

شبیه سازی سنسور نوری بر اساس کوپلینگ رزونانس انتخابی

ساحل جواهرنیا*

*: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد صوفیان، گروه برق، صوفیان، ایران

S_javaheer@yahoo.com

چکیده

سنسورهای ضریب شکستی یکی از سنسورهای پرکاربرد در صنعت بیوالکترونیک و الکترونیک نوری هستند. استفاده از مواد و ساختارهایی که بتواند ضریب شکست مواد ناشناس را تشخیص دهد دارای کاربردهای مهمی در بیوشیمی و مهندسی پزشکی می باشد. در این مقاله یک نوع فیبر بلور فوتونی دو هسته‌ای برپایه پلیمر برای سنجش ضریب شکست سیال معرفی شده است. اندازه سوراخ‌های هسته‌های آنالیت و هسته جامد عبور دهنده نور به گونه‌ای مهندسی شده‌اند که توانایی عبور تک مد اصلی را داشته باشند. دلیل ارزان بودن، توانایی مکانیکی بالا و راحتی ساخت، بستر فیبر بلور فوتونی از پلیمر PMMA استفاده شده است. پس از شبیه‌سازی ساختار و استفاده از روابط ریاضی موجود و بررسی مدهای انتشاری، برای انتقال کامل نور از هسته جامد به هسته کانال آنالیت، طول فیبر 0.13 سانتی متر بدست آمده است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که برای ضریب شکست 1.44 مقدار حساسیت 1000 nm/RIU و حد تشخیص $1.050 \times 10^{-6}/RIU$ توسط این سنسور قابل حصول است. تمام مراحل شبیه‌سازی در حوزه FDTD نرم افزار Lumerical بدست آمده است.

واژه‌های کلیدی: سنسور ضریب شکستی، فیبر بلور فوتونی دو هسته‌ای، حساسیت، حد تشخیص

۱- مقدمه

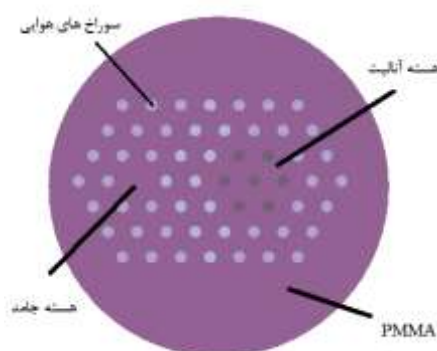
در این مقاله، سنسورهای نوری با ضریب شکست پایین فیبرهای بلور فوتونی جدید که بر اساس کوپلینگ رزونانس انتخابی بین یک هسته جامد متداول و یک هسته میکرو ساختاری است، بررسی می‌شود. هسته میکرو ساختار معرفی شده توسط پر کردن سوراخ‌های هوایی موجود در هسته با آنالیت با ضریب شکست پایین تحقق یافته است. در سالهای اخیر، سنسور ضریب شکست فیبر نوری توجه قابل ملاحظه به ویژه در زمینه فیبر نوری بیوسنسور بدون برچسب که در آن مولکولهای زیستی بدون برچسب و یا اصلاح نشده است به دست آورده است.

در این مقاله، یک سنسور ضریب شکست پایین بر اساس PCF جدید نشان داده شده است که در طول موج گزینشی رزونانس اتصال در یک هندسه جهت دار دو هسته‌ای با یک هسته با ساختار میکرو آنالیت پر می‌تواند آنالیت را با ضریب شکست به اندازه 1.33 پایین بیاورد، شبیه‌سازی عددی نشان می‌دهد که حد آشکارسازی 2.02×10^{-6} واحد ضریب شکست (RIU) و حساسیت 8500 nm/RIU را می‌توان به دست آورد [۱].

