بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده علوم پایه

پایان نامه کارشناسی ارشد

طراحی و شبیه سازی فیبر نوری توری براگ سنسور فشار

از:

مهدی امینی

استاد راهنما:

دکتر حمیدرضا مشایخی

دانشکده علوم پایه

گروه فیزیک

(گرایش فوتونیک)

طراحی و شبیه سازی فیبر نوری توری براگ سنسور فشار

از:

مهدی امینی

نام استاد:

دکتر حمیدرضا مشایخی

اساتید مشاور:

سرکار خانم آذردخت مظاهری

آقای غلام محمد پارسانسب

شهریورماه ۱۳۹۰

تقدیم به پدر، مادر و خواهران عزیزم

تقدیر و تشکر

در ابتدا از استاد راهنمایم دکتر حمید رضا مشایخی کمال تشکر و امتنان را دارم زیرا که بدون کمک ایشان انجام این پایان نامه برایم غیر ممکن بود. از ایشان بخاطر تمام آموزش ها، مشورت ها و صبوریشان ممنون و سپاسگزارم.

از اساتید مشاورم سرکار خانم آذردخت مظاهری و آقای غلام محمد پارسانسب بخاطر تمامی راهنمایی هایشان و آموزشهایشان ممنونم.

از داوران این پایان نامه، دکتر محمد روضاتی و دکتر صابر فرجامی شایسته، بخاطر داوری این پایان نامه و ایده هایشان برای ویرایش بهتر پایان نامه سپاسگزارم.

از دکتر سعید مهدوی فر نماینده تحصیلات تکمیلی بخاطر حضورشان در جلسه دفاع سپاسگزام.

از مسؤلین دانشگاه مالک اشتر و همچنین پژوهشکده الکترواپتیک و لیزر اصفهان بخاطر تمامی همکاری هایشان متشکرم.

در انتها، از گروه فیزیک دانشگاه گیلان بخاطر آموزش مفاهیم بنیادی فیزیک در مقطع کارشناسی ارشد به بنده، بینهایت ممنونم.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده فارسی ..... **س**

