

۱۴۲۵ھ



دانشگاه شهید بهشتی

پژوهشکده لیزر و پلاسما

پایان نامه

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد فوتونیک

عنوان:

ساخت حسگر فیبر نوری به منظور اندازه گیری ضریب شکست

دانشجو:

مرتضی کرمی

استاد راهنما:

دکتر حمید لطیفی

استاد مشاور:

دکتر مسعود حسینی

تاریخ دفاع

تیرماه ۱۳۸۹

۱۴۲۵۵۹

۲۲۸۹ / ۷ / ۲۲

سازمان اسناد و کتابخانه ملی
جمهوری اسلامی ایران



دانشگاه شهید بهشتی

تاریخ ۱۵/۴/۸۹

شماره ۲۱۸۲/۴۱۱۵

پوست

بسمه تعالی

«صور تجلسه دفاع از پایان نامه دانشجویان دوره کارشناسی ارشد»

تهران ۱۹۸۳۹۶۳۱۱۳ اوین

تلفن: ۲۹۹۰۱

بازگشت به مجوز دفاع شماره ۱۳۱۱/۲۰۰/د مورخ ۸۹/۳/۳۰ جلسه هیأت داوران ارزیابی پایان نامه آقای مرتضی کرمی به شماره شناسنامه ۱۶۱۳۸ صادره از تهران متولد ۱۳۶۲ دانشجوی دوره کارشناسی ارشد ناپیوسته رشته فوتونیک به شماره دانشجویی ۸۶۴۱۵۰۱۷ با عنوان:

"حسگر فیبر نوری به منظور اندازه گیری ضریب شکست"

به راهنمایی: دکتر حمید لطیفی

طبق دعوت قبلی در تاریخ ۸۹/۴/۱۴ تشکیل گردید و براساس رأی هیأت داوری و با عنایت به ماده ۲۰ آئین نامه کارشناسی ارشد مورخ ۷۵/۱۰/۲۵ پایان نامه مزبور با نمره ۱۹/۵ و درجه عالی مورد تصویب قرار گرفت.

۱- استاد راهنما: دکتر حمید لطیفی

۲- استاد مشاور: دکتر مسعود حسینی

۳- استاد داور داخل و نماینده تحصیلات تکمیلی: دکتر عزالدین مهاجرانی

۴- استاد داور: دکتر احمد امجدی



در امن مقام‌هاست. الا که عالمِ خوف و مقاماتِ خوف را نشان توان دادن، اما مقاماتِ امن بی‌نشان است.

مقالات مولانا

تقدیم به پدر و مادرم
- با التماس دعا و عذر تقصیر

تشکر و قدردانی

برخود واجب می‌دانم که در آغاز از استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر حمید لطیفی سپاسگزاری کنم که در زمان انجام این پروژه همواره پشتیبان بوده و حمایت‌های ایشان موجب دلگرمی بنده بوده است. و همینطور از آقای زیبایی که بدون حضورشان پیشبرد تحقیقات در زمانی کوتاه امکان‌پذیر نمی‌بود، قدردانی می‌کنم. همچنین از استاد مشاورم جناب آقای دکتر مسعود حسینی و دوستان عزیزم آقایان غلامی، خیری و پوربیرام تشکر کرده و آرزوی موفقیت برای ایشان دارم. به رسم ادب، از کسانی که می‌شناسم و کسانی که نمی‌شناسم که چه آگاهانه و چه ناآگاهانه به بنده جهت انجام این مطالعه کمک کرده‌اند سپاس ویژه دارم.

چکیده

هدف این پایان‌نامه ساخت حسگر فیبر نوری باریک شده‌ی تداخلی به منظور اندازه‌گیری ضریب شکست می‌باشد. از این حسگر جهت اندازه‌گیری تغییرات ضریب شکست مربوط به غلظت‌های مختلف دی-گلوکز در آب دوبار تقطیر دیونیزه و همچنین اندازه‌گیری ضریب شکست چندین اسید آمینه در محلول‌های کربوهیدراتی استفاده شد. امروزه فن‌آوری حسگرهای فیبر نوری به دلیل قابلیت منحصر به فردشان در عرصه‌های مختلف شیمیایی و زیستی به طور روزافزون مورد استفاده قرار می‌گیرند. شیوه‌ی ارائه شده در این پایان‌نامه برای اندازه‌گیری ضریب شکست به دلیل حساسیت بالا، قیمت پایین، کاربری آسان و قابلیت اندازه‌گیری در آن واحد قابل مقایسه با سایر روش‌های موجود است.

