمهای مسی است، بنابراین در کابلی با قطر معلوم تعداد فیبرنوری بیشتری جا میگیرد تا سیم مسی. پس این امکان فراهم میشود که از کابلی با قطر مشابه تعداد خطوط تلفن بیشتر یا تعداد کانال های تلویزیونی بیشتری عبور داده شود.

تضعیف کمتر سیگنال: سیگنال عبوری از فیبرنوری نسبت به سیگنال عبوری از سیم مسی کمتر ضعیف میشود. سیگنال های نوری : برخلاف سیگنالهای الکتریکی در سیمهای مسی که با سیگنالهای عبوری از کابلهای نزدیک تداخل میکنند، سیگنالهای نوری در فیبرنوری حتی با سیگنالهای عبوری از فیبری که در همان کابل است هم تداخل نمیکند. بنابراین صدا در مکالمات تلفنی واضح تر منتقل میشود و کانال های تلویزیونی هم بهتر دریافت میشوند. کم مصرف بودن \_ از آنجا که سیگنالها در فیبرنوری کمتر ضعیف میشوند، بنابراین فرستنده های کم مصرف تری نسبت به فرستنده های با ولتاژ بالا در سیمهای مسی نیاز است. این مزیت باز هم باعث صرفه جویی در هزینه ها می شود. سیگنالهای دیجیتال : بهترین و اصلی ترین کاربرد فیبر نوری انتقال اطلاعات دیجیتال است که بخصوص برای شبکه های کامپیوتری مفید است.

اشتعال ناپذیری \_ چون هیچ الکتربسیته ای از فیبرنوری عبور نمیکند، خطر اشتعال هم وجود ندارد. سبک بودن : فیبرنوری درمقایسه با سیم مسی وزن کمتری دارد و فضای کمتری را میگیرد. انعطاف پذیری: از آنجا که فیبرهای نوری بسیار انعطاف پذیرند و میتوانند نور را ارسال و دریافت کنند، در بسیاری از دوربین های انعطاف پذیر و تاشو در اهداف زیر کاربرد دارند:

عکسبرداری پزشکی : در bronchoscope لوله ای نازک برای عکسبرداری از نایچه ها در endoscope : برای تصویربرداری از اعضای توخالی بدن مثل معده و مثانه ، در laparoscope : ابزار پزشکی برای بررسی معده و برخی جراحی های کوچک. تصویربرداری ماشینی: برای چک کردن جوشهایی که در لوله ها و موتورها بصورت ماشینی اجرا میشود. ( مثلا در هواپیماها، راکتها، شاتل های فضایی و ماشینها) لوله کشی : برای بررسی مجاری فاضلاب فیبرهای نوری نسل سوم

طراحان فیبرهای نسل سوم، فیبرهایی را مد نظر داشتند که دارای کمترین تلفات و پاشندگی باشند. برای دستیابی به این نوع فیبرها، محققین از حداقل تلفات در طول موج ۵۵/۱ میکرون و از حداقل پاشندگی در طول موج ۳/۱ میکرون

بهره جستند و فیبری را طراحی کردند که دارای ساختار نسبتاً پیچیده‌تری بود. در عمل با تغییراتی در پروفایل ضریب شکست فیبرهای تک مد از نسل دوم، که حداقل پاشندگی آن در محدوده ۳/۱ میکرون قرار داشت، به محدوده ۵۵/۱ میکرون انتقال داده شد و بدین ترتیب فیبر نوری با ماهیت متفاوتی موسوم به فیبر دی.اس.اف ساخته شد.

## فیبر نوری در ایران

در ایران در اوایل دهه ۶۰، فعالیت‌های پژوهشی در زمینه فیبر نوری در پژوهشگاه، برپایی مجتمع تولید فیبر نوری در پونک تهران را در پی داشت و عملاً در سال ۱۳۷۳ تولید فیبر نوری با ظرفیت ۵۰۰،۰۰۰ کیلومتر در سال در ایران آغاز شد. فعالیت استفاده از کابل‌های نوری در دیگر شهرهای بزرگ ایران آغاز شد تا در آینده نزدیک از طریق یک شبکه ملی مخابرات نوری به هم بپیوندند. اولین پروژه فیبرنوری با اجرای ۷۰۰ کیلومتر کابل با ۱۳ هزار کانال بین چندین مسیر با هزینه‌ای بالغ بر ۴۰ میلیارد ریال بین سالهای ۶۹ تا ۷۳ انجام شد. در برنامه دوم توسعه پروژه فیبرنوری با ۱۱۶۰۰ کیلومتر کابل با ۶۲۰ هزار کانال بین شهری با هزینه ۶۵۴ میلیارد ریال در سالهای ۷۴ تا ۷۸ به انجام رسید و نهایتاً در برنامه سوم توسعه ۱۷۸۵۰ کیلومتر تا ۲ میلیون کانال با پروتکشن بین شهرهای کشور با هزینه‌ای بالغ بر ۱۰۳۵ میلیارد در سالهای ۷۹ تا ۸۳ اجرا شد.

## مهمترین پروژه های فیبرنوری ایران

مهمترین پروژه های فیبرنوری در کشور اعم از ارتباطات بین الملل و داخل کشور به شرح ذیل است:

### ۱- پروژه TAE

پروژه مذکور یک شبکه مخابراتی فیبرنوری میان کشورهای اروپائی و آسیائی میباشد که طراحی و اجرا گردیده است و از شانگهای چین شروع و در فرانکفورت آلمان خاتمه میابد. این پروژه علاوه بر تامین ارتباط مخابرات داخل کشورهای عضو، ارتباط بین المللی کشورهای عضو را نیز برقرار مینماید. مسیر اصلی که پروژه در ایران طی کرده است ۲۱۳۰ کیلومتر میباشد که ورودی آن از مرز بازرگان در آذربایجانغربی و خروجی آن باجگیران در استان خراسان می باشد و از شهرهای تبریز، زنجان، قزوین، تهران، سمنان، شاهرود، سبزوار و قوچان می گذرد.

### ۲- پروژه جاسک - فجیره

این پروژه در سال ۱۳۷۰ به طول ۱۶۰ کیلومتر فیبرنوری بین جاسک و فجیره در کشور امارات مورد بهره برداری قرار گرفت و باعث سهولت در امر ارتباطات بین المللی بین ایران و کشورهای حوزه خلیج فارس گردید.

### ۳- پروژه فیبرنوری برنامه پنج ساله اول ، دوم و سوم

در راستای پیگیری جدی شبکه فیبرنوری بعنوان زیرساخت اصلی شبکه انتقال کشور ، برنامه پروژه های فیبرنوری در قالب خطوط اصلی ، بین الملل ، خطوط فرعی و بین مراکز شهری بمنظور تامین نیاز روزافزون ارتباطات مخابراتی ( تلفن ثابت - همراه - دیتا و ... ) تنظیم گشته و در جهت تحقق اهداف قدمهای موثری برداشته شده است. بطوریکه طی سالهای برنامه پنج ساله اول حدود ۱۵۷۷ کیلومتر فیبرنوری ( خطو اصلی ، خطوط بین الملل و بین مراکز شهری) و دربرنامه پنج ساله دوم حدود ۷۳۵۱ کیلومتر (خطوط اصلی و بین مراکز شهری) نصب و راه اندازی شده است. همچنین در برنامه پنج ساله سوم(۸۳-۷۹) حدود ۱۷۸۵۰ کیلومتر (خطوط اصلی و بین مراکز شهری) نصب و راه اندازی شده است .

ایران قطب ارتباط منطقه

- ۱- موقعیت استراتژیک و جغرافیائی کشور ( ۱۵ کشور همسایه ) و ایجاد شبکه بین شهری با ظرفیت مناسب و پوشش کامل و فناوری جدید
- ۲- عدم دسترسی بعضی از کشورهای همسایه به دریای آزاد
- ۳- ایجاد دو نقطه اتصال مستقیم به کابلهای دریائی بین الملل
- ۴- ایجاد ارتباط مستقیم با کشور امارات و کویت از طریق کابل دریائی
- ۵- ایجاد ارتباط کابل فیبرنوری موجود با اکثر کشورهای همسایه ( ترکمنستان ، ترکیه ، ارمنستان ، آذربایجان ، افغانستان ، امارات )

#### کابل های ارتباطی زیر دریایی:

کابل هایی هستند که در زیر دریا خوابانیده می شوند و ارتباط بین کشورها را برقرار می سازند. اولین کابل های ارتباطی زیر دریایی، ارتباط تلفنی بین کشورها را برقرار ساختند. اما نسل جدید کابل های ارتباطی زیر دریایی، ارتباطات داده ای را نیز برقرار ساختند. تمام کابل های مدرن امروزی از فناوری فیبر نوری برای حمل حداکثر بار دیجیتال استفاده می کنند که به وسیله آن تمام ارتباطات مانند اینترنت و انتقال داده های خصوصی صورت می گیرد. این کابل ها دارای ضخامت ۶۹ میلی متر و وزن تقریبی ۱۰ کیلوگرم در هر متر هستند. کابل های نازک تر و سبک تر برای قسمت های عمیق آب استفاده می شوند. از سال ۲۰۰۳ به بعد کابل های زیر دریایی ارتباط تمام کشورهای دنیا را به جز حوزه اینترنتی انترکانیکا (قطب جنوب) به هم متصل کرده است.

برخی از این ارتباطات عبارتند از:

SEA-ME-WE 3 یا South-East Asia - Middle East - Western Europe 3 :

کابل ارتباط از راه دور زیر دریایی نوری می باشد که ارتباط کشورهای حوزه مذکور شامل: آلمان، بلژیک، فرانسه، انگلیس، پرتغال، مراکش، ایتالیا، یونان، قبرس، مصر، عربستان، جیبوتی، عمان، امارات، پاکستان، هندوستان، سریلانکا، میانمار، تایلند، مالزی، اندونزی، سنگاپور، استرالیا، برونئی، ویتنام، فیلیپین، ماکائو، هنگ کنگ، چین، تایوان، کره جنوبی و ژاپن می باشد که بیشترین کشورها را به هم متصل نموده است و در سال ۲۰۰۰ به انجام رسید.