چکیده انگلیسی ..... **ع**

فصل اول:معرفی تکنولوژی حسگرهای فیبر نوری **۱**

۱-۱- حسگرهای فیبر نوری ۲

۱-۲- مفاهیم پایه و پرکاربرد پیرامون اساس حسگرهایفیبر نوری ۳

۱-۲-۱- طرح کلی از یک حسگر فیبر نوری ۳

۱-۲-۲- تابع انتقال ٦

۱-۲-۳- توزیع فضایی کمیت مورد اندازه‌گیری ٦

۱-۳- انواع حسگرهای فیبر نوری ۸

۱-٤- ترکیب و توزیع چندگانه حسگرها ۱۵

فصل دوم: توری‌های براگ فیبر نوری **۱۹**

۲-۱- تاریخچه ۲۰

۲-۲- مواد فیبرهای شیشه ای ۲۱

۲-۳- منشا ضریب شکست شیشه ۲۲

۲-۳-۱- حالت انکسار نوری و حساسیت به نور ۲٤

۲-٤- تکنیک‌های ساخت FBGها ۲٦

۲-٤-۱- استفاده از موج‌های ایستاده ۲۷

۲-٤-۲- روش ماسک فازی ۲۷

۲-٤-۳- روش نقطه به نقطه ۲۸

۲-۵- انواع FBG ۲۹

۲-۵-۱- توری‌های براگ نوع I ۲۹

۲-۵-۲- توری‌های براگ نوع IIA ۳۱
۲-۵-۳- توری‌های براگ نوعII ۳۱
۲-٦- تئوری توری‌های براگ ۳۳
۲-٦-۱- اصول بنیادی و اساسی توری‌های براگ ۳۳
۲-۷- تئوری مدهای جفت شده ۳۷
۲-۸- روش ماتریس انتقال ٤۹
۲-۹- توری‌های براگ با ویژگی‌های خاص ۵۲
۲-۹-۱- توری‌های براگ با تابع پیرایش ۵۲
۲-۹-۲- توری‌های براگ با چرپ ۵۹
۲-۹-۳- توری براگ با تغییر فاز ٦۷
فصل سوم: طراحی و شبیه سازی حسگرهای FBG و راهکارهای جلوگیری از تداخل حساسیت پارامترهای مختلف در این حسگرها **۷۲**
۳-۱- حساسیت به دما و کرنش در FBGها ۷۳
۳-۲- طراحی و شبیه سازی حسگر کرنش FBG ۷۵
۳-۳- تداخل حساسیت ۸۲
۳-۳-۱- حسگر فیبری براگ با دو توری با طول موج‌های براگ متفاوت و حساس به یک پارامتر ۸۳
۳-۳-۲- حسگر فیبری منفرد توری براگ با دو بخش دارای قطر متفاوت ۸۷
۳-۳-۳- شبیه سازی حسگر فیبری منفرد توری براگ با دو بخش دارای قطر متفاوت ۹۰
۳-۳-٤- اندازه‌گیری هم زمان فشار و دما با استفاده از توری‌های براگ فیبر Hi-Bi ۹٦
۳-۳-٤-۱-اصول حسگر فیبری Hi-Bi توری براگ ۹٦
۳-۳-۵- حسگر فشار FBG با پایه و اساس سیلندر با دو پوسته و دارای جبران پذیری دمایی ۹۹
فصل چهارم: حسگرهای فیبری توری با دوره تناوب طولانی و مقایسه و ترکیب آن‌ها با حسگرهای توری براگ **۱۰۳**

٤-١- توری‌های با دوره تناوب طولانی ١٠٤
٤-١-١- معرفی ١٠٤
٤-١-٢- تئوری توری‌های با دوره تناوب طولانی..... ١٠٥
٤-١-٢-١- شرط تطبیق فاز ١٠٥
٤-١-٢-٢- اصول عملکرد توری‌های با دوره تناوب طولانی..... ١٠٧
٤-١-٢-٣- توصیف ریاضی توری با دوره تناوب طولانی..... ١٠٨
٤-١-٢-٣-١- معادلات مدهای جفت شده..... ١٠٨
٤-١-٢-٣-٢- ثابت‌های انتشار ١٠٩
٤-١-٢-٣-٢- میدان‌ها و مدهای پوسته..... ١١٢
٤-١-٢-٣-٣-ضریب جفت شدگی ١١٤
٤-١-٢-٣-٤- پاسخ انتقال ١١٦
٤-٢-١- حسگرهای توری‌های با دوره تناوب طولانی (LPG)..... ١١٧
٤-٢-١-١- حساسیت به دما..... ١١٧
٤-٢-١-٢- حساسیت به کرنش محوری..... ١٢١
٤-٢-١-٣- حساسیت به ضریب شکست..... ١٢٣
٤-٣- مقایسه حساسیت حسگرهای کرنش و دمای LPFG باحسگرهای مشابه FBG..... ١٢٥
٤-٣-١-اندازه‌گیری دما وکرنش توسط یک LPFG..... ١٢٦
٤-٣-١-١- اندازه‌گیری دما..... ١٢٦
٤-٣-١-٢- اندازه‌گیری کرنش..... ١٢٧
٤-٣-٢- مقایسه‌ی حساسیت کرنش حسگرهای LPFG با حسگرهای FBG..... ١٢٧
٤-٤- بهینه سازی حسگرهای کرنشLPG..... ١٢٨
٤-٤-١- رابطه حساسیت حسگرهای کرنش LPGبا قطر فیبر نوری ١٢٨
٤-٤-٢- رابطه حساسیت حسگرهای کرنش LPGبا اختلاف ضرایب شکست هسته و پوسته فیبر نوری... ١٣٠

٤-٥- ترکیب حسگرهای FBG و LPG برای اندازه‌گیری همزمان دما، کرنش و ضریب شکستمحیط. . . ۱۳۱
٤-٥-١- طراحی و شبیه سازی حسگر ترکیبی از FBGو LPG. ۱۳۱
٥- نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۳٦
٥-١- نتیجه گیری ۱۳۷
٥-٢- پیشنهادات ۱٤۰
منابع و مراجع. ۱٤۱
ضمیمه١: کاربردهای حسگرهای کرنش فیبری توری براگ ۱٤٥
ضمیمه ٢: تبدیل واحد توان. ۱٤۸
ضمیمه ٣: مقالات. ۱٤۹

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- الف) طرح مفهومی‌از یک سیستم حسگر نوری. ب) مثالی از معماری یک حسگرفیبر نوری. . . ۵