در این روش، ابتدا با استفاده از فیبرنوری تک مد و به طریقه‌ی کشش-گرما با استفاده از لیزر CO₂ حسگر باریک شده فیبرنوری ساخته شده و سپس حساسیت آن به تغییرات ضریب شکست در رقت‌های مختلف از محلول دی-گلوکز محاسبه شد.

در مرحله بعد اندازه‌گیری ضریب شکست برای چندین رقت از اسیدهای آمینه انجام شد. این اندازه‌گیری‌ها بیانگر آن است که انواع مختلفی از برهمکنش‌های بین گروه‌های اسید آمینه مانند ال-آلانین، ال-لوسین و ال-سیستین با دی-گلوکز، ساکاروز و مولکول‌های آب وابسته به گروه‌های اصلی از قبیل OH، SH، CH₂، NH₃⁺ و COO⁻ در اسیدهای آمینه است. این نتایج را می‌توان بر حسب برهمکنش‌های حل‌شونده-حل-شونده و حل‌شونده-حلال و همین‌طور توانایی ساختار شکنی و یا ساختار سازی حل‌شونده در محلول‌های داده شده تفسیر کرد. این بررسی به فهم بهتر از برهمکنش‌های بین مولکول‌های اسید آمینه و اجزا زیستی کمک می‌کند.

کلمات کلیدی : حسگر فیبر نوری باریک شده، ضریب شکست، آلفا آمینو اسید، برهمکنش‌های زیست

مولکولی، کربوهیدرات

فهرست جداول

جدول ۳.۱: ضرایب شکست محلول دی-گلوکز در آب مقطر با غلظت‌های متفاوت. (۵۴^۱)

جدول ۳.۲: مقادیر جابجایی طول موج اسید آمینه‌های ال-آلانین، ال-سیستین و ال-لوسین در محلول دی-

گلوکز و ساکاروز. (۵۷)

جدول ۳.۳: مقادیر محاسبه شده برای عرض از مبدا و شیب ضریب شکست اسید آمینه‌ها در محلول‌های

کربوهیدراتی بر حسب غلظت‌های اسید آمینه‌ها. (۶۳)

فهرست اشکال

- شکل ۱.۱: آمار مقالات چاپ شده حسگرهای فیبرنوری OFS-18. (۳)
- شکل ۱.۲: مقایسه اندازه‌ی یک حسگر فیبر نوری فابری- پرو جهت اندازه‌گیری فشار در کاربردهای پزشکی. (۶)
- شکل ۱.۳: تداخل سنج فیبر نوری ماخ-زندر. (۹)
- شکل ۱.۴: تداخل سنج فیبرنوری مایکلسون. (۱۱)
- شکل ۱.۵: تداخل سنج فیبرنوری ساگاناک. (۱۲)
- شکل ۱.۶: تداخل سنج فیبرنوری فابری-پرو، الف) بازتابی، ب) عبوری. (۱۳)
- شکل ۲.۱: طرح یک فیبر نوری. (۱۵)
- شکل ۲.۲: الف) فیبر نوری چند مد با پروفایل ضریب شکست پلکانی، ب) فیبر نوری چند مد با پروفایل ضریب شکست منحنی، ج) فیبر نوری تک مد با پروفایل ضریب شکست پلکانی. (۱۶)
- شکل ۲.۳: میدان میراثونده حاصل از بازتاب کلی نور در سطح مشترک دو دی‌الکتریک. (۱۸)
- شکل ۲.۴: ساختار نمونه ای از فیبرهای بادرو و بی درو. (۲۰)
- شکل ۲.۵: الف) فیبر نوری با تغییرات آسته‌ی شعاعی، ب) مدل تقسیم بندی فیبر باریک شده به قسمت‌های استوانه‌ای. (۲۱)
- شکل ۲.۶: الف) پارامترهای فیبر نوری تک مد باریک شده، ب) تقریب پله به پله برای تحلیل تئوری باریک شدگی. (۲۴)
- شکل ۲.۷: الف) منحنی حد باریک شدگی، ب) منحنی شیب یک نمونه از فیبر باریک شده. (۲۷)
- شکل ۲.۸: شماتیک پروفایل باریک شدگی جهت محاسبات. (۲۸)
- شکل ۲.۹: شماتیک چیدمان باریک کردن فیبر بوسیله‌ی روش کشش - گرما. (۳۱)
- شکل ۲.۱۰: مراحل خوردگی فیبر در محلول خورنده. (۳۱)
- شکل ۲.۱۱: شکل کلی آلفا آمینو اسید با گروه آمینو در چپ و گروه کربوکسیل در راست. (۳۳)
- شکل ۲.۱۲: یک مولکول آب که با چهار مولکول دیگر پیوند هیدروژنی برقرار می‌کند. (۳۸)
- شکل ۲.۱۳: ساختار شیمیای اسیدهای آمینه مورد استفاده قرار گرفته، دی-گلوکز و ساکاروز. (۴۲)