۲- بررسی ساختار پیشنهادی و اصول کارکرد

این فیبرهای کریستال فوتونی ساخته شده اغلب بر پایه سیلیکا هستند، و بنابراین از لحاظ انعطاف پذیری دارای مشکلات عدیده‌ای می‌باشند. برای کنتراست ضریب شکست بالا در کانال، از فیبر پلیمری استفاده شده است، که در مقایسه با فیبر بر پایه سیلیکون قرار می‌گیرد و همچنین کنتراست با ضریب شکست بالا یک مبارزه طلبی برای رسیدن به تکنیک ساخت شیشه با دوپینگ است که براحتی می‌تواند با تکنیک پلیمر بدست آید [۱]. فیبرهای بر پایه پلیمر همچنین چندین مزیت اضافی را نیز فراهم خواهد کرد: اولاً، پلیمر می

تواند بسادگی از مولفه های آلی ساخته شود، که سنسورهایی برای استفاده برای کاربردهای *bio-sensing* را فراهم می کند. دواماً، فیبرهای پلیمری بصورت مکانیکی مقاوم بوده و در نتیجه در استفاده به سادگی نمی شکنند و تولید کننده مواد مضر برای طبیعت نخواهد بود. برای همین منظور از پلیمر بعنوان بستر فیبر کریستال فوتونی در این مقاله استفاده می شود. پلیمر استفاده شده بعنوان بستر فیبر کریستال فوتونی خود از جنس *poly-(methyl methacrylate)* (PMMA) است که دارای مشخصات استخراج شده از مرجع [۲] است. در شکل ۱، نمایی از سطح مقطع فیبر پیشنهادی آورده شده است. در این شکل بستر PMMA با رنگ بنفش مشخص است. هسته جامد در سمت چپ ساختار با حذف سوراخ هوایی مرکزی در ساختار فیبر کریستال فوتونی در آرایش شش گوشه، و هسته آنالیت که با مایع پر خواهند شد در سمت راست شکل مذکور مشخص می باشند. در ادامه مشاهده می شود که مدهای موثر برای هر دو هسته توسط این دو ساختار که قابلیت رزونانس با همدیگر دارند، می تواند بدست آید.



شکل ۱. نمایی از شکل پیشنهادی برای فیبر کریستال فوتونی دو هسته ای

لازم به ذکر است که، طولی از فیبر که در آن عمل انتقال نور از هسته جامد به هسته آنالیت انجام می شود طول کوپلینگ تعریف می شود (L_c). در طول موج تشدید، توان بصورت متناوب در طول کوپلر بین مد ماهواره ای و هسته منتقل خواهد شد، انتقال توان کامل در مضارب فردی از طول کوپلینگ L_c رخ خواهد داد. برای بدست آوردن طول کوپلینگ برای ساختار مطرح شده در این مقاله از رابطه ریاضی (۱)، استفاده می شود [۳].

$$L = \frac{\lambda_0}{\pi \Delta n} \sin^{-1} \left(\sqrt{\frac{P_{out}}{P_{in}}} \right) \quad (1)$$

در رابطه (۱)، P_{in} توان نور ورودی به ساختار، P_{out} توان نور خروجی از ساختار، λ_0 طول موج فضای آزاد و Δn اختلاف ضریب شکست موثر دو هسته خواهد بود. میزان ضریب شکست موثر برای هسته جامد و هسته آنالیت در طول موج 1550 نانومتر به ترتیب برابر با 1.461487 و 1.459712 می باشند. همچنین برای داشتن کوپلینگ کامل بین دو هسته فوق الذکر بایستی نسبت $\frac{P_{out}}{P_{in}}$ برابر 1 گردد. بنابراین خواهیم داشت:

$$L = \frac{1550 \text{ nm}}{\pi(1.461487 - 1.459712) 2} = \frac{1550 \text{ nm}}{2 * 0.001775} = 436.61 \mu\text{m}$$

پس با در نظر گرفتن طول کل فیبر به صورت مضرب فرد (در اینجا سه برابری) از طول کوپلینگ می توان میزان مدهای محدود شده اصلی در هر دو هسته را محاسبه و ترسیم نمود. بنابراین طول کل فیبر 0.13 سانتی متر در شبیه سازی در نظر گرفته می شود.