شکل ۱-۲- تابع انتقال یک حسگر ۶

شکل ۱-۳- نمونه‌های حسگرهای فیبرنوری متناسب با توزیع کمیت مورد اندازه گیری ۷

شکل۱-٤- حسگرهای فیبرنوری غیر ذاتی ۸

شکل۱-۵- حسگرهای فیبرنوری ذاتی ۹

شکل۱-٦- حسگر فیبرنوری بندش و لرزش ۱۰

شکل ۱-۷- حسگرفیبری نیرو و فشار. ۱۰

شکل ۱-۸- حسگر فیبری حرکت انتقالی.. . . . . ۱۱

شکل۱-۹ -حسگر فیبر نوری ماخ – زندر ۱۲

شکل ۱-۱۰ - کاواک حسگر فیبر نوری فابری پرو ۱۳

شکل ۱-۱۱- حسگر فیبرنوری با پایه و اساس جذب متغیر. ۱٤

شکل ۱-۱۲- حسگرهای اتالن‌های فیبری ذاتی ۱٤

شکل ۱-۱۳- روش انتقال چندگانه زمان با فیبرنوری حساس به میکروخمش ۱۵

شکل ۱-۱٤- انتقال چندگانه فرکانس برای تشخیص و جداسازی خروجی

یک سری از حسگرهای فیبرنوری ۱٦

شکل ۱-۱۵- روش WDMبرای تشخیص و جداسازی خروجی یک سری از حسگرهای فیبرنوری. ۱۷

شکل ۱-۱٦- انتقال چندگانه به وسیله قطبیدگی برای پشتیبانی دو حسگر. ۱۷

شکل ۲-۱- سطح مقطع یک فیبرنوری همراه با در نظر گرفتن وضعیت ضریب شکست آن ۲۱

شکل۲-۲- ضریب شکست n و ضریب شکست گروهی N سیلیکون خالص در دمای $20^{\circ}c$. ۲۳

شکل ۲-۳- نوشتن توری بر روی هسته‌یفیبر نوری با استفاده از تشکیل موج ایستاده داخل فیبر نوری. ۲۷

شکل ۲-٤- نوشتن توری براگ از کنار با استفاده از تداخل پرتوهای همدوس. ۲۷

شکل ۲-۵- نوشتن توری براگ از کنار با استفاده از روش ماسک فازی. ۲۸
شکل ۲-٦- طرح ساده برای نوشتن توری بر روی فیبرنوری به روش نقطه به نقطه. ۲۹
شکل ۲-۷- نمودار شدت بازتابی نسبت به زمان برای سه توان متفاوت. ۳۰
شکل ۲-۸- پاسخ طیفی یک توری براگ نوع I معمولی با دوره تناوب ثابت. ۳۰
شکل ۲-۹- نسبت رشد نوشتن توری براگ بر روی فیبرنوری ۳۱
شکل ۲-۱۰-پاسخ طیفی یک توری براگ نوع II معمولی با دوره تناوب ثابت. ۳۲
شکل ۲-۱۱- تغییرات ضریب شکست تخمین زده شده برای
توری براگ نوشته شده بر روی فیبر با حساسیت به نور. ۳۲
شکل ۲-۱۲- وابستگی دمایی توری‌های نوع II ۳۳
شکل ۲-۱۳-تغییرات ضریب شکست هسته فیبرنوری بصورت تابعی خطی از طول توری می‌باشد ۳٤
شکل ۲-۱٤- انکسار موج نوری بوسیله‌ی توری ۳۵
شکل ۲-۱۵- نشان دادن ویژگی‌های فیزیکی توری براگ فیبرنوری. ۳۷
شکل ۲-۱٦- شدت طیف بازتابی برای سه توری براگ با دوره تناوب
یکنواخت نسبت به طول موج برای $\Delta n = .0001$. ٤۵
شکل ۲-۱۷- نمودار بازتابش توری نسبت به k_{ac} و تغییر ضریب شکست القایی
Δn، برای طول‌های متفاوت توری ٤٦
شکل ۲-۱۸- پهنای باند به صورت تابعی از طول توری برای توری های ضعیف و قوی ٤۷
شکل ۲-۱۹- نمودار تاخیر زمانی توری‌های یکنواخت ٤۸
شکل ۲-۲۰- شکل میدان‌های الکتریکی ورودی و خروجی به داخل قسمت کوچکی از یک توری ۵۰
شکل۲-۲۱- وضعیت و شرایط توری براگ با تابع پیرایش گوسی با مقادیر متفاوتs. ۵٤
شکل۲-۲۲- شدت‌های بازتابی برای توری براگ با تابع پیرایش گوسی و برای مقادیر متفاوت s. ۵۵
شکل۲-۲۳-وضعیت و شرایط توری براگ با تابع پیرایش tanh با مقادیر متفاوت s. ۵٦
شکل۲-۲٤- شدت‌های بازتابی برای توری براگ با تابع پیرایش tanh. ۵۷

شکل ۲-۲۵- شدت بازتابی توری‌های براگ با توابع پیرایش cosine، squaredcosine و Blackman ۵۸

شکل۲-۲۶- شدت بازتابی از یک توری براگ با سه تابع پیرایش Gaussian، raised cosine و sinc. ۵۹

شکل۲-۲۷- نمایش و اصول عملکرد ساختار توری براگ فیبرنوری با چرپ ۵۹

شکل ۲-۲۸- وضعیت توری براگ بدون چرپ. ۶۰

شکل ۲-۲۹- وضعیت توری براگ با تابع چرپ خطی ۶۱

شکل ۲-۳۰- وضعیت توری براگ با تابع چرپ مرتبه دوم ۶۲

شکل۲-۳۱- وضعیت توری براگ با تابع چرپ جذر با فرجه مرتبه دو ۶۲

شکل ۲-۳۲- وضعیت توری براگ با تابع جذر فرجه سه. ۶۳

شکل ۲-۳۳- شدت‌های بازتابیو عبوری و همچنین تاخیر زمانی طیف بازتابی

و طیف عبوری برای توری‌های براگ با توابع چرپ مختلف ۶۶

شکل ۲-۳۴- ساختار یک توری براگ فیبرنوری با تغییر فاز π. ۶۷

شکل۲-۳۵- طیف شبیه سازی شده از ساختارهای توری براگ فیبرنوری

با تغییر فازهای $\pi/2, \pi, 3\pi/2$ و 2π. ۶۹

شکل ۲-۳۶-الف، شدت بازتابی و شدت عبوری و وضعیت ضریب شکست و دوره تناوب

توری براگ برای توری براگ با سه قسمت مساوی و دو تغییر فاز π ۷۰

شکل ۲-۳۷- شدت بازتابی و شدت عبوری و وضعیت ضریب شکست و

دوره تناوب توری براگ برای توری براگ با سه قسمت. ۷۱

شکل ۳-۱- دید کلی از میدان الکتریکی داخل فیبر توری براگ ۷۶

شکل ۳-۲- شدت‌های بازتابی و انتقالی برای یک حسگر کرنش FBG ۷۶

شکل ۳-۳- نمودار اختلاف فاز ایجاد شده در طول FBG برای طول موج‌های مختلف ۷۷

شکل ۳-۴- نمودار تاخیر زمانی FBG برای طول موج‌های مختلف؛

نمودار پاشندگی FBG برای طول موج‌های مختلف. ۷۷

شکل ۳-۵- وضعیت شبیه سازی شده برای حسگر کرنش FBG. ۷۸

شکل ۳-٦- تغییر جایگاه طول موج براگ نسبت به کرنش‌های اعمال شده به فیبر نوری ۷۸
شکل ۳-۷- نمودار طول موج براگ FBG شبیه سازی شده نسبت به کرنش اعمالی. ۷۹
شکل ۳-۸- نمودار تغییرات طول موج براگ FBG شبیه سازی شده نسبت به کرنش اعمالی. ۷۹
شکل ۳-۹- شدت‌های بازتابی و عبوری برای یک حسگر کرنش FBG
که در آن کرنش اعمالی به شکل تابعی خطی از طول توری تغییر می‌کند. ۸۰
شکل ۳-۱۰وضعیت شبیه سازی شده برای حسگر کرنش FBG با تغییرات کرنش خطی
و چگونگی تغییرات ضریب شکست القایی در طول آن ۸۱
شکل ۳-۱۱- شدت‌های بازتابیو عبوریبرای یک حسگر کرنش FBG که در
آن کرنش اعمالی به شکل تابعی گوسی از طول توری تغییر می‌کند ۸۱
شکل ۳-۱۲- وضعیت شبیه سازی شده برای حسگر کرنش FBG با تغییرات کرنش گوسی
و چگونگی تغییرات ضریب شکست القایی در طول آن ۸۲
شکل ۳-۱۳- شدت‌های بازتابی و عبوری برای دو توری براگ پشت سر هم در شرایط تعادل. ۸٤
شکل ۳-۱٤- وضعیت دو توری براگ با طول‌های5 cm. ۸٤
شکل ۳-۱۵- وضعیت دو توری براگ پشت سر هم با طول‌های5 cmدر حالت تعادل ۸۵
شکل ۳-۱٦-تغییرات جایگاه‌های دو طول موج براگ برای حسگر دما و کرنشبه طور همزمان..... ۸۵
شکل ۳-۱۷- تغییرات طول موج براگ اول به ازای تغییر دمای اطراف فیبر نوری. ۸٦
شکل ۳-۱۸- تغییرات طول موج براگ دوم به ازای تغییر کرنش اطراف فیبر نوری.. ..... ۸٦
شکل ۳-۱۹- وضعیت دو توری براگ با طول‌های 5 cmدر حالت نامتعادل. ۸۷
شکل ۳-۲۰- حسگر فیبری براگ با دو قسمت دارای قطر متفاوت برای اندازه‌گیری همزمان دما و کرنش. ۸۸
شکل ۳-۲۱- طول موج براگ بازتابی از دو توری براگ در وضعیت دما و کرنش یکسان. ۹۰
شکل ۳-۲۲- طول موج براگ بازتابی از دو توری براگ با وضعیت دما و کرنش متفاوت.. ..... ۹۱
شکل۳-۲۳- دوره تناوب مدولاسیون دو توری براگ برای دما و کرنش یکسان.. ..... ۹۲
شکل۳-۲٤- دوره تناوب مدولاسیون دو توری براگ برای دمای متفاوت و کرنش یکسان.. ..... ۹۲

شکل۳-۲۵- دوره تناوب مدولاسیون دو توری براگ برای دمای یکسان و کرنش متفاوت.. ۹۳
شکل۳-۲۶- نمودارطولموج براگ نسبت به دما برای حسگر اول. ۹۳
شکل۳-۲۷- نمودارطول موج براگ نسبت به دما و کرنش برای حسگردوم. ۹٤
شکل۳-۲۸- نمودارتغییرات طول موج براگنسبت به دمابرای حسگر اول.. ۹۵
شکل۳-۲۹- نمودار تغییرات طول موج براگ نسبت بهتغییرات دما وکرنش برای حسگردوم. ۹۵
شکل۳-۳۰- نمودار تغییرات طول موج براگ نسبت به کرنش اعمال شده به حسگر دوم. ۹۵
شکل ۳-۳۱- سطح مقطع یک فیبرنوری Hi-Bi. دو نقطه سیاه رنگ عناصر تنش القایی هستند ۹٦
شکل ۳-۳۲- طرح حسگر فشار FBG با پایه و اساس سیلندر با دو پوسته و دارای جبران پذیری دمایی. ۹۹
شکل۳-۳۳- تغییر شکل پوسته حساسیت. ۱۰۰
شکل ٤-۱- نمودار شدت خروجی از هسته فیبر نوری نسبت به طول موج. ۱۰٦
شکل ٤-۲- شدت توزیع میدان الکتریکی داخل هسته به صورت تابعی از شعاع برای مدهای نه گانه پوسته.. ۱۰٦
شکل ٤-۳- تعیین رابطه‌ی بین طول موج‌های تشدید حاصل از جفت شدگی مد اصلی هسته
با اندازه دوره تناوب توری با دوره تناوب طولانی. ۱۰۷
شکل ٤-٤- جفت شدگی مد پایه‌ی هدایت شده با مدهای پوسته در توری با دوره تناوب طولانی.. ۱۰۷
شکل ٤-۵- نمودار βاز مکانیزم جفت شدگی مد در یک توری با دوره تناوب طولانی. ۱۰۸
شکل ٤-٦- نمودار $J_\nu(x)$ برای $\nu = 0,1,2,3,4$ و 5. ۱۱۰
شکل ٤-۷- نمودار مقادیر ویژه معادله (٤-۱-۷) برای$\nu = 0,1$.. ۱۱۰
شکل ٤-۸- نمودار مقادیر ویژه برای مدهای پوسته ۱۱۱
شکل ٤-۹- نمای هندسی فیبر ضریب شکست پله ای دو لایه. ۱۱۲
شکل ٤-۱۰- شدت $I_z(r)$ به صورت تابعی از شعاع برای مدهای پوسته$LP(0,1)$.. ۱۱٤
شکل ٤-۱۱- تابع تغییرات ضریب شکست یک توری با دوره تناوب طولانی. ۱۱۵
شکل٤-۱۲- طیف انتقالی یک توری با دوره تناوب طولانی (LPG). ۱۱۷

شکل ٤-١٣- توزیع شدت تابشی داخل فیبر و کاهش و تضعیف طول موج‌های تشدید و جفت شدن آن‌ها
به داخل پوسته فیبر برای ۴ مد LP(0,5)، LP(0,6)، LP(0,7) و LP(0,8). ۱۱۹
شکل ٤-١٤:نمودار شدت خروجی از هسته فیبر نوری نسبت به طول موج. ۱۱۹
شکل ٤-١٥- نمودار تاخیر زمانی و پاشندگیLPG برای ۴ مد
LP(0,5)، LP(0,6)، LP(0,7) و LP(0,8).. ۱۲۰
شکل ٤-١٦- وضعیت طول دوره تناوب و عمق مدولاسیون LPG. ۱۲۰
شکل ٤-١٧-تغییر طول موج‌های تشدید با تغییر دادن دما برای ۴ مد
LP(0,5)، LP(0,6)،LP(0,7) و LP(0,8). ۱۲۱
شکل ٤-١٨- تغییرات جایگاه طول موج‌های تشدید نسبت به دما برای ۴ مد
LP(0,5)، LP(0,6)، LP(0,7) و LP(0,8). ۱۲۱
شکل ٤-١٩-تغییر طول موج‌های تشدید با تغییر دادن دما برای ۴ مد
LP(0,5)، LP(0,6)،LP(0,7) و LP(0,8). ۱۲۲
شکل ٤-٢٠- تغییرات طول موج‌های تشدید نسبت به کرنش برای ۴ مد
LP(0,5)، LP(0,6)، LP(0,7) و LP(0,8). ۱۲۳
شکل ٤-٢١-تغییر جایگاه طول موج‌های تشدید با تغییر دادن ضریب شکست محیط خارجی فیبر برای ۴ مد
LP(0,5)، LP(0,6)،LP(0,7) و LP(0,8). ۱۲٤
شکل ٤-٢٢- تغییرات طول موج‌های تشدید نسبت به تغییرات ضریب شکست برای فیبرهای نوری با قطر
متفاوت و برای ۴ مد LP(0,5)، LP(0,6)، LP(0,7) و LP(0,8). ۱۲٤
شکل ٤-٢٣- نمودار انتقال و بازتاب LPFGشبیه سازی شده. ۱۲٥
شکل ٤-٢٤- نمودار تغییرات پیک کاهش نسبت به تغییرات دما. ۱۲٦
شکل ٤-٢٥- نمودار تغییرات پیک کاهش نسبت به تغییرات کرنش. ۱۲۷
شکل ٤-٢٦- نمودار تغییرات قله طول موج براگ بازتابی نسبت به تغییرات کرنش.. ۱۲۸
شکل ٤-٢٧- نمودارهای تغییرات طول موج تشدید ($\Delta\lambda_{res}$) نسبت به کرنش (ε). ۱۲۹

شکل ٤-٢٨- نمودارهای تغییرات طول موج تشدید ($\Delta\lambda_{res}$) نسبت به کرنش (ε) برای سه حسگر LPG
با اختلاف ضرایب شکست پوسته و هسته مختلف. ١٣١
شکل ٤-٢٩- شدت‌های بازتابی و عبوری برای حسگر با سه توری. ١٣٢
شکل ٤-٣٠- توزیع شدت تابشی داخل فیبر و کاهش و تضعیف طول موج‌های تشدید و جفت شدن
آن‌ها به داخل پوسته فیبر برای LPG و FBG پشت سر هم. ١٣٣
شکل ٤-٣١- وضعیت توری‌های سه گانه و دوره تناوب و عمق مدولاسیون آن‌ها. ١٣٣
شکل ٤-٣٢- نمودار تغییرات طول موج تشدید ($\Delta\lambda_{res}$) نسبت به کرنش (ε). ١٣٤
شکل ٤-٣٣- نمودار تغییرات طول موج براگ ($\Delta\lambda_B$) نسبت به کرنش دما(ΔT). ١٣٤
شکل ٤-٣٤- نمودار تغییرات طول موج تشدید ($\Delta\lambda_{res}$) نسبت به ضریب شکست محیط اطراف فیبر(Δn). ١٣٤
شکل ١-١الف - توزیع حسگرهای کرنش توری براگ. ١٤٥
شکل ١-ب - سیستم حسگرهای کرنش اعمالی از سطح عمود بر توری براگ. ١٤٥
شکل ١- پ - دو طرح متفاوت از کاربرد حسگرهای کرنش توری براگ در ساختار پل. ١٤٦
شکل ١- ت - حسگر توری براگ برای اندازه‌گیری کرنش محوری و کرنش غیر محوری. ١٤٦
شکل ١- ث - کاربرد حسگرهای کرنش توری براگ در تونل‌ها. ١٤٧
شکل ٢-الف- نمودارهای توان عبوری و بازتابی بر حسب واحد دلخواه و نمودارهای توان عبوری و بازتابی
بر حسب واحد db. ١٤٨

چکیده:

عنوان: **طراحی و شبیه سازی فیبر نوری توری براگ سنسور فشار**

نام دانشجو:**مهدی امینی**

با پیشرفت علم در زمینه مخابرات نوری و الکترواپتیک نمونه ی جدیدی از حسگرهای فیبر نوری مورد توجه قرار گرفتند. حسگرهای توری براگ فیبری از یک توری فیبری بازتابی تشکیل شده اند. این توری ها ازطریق ایجاد تغییرات ضریب شکست هسته فیبر نوری در اثر تابش فرابنفش ساخته می شود.

اندازه گیری فشار یکی از موارد کاربرد این حسگرهاست که در این پایان نامه به آن پرداخته شده است. این حسگرها قادر به اندازه گیری فشار اعمالی در راستای محوری و شعاعی فیبر نوری می باشند.

یکی از مشکلات پیش رو در کاربرد این حسگرها تداخل حساسیت بین پارامترهای گوناگون اندازه گیری می باشد که راهکارها و روش های گوناگونی برای جلوگیری از این پدیده ی نامطلوب پیشنهاد شده است. استفاده همزمان از چند توری پشت سر هم از جمله روش های جلوگیری از تداخل حساسیت است که نمونه های مختلف کاربردی آن شبیه سازی شده است.

همچنین نمونه ی دیگری از توری های فیبری هستند که توری های با دوره تناوب طولانی نامیده می شوند. اندازه گیری توسط این حسگرها بر اساس تغییر طول موج های تشدید نسبت به تغییرات محیط صورت می گیرد. با مقایسه این دو نوع حسگر، مشاهده شده است که حسگرهای فیبری با دوره تناوب طولانی نسبت به حسگرهای توری های قبلی از لحاظ حساسیت بهتر می باشند چون امکان تشکیل طول موج های تشدید با حساسیت های مختلف فقط به یک پارامتر وجود دارد می توان از این توری ها برای جداسازی حساسیت به پارامترهای مختلف استفاده کرد. در این پایان نامه سعی شده شرایط بهینه برای یک حسگر فیبری توری با دوره تناوب بلند مورد بررسی قرار گیرد.

در پایان، استفاده از ترکیب توری های براگ و توری های با دوره تناوب طولانیبه عنوان راهکار دیگری برای جلوگیری از تداخل حساسیت بین پارامتر های فیزیکی و اندازه گیری همزمان این پارامترها پیشنهاد شده و نتایج آن شبیه سازی گردیده است.

کلمات کلیدی: حسگر فشار، فیبر توری براگ، فیبر توری براگ با دوره طولانی، تداخل حسگری

Abstract:

Title:**Design & Simulation Of Optical Fiber Bragg GratingPressure Sensor**

Aothur**: Mehdi Amini**

A new kind of fiber optic sensors has attracted attentions as science progresses in the field of optical communication and electro-optics. Fiber Bragg Grating (FBG) sensors is constructed from a reflective Fiber grating. It is done by imposing a variation in the refractive index of the fiber core via ultraviolet radiation.

The pressure sensing is one of the applications of these sensors which will be dealt with in this dissertation. These fiber sensors are able to measure applied pressures on them in axial and radial direction.

One of the problems ahead in applying these sensors is the cross sensitivity between differentsensing parameters for which several methods for avoiding the undesired effects has been suggested. The simultaneous useof severalsuccessive gratings is one of the methods to avoid cross sensitivity. Differentpractical kinds these gratings have been simulated.

There are also other types of grating so called Long Period Fiber Grating (LPFG). The measuring principle of these sensors is the variation of resonance wavelength with respect to the variation of the environment. A comparison of these two types of sensors showed that LPFGs are better sensors than FBGs. Since resonance wavelength due to different sensing depends on only one parameter, therefore it is possible to differentiate sensors by changing these parameters. An optimum condition for long period fiber grating sensors has been investigated in this thesis.

Finally, the use of combinedBragg gratings and long period fiber gratings as a method to avoid cross sensitivity is suggested for which their results have been simulated.

Keywords: Pressure sensors, Fiber Bragg Gating (FBG), Long Period Fiber Grating (LPFG), Cross sensitivity

فصل اول:

معرفی تکنولوژی حسگرهای فیبر نوری

۱-۱- حسگرهای فیبر نوری

امروزه اطلاعات در حجم‌های زیاد، تولید، پردازش، نگهداری، بیان و مخابره می‌شوند. اگر چه بدست آوردن داده و پردازش آن نیاز و ضرورت انسان از زمان‌های خیلی دور بوده، جامعه‌ی مدرن امروزی و حتی جامعه‌ی فوق پیشرفته‌ی آینده نیز به ضرورت شناسایی و پردازش متغیرهای گوناگون برای به دست آوردن اطلاعات نیازمند است. اتوماتیک شدن یا بالا رفتن ظرفیت‌های سیستم‌ها در بخش‌های مختلف از جمله زیست داروها، مخابرات و ارتباطات، رباتیک و غیره نیاز به این امور را ضروری تر ساخته است. بنابراین روز به روز ضرورت افزایش ظرفیت نگهداری این داده‌ها و همچنین انجام محاسبات بر روی آن‌ها و سپس انتقال آن بیش از پیش احساس می‌شود. پردازش و انتقال داده‌ها مربوط به حوضه‌ی الکترونیک می‌باشد [15]. افزون بر بیست سال است که تولید، رشد و گسترش صنایع اپتوالکترونیک و همچنین صنعت مخابرات نوری انقلابی بزرگ در روند رو به رشد علمی‌دنیا به وجود آورده است. مواردی همچون دیسک‌های فشرده، پرینترهای لیزری، اسکنرهای کدخوان و لیزرهای اشاره گر در راستای تولیدات صنعت اپتوالکترونیک[1] می‌باشند. از طرفی دیگر صنعت مخابرات فیبرنوری نیز انقلابی را در صنعت مخابرات در اجرای شبکه‌های مخابراتی با پهنای باند بیشتر و تضعیف اطلاعات کمتر برپا کرد. با پیشرفت صنایع مخابرات نوری و با گسترش ترکیبات کاربردی و انبوه سازی فیبرنوری بزرگراه اطلاعاتی بزرگی در جهان ارتباطات به وجود آمد.

به موازات این پیشرفت‌ها فناوری حسگر فیبرنوری[2] به عنوان یک فناوری کاربردی خاص وابسته به اپتوالکترونیک و صنعت مخابرات فیبرنوری مورد توجه قرار گرفت. صنایع ترکیبی وابسته به این صنعت اغلب برای کاربردهای حسگر فیبرنوری رشد و گسترش پیدا کردند. با پیشرفت قطعات و ترکیبات وابسته به حسگرهای فیبرنوری این فناوری همیشه در جهت ارتقای کیفیت حرکت کرده است. بنابراین حسگرهای فیبرنوری از حسگرهای قدیمی‌به لحاظ قیمت ارزان و کیفیت پیشی گرفته اند. این حسگرها قابلیت اندازه‌گیری کمیت‌های مختلفی از جمله چرخش، شتاب، میدان الکتریکی، دما، فشار، صدا، لرزش، موقعیت خطی و زاویه ای، کرنش، شتاب، رطوبت، چسبندگی و شناسایی مواد شیمیایی را دارا می‌باشند. همچنین این حسگرها می‌توانند به عنوان حسگر میزبان برای کاربرد حسگرهای دیگر به کار برده شوند. مزایای ذاتی حسگرهای فیبرنوری شامل مواردی چون:

[1] - optoelectronic
[2] - fiber sensor technology