شکل ۳.۱: شماتیک چیدمان ساخت فیبر نوری باریک شده. (۴۴)

شکل ۳.۲: تصویری از قسمت اصلی چیدمان باریک سازی فیبر نوری. (۴۵)

شکل ۳.۳: تصویر چیدمان باریک سازی فیبر نوری. (۴۶)

شکل ۳.۴: الف) یک فیبر باریک شده‌ی بی‌دررو با طول باریک شدگی $843 \mu\text{m}$ و قطر کمر $11 \mu\text{m}$ (ب)

قسمتی از فیبر باریک شده (قطر کمر باریک شدگی $7 \mu\text{m}$) مورد استفاده در آزمایشات در

مقایسه با یک فیبر نوری تک مد. (۴۷)

شکل ۳.۵: طیف خروجی فیبر نوری باریک شده. (۴۷)

شکل ۳.۶: چیدمان تجربی آزمایش اندازه‌گیری ضریب شکست نمونه‌های شیمیایی. (۴۸)

شکل ۳.۷: تصویر هولدر فیبر. (۴۹)

شکل ۳.۸: شماتیک هولدر فیبر و اندازه‌های آن. (۵۰)

شکل ۳.۹: جابجایی طول موجی بر حسب زمان در آب مقطر. دمای محلول در دمای اتاق ($23 \pm 0.5^\circ \text{C}$)

ثابت نگاه داشته شد. (۵۱)

شکل ۳.۱۰: طیف خروجی حسگر فیبر نوری باریک شده برای محلول دی-گلوکز با رقت‌های $C=0$

mg/ml و $C=10 \text{ mg/ml}$. (۵۲)

شکل ۳.۱۱: جابجایی طول موج بر حسب غلظت دی-گلوکز. (۵۳)

شکل ۳.۱۲: جابجایی طول موج بر حسب ضریب شکست. (۵۴)

شکل ۳.۱۳: اندازه‌گیری جابجایی طول موج برای رقت‌های مختلف اسید آمینه. (۵۶)

شکل ۳.۱۴: جابجایی طول موجی برای غلظت‌های الف) ال-لوسین، ب) ال-سیستین و ج) ال-آلانین در

محلول‌های 0.1 (●)، 0.2 (■)، و 0.2 (▲) مولار دی-گلوکز (خطوط رسم شده مابین نقطه‌ها

تنها جنبه راهنمای تصویری دارد). (۶۰)

شکل ۳.۱۵: جابجایی طول موجی برای غلظت‌های الف) ال-آلانین، ب) ال-لوسین و ج) ال-سیستین در

محلول‌های 0.1 (●)، 0.2 (■)، و 0.2 (▲) مولار ساکاروز (خطوط رسم شده مابین نقطه‌ها تنها

جنبه راهنمای تصویری دارد). (۶۱)

شکل ۳.۱۶: جابجایی طول موجی بر حسب غلظت‌های مختلف اسید آمینه‌ها {ال-آلانین (■)، ال-

سیستین (●) و ال-لوسین (▲)} در محلول‌های الف) 0.2 مولار، ب) 0.2 مولار گلوکز و

محلول‌های ج) ۰.۰۲ مولار و د) ۰.۲ مولار ساکاروز (خطوط رسم شده مابین نقطه‌ها تنها جنبه

راهنمای تصویری دارد). (۶۲)

فهرست علائم و نشانه‌ها

شعاع مغزی فیبر: a

شعاع غلاف فیبر: ρ

ضریب شکست مغزی: n_{co}

ضریب شکست غلاف: n_{cl}

طول موج منبع: λ

تعداد مدهای منتشر شونده درون فیبر نوری: N_m

پارامتر مدی فیبر نوری: V

ثابت انتشار فیبر: β

ضریب شکست مولی: n_R

غلظت نمونه: C

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه

- ۱.۱ مزایای حسگرهای فیبرنوری..... ۲
- ۱.۲ کاربردهای حسگرهای فیبر نوری..... ۲
 - ۱.۲.۱ بیوحسگر..... ۳
 - ۱.۲.۲ آشکارسازی مواد رادیولوژیکی از راه دور..... ۴
 - ۱.۲.۳ کاربرد پزشکی..... ۵
 - ۱.۲.۴ حسگر ترک خوردگی..... ۶
 - ۱.۲.۵ حسگر جریان..... ۷
 - ۱.۲.۶ حسگر نشت خطوط لوله..... ۸
- ۱.۳ تداخل سنج‌های فیبر نوری..... ۸
 - ۱.۳.۱ تداخل سنج فیبر نوری ماخ-زندر..... ۹
 - ۱.۳.۲ تداخل سنج فیبر نوری مایکلسون..... ۱۰
 - ۱.۳.۳ تداخل سنج فیبر نوری ساگاناک..... ۱۱
 - ۱.۳.۴ تداخل سنج فیبر نوری فابری-پرو..... ۱۲
- ۱.۴ ملاحظات طراحی تداخل سنج‌های فیبر نوری به منظور اندازه‌گیری ضریب شکست..... ۱۳

فصل دوم: بررسی فیزیک حسگر فیبر نوری باریک شده ناگهانی، مواد و روش‌ها

- ۲.۱ فیبر نوری و ویژگی‌های آن..... ۱۵
 - ۲.۱.۱ پارامتر مدی فیبر نوری..... ۱۷
 - ۲.۱.۲ میدان میراشونده در فیبر نوری..... ۱۷
- ۲.۲ فیبر باریک شده از کمر..... ۱۹
 - ۲.۲.۱ تئوری میدان‌های مد محلی برای فیبر باریک شده بی‌دررو..... ۲۰
 - ۲.۲.۲ جفت شدگی مدی در فیبرهای باریک شده..... ۲۲
- ۲.۳ فیبر تک مد باریک شده ناگهانی..... ۲۶

۲۶.....	۲.۳.۱	مقیاس آهستگی برای باریک شدگی ناگهانی.....
۲۸.....	۲.۳.۲	نور عبوری از یک فیبر باریک شده‌ی ناگهانی.....
۳۰.....	۲.۴	روش‌های باریک سازی فیبر نوری.....
۳۲.....	۲.۵	مباحث بیوشیمی.....
۳۲.....	۲.۵.۱	اسید آمینه.....
۳۲.....	۲.۵.۱.۱	ساختار اسیدهای آمینه.....
۳۴.....	۲.۵.۱.۲	ایزومری در اسیدهای آمینه.....
۳۴.....	۲.۵.۱.۳	طبقه بندی اسیدهای آمینه استاندارد.....
۳۶.....	۲.۵.۲	نیروهای بین مولکول‌ها و گروه‌های شیمیایی.....
۳۷.....	۲.۵.۲.۱	نیروهای وان در والس.....
۳۷.....	۲.۵.۲.۲	پیوند هیدروژنی.....
۳۹.....	۲.۵.۲.۳	آب پوشی مولکول‌های قطبی و یون‌ها.....
۳۹.....	۲.۵.۲.۴	برهمکنش‌های آبگریز.....
۴۰.....	۲.۵.۳	مواد، اهداف و تعاریف.....
۴۲.....	۲.۵.۳.۱	ضریب شکست مولی.....

فصل سوم: ساخت حسگر و نتایج

۴۴.....	۳.۱	ساخت فیبر نوری باریک شده‌ی ناگهانی.....
۴۸.....	۳.۲	چیدمان اصلی آزمایش.....
۴۸.....	۳.۳	هولدر حسگر فیبر نوری.....
۵۰.....	۳.۴	بررسی پایداری طول موجی حسگر.....
۵۱.....	۳.۵	اندازه‌گیری ضریب شکست گلوکز به منظور بدست آوردن حساسیت حسگر.....
۵۶.....	۳.۶	بررسی برهمکنش مابین مولکول‌های اسید آمینه و مولکول‌های شکر.....



نتیجه گیری..... ٦٤

مراجع..... ٦٥

چکیده به انگلیسی..... ٧٠

فصل اول: مقدمه

از آنجائی که هدایت نور از طریق فیبر نوری با حداقل اتلاف همراه است، ابزار خوبی برای برهمکنش نور با محیط اطراف به عنوان حسگر به شمار می آید، از این رو فیبر نوری در سالهای اخیر توجه زیادی را به عنوان حسگرهای نوری به خود معطوف داشته است. در حسگرهای فیبر نوری مبدل حسگر از تغییر ساختار فیبر نوری ایجاد می شود. ساخت و نحوه عملکرد این حسگر با توجه به نوع استفاده از مبدل آن (فیبر نوری) متفاوت است. در این فصل مزایای حسگرهای فیبر نوری نسبت به نمونه های دیگر بیان می شود. همچنین مثال هایی از کاربرد حسگرهای فیبر نوری ذکر شده و با تکنیک های قدیمی حسگرها مقایسه می شوند. به علاوه چهار نوع مختلف تداخل سنج فیبر نوری معرفی شده و همینطور پیشگفتاری راجع به طراحی حسگر تداخل سنج نوری به منظور اندازه گیری ضریب شکست با دقت بالا ارائه می شود.

۱.۱ مزایای حسگرهای فیبر نوری

از اوایل دهه هفتاد میلادی، شدت مطالعه و تحقیق بروی حسگرهای فیبر نوری براساس پدیده‌های فیزیکی از قبیل جذب وابسته به طول موج، تابش جذبی فوتولومینسانس^۱ و آشکارسازی فاز افزایش یافت. با مقایسه حسگرهای فیبر نوری نسبت به نمونه های الکتریکی یا مغناطیسی، برخی از مزایای اصلی آنها به صورت زیر خواهد بود:

- اتلاف پایین سیگنال
- مصونیت در برابر امواج الکترومغناطیسی و خوردگی شیمیایی
- اندازه کوچک و سبک بودن
- قابلیت اتصال به اجزا دیگر^۲
- قابلیت حسگری توزیعی و از راه دور
- انفعال الکتریکی^۳

۱.۲ کاربردهای حسگرهای فیبر نوری

با در نظر گرفتن مزایایی که در بالا آورده شد، از حسگرهای فیبر نوری در شاخه های گوناگونی استفاده شده که شامل بیوشیمی، صنعت هسته ای، جراحی، معماری، نیروگاه‌های برق و غیره است. شکل (۱.۱) توزیع مقاله‌های ارائه شده در هجدهمین کنفرانس بین المللی حسگرهای فیبر نوری^۴ را براساس زمینه

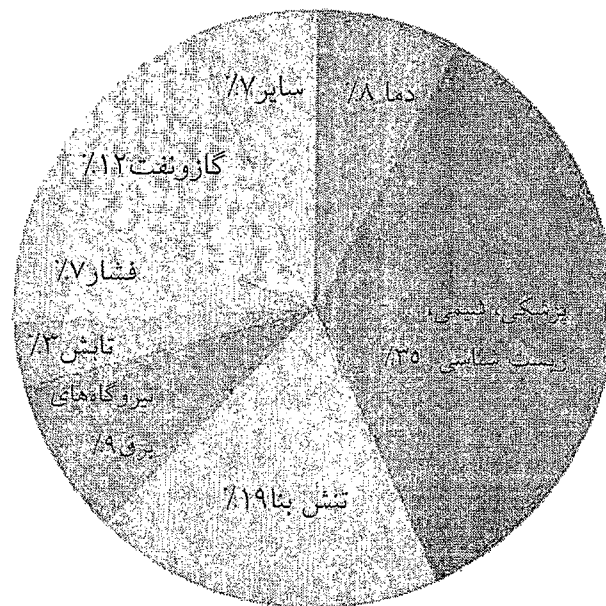
^۱ Photoluminescence

^۲ Multiplexing

^۳ Electrical Passivity

^۴ OFS-18

کاربردی آن‌ها نشان می‌دهد؛ این مهمترین کنفرانس در بخش حسگرهای فیبر نوری است. در نتیجه آمار بدست آمده از این کنفرانس اطلاعاتی را درباره‌ی پژوهش‌های اخیر در زمینه‌ی حسگرهای فیبر نوری نشان می‌دهد. به ویژه، اندازه‌گیری ضریب شکست ساز و کار غالب حسگرهای موجود در بخش گاز، نفت، بیولوژی، شیمی و پزشکی بوده است. به طور اختصار چندین کاربرد حسگرهای فیبرهای نوری و مقایسه آن‌ها با روش‌های قدیمی بیان می‌شود.



شکل ۱.۱: آمار مقالات چاپ شده حسگرهای فیبر نوری OFS-18

۱.۲.۱ بیوحسگر

با استفاده از پیشرفت‌های حیطه‌ی نانو فناوری، بیوحسگرهای فیبر نوری به دلیل مصونیتشان در برابر تداخل - های الکترومغناطیسی و همچنین اندازه کوچکشان به منظور آشکارسازی فرآیندهای زیستی درون سلول‌ها

بکار گرفته شده‌اند، و همینطور جهت دستکاری فعل و انفعالات زیستی در ابعاد اتمی و مولکولی از این نوع حسگرها استفاده شده است [۱]. در نتیجه، یک بیوحسگر می‌تواند به طور چشمگیری دانش ما در زمینه‌ی دینامیک سلولی را بهبود بخشد و انقلابی در بیولوژی سلولی ایجاد کند. آشکارسازی فعل و انفعالات منفرد شیمیایی در مراجع [۲] و [۳] گزارش شده‌اند. بیوحسگرهای برپایه‌ی فلورسانس دارای نسبت بالای سیگنال به نویز زمینه می‌باشند زیرا فلورسانس در ناحیه پیوندی آنتی بادی و آنتی ژن بوجود می‌آید. فیبرهای نوری که آنتی بادی‌هایی بروی سطح آن‌ها نشانده شده جهت اندازه‌گیری تغییرات پارامترهای نوری مربوط به پیوندها استفاده می‌شود، به طوری که روش‌های طیف سنجی توانایی چنین کاری ندارند. علاوه بر این، بیوحسگرهای فیبر نوری می‌توانند از میدان میراشونده‌ای که در ناحیه ۰.۱ میکرومتر اطراف سطح فیبر وجود دارد بهره گیرند. میدان میراشونده باعث برانگیختگی فلورسانس آنتی‌ژن‌های نشاندار می‌شود که با آنتی بادی بروی سطح فیبر پیوند ایجاد می‌کنند. در نتیجه سیگنال زمینه‌ی ناشی از حجم محلول تاثیر بسیار جزئی در فلورسانس اندازه گرفته شده‌ی نهایی دارد.

۱.۲.۲ آشکارسازی مواد رادیولوژیکی از راه دور

از آنجا که درخواست برای مواد هسته‌ای جهت کاربرد در پزشکی، نیروگاه‌های هسته‌ای و همینطور بخش‌های نظامی افزایش یافته، به تبع آن نیاز به آشکارسازی دقیق و نظارت بروی مواد رادیولوژیکی به طور چشمگیری افزایش یافته است [۴]. طیف‌سنج‌های اشعه گاما جایگاه بسیار خوبی به عنوان حسگرهای تشعشی دارند، با این وجود معمولاً پیچیده و گرانبه هستند. تابناکی^۰ ناشی از برانگیختگی نوری می‌تواند تکنیک بسیار مناسبی برای آشکارسازی تشعشی باشد، چرا که به سادگی قابل نصب بوده و راه‌اندازی و نگهداری از آن آسان است و در عین حال هزینه‌ی پایینی دارد [۵]. این حسگر با استفاده از نور باعث

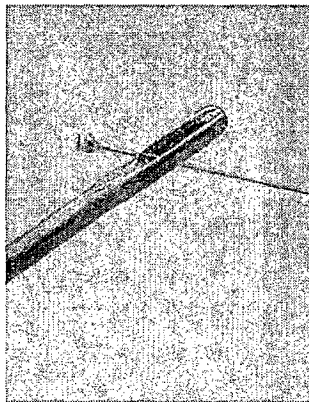
برانگیختگی تابناکی یک کریستال حساس به تشعشع می‌شود که جواب آن با میزان تشعشع جذب شده متناسب است. انرژی میدان تشعشعی حامل‌های آزاد بار (الکترون‌ها و حفره‌ها) کریستال را برمی‌انگیزد، در حالی که تاباندن نور با طول موج‌های مشخص باعث رهایی این حامل‌ها و تابش فوتون می‌شود. این تابش نوری متناسب با غلظت حامل‌های برانگیخته است که بیانگر میزان دوز تشعشع جذبی است. فیبر نوری این تابش برانگیختگی را به حسگری که درون پروب^۶ تعبیه شده می‌رساند و از آنجا سیگنال به کاربر فرستاده می‌شود. به دلیل تضعیف کم در یک فیبر نوری، می‌توان اجزا دستگاه را در نقاطی دورتر از نمونه قرار داد که نوعی سیستم حسگری از راه دور خواهد بود. همچنین پروب‌های مختلفی که در نقاط مختلف قرار دارند را می‌توان از طریق فیبرهای نوری به یک دستگاه گیرنده‌ی واحد رساند تا یک شبکه حسگری داشته باشیم.

۱.۲.۳ کاربرد پزشکی

فشار خون شریانی یکی از مهمترین پارامترها در تشخیص پزشکی است [۶]، و به طور معمول این اندازه-گیری به صورت تهاجمی در طول رگ شریانی انجام می‌شود. حسگرهای پزشکی معمولاً دقیق، محکم و یکبار مصرف هستند. به علاوه، حسگرهای مینیاتوری ارجحیت بالاتری نسبت به نمونه‌های حجیم‌تر مشابه دارند. یک سوند پر از مایع با یک مبدل بیرونی سیستم حسگری رایجی است که تهاجمی تلقی می‌شود [۷]. سوند در داخل شریان امواج فشاری را از طریق مایع درون خود به یک مبدل فشار خارجی انتقال می‌دهد که می‌تواند امواج را به سیگنال‌های الکتریکی تبدیل کند. هرچند ساز و کار ساده‌ای دارد ولی مشکلات زیادی نیز دارد؛ حجم حسگر اجازه نمی‌دهد که از آن برای رگ‌های کوچک استفاده کرد. به علاوه، اینرسی مایع، حباب‌های هوای داخل لوله و کشسانی لوله باعث کاهش زمان جواب حسگر می‌شوند. برای غلبه بر

^۶ probe

این محدودیت‌ها، می‌توان از یک تداخل‌سنج نوری فابری-پرو استفاده کرد که متشکل است از یک فیبر نوری تک مد^۷ و یک فیبر توخالی با طول کم که با استفاده از دیافراگمی به نوک فیبر متصل شده است. فشار وارده باعث مدوله کردن دیافراگم و در نتیجه تغییر سیگنال خروجی تداخل‌سنج فابری-پرو می‌شود. حسگر فیبر نوری نوک تیز دارای مزیت‌های زیست سازگاری^۸، ارزانی و مضر نبودنش برای محیط زیست پس از مصرفش می‌باشد.



شکل ۱.۲: مقایسه اندازه‌ی یک حسگر فیبر نوری فابری - پرو جهت اندازه‌گیری فشار در کاربردهای پزشکی

۱.۲.۴ حسگر ترک خوردگی

تشخیص ترک ساختمان برای امنیت سازه و افراد درون آن بسیار مهم است [۸]. ترک‌ها ممکن است در اثر کرنش دائمی ناشی از عدم توازن گرمایی و یا اثرات کوتاه مدت همچون زلزله و فشار برف بروی سقف ایجاد شوند. زمانی که ترک به اندازه‌ی ۰.۴-۰.۲ میلی‌متر باز شود، نمک و آب باران به راحتی نفوذ کرده و باعث خوردگی سازه می‌شوند. ترکی که بیشتر از ۲-۱ میلی‌متر باز شود هشدار می‌دهد برای انجام تعمیرات

^۷ SMF

^۸ Biocompatibility