۳- محاسبه حساسیت و حد تشخیص ساختار تحت بررسی برای تغییرات ضریب شکست آنالیت از 1.31 الی 1.36

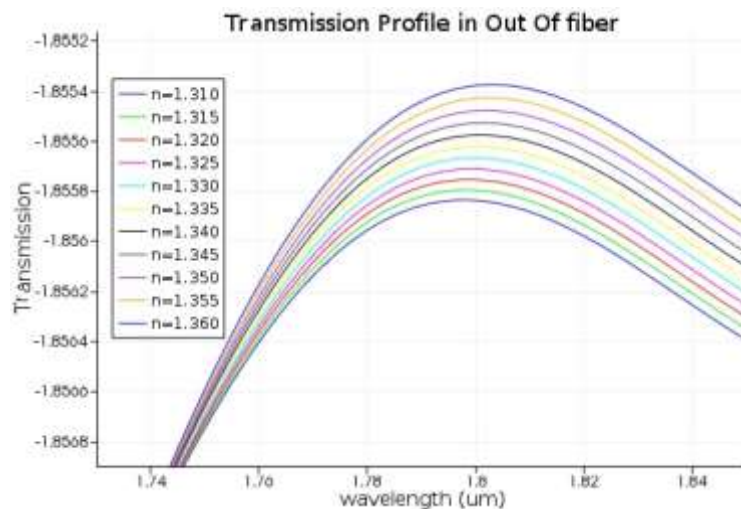
بررسی میزان حساسیت و حد تشخیص سنسور طراحی شده برای دو بازه تغییراتی ضریب شکست آنالیت از 1.31 الی 1.36 و از 1.44 الی 1.48 در نظر گرفته می شود، تا تشخیص داده شود سنسور تحت بررسی برای چه موادی و با چه ضرایب شکستی مناسب تر است. کارایی سنسور می تواند بر حسب حساسیت S (شیفت در طول موج رزونانس بر تغییر در ضریب شکست) یا حد تشخیص δn (کمترین

تغییر قابل تشخیص در ضریب شکست) تعریف شود. حد تشخیص در نهایت تنها مقدار نگرانی در عمل است، در حالیکه بطور معکوس با حساسیت متناسب است و همچنین به عرض طیف dip تشخیص داده شده و نسبت سیگنال به نویز بستگی خواهد داشت [۴]. عرض dip و حساسیت کمیت هایی بطور کامل مستقل از هم نمی باشند و بهبود یکی به بدتر شدن دیگری منجر خواهد شد. حساسیت با استفاده از رابطه ریاضی (۲)، به دست می آید [۵].

$$S = \frac{\Delta\lambda_r}{\Delta n_a} \quad (2)$$

در حالت کلی ضریب سنسور ضریب شکستی طراحی شده دارای طول موج تشدید خواهد بود (λ_r) ، که این طول موج به تغییر ضریب شکست آنالیت وارد شده در هسته آنالیتی ساختار، بستگی دارد. بنابراین میزان تغییرات پیک رزونانس تشدید تقسیم بر تغییرات ضریب شکست آنالیت حساسیت سنسور نامیده می شود. برای به دست آوردن تغییرات طول موج تشدید بر حسب تغییر در میزان ضریب شکست آنالیت، منحنی توان عبور نور از خروجی قسمت هسته آنالیت بر حسب طول موج به ازای تغییرات ضریب شکست آنالیت از 1.31 الی 1.36 تحت بررسی قرار می گیرد. به عبارتی ضریب شکست وارد شده به هسته آنالیت از مقدار 1.31 الی 1.36 با گامهای 0.005 تغییر داده شده و طیف انتقالی عبوری از هسته آنالیتی مورد بررسی قرار می گیرد.

