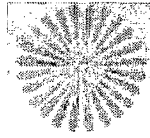




۱۳۸۷ / ۱۲ / ۱۱

۱۰ / ۳۰ / ۲۰۰۶



دانشگاه پیام نور

دانشکده علوم

گروه فیزیک

عنوان پایان نامه

بررسی اثر دما در انتقال و انعکاس نور از توری براگ نوشته شده بر روی مزدوج موازی

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته فیزیک

**مهسا پیرپور**

استاد راهنما

دکتر علیرضا کشاورز

استاد مشاور

دکتر پرویز الهی

شهریور ماه ۱۳۸۶

۱۰۴۰۴۰

دانشگاه پیام نور  
گروه فیزیک

۱۳۸۷ / ۲ / ۱۵

## تصویب نامه

پایان نامه تحت عنوان

بررسی اثر دما در انتقال و انعکاس نور از توری براگ نوشته شده بر روی مزدوج موازی

که توسط: مهسا پیرپور تهیه و به هیات داوران ارائه گردیده است مورد تایید می باشد.

تاریخ دفاع: ۱۳۸۶/۶/۲۴ نمره: ۱۸/۳ (هیجده و سه دهم) درجه ارزشیابی: عالی

اعضای هیات داوران:

نام و نام خانوادگی	هیات داوران	مرتبه علمی	امضاء
۱- دکتر علیرضا کشاورز	استاد راهنما	استادیار	
۲- دکتر پرویز الهی	استاد مشاور	استادیار	
۳- دکتر عبدالرسول قرائتی جهرمی	استاد ممتحن داخلی	استادیار	
۴- دکتر محسن حاتمی	استاد ممتحن خارج از دانشگاه	استادیار	
۵- دکتر محمد بهرامی	نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	استادیار	

تقدیم به

مادرم که مظهر عشق و پدرم که مظهر مهر.

آنها که هر چه دارم از ایشان است

و حضور سبزشان تا ابد

در وجودم جاری است.

## سپاسگزاری

سپاس خداوند مهربان که رحمتش ازلی و ابدی است. این پایان نامه مرهون زحمات اساتیدی است که در طول تحقیق، کمکها و راهنمائیهایشان بی دریغ شامل حامل من بود. با سپاس از جناب آقای دکتر علیرضا کشاورز، دکتر محسن حاتمی و مهندس اسمائیل باقر پور (کارشناس ارشد مکانیک دانشگاه صنعتی شریف) و اعضای محترم کمیته، آقای دکتر پرویز الهی، دکتر عبدالرسول قرائتی و دکتر محمد بهرامی. همچنین از خواهرهای عزیزم به پاس کمکهای مختلفشان در به پایان رساندن این پایان نامه تشکر ویژه می نمایم.

## چکیده:

فیبرهای نوری به علت داشتن اتلاف پایین، محیطی مناسب برای ارتباطات راه دور می باشند. گسترش فناوری ارتباطات، به کار بردن روشهای مختلف برای توصیف انتقال نور در فیبرهای نوری را ضروری ساخته است. برای اولین بار هیل اتال در سال ۱۹۷۸ میلادی با تابش اشعه فرابنفش باعث تغییر در ضریب شکست هسته فیبر سیلیکاتی شد که منجر به تشکیل توری براگ گردید. از آن پس تحقیقات گسترده ای بر روی توریهای براگ و کاربردهای آن انجام شد. به عنوان مثال، از این توری ها به عنوان حسگر برای اندازه گیری فشار، کشش، دما، و در مخابرات راه دور به عنوان ترکیب کننده و جدا کننده چندین طول موج، فیلتر کردن، جبران کننده پاشندگی و لیزرهای فیبری استفاده می شود. اثرات اپتیکی باعث تغییر ضریب شکست هسته شده و آن را برای پدیده کلید زنی مناسب می سازد.

در این پایان نامه تاثیر توری براگ نوشته شده بر روی فیبر نوری را بررسی کرده سپس با حل عددی معادلات حاکم بر توری های براگ نوشته شده بر کلیدهای مزدوج موازی به روش المانهای محدود توانستیم عملکرد این توری را بر روی مزدوج موازی بررسی کنیم. در اولین قدم در یک طول موج مشخص، ضمن کاهش طول انتقال توانستیم بیشینه توان انتقالی را در یک مزدوج موازی بدست آوریم. از طرفی با کنترل دما در توریها علاوه بر کاهش طول انتقال توانستیم در یک دمای خاص جهش بزرگی در توان انتقالی به وجود آوریم. در گام بعدی با کنترل دما توانستیم مسیر عبوری داده ها را در یک دمای خاص تغییر دهیم. از این اثر به عنوان یک راهیاب حساس به دما استفاده می شود.

کلید واژه: توری براگ نوشته شده بر روی فیبر نوری، توری براگ نوشته شده بر روی مزدوج موازی، کلید زنی نوری، سیستم ترکیب کننده و جدا کننده چندین طول موج

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱.....	فصل اول : مقدمه .....
۱۲.....	فصل دوم : فیبر نوری .....
۱۵ .....	۱-۲ اساس ساخت و مواد سازنده فیبرهای نوری .....
۱۶.....	۱-۱-۲ مواد لازم در فرایند ساخت پیش سازه.....
۱۶.....	۲-۱-۲ مراحل ساخت .....
۱۸.....	۲-۲ فیبرهایی با ضریب شکست پله‌ای .....
۲۱.....	۳-۲ گشودگی عددی .....
۲۳.....	۴-۲ موج‌های هدایت شونده درون فیبرهای نوری .....
۲۷.....	۵-۲ مدهای فیبر .....
۳۲.....	۶-۲ فیبرهایی با ضریب شکست تدریجی .....
۳۷.....	۷-۲ موج هدایت شونده درون فیبرهایی با ضریب شکست تدریجی .....
۴۰.....	فصل سوم : توری های براگ .....
۴۱.....	۱-۳ ساختار مواد و حساسیت در فیبرهای نوری .....
۴۵.....	۲-۳ روشهای اساسی در افزایش حساسیت .....
۴۵.....	۱-۲-۳ هیبروژنه کردن .....
۴۶.....	۲-۲-۳ گرما دادن .....
۴۷.....	۳-۲-۳ تزریق کردن .....
۴۷.....	۳-۳ روشهای اساسی در تغییرات ضریب شکست .....
۴۸.....	۱-۳-۳ مدل مرکز رنگی .....

- ۴۸..... ۲-۳-۳ مدل دو قطبی قطبی
- ۴۹..... ۳-۳-۳ مدل آرامش - تنش
- ۵۰..... ۴-۳-۳ مدل فشردگی
- ۵۱..... ۵-۳-۳ مدل مهاجرت دو قطبی
- ۵۱..... ۴-۳ تکنیکهای ساخت توری براگ
- ۵۱..... ۱-۴-۳ روش تمام نگاری
- ۵۵..... ۲-۴-۳ روش نقطه به نقطه
- ۵۶..... ۳-۴-۳ روش ماسک فازی
- ۵۹..... ۵-۳ خواص مربوط به تورهای براگ
- ۶۲..... ۶-۳ انواع توریها
- ۶۳..... ۱-۶-۳ تقسیم‌بندی بر حسب حساسیت به کار رفته شده
- ۶۴..... ۲-۶-۳ تقسیم بندی بر حسب دوره تناوب
- ۶۸..... ۷-۳ انتشار یک پالس فوق کوتاه در میان توری براگ
- ۷۲..... ۸-۳ مبانی نظری جفت شدگی مدی
- ۷۹..... ۹-۳ حل معادله دیفرانسیلی مربوط به توری براگ
- ۸۹..... ۱۰-۳ تنظیم‌پذیری تورهای براگ به وسیله دما
- ۹۶..... ۱۱-۳ پاشندگی درون توریهای براگ
- ۹۷..... ۱۲-۳ پیرایش توریهای براگ
- ۹۹..... ۱۳-۳ کاربردهای اساسی و مهم توریهای براگ در شبکه مخابرات از راه دور نوری
- ۱۱۳..... فصل چهارم : نظریه موجبرهای نوری
- ۱۱۳..... ۱-۴ توری براگ نوشته شده بر روی موجبرهای نوری



- ۱۱۴..... ۱-۱-۴ موجبرهای دندانه‌ای
- ۱۱۶..... ۲-۱-۴ موجبرهای مسطح و کانالی
- ۱۱۷..... ۲-۴ مبانی نظری جفت شدگی مدها در موجبرهای دوره‌ای
- ۱۲۰..... ۳-۴ حل معادلات مربوط به جفت شدگی در موجبرهای دوره‌ای
- ۱۲۳..... ۴-۴ توزیع لیزری پس خوراند
- ۱۲۴..... ۱-۴-۴ تناوب حجمی
- ۱۲۸..... ۵-۴ معادلات جفت شدگی موجبرهای دندانه‌ای و کانالی در محیط بهره
- ۱۳۵..... ۶-۴ پدیده کلید زنی
- ۱۳۸..... ۷-۴ مزدوج موازی
- ۱۳۹..... ۸-۴ مبانی نظری جفت شدگی مدها و معادلات حاکم بر آن
- ۱۴۳..... ۹-۴ حل معادلات حاکم بر دو موجبر
- ۱۴۵..... ۱۰-۴ کلید زنی به وسیله کنترل کردن ناهمجوری فاز
- ۱۴۷..... ۱۱-۴ نسبت توان انتقالی در پدیده کلید زنی
- ۱۵۰..... فصل پنجم : توری براگ نوشته شده بر روی مزدوج موازی و کنترل دمایی آن
- ۱۵۰..... ۱-۵ مقدمه
- ۱۵۱..... ۲-۵ توری براگ نوشته شده بر روی مزدوج
- ۱۵۴..... ۳-۵ مبانی نظری جفت شدگی
- ۱۶۰..... ۴-۵ حل معادلات حاکم بر انتقال و انعکاس نور در مزدوج موازی
- ۱۶۳..... ۱-۴-۵ توری براگ با طول  $1\text{ cm}$
- ۱۶۴..... ۲-۴-۵ توری براگ با طول  $0.15\text{ cm}$
- ۱۶۵..... ۳-۴-۵ توری براگ به طول  $1.4\text{ cm}$

- ۱۶۶..... ۰۱۷ cm طول به براگ به ۴-۴-۵ توری
- ۱۶۶..... ۵-۴-۵ نتایج
- ۱۶۸..... ۵-۵ کنترل گرمایی توری براگ
- ۱۶۹...۰/۴ cm طول به ۱-۵-۵ کنترل دمایی توری به وسیله طول موج ۱۵۵۰/۱ nm در توری
- ۱۷۲..... ۲-۵-۵ کنترل دمایی دو طول موج و پدیده کلید زنی
- ۱۷۸..... ۳-۵-۵ نتایج
- ۱۷۹..... ۶-۵ نتایج و پیشنهادات
- ۱۸۲..... پیوست یک برنامه حل معادلات جفت شدگی
- ۱۹۰..... پیوست دو کنترل گرمایی توریه‌های براگ
- ۱۹۸..... مراجع

## فهرست شکلها

صفحه	عنوان
۱۴.....	شکل (۱-۲) یک فیبر ساده با شعاع هسته $a$ و ضریب شکست $n_1$ و شعاع پوسته $b$ و ضریب شکست $n_2$ .....
۱۴.....	شکل (۲-۲) عبور پالس از دزون فیبری با ضریب شکست تدریجی و پله ای.....
۱۷.....	شکل (۳-۲) مراحل مختلف ساخت فیبرهای نوری.....
۲۰.....	شکل (۴-۲) مسیر یک پرتو مداری از میان صفحه عبوری محورهای فیبر با فرض اینکه $\theta < \bar{\theta}$ .....
۲۱.....	شکل (۵-۲) مسیر یک پرتو مورب از صفحه گذرنده محور فیبر در فاصله $R$ پرتو تحت زاویه هدایت شده و با دو زاویه $\theta, \phi$ شناخته می شود و مسیری کثیرالضلعی به پوسته استوانه ای به شعاع $a, R$ طی می کند.....
۲۲.....	شکل (۶-۲) زاویه $\theta_a$ قابل قبول برای فیبر با گشودگی عددی بالا و پایین.....
۳۶.....	شکل (۷-۲) پرتوهای هدایت شده درون هسته فیبری با ضریب شکست تدریجی.....
۳۹.....	شکل (۸-۲) مسیر یک پرتو شبه تخت درون فیبری با ضریب شکست تدریجی و بر دار $k$ برای یک سیستم استوانه‌ای.....
۴۵.....	شکل (۱-۳) حفره های مربوط به ژرمانیوم و سلسیوم تشکیل شده بر روی فیبری سیلیکاتی.....
۵۲.....	شکل (۲-۳) نقشهای تداخلی ایجاد شده به وسیله دو باریکه فرابنفش در روش تمام نگاری.....
۵۵.....	شکل (۳-۳) دو روش تشکیل در مدل تداخل سنجی.....
۵۸.....	شکل (۴-۳) توریهای براگ نوشته شده در روش ماسک فازی.....
۵۸.....	شکل (۵-۳) دو روش متداول نوشتن توریها در روش ماسک فازی.....
۶۰.....	شکل (۶-۳) بردارهای موج ورودی و پراشیده در توریهای براگ.....
۶۰.....	شکل (۷-۳) پراش نور در توری براگ برای مرتبه های مختلف پراش.....

- شکل (۳-۸) بازتاب اشعه نوری در مد هسته..... ۶۱
- شکل (۳-۹) توری براگ یکنواخت..... ۶۲
- شکل (۳-۱۰) توری براگ زاویه دار به همراه بردار موج تابیده شده و منعکس شده..... ۶۶
- شکل (۳-۱۱) توری براگ غیر یکنواخت..... ۶۷
- شکل (۳-۱۲) رابطه اندازه تغییرات ضریب شکست و شکل پالس منعکس شده..... ۷۱
- شکل (۳-۱۳) پهنای باند توری براگ در باند تمام و نیمه بیشینه..... ۸۵
- شکل (۳-۱۴) توری با انعکاس ضعیف و قوی..... ۸۵
- شکل (۳-۱۵) پهن شدن طیف انتقالی به سبب تغییرات ضریب شکست بالا و شرکت مدهای مرتبه بالاتر در جفت شدگی..... ۸۹
- شکل (۳-۱۶) پیرایش توریه‌های براگ و حذف کمینه‌های کناری..... ۹۸
- شکل (۳-۱۷) سیستم تقسیم کننده چندتایی طول موج..... ۱۰۸
- شکل (۳-۱۸) توری براگ نوشته شده بر روی مزدوج موازی..... ۱۱۲
- شکل (۴-۱) موجبرهای بره، مسطح و فیبر..... ۱۱۳
- شکل (۴-۲) مقطع یک موجبر دندان‌ه ای..... ۱۱۵
- شکل (۴-۳) موجبر دندان‌ه ای..... ۱۲۰
- شکل (۴-۴) بخشی از یک موجبر دی الکتریک دندان‌ه ای با پایین ترین مرتبه مدهای ورودی و منعکس شده..... ۱۲۸
- شکل (۴-۵) قسمت موهومی مد انعکاسی به روش تحلیلی و عددی..... ۱۳۳
- شکل (۴-۶) قسمت حقیقی مد انعکاسی به روش عددی و تحلیلی..... ۱۳۳
- شکل (۴-۷) قسمت موهومی مد انتقالی به روش عددی و تحلیلی..... ۱۳۴
- شکل (۴-۸) قسمت حقیقی مد انتقالی به روش عددی و تحلیلی..... ۱۳۴

- شکل (۴-۹) مزدوج موازی و توان انتقالی و انعکاسی در آن..... ۱۴۶
- شکل (۵-۱) توری براگ نوشته شده بر روی مزدوج موازی با توان انتقالی و انعکاسی..... ۱۵۲
- شکل (۵-۲) کلید نوری و عبور و انعکاس جریانهای داده ای مختلف..... ۱۵۴
- شکل (۵-۳) توان انتقالی و انعکاسی مزدوج موازی در طول موج  $1550/1 \text{ nm}$  در توری به طول  $1 \text{ cm}$ ..... ۱۶۳
- شکل (۵-۴) توان انتقالی و انعکاسی مزدوج موازی در طول موج  $1550/1 \text{ nm}$  در توری به طول  $0/5 \text{ cm}$ ..... ۱۶۴
- شکل (۵-۵) بیشینه توان انتقالی در توری به طول  $0/4 \text{ cm}$ ..... ۱۶۵
- شکل (۵-۶) بیشینه توان انعکاسی در توری به طول  $0/7 \text{ cm}$ ..... ۱۶۶
- شکل (۵-۷) توان خروجی موجبر بالایی در توری به گستره طولی  $1 \text{ cm}$ ..... ۱۶۷
- شکل (۵-۸) توان خروجی موجبر پایینی در توری به گستره طولی  $1 \text{ cm}$ ..... ۱۶۸
- شکل (۵-۹) کنترل دمایی توری براگ به طول  $0/4 \text{ cm}$  و جهش افزایشی توان در موجبر اولی در دمای  $35^\circ \text{C}$ ..... ۱۷۰
- شکل (۵-۱۰) کنترل دمایی توری براگ به طول  $0/4 \text{ cm}$  و جهش افزایشی توان انتقالی موجبر دومی در دمای  $35^\circ \text{C}$ ..... ۱۷۱
- شکل (۵-۱۱) کنترل دمایی توری براگ به طول  $0/4 \text{ cm}$  و جهش افزایشی توان انعکاسی موجبر دومی در دمای  $35^\circ \text{C}$ ..... ۱۷۱
- شکل (۵-۱۲) کنترل دمایی توری براگ به طول  $0/4 \text{ cm}$  و جهش کاهشی توان انعکاسی موجبر اولی در دمای  $35^\circ \text{C}$ ..... ۱۷۲
- شکل (۵-۱۳) کنترل دمایی توری به طول  $2 \text{ cm}$  و طول انتقال  $3/14 \text{ cm}$  به وسیله طول موج  $1550/2 \text{ nm}$  و افزایش توان انتقالی در موجبر اولی در دمای  $40^\circ \text{C}$ ..... ۱۷۴

- شکل (۵-۱۴) کنترل دمایی توری به طول  $2\text{ cm}$  و طول انتقال  $3/14\text{ cm}$  به وسیله طول موج  $1550/2\text{ nm}$  و افزایش توان انتقالی در موجبردومی در دمای  $40^\circ\text{C}$  ..... ۱۷۴
- شکل (۵-۱۵) کنترل دمایی توری به طول  $2\text{ cm}$  و طول انتقال  $3/14\text{ cm}$  به وسیله طول موج  $1550/2\text{ nm}$  و افزایش توان انعکاسی در موجبر دومی در دمای  $40^\circ\text{C}$  ..... ۱۷۵
- شکل (۵-۱۶) کنترل دمایی توری به طول  $2\text{ cm}$  و طول انتقال  $3/14\text{ cm}$  به وسیله طول موج  $1550/2\text{ nm}$  و کاهش توان انعکاسی در موجبر اولی در دمای  $40^\circ\text{C}$  ..... ۱۷۵
- شکل (۵-۱۷) کنترل دمایی توری به طول  $2\text{ cm}$  و طول انتقال  $3/14\text{ cm}$  به وسیله طول موج  $1550/8\text{ nm}$  و افزایش توان انتقالی در موجبر اولی در دمای  $80^\circ\text{C}$  ..... ۱۷۶
- شکل (۵-۱۸) کنترل دمایی توری به طول  $2\text{ cm}$  و طول انتقال  $3/14\text{ cm}$  به وسیله طول موج  $1550/8\text{ nm}$  و افزایش توان انتقالی در موجبر اولی در دمای  $80^\circ\text{C}$  ..... ۱۷۶
- شکل (۵-۱۹) کنترل دمایی توری به طول  $2\text{ cm}$  و طول انتقال  $3/14\text{ cm}$  به وسیله طول موج  $1550/2\text{ nm}$  و افزایش توان انعکاسی در موجبر دومی در دمای  $80^\circ\text{C}$  ..... ۱۷۷
- شکل (۵-۲۰) کنترل دمایی توری به طول  $2\text{ cm}$  و طول انتقال  $3/14\text{ cm}$  به وسیله طول موج  $1550/2\text{ nm}$  و کاهش توان انعکاسی در موجبر اولی در دمای  $80^\circ\text{C}$  ..... ۱۷۷

## فهرست جدولها

صفحه	عنوان
	جدول (۱-۳) حساسیت به کار رفته و افزایش دما در فیبرهای سیلیکات آلومینیوم
	جدول (۲-۳) تاثیر آلاینده های مختلف بر روی حساسیت و افزایش دما در فیبرهای نوری
	جدول (۳-۳) تاثیر ژرمانیوم در فیبرهای مختلف و افزایش دما

# فصل اول

## مقدمه

ابزارهای نوری که برای انتقال پرتو نورانی بین دو نقطه ساخته می‌شود، به منظور هدایت باریکه‌ای از نور بوده که به وسیله آینه، عدسی و منشور تقویت و متمرکز می‌شوند. با استفاده کردن از آینه این باریکه‌ها پهن یا پاشیده می‌شوند. همچنین با به کار بردن عدسی نور مجدداً متمرکز شده و به آسانی کانونی یا پخش می‌شود. برای انتقال نور در یک مسیر دی‌الکتریک طویل وسیله‌ای وجود دارد که به آن موجبر<sup>۱</sup> نوری گفته می‌شود. انتقال پرتو نورانی از درون موجبر بدون استفاده از اسباب‌هایی نظیر عدسی و آینه برای تجمع نور به راحتی امکان‌پذیر است. این موجبرها که فیبر نوری<sup>۲</sup> نامیده می‌شوند، کاربردهای مهمی در هدایت نور درون مسیره‌های پرپیچ و خم دارند و امکان مناسبی برای طراحی سیستم‌های مخابرات نوری از راه دور را فراهم می‌آورند. ساختمان این فیبرها بسیار ساده است. در آنها به خاطر انعکاس‌های پی‌درپی و کامل، به دلیل تفاوت ضریب شکست قسمت میانی و اطراف آن، نور در محیط میانی باقی می‌ماند و به خارج از آن منتقل نمی‌شود. این روش ساده باعث باقی ماندن نور در محیط با ضریب شکست بالا شده و از آن برای انتقال نور از یک محل به محل دیگر استفاده می‌شود. این موجبرها شامل مواد دی‌الکتریک ورقه‌ای، نواری یا استوانه‌ای می‌باشند و به وسیله مواد دیگری که ضریب شکست آن اندکی پایین‌تر است احاطه می‌شوند. البته به خاطر پاشندگی<sup>۳</sup> و تضعیف<sup>۴</sup> در بین راه از شدت نور کاسته شده و یا بازده نوری به مراتب کمتر از حد پیش‌بینی شده می‌باشد. در سیستم‌های مخابرات از راه دور و حسگرها، فیبرهای نوری بسیار مورد توجه قرار گرفته است. مشکل اصلی فیبرهای نوری و کاربردهای آن لزوم انتقال نور وارد شده به درون

---

1-Wave Guide

2-Fiber optics

3-Dispersion

4-Attenuation



موجبر تا انتهای فیبر است بدون آنکه دچار انعکاس و پراکندگی شود. با این وجود هدایت نور درون فیبر باعث افزایش کارایی در کیفیت کار شده و امروزه ابزاری دقیق برای کاربردهای اپتیکی می‌باشد. امروزه با جایگزینی فیبرهای نوری به جای آینه‌های اپتیکی و عدسی علاوه بر اینکه قابلیت حمل و نقل سیستمهای مخابرات اپتیکی و پایداری آنها افزایش یافته است از میزان اندازه و حجم این سیستم نیز کاسته شده است. از آنجایی که فیبر به عنوان موجبر نوری با اتلاف پایین معرفی می‌شود، می‌توان از آنها برای انتقال اطلاعات استفاده نمود. برای اینکه فیبر قابلیت سریع انتقال داده‌ها را داشته باشد باید از موادی استفاده نمود که قابلیت هدایت نور در آنها زیاد و اتلاف کم باشد. از میان فیبرها، فیبرهای سیلیکاتی بسیار مهم می‌باشند. برای باقی ماندن نور درون هسته<sup>1</sup> پرتو تحت زاویه مشخصی وارد فیبر شده که به آن زاویه حد گفته می‌شود. اگر نور تحت این زاویه وارد فیبر شود، قابلیت انتقال درون هسته را دارد. در غیر این صورت اگر از این مقدار کمتر باشد، به خارج راه پیدا می‌کند.

هسته فیبر باید از موادی ساخته شود که ضریب شکست آن اندکی بالاتر از پوسته<sup>2</sup> باشد. روش‌های متفاوتی برای ساخت فیبرهای نوری به کار برده می‌شود. از جمله یک روش مناسب، روشی است که از شیشه‌های سیلیکاتی خالص بدست می‌آید و ناشی از ذوب کردن مولکول‌های  $SiO_2$  می‌باشد. برای ایجاد تفاوت در ضریب شکست بین هسته و پوسته از آلاینده‌های مناسبی استفاده می‌شود. از خواص فیبرهای نوری برای ساخت تقویت‌کننده‌های فیبری و لیزرهای فیبری استفاده می‌شود. رابطه‌ای بین ضریب شکست هسته و پوسته وجود دارد که طبق آن فیبرهای نوری به دو نوع فیبر با ضریب شکست تدریجی<sup>3</sup> و پله‌ای<sup>4</sup> تقسیم می‌شود. از مهمترین مواردی که در این دو نوع فیبر مهم می‌باشد مربوط به شرایطی است که لازم است تا نور در

- 
- 1 -Core
  - 2 -Cladding
  - 3-Graded Index
  - 4-Step Index

آنها باقی بماند. به خاطر اینکه پرتوهای نوری تحت زوایای مختلفی وارد فیبر می‌شوند، پرتوهایی که انحراف بیشتری نسبت به محور فیبر دارند در هر انعکاس قسمتی از توان خود را از دست داده و به درستی هدایت نمی‌شوند. بنابراین لازم است پرتوها به طور مناسب به درون فیبرهای نوری تابیده شود. براین اساس پرتوهای نوری به دو صورت مداری<sup>۱</sup> و مورب<sup>۲</sup> وارد فیبر می‌شوند. زاویه پرتوهای مداری با محور فیبر اگر از متمم زاویه حد به مراتب کوچکتر باشند درون فیبر هدایت می‌شوند. پرتوهای مورب باید با زاویه‌ای مشخص که از زاویه حد بیشتر است وارد شوند. یکی دیگر از مهمترین مسائل درون موجبرهای نوری مربوط به تجمع نور درون و بیرون فیبر می‌باشد. این عامل گشودگی عددی<sup>۳</sup> نام دارد و هر چه مقدار آن بیشتر باشد برای انتقال داده‌ها با کیفیت بالاتر مفید تر است. با انجام آزمایشهای مختلف مشخص شده است که آلاینده‌های<sup>۴</sup> مختلف در افزایش این عامل تأثیر دارند. از طرفی گشودگی عددی، عامل مهمی در بدست آوردن تعداد مدهای باقی مانده درون فیبر می‌باشد. کم یا زیاد شدن این عامل باعث ایجاد نوسان یا واپاشی سریع درون هسته می‌شود.

برای بدست آوردن شرایطی که لازم است تا به کار برده شود و نور درون فیبر هدایت شود معادلات ماکسول را در دستگاه استوانه‌ای نوشته و شرایط مرزی را در مورد آن به کار می‌برند. جوابهای خاصی از معادله موج مدهای فیبر<sup>۵</sup> نام دارد و هر کدام ثابت انتشار، توزیع میدان خاص و دو حالت قطبش مستقل دارند.

تضعیف و پاشندگی هر دو کارایی فیبر را برای انتقال اطلاعات محدود می‌کند. تضعیف مقدار توان عبوری و پاشندگی، آهنگ انتقال را محدود می‌کند. بنابراین لازم است انواع پاشندگی‌ها را شناخته و بتوان روشی برای کاهش آنها پیدا کرد. از انواع این پاشندگی‌ها

- 
- 1-Meridional Rays
  - 2-Skewed Ray
  - 3-Numerical Aperture
  - 4-Dopped
  - 5- Fiber Mode

می‌توان پاشندگی سرعت گروه<sup>۱</sup>، پاشندگی ماده<sup>۲</sup>، پاشندگی موجبری<sup>۳</sup> و پاشندگی غیر خطی<sup>۴</sup> نام برد. یکی از روش‌هایی که بتوان از میزان اتلاف درون فیبرهای نوری را کم کرده، فراهم نمودن شرایطی است که اندرکنش نور با نور میسر شود. در این حالت انتقال نور با نور انجام شده و این طرحی مناسب برای انتقال داده‌ها می‌باشد.

فناوری فیبرهای نوری با گذشت زمان گسترش سریعی پیدا کرده و کاربردهایی از قبیل لیزر فیبری، تقویت کننده فیبری و تشکیل مزدوج موازی<sup>۵</sup> در سیستم نوری را به خود اختصاص داده است. قابلیت انعطاف‌پذیری بالای این موجبرها پیشرفت این فناوری و افزایش کاربرد فیبر نوری در شبکه مخابرات نوری امروزه چشمگیر است.

کشف و به کار بردن حساسیت<sup>۶</sup> درون فیبرهای نوری، باعث ترقی و اعمال دیدگاهی جدید در این موجبرها شده است. در ادامه با نظریه توریهای براگ<sup>۷</sup> توانایی انجام کاربردهای فراوانی از جمله انعکاس و فیلتر کردن ارائه شد. به وسیله این توریها تغییرات اساسی در سیستم‌های مخابرات نوری به وجود آمد. درون این توریها ضریب شکست به طور تناوبی تغییر می‌کند. این توریها قابلیت استفاده در بسیاری از قطعات به منظور بالا بردن کیفیت کار را دارند. به کار بردن این توریها در موجبرهای تخت به منظور بررسی جفت شدگی و فیلتر کردن مناسب می‌باشد. در هنگام نوشتن این توریها از پرتوهای مختلفی استفاده می‌شود. اما اشعه فرابنفش از اهمیت بالایی در این زمینه برخوردار است. از عوامل مهم در توریهای براگ میزان حساسیتی است که به وجود می‌آید. حساسیت تغییرات پایداری است که در ضریب شکست هسته به وجود آمده و باعث می‌شود در مدت پرتوگیری، طول موج و شدت نور بازتابی به مواد

---

1-Group Velocity Dispersion

2- Material Dispersion

3- Wave Guide Dispersion

4- Nonlinear Dispersion

5- Directional Coupler

6- Sensivity

7- Bragg Gratings

درون هسته بستگی داشته باشد. در ابتدا حساسیت به عنوان پدیده‌ای درون فیبرهای نوری که هسته آن شامل درصد زیادی عنصر ژرمانیوم بود شناخته شد. پس از سالها تحقیق مشاهده شد که طول موجهای مختلفی از اشعه فرابنفش که بر روی فیبرهای مختلفی تابیده شده می‌توانند حساسیت را به وجود آورند. در تمامی این فیبرها لزومی نبود که عنصر ژرمانیوم به تنهایی وجود داشته باشد. با این حال ژرمانیوم به عنوان یکی از مهمترین عناصر در ایجاد حساسیت به شمار می‌رود. از آنجایی که این پدیده نتیجه ساختارهای فازی شکل درون فیبرهای نوری است و منجر به تشکیل توریهای براگ می‌شود، در فیبرهای نوری و موجبرها از لحاظ علمی و عملی دارای اهمیت ویژه‌ای است. توریها باعث معرفی حسگرها می‌شوند که عامل تشکیل قطعه‌های حساسگر الکتریکی است. حساسیت در ابتدا به وسیله تابش نور از لیزر آرگون در طول موج  $488\text{ nm}$  کشف شد. در ادامه توسط هیل اتال<sup>۱</sup> و همکارانش [۱] در آزمایشگاه مرکزی کانادا در سال ۱۹۷۸ میلادی مشاهده گردید. باریکه نوری از لیزر یون آرگون به درون هسته فیبر روانه شد و در مدت تابش مشاهده نمودند که میزان تضعیف درون ضریب شکست توری اساسی است. در آزمایش انجام شده از تداخل سنچ فرنی استفاده شد که تنها ۴٪ از انعکاس‌ها در آن به انتهای فیبر می‌رسید که توان انعکاسی آن کم بود. برای بالا بردن شدت لازم بود که ضریب شکست به طور تناوبی تغییر کند و بتوانند توریهای براگ را بر روی فیبر بنویسند. توری براگ به صورت یک منعکس کننده عمل کرده و قابلیت جفت شدگی باریکه‌های انتشاری را به سمت راست و چپ توری دارند. جفت کردن باریکه‌های نوری یک پس خوراند<sup>۲</sup> مثبت را فراهم کرده که قادر است قدرت نور حاصل از انعکاس و شدت ناشی از نقش‌های تداخلی را افزایش دهد تا بدین وسیله ضریب شکست افزایش یابد. در یک طراحی خاص از توریهای براگ که به وسیله بل نورتن<sup>۳</sup> و همکاران او [۲] انجام شد، هسته فیبر بسیار کوچک و عنصر ژرمانیوم در آن به

---

1- Hill Etall  
2-Feed Back  
3 -Bell Northen