٣٧٩
٢٤ سـ ٣ ر ١ د
م/ى ٢٣ ر ١
١٩٧٨

٤٠٨٤٣

۱۳۸۱ /۱/ ۲۰
017102

دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه دوره کارشناسی‌ارشد رشته مهندسی شیمی/پلیمر

ساخت فیبر نوری پلیمری

توسط:

صادق مرادی

استاد راهنما :

سرکار خانم دکتر نادره گلشن ابراهیمی

استاد مشاور :

جناب آقای دکتر محمد کاظم مروج فرشی

۴۰۸۴۳

دیماه ۱۳۸۰

دانشگاه تربیت مدرس

تاییدیه هیات داوران

آقای **صادق مرادی** پایان‌نامه ۶ واحدی خود را با عنوان **ساخت فیبر نوری پلیمری** در تاریخ ۸۰/۱۱/۱۳ ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهائی این پایان‌نامه را از نظر فرم و محتوی تایید و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی شیمی با گرایش پلیمر پیشنهاد می‌کنند.

اعضای هیات داوران	نام و نام خانوادگی	امضاء
۱ـ استاد راهنما :	سرکار خانم دکتر ابراهیمی	
۲ـ استاد مشاور :	آقای دکتر مروج‌فرشی	
۳ـ استادان ممتحن :	آقای دکتر فامیلی	
	آقای دکتر مرشدیان	
۴ـ مدیر گروه : (یا نمایندهٔ گروه تخصصی)	آقای دکتر زرین‌قلم	

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان‌نامه/رساله مورد تأیید است.

امضای استاد راهنما:

بسمه‌تعالی

آیین‌نامهٔ چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرّس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرّس، مبیّن بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

مادّهٔ ۱ در صورت اقدام به چاپ پایان‌نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

مادّهٔ ۲ در صفحهٔ سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه)، عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد/رسالهٔ دکتری نگارنده در رشتهٔ ..... است که در سال ..... در دانشکدهٔ ..... دانشگاه تربیت مدرّس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر ..... ، مشاورهٔ سرکار خانم/جناب آقای دکتر ..... و مشاورهٔ سرکار خانم/جناب آقای دکتر ..... از آن دفاع شده است.»

مادّهٔ ۳ به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهداکند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

مادّهٔ ۴ در صورت عدم رعایت مادّهٔ ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ‌شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرّس، تأدیه کند.

مادّهٔ ۵ دانشجو تعهد و قبول می‌کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در مادّهٔ ۴ را از محلّ توقیف کتابهای عرضه‌شدهٔ نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

مادّهٔ ۶ اینجانب ..... دانشجوی رشته ..... مقطع ..... تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام‌خانوادگی:

تاریخ و امضا:

تقدیم به:

ستارگان آسمان امیدم:

پدر

برادران و خواهران

مادر

عزیزم، که همواره مشوق من بوده‌اند.

تشکر و قدر دانی

اینک که تمامی مرحل پایان نامه با همت و یاری بی‌امان اساتید ارجمندم **سرکار خانم دکتر نادره گلشن ابراهیمی، آقای دکتر محمد کاظم مروج فرشی و آقای دکتر نصرت ا... گرانپایه و کارکنان شریف و صدیق مرکز تحقیقات مخابرات ایران**، پایان می‌پذیرد؛ حقیر وظیفهٔ خود می‌داند که ضمن تقدیم صمیمانه‌ترین تشکرات قلبی، از این همه کوشش بی‌شائبه قدر دانی و سپاسگذاری نموده و توفیق آنان را از درگاه ایزد یکتا مسالت نماید.

همچنین بر خود لازم میدانم. از **جناب آقای مهندس مهرداد دهنادی** که همانند پدری دلسوز در انجام این پروژه، ما را یاری نمودند، صمیمانه تقدیر و تشکر نمایم.

امید: آنکه این اقدام بسیار ناچیز که تلاشی در راستای اعتلای جامعهٔ فرهنگی این آب و خاک است مورد استقبال اساتید، دانش‌پژوهان و علاقمندان، قرار گرفته و رضایت خداوند سبحان را فراهم آورد.

<<تا چه قبول افتد و چه در نظر آید>>

صادق مرادی

دیماه ۱۳۸۰

چکیده

امروزه از فیبر نوری بعنوان یک ابزار قـوی و مطمئـن بـرای انتقـال سـریع اطلاعـات در سـطح گسترده، استفاده می‌شود. فیبرهای نوری شیشه‌ای اگر چـه بـرای انتقـال داده‌هـا و اطلاعـات در مسافت‌های طولانی کاربرد وسیعی دارند، ولی این فیبرها دارای یکسری معایب نظیر شکنندگـی نسبی و هزینهٔ زیاد تولید هستند. فیبر نوری پلیمری ضمن برخورداری از مقاومت شیمیایی بالاتر و سبک‌تر بودن نسبت به فیبر نوری شیشه‌ای، دارای انعطاف‌پذیری بیشتری نیز اسـت. فیبرهـای نوری پلیمری برای استفاده در مسافت‌های کوتاه، در طول موجهای مرئی مناسب هستند. هزینـه تولید این نوع فیبرها پایین بوده و دارای کاربردهای فراوانـی در صنـایع مخـابراتی، کـامپیوتر و پزشکی هستند. روشهای زیادی برای ساخت فیبرهای نـوری پلیمـری وجـود دارنـد. کـه روش اکستروژن پیوسته، بهترین و پیشرفته‌ترین راه تولید فیبرهای نوری پلیمری است.

در این تحقیق، جهت ساخت فیبر نوری پلیمری با روش اکستروژن پیوسته، برای اولیـن بـار در ایران، طراحی و ساخت دستگاه کواکسترودر تولید کنندهٔ این فیـبر صـورت گرفـت. روش کـار بدین صورت است که هستهٔ فیبر نوری توسط یکی از اکسترودرها تولیـد شـده و بـا اکسـترودر دوم روکش دهی می‌شود. سر شکل دهنده به نحوی طراحی شده است که هسته و روکش فیـبر خروجی از آن هیچگونه تداخلی با یکدیگر نداشـته و سـطح مقطـع آن بصـورت دایـره اسـت. فیبرهای نوری پلیمری تهیه شده توسط دسـتگاه مذکـور عبـارتند از: (۱) فیـبر بـا هسـتهٔ ٪۲۸ EVAو بدون پو.شش(پوشش هوا)، (۲) فیبر با هستهٔ SAN و پوشش ٪۲۸ EVA ، (۳) فیـبر بـا هستهٔ ترکیبی از EVA ۱۸ و ۲۸ درصد با نسبت ۲۰ به ۸۰ و پوشـش ٪۲۸ EVA ، (٤) فیـبر بـا

هستهٔ ٪۱۸ EVA و پوشش ٪۲۸ EVA، (۵) فیبر با هستهٔ PS و پوشش ٪۲۸ EVA ، (٦) فیبر با هستهٔ SAN و پوشش PMMA .

نتایج حاصل از آزمایشات حاکی از آن است که چسبندگی هسته و روکش در تمام نمونه‌ها یکنواخت است. نمونه‌ها عاری از حباب هوا بوده و برای استفاده در مسافت‌های کوتاه، بسیار مناسب هستند. میزان اتلاف فیبرهای تولید شده از نمونه‌های خریداری شده، بیشتر است که علت اصلی آن وجود ناخالصی در مواد مورد استفاده است. همچنین فیبر شماره (۲) بعنوان نمونه بهینه انتخاب شده است.

واژه‌های کلیدی: فیبر نوری، پلیمر، ضریب شکست، اکستروژن، کواکسترودر

فهرست مطالب

عنوان — صفحه

● فصل اوّل: مقدمه

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- مکانیزم انتقال نور در فیبر ۲

۱-۳- مراحل طی شده تا حصول فیبر نوری ۴

۱-۴- ساختمان فیبر نوری ۶

۱-۵- انواع فیبرهای نوری از نظر جنس ۶

۱-۶- انواع فیبرهای نوری از نظر ضریب شکست ۷

۱-۶-۱- فیبر نوری با ضریب شکست پله‌ای ۷

۱-۶-۲- فیبر نوری با ضریب شکست تدریجی ۹

۱-۷- انواع فیبر نوری از نظر تعداد مدهای منتشر شونده ۱۲

● فصل دوّم: فیبرهای نوری پلیمری

۲-۱- مقدمه ۱۵

۲-۲- مزیت فیبرهای نوری پلیمری (POFs) ۱۶

۲-۳- مواد مورد استفاده جهت تولید POFها ۱۷

۲-۳-۱- خصوصیات پلیمرهای انتخابی ۱۷

۲-۳-۲- پلیمرهای قابل انتخاب ۱۹

۲-۴- بررسی اتلاف در POFها ۲۲

۲-۴-۱- اتلاف جذبی ناشی از نوسانات باند C-H ۲۵

۲-۴-۲- اتلاف جذبی ناشی از برانگیختگی الکترونی ۳۲

۲-۴-۳- اتلاف ناشی از پراکندگی رایلی ۳۴

۲-۴-۴- معایب در ساختمان فیبر ۳۸

فهرست مطالب

عنوان — صفحه

۲-۵- پهنای باند فیبرهای نوری ۳۹

۲-۶- پاشندگی ۴۱

۲-۶-۱- پاشندگی ماده ۴۲

۲-۶-۲- پاشندگی مدی ۴۲

۲-۶-۲-۱- محاسبهٔ پاشندگی مدی در فیبرهای نوری با ضریب شکست پله‌ای ۴۲

۲-۶-۲-۲- محاسبهٔ پاشندگی مدی در فیبر نوری پلیمری با ضریب شکست تدریجی . ۴۳

۲-۷- الیاف نوری پلیمری قابل استفاده در حوالی ناحیهٔ مادون قرمز ۴۶

۲-۷-۱- بررسی اثر دوتریم‌سازی بر کاهش اتلاف ۴۶

۲-۷-۲- بررسی اثر فلورینه کردن بر کاهش اتلاف ۴۸

● فصل سوم: ساخت و کاربرد فیبرهای نوری پلیمری

۳-۱- مقدمه ۵۰

۳-۲- روشهای تولید فیبرهای نوری پلیمری با ضرب شکست پله‌ای ۵۰

۳-۲-۱- روش کشش پیش‌سازه ۵۰

۳-۲-۲- روش اکستروژن ناپیوسته ۵۵

۳-۲-۳- روش اکستروژن پیوسته ۵۶

۳-۲-۴- روش روکش‌دهی توسط محلول ۵۷

۳-۳- تولید فیبرهای نوری پلیمری با ضریب شکست تدریجی ۵۸

۳-۳-۱- روش کشش پیش‌سازه ۵۸

۳-۳-۲- روش اکستروژن ۵۹

۳-۴- کاربردهای فیبر نوری پلیمری ۶۱

فهرست مطالب

عنوان — صفحه

● **فصل چهارم: تجربی**

۴-۱- مواد ۶۵

۴-۱-۱- اتیلن وینیل استات ۶۵

۴-۱-۲- پلی استایرن ۶۵

۴-۱-۳- استایرن اکریلونیتریل ۶۶

۴-۱-۴- پلی متیل متااکریلات ۶۶

۴-۲- تجهیزات مورد استفاده ۶۷

۴-۲-۱- دستگاه کو-اکسترودر تولیدکنندهٔ فیبر نوری پلیمری ۶۷

۴-۲-۱-۱- کو-اکسترودر ۶۸

۴-۲-۱-۲- سرشکل دهنده ۷۲

۴-۲-۱-۲- سرشکل دهنده ۷۲

۴-۲-۱-۳- خشک‌کن مواد ۷۵

۴-۲-۱-۴- موتور گیربکس ۷۶

۴-۲-۱-۵- تابلو برق ۷۶

۴-۲-۱-۶- سیستم خنک‌کنندهٔ فیبر ۷۷

۴-۲-۱-۷- سیستم کشش فیبر ۷۸

۴-۲-۲- میکروسکوپ الکترونی ۷۸

۴-۲-۳- دستگاه پراش اشعهٔ ایکس ۷۸

۴-۲-۴- دستگاه اندازه‌گیری اتلاف نور ۷۸

۴-۳- فرایند تولید الیاف ۸۳

۴-۴- الیاف تولید شده ۸۳

فهرست مطالب

عنوان — صفحه

● **فصل پنجم: بحث و نتیجه‌گیری**

۵-۱- تصاویر میکروسکوپ الکترونی ۸۹

۵-۲- تصاویر میکروسکوپ نوری ۹۰

۵-۳- آزمایش پراش اشعهٔ ایکس ۹۱

۵-۴- آزمایش نوری فیبرهای تولید شده ۹۱

۵-۵- نتیجه‌گیری نهایی ۹۴

۵-۶- پیشنهادها ۹۵

منابع ۹۶

واژه‌نامهٔ فارسی به انگلیسی ۱۰۲

واژه‌نامهٔ انگلیسی به فارسی ۱۰۷

تعریف واژه‌ها ۱۱۲

ضمیمهٔ (الف) نقشه و مشخصات فنی دستگاه ۱۱۸

ضمیمهٔ (ب) تصاویر میکروسکوپ الکترونی ۱۲۳

ضمیمهٔ (ج) تصاویر میکروسکوپ نوری ۱۳۰

ضمیمهٔ (د) نمودارهای پراش اشعهٔ ایکس ۱۳۲

ضمیمهٔ (ه) نمودارهای توان نور لیزر ورودی و خروجی از نمونه‌ها ۱۳۵

ضمیمهٔ (ی) نمودارهای اتلاف نمونه‌های ساخته شده ۱۴۵

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول (۲-۱): فیبریخچهٔ پیدایش فیبرهای نوری پلیمری..... ۲۰

جدول (۲-۲): خواص نوری پلیمرهای شفاف ۲۱

جدول (۲-۳): موادی که می‌توانند جهت تولید POF استفاده شوند..... ۲۲

جدول (۲-۴): فاکتورهای اتلاف برای POFها..... ۲۳

جدول (۲-۵): اتلاف جذبی هارمونیک‌های بالا در باند C-H ۲۸

جدول (۲-۶): مقادیر برای پیوندهای مختلف با استفاده از پتانسیل مورس..... ۳۱

جدول (۲-۷): اتلاف جذبی ناشی از برانگیختگی الکترونی..... ۳۳

جدول (۲-۸): تفرق رایلی در طول موج ۶۳۳nm برای هسته PMMA که در اثر ۱۵۰°C..... ۳۸

جدول (۲-۹): نوسانات باند C-H و طول موجهای مربوطه..... ۴۶

جدول (۲-۱۰): نوسانات باند O-H و طول موجهای مربوطه ۴۷

جدول (۲-۱۱): نوسانات باند N-H و طول موجهای مربوطه ۴۷

جدول (۵-۱): میزان اتلاف محاسبه شده برای فیبرهای نوری پلیمری..... ۹۲

جدول (۵-۲): میزان متوسط اتلاف محاسبه شده برای فیبرهای نوری پلیمری..... ۹۴

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل (۱-۱): انعکاس و شکست نور در سطح جدایی دو محیط ۳

شکل (۱-۲): نمایش زاویهٔ بحرانی و انعکاسی کلی ($n_1 > n_2$). ۳

شکل (۱-۳): تکامل مخابرات نوری ۵

شکل (۱-۴): نمایی از فیبر نوری ۶

شکل (۱-۵): فیبر نوری با ضریب شکست پله‌ای ۷

شکل (۱-۶): انتشار نور در یک فیبر نوری پله‌ای ۸

شکل (۱-۷): فیبر نوری با ضریب شکست تدریجی ۱۰

شکل (۱-۸): نحوهٔ انتقال نور در فیبرهای پله‌ای و تدریجی ۱۱

شکل (۱-۹): مقایسهٔ ساختمان فیبرهای تک‌مدی و چندمدی، پله‌ای و تدریجی ۱۳

شکل (۲-۱): دیاگرام سیستم اندازه‌گیری طیف اتلاف در POFها ۲۴

شکل (۲-۲): اتلاف در هسته PMMA فلورینه شده با ضریب شکست تدریجی ۲۵

شکل (۲-۳): هارمونیک‌های بالا مربوط به جذب باند C-H در PMMA ۲۶

شکل (۲-۴): اتلاف در POFها در دماهای معمولی ۲۷

شکل (۲-۵): ارتباط بین n و لگاریتم اتلاف جذبی ۲۸

شکل (۲-۶): اتلاف در POF بعد از ۱۵۰°C گرمایش به مدت ۵۰۰ ساعت ۲۹

شکل (۲-۷): اتلاف در POF (PMMA) حاوی ۱۰٪ وزنی MMA ۳۴

شکل (۲-۸): نمایی از دستگاه اندازه‌گیری تفرق رایلی ۳۴

شکل (۲-۹): شدت پراکندگی Vn (شکل الف) و Hn (شکل ب) برحسب زاویهٔ پراکنش ۳۵

شکل (۲-۱۰): تأثیر تغییرات قطر هسته بر اتلاف پراکندگی ۳۹

شکل (۲-۱۱): سیستم اندازه‌گیری پاسخ پالس اعمالی به POF ۴۰

شکل (۲-۱۲): پروفیل ضریب شکست در POF تدریجی (MMA-BBP). ۴۰

شکل (۲-۱۳): پهن شدن پالس خروجی در فیبرهای ۴۱

فهرست اشکال

عنوان — صفحه

شکل (۲-۱۴): انتشار نور در فیبر پله‌ای. AA شعاع محوری نور، BB شعاع نور که با زاویهٔ qc وارد ۴۲

شکل (۲-۱۵): پهنای باند برای GI POF برحسب نمای g..... ۴۴

شکل (۲-۱۶): پروفیل ضریب شکست GI POF برای سیستم MMA-BB با پهنای باند.... ۴۵

شکل (۲-۱۷): مقایسهٔ پاشندگی پلیمرهای فلورینه شده با PMMA و سیلیکا..... ۴۸

شکل (۳-۱): سیلندر فولادی جهت تهیه POF با استفاده از پلیمریزاسیون توده‌ای..... ۵۱

شکل (۳-۲): دستگاه شکل‌دهندهٔ فیبر..... ۵۲

شکل (۳-۳): نمایی از تولید پیش‌سازهٔ POF با استفاده از تخ تفلونی..... ۵۳

شکل (۳-۴): نمایی از سیستم قرار دادن هسته در پوشش..... ۵۴

شکل (۳-۵): تولید فیبر بطریقه کشش دادن پیش‌سازه..... ۵۵

شکل (۳-۶): نمایی از تولید فیبر نوری پلیمری به روش اکستروژن ناپیوسته..... ۵۵

شکل (۳-۷): فرایند تولید پوستهٔ POF..... ۵۷

شکل (۳-۸): مقایسهٔ پروفیل ضریب شکست پیش‌سازه و فیبر حاصله از ان برای سیستم MMA-BBP ۵۸

شکل (۳-۹): توزیع ضریب شکست و دانسیته برای فیبر PMMA با مقدار ۲۰PPM رودامین B..... ۵۹

شکل (۳-۱۰): نمایی از فرایند پیوستهٔ تولید GI POF..... ۵۹

شکل (۳-۱۱): نمایی از فرایند تهیه POFهای الکترواپتیکی..... ۶۳

شکل (۴-۱): دستگاه کو-اکسترودر تولیدکنندهٔ فیبر نوری پلیمری..... ۶۸

شکل (۴-۲): نمایی از کو-اکسترودر..... ۶۹

شکل (۴-۳): نمایی از کل پیچ..... ۷۰

شکل (۴-۴): نمایی از ناحیهٔ خوراک اکسترودر..... ۷۰

شکل (۴-۵): نمایی از ناحیهٔ مذاب اکسترودر..... ۷۰

شکل (۴-۶): نمایی از ناحیهٔ اندازه‌گیری اکسترودر..... ۷۱

شکل (۴-۷): نمایی از ناحیهٔ اختلاط اکسترودر..... ۷۱