#### South East Asia–Middle East–Western Europe 4 یا SEA-ME-WE 4

کابل ارتباط از راه دور زیر دریایی نوری می باشد که ارتباط کشورهای حوزه مذکور شامل: سنگاپور، مالزی، تایلند، بنگلادش، هند، سریلانکا، پاکستان، امارات، عربستان، سودان، مصر، تونس، الجزایر، ایتالیا و فرانسه می باشد و در مارچ ۲۰۰۴ به انجام رسید.

#### تعمیر کابل های زیر دریایی:

کابل های زیر دریایی ممکن است به وسیله کرجی ماهیگیری، بهمن های عظیم زیر دریایی، لنگر کشتی ها و گزش نهنگ ها و کوسه ماهی ها پاره شوند. این کابل ها هنگام جنگ نیز به وسیله دشمن پاره می شوند. بنابراین کابل مذکور می بایست تعمیر شوند. بخش های آسیب دیده کابل به وسیله قلاب هایی به سطح دریا آورده می شوند. کابل های قسمت های عمیق می بایست در کف دریا بریده شوند و هر سر آن به طور جداگانه به سطح آب آورده شود که بر روی آن یک برش جدید تابیده و پیوند زده می شود. کابل های تعمیر شده از کابل های اصلی و ابتدایی بلند تر می باشد. بنابراین این قسمت های اضافی تعددا در یک محفظه U شکل در کف دریا و اقیانوس قرار داده می شوند. همچنین از زیر دریایی ها برای تعمیر کابل هایی که در نزدیک سطح دریا قرار دارند استفاده می شوند.

تعدادی بندر نیز نزدیک مسیر های کابلی مهم شناسایی می شوند و کشتی های مخصوص تعمیر کابل در آنجا قرار داده می شوند. مثلا بندرهای هالی فکس، نوا اسکاتیا (واقع در کشور کانادا) نمونه ای از این بندر ها می باشند نمونه ای از این کشتی های تعمیراتی کابل های زیر دریایی، [modern René Descartes](#) متعلق به شرکت دریایی فرانس تله کام می باشد که تصویر آن در شکل زیر قرار دارد.



در زیر برخی وقایع که باعث قطع کابل های زیر دریایی در سال های اخیر شده است را مرور می کنیم:

در جولای سال ۲۰۰۵ بخشی از کابل های SEA-ME-WE 3 واقع در ۳۵ کیلومتری کراچی دچار نقص شد که در نتیجه آن تمام ارتباطات پاکستان با جهان خارج قطع شد و ۱۰ میلیون کاربر اینترنت را نیز تحت تاثیر خود قرار داد.

در مارچ سال ۲۰۰۷ دزدان دریایی ۱۱ کیلومتر از کابل های دریایی T-V-H را که ارتباط تایلند، ویتنام و هنگ کنگ را برقرار می ساخت دزدیدند و ۱۰۰ تن کابل آن را به صورت قاچاق و اقساطی فروختند.

زلزله دسامبر سال ۲۰۰۶ تایوان بخش زیادی از کابل ها را غیر قابل استفاده ساخت.

اختلال کابل های دریایی در سال ۲۰۰۸ باعث اختلال در دو سوم ارتباطات کابل های کانال سوئز و ۳ بار قطعی در خلیج فارس و ۱ بار در مالزی شد.

## منابع:

- [Analyzing the Internet Collapse: Multiple fiber cuts to undersea](#) John Borland. " ", *Technology Review*, [cables show the fragility of the Internet at its choke points](#). February 5, 2008. (١)
- . *South East Asia-Middle East-Western Europe* 3. Sri Lanka [Cable System Configuration](#) .02-01-2008. Retrieved on [07-14-2007](#) on [the original](#)Telecom. Archived from (٢)
- . *South East Asia-Middle East-Western Europe* 4. Sri Lanka [Organization Structure](#) .01-31-2008. Retrieved on [08-04-2007](#) on [the original](#)Telecom. Archived from (٣)
- [http://image.guardian.co.uk/sys-images/Technology/Pix/pictures/2008/02/01/SeaCableHi.jpg](#) (٤)
- [http://www.globusz.com/ebooks/Telegraph/00000013.htm](#) (٥)
- [http://inventors.about.com/library/inventors/bl\\_morse\\_timeline1.htm](#) (٦)
- [http://www.telegraphindia.com/1080203/jsp/frontpage/story\\_8856997.jsp](#) (٧)
- [http://www.brainyhistory.com/events/1903/july\\_4\\_1903\\_69271.html](#) ^ (٨)