

# ParsBook.Org

پارس بوک، بزرگترین کتابخانه الکترونیکی فارسی زبان

# ParsBook.Org



The Best Persian Book Library

## فیبر نوری چگونه کار می کند؟

هرجا که صحبت از سیستم های جدید مخابراتی، سیستم های تلویزیون کابلی و اینترنت باشد، در مورد فیبر نوری هم چیزهایی میشنوید.

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 معاینه های فنی در مهندسی مکانیک استفاده میشود.

### یک رشته فیبر نوری

در این مقاله میخوانیم که این فیبرهای نوری چگونه نور را منتقل میکنند و نیز درمورد روش عجیب ساخت آنها !

### فیبرنوری چیست؟

فیبرهای نوری رشته های بلند و نازکی از شیشه بسیار خالصند که ضخامتی در حدود قطر موی انسان دارند. آنها در بسته هایی بنام کابل های نوری کنار هم قرار داده میشوند و برای انتقال سیگنال های نوری در فواصل دور مورد استفاده قرار میگیرند.

اگر با دقت به یک رشته فیبر نوری نگاه کنید، می بینید که از قسمتهای زیر ساخته شده :

- هسته \_ هسته بخش مرکزی فیبر است که از شیشه ساخته شده و نور در این قسمت سیر میکند.

### قسمتهای مختلف

#### یک رشته فیبر نوری

- لایه روکش \_ واسطه شفافی که هسته مرکزی فیبر نوری را احاطه میکند و باعث انعکاس نور به داخل هسته میشود.

- روکش محافظ \_ روکشی پلاستیکی که فیبر نوری در برابر رطوبت و آسیب دیدن محافظت میکند.

صدها یا هزاران عدد از این رشته های فیبر نوری بصورت بسته ای در کنار هم قرار داده میشوند که به آن کابل نوری گویند. این دسته از رشته های فیبر نوری با یک پوشش خارجی موسوم به ژاکت یا غلاف محافظت میشوند.

فیبرهای نوری دو نوعند :

• فیبرهای نوری تک وجهی \_ این نوع از فیبرها هسته های کوچکی دارند ( قطری در حدود 4inch -) 10 x 5/3 یا 9 میکرون ) و میتوانند نور لیزر مادون قرمز ( با طول موج 1300 تا 1550 نانومتر ) را درون خود هدایت کنند.

• فیبرهای نوری چند وجهی \_ این نوع از فیبرها هسته های بزرگتری دارند ( قطری در حدود 3inch -) 10 x 5/2 یا 5/62 میکرون ) و نور مادون قرمز گسیل شده از دیودهای نوری موسوم به LEDها را ( با طول موج 850 تا 1300 نانومتر ) درون خود هدایت میکنند.

برخی از فیبرهای نوری از پلاستیک ساخته میشوند. این فیبرها هسته بزرگی ( با قطر 4 صدم inch یا یک میلیمتر ) دارند و نور مریی قرمزی را که از LEDها گسیل میشود ( و طول موجی برابر با 650 نانومتر دارد ) هدایت میکنند.

بیا یاد ببینیم طرز کار فیبر نوری چیست.

یک فیبر نوری چگونه نور را هدایت میکند؟

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

برای این منظور میتوانید از یک آینه استفاده کنید که در محل خمیدگی راهرو قرار میگیرد و نور را در جهت مناسب منحرف میکند. اگر راهرو خیلی پیچ در پیچ باشد و خمهای زیادی داشته باشد چه؟ میتوانید دیوارها را با آینه بپوشانید و نور را به دام بیندازید بطوریکه در طول راهرو از یک گوشه به گوشه دیگر بپرد. این دقیقا همان چیزی است که در یک فیبرنوری اتفاق می افتد.

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

تصویری از بازتابش کلی نور در یک فیبر نوری





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 تضعیف میشود.

سیگنال های نوری \_ برخلاف سیگنالهای الکتریکی در سیمهای مسی که با سیگنالهای عبوری از کابل های 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 تضعیف 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 میشود.

سیگنالهای دیجیتالی \_ بهترین و اصلی ترین کاربرد فیبر نوری انتقال اطلاعات دیجیتالی است که بخصوص برای شبکه های کامپیوتری مفید است.

اشتعال ناپذیری \_ چون هیچ الکتریسیته ای از فیبرنوری عبور نمیکند، خطر اشتعال هم وجود ندارد.

سبک بودن \_ فیبرنوری در مقایسه 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)، § و در laparoscope (ابزاری پزشکی برای بررسی معده و برخی جراحی های کوچک) کاربرد دارد.

§ 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

بخاطر وجود این مزایاست که شما فیبرنوری را در بسیاری از صنایع، در ارتباطات برجسته امروزی و شبکه های کامپیوتری میبینید. مثلا اگر از آمریکا به اروپا تلفن بزنید (یا برعکس)، و این ارتباط از طریق یک ماهواره مخابراتی انجام شود، اغلب میشنوید که صدا دچار تکرار و انعکاس میشود. ولی با وجود فیبرنوری ارتباط شما مستقیم و بدون پژواک است.

فیبرنوری چگونه ساخته میشود؟

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 میرود، 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 میرود 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. ( ازجمله ضریب شکست، ضریب انبساط، نقطه ذوب و ... )

فرآیند MCVD برای ساخت استوانه

سپس بخارهای گاز بوسیله یک ماشین مخصوص با حرکات دورانی بداخل یک لوله سیلیس مصنوعی یا لوله کوارتز هدایت میشود که به این عمل آپکاری گویند. در حین چرخش ماشین، یک مشعل در بیرون لوله به بالا و پایین حرکت میکند. 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.







$\sin[\text{critical angle}] = n_2 / n_1$  که  $n_1$  و  $n_2$  ضرایب شکست اند بطوریکه  $n_2 < n_1$ . اگر زاویه پرتو محیط اول نسبت به خط عمود فرضی، از زاویه بحرانی بزرگتر باشد، در این حالت پرتو شکسته شده بطور کامل بداخل همان محیط اول منعکس میشود ( پدیده بازتابش داخلی کلی ). حتی اگر محیط دوم شفاف باشد و بتواند نور را عبور دهد.

در فیزیک زاویه بحرانی نسبت به خط عمود فرضی تعریف میشود. 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 مرتباً 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 نمیکند، 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 ( مثلاً نور با طول موج ۸۵۰ نانومتر در هر یک کیلومتر ۶۰ تا ۷۵ درصد ضعیف میشود. 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 میدهد - کمتر از ۱۰ درصد در هر یک کیلومتر برای طول موج ۱۵۵۰ نانومتر.

# ParsBook.Org

پارس بوک، بزرگترین کتابخانه الکترونیکی فارسی زبان

# ParsBook.Org



The Best Persian Book Library