در شکل ۲، طیف انتقال عبوری از خروجی فیبر از قسمت هسته آنالیت به ازای تغییرات ضریب شکست ماده آنالیت موجود در این هسته، بر حسب طول موج ترسیم شده است. مشاهده می گردد که پیک رزونانس با افزایش ضریب شکست، پیک طیف انتقالی (طول موج رزونانس) بسمت طول موج های بالاتر شیفت پیدا می کند. حال می توان با محاسبه میزان این تغییرات بر حسب مقدار تغییر در ضریب شکست، حساسیت سنسور طراحی شده را مورد مطالعه قرار داد.



شکل ۲. نمودار طیف توان انتقالی از خروجی سنسور بر حسب طول موج به ازای تغییرات ضریب شکست آنالیت از 1.31 الی 1.36

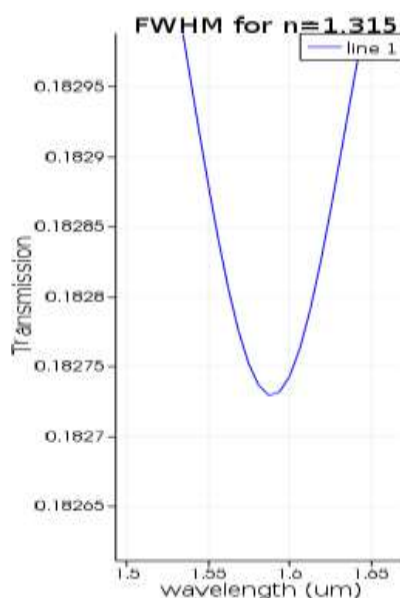
از شکل ۲، مشاهده می شود که به عنوان نمونه با تغییر ضریب شکست آنالیت از 1.310 به 1.350، طول موج تشدید از 1.80122 میکرومتر به 1.80223 میکرومتر تغییر پیدا می کند. پس میزان حساسیت سنسور برای این بازه تغییرات ضریب شکست برابر با $202 \text{ nm}/\text{RIU}$ خواهد بود. برای سایر تغییرات ضریب شکست این نمودار، میزان شیفت طول موج رزونانس در جدول ۱ آورده شده است. از جدول ۱ بر می آید که میزان حساسیت برای ضریب شکست 1.315 برابر با $804 \text{ nm}/\text{RIU}$ و برای ضریب شکست 1.325 برابر با $406 \text{ nm}/\text{RIU}$ خواهد بود که بالاترین مقادیر بین سایر حالات خواهند بود. رابطه ریاضی محاسبه حد تشخیص برای سنسور طراحی شده مطابق با رابطه (۳)، است [۵].

$$\delta n_L \approx \frac{3}{4.5} * \frac{\lambda_{FWHM}}{S * \text{SNR}^{0.25}} = 0.035 * \frac{\lambda_{FWHM}}{S} \quad (3)$$

جدول ۱ : میزان طول موج تشدید به ازای ضریب شکست‌های مختلف آنالیت استخراج شده از شکل ۲

n_a	λ_r
1.310	1.79318
1.315	1.79418
1.320	1.7982
1.325	1.80022
1.330	1.80122
1.335	1.80223
1.340	1.80426
1.345	1.80534
1.350	1.80624
1.355	1.80729
1.360	1.80834

که در رابطه (۳)، λ_{FWHM} عرض کامل در نصف ماکزیمم طول موج رزونانس است و SNR مقدار نویز به سیگنال در واحد خطی است. با فرض [SNR=50 dB] رابطه (۳) ساده شده و مشاهده می شود که حساسیت با حد تشخیص رابطه معکوس دارد. در شکل ۳، نمودار طیف انتقالی برای ضریب شکست آنالیت 1.315 آورده شده است. از این منحنی می توان λ_{FWHM} را استخراج نمود که مقدار آن برابر با 20 نانومتر است. بنابراین مقدار حد تشخیص در این ضریب شکست مطابق رابطه (۳)، برابر با $0.87 \times 10^{-6} / RIU$ خواهد بود.

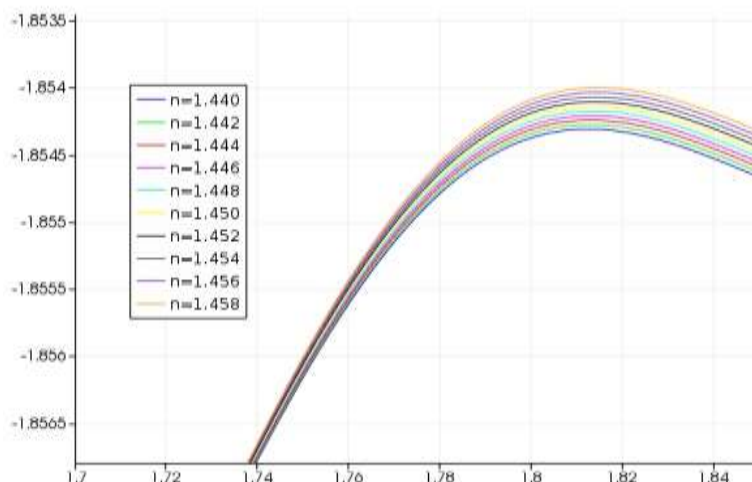


شکل ۳ : طیف انتقالی برای آنالیت با ضریب شکست 1.315 برای سنسور معرفی شده در شکل ۵، میزان $\lambda_{FWHM} = 20 \text{ nm}$ بدست آمده است.

۴- محاسبه برای تغییرات ضریب شکست آنالیت از 1.44 الی 1.46

شکل‌ها در این بخش محاسبات قسمت قبلی برای تغییرات ضریب شکست آنالیت از 1.44 الی 1.46 تکرار می شود. به عبارتی ضریب شکست وارد شده به هسته آنالیت از مقدار 1.44 الی 1.46 با گام‌های 0.002 تغییر یافته و طیف انتقالی عبوری از هسته آنالیتی مورد بررسی قرار می گیرد.

در شکل ۴، طیف انتقال عبوری از خروجی فیبر از قسمت هسته آنالیت به ازای تغییرات ضریب شکست ماده آنالیت موجود در این هسته، بر حسب طول موج ترسیم شده است. مشاهده می گردد که پیک رزونانس با افزایش ضریب شکست، پیک طیف انتقالی (طول موج رزونانس) به سمت طول موج‌های بالاتر شیفت پیدا می کند. حال می توان با محاسبه میزان این تغییرات بر حسب مقدار تغییر در ضریب شکست، حساسیت سنسور طراحی شده را مورد مطالعه قرار داد.



شکل ۴: نمودار طیف توان انتقالی از خروجی سنسور بر حسب طول موج به ازای تغییرات ضریب شکست آنالیت از 1.440 الی 1.458

از شکل ۴، مشاهده می‌شود که بعنوان نمونه با تغییر ضریب شکست آنالیت از 1.440 به 1.442، طول موج تشدید از 1.80936 میکرومتر به 1.81136 میکرومتر تغییر پیدا می‌کند. بنابراین میزان حساسیت سنسور برای این بازه تغییرات ضریب شکست برابر با 1000 nm/RIU خواهد بود. برای سایر تغییرات ضریب شکست این نمودار، میزان شیفت طول موج رزونانس در جدول ۲ آورده شده است.

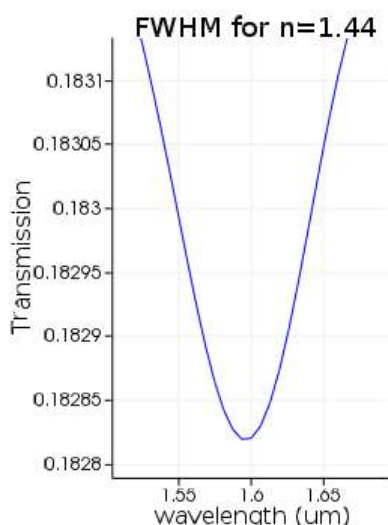
جدول ۲: میزان طول موج تشدید به ازای ضریب شکست‌های مختلف آنالیت استخراج شده از شکل ۴

n_a	λ_r
1.440	1.80936
1.442	1.81136
1.444	1.81338
1.446	1.81545
1.448	1.81748
1.450	1.81950
1.452	1.82153
1.454	1.82156
1.456	1.82359
1.458	1.82569

از جدول ۲، مشخص است که برای بازه تغییرات ضریب شکست آنالیت از 1.44 الی 1.458 میزان حساسیت بطور میانگین 1008 nm/RIU خواهد بود که نسبت به حالت قبلی خیلی بهبود داده شده است. به عبارتی این سنسور برای بازه تغییرات 1.44 الی 1.46 مناسب تر بوده و دارای حساسیت بالایی است.

در شکل ۵، نمودار طیف انتقالی برای ضریب شکست آنالیت 1.440 آورده شده است. از این منحنی می‌توان λ_{FWHM} را استخراج نمود که مقدار آن برابر با 30 نانومتر است. بنابراین مقدار حد تشخیص در این ضریب شکست مطابق رابطه (۳)، برابر با $10^{-6} \times 050$ خواهد بود.

ملاحظه می‌شود که حد تشخیص در این بازه نیز بهتر از حالت قبلی که برای تغییرات ضریب شکست 1.315 الی 1.36 مطرح شده بود، خواهد بود.



شکل ۵: طیف انتقالی برای آنالیت با ضریب شکست 1.44 برای سنسور معرفی شده در شکل ۱، میزان $\lambda_{FWHM} = 30 \text{ nm}$ بدست آمده است.

۵- تجزیه و تحلیل داده ها

در این مقاله یک فیبر بلور فوتونی دو هسته‌ای با دو هسته جامد و هسته آنالیت که در هسته آنالیت هفت سوراخ هوایی با آنالیت مورد اندازه‌گیری پر شده است، با سوراخ‌های هوایی و هم اندازه در بستر PMMA معرفی شده است. همه سوراخ‌های هر دو هسته دارای اندازه قطر $d = 1003 \text{ nm}$ می‌باشند همچنین گام ساختار $\Lambda = 20575 \text{ nm}$ میکرومتر در نظر گرفته شده است.

طول موج تشدید برابر با 1079 nm میکرومتر برای طول 0.13 cm سانتی متر از فیبر بلور فوتونی کسب شده است. در دو گام از شبیه‌سازی، کانال‌های آنالیت با موادی با ضریب شکست 1.310 الی 1.36 و 1.4 الی 1.56 پر شده اند و در هر مورد حساسیت و حد تشخیص سنسور مورد بررسی واقع شده است. نتایج بدست آمده برای ضرایب شکست 1.31 الی 1.36 بدین ترتیب می باشد که:

برای تغییر ضرایب شکست از 1.31 الی 1.315 ، طول موج تشدید از 1.80122 nm میکرومتر به 1.80223 nm میکرومتر تغییر پیدا می‌کند. بنابراین میزان حساسیت سنسور تحت بررسی برای این بازه تغییرات ضریب شکست برابر با 202 nm/RIU می باشد. برای سایر تغییرات ضریب شکست یعنی در بازه 1.315 الی 1.36 میزان حساسیت برای ضریب شکست 1.315 برابر با 804 nm/RIU و برای ضریب شکست 1.335 برابر با 406 nm/RIU می باشد که بالاترین مقادیر بین سایر حالات را دارا هستند. میزان حد تشخیص برای ضریب شکست 1.315 مطابق رابطه (۳) برابر با $0.87 \times 10^{-6} \text{ RIU}$ به دست می آید. و همچنین نتایج بدست آمده برای ضرایب شکست 1.4 الی 1.56 به صورت زیر می باشد:

از جدول ۲، بر می آید که برای بازه تغییرات ضریب شکست آنالیت از 1.44 الی 1.458 میزان حساسیت بطور میانگین 1008 nm/RIU خواهد بود که نسبت به حالت قبلی خیلی بهبود داده شده است. به عبارتی این سنسور برای بازه تغییرات 1.44 الی 1.46 مناسب تر بوده و دارای حساسیت بالایی است. همچنین مطابق رابطه (۳) میزان حد تشخیص این سنسور برای بازه تغییرات ضریب شکست فوق الذکر برابر با $1050 \times 10^{-6} \text{ RIU}$ به دست می آید. ملاحظه می شود که حد تشخیص در این بازه نیز بهتر از حالت قبلی که برای تغییرات ضریب شکست 1.315 الی 1.36 مطرح شده بود، می باشد.

با بررسی نتایج بدست آمده معین می شود که میزان حساسیت این فیبر برای بازه تغییرات 1.40 الی 1.56 و مخصوصاً ضریب شکست 1.44 دارای حساسیت 1000 nm/RIU و حد تشخیص $1050 \times 10^{-6} \text{ RIU}$ برای طول فیبر 0.13 cm سانتی متر می باشد.

در صورت مقایسه نتایج بدست آمده با نتایج مراجع قبلی، موارد مهم زیر قابل توجه می باشند.

در مرجع [۶]، سنسور ضریب شکستی برپایه فیبر بلور فوتونی تمام پلیمری بفرم دو هسته‌ای برای سنجش ضریب شکست آنالیت‌های با ضریب شکست 1.333 مورد بررسی واقع شده است که در آن میزان حساسیت 1400 nm/RIU و میزان حد تشخیص آن ساختار $2 \times 10^{-6} \text{ RIU}$ استخراج شده است. لازم بذکر است که برای این ساختار از سه نوع از پلیمرها: پس زمینه poly-(methyl methacrylate) (PMMA) هسته شامل [Zeonex 480R and PMMA]، و polycarbonate (PC) برای رینگ با ضریب شکست بالا استفاده شده است. در مرجع [۷]، سنسور ضریب شکستی برپایه فیبر بلور فوتونی سیلیکونی جامد دو هسته‌ای برای سنجش ضریب

شکست‌های آنالیت با ضریب شکست 1.44 مورد بررسی قرار گرفته شده است که در آن میزان حساسیت $167 \cdot 911 \text{ nm/RIU}$ کسب شده است.

در مرجع [۸]، سنسور ضریب شکستی برپایه فیبر بلور فوتونی تمام جامد سلیکونی بررسی شده است. که در آن ساختار نیز به حساسیت 70000 nm/RIU برای آنالیت با ضریب شکست 1.4 در ساختار دو هسته‌ای پیشنهادی دست یافته شده است. بدلیل مزایای مهم پلیمر در استفاده از فیبرهای بلور فوتونی و بویژه سنسورهای بلور فوتونی، در مقایسه با سلیکون، همانند: مقاومت مکانیکی بالا و سادگی تهیه و ساخت آن و ارزان بودن در این مقاله از فیبر کریستال فوتونی بر پایه تک پلیمر PMMA استفاده شده است. نتایج نشان‌دهنده این مطلب است که برای ضریب شکست 1.44 مقدار حساسیت 1000 nm/RIU و حد تشخیص $1 \cdot 050 \cdot 10^{-6} \text{ RIU}$ کسب شده است که به مراتب از فیبرهای کریستال فوتونی معرفی شده در مرجع [۷] بالاتر و با توجه به اینکه از جنس پلیمر در طراحی این ساختار استفاده شده است از فیبر بلور فوتونی معرفی شده در ساختار [۸] نیز بهتر خواهد بود. بدلیل استفاده از تک ماده در ساخت این فیبر که به نوبه ی خود مراحل ساخت و هزینه تمام شده آن را نیز کاهش خواهد داد، می‌توان در مقایسه با مرجع [۶] هم این فیبر را از آن حیث برتر شمرد.

در کل از برتری‌های ساختار معرفی شده می‌توان به کوتاه بودن طول سنسور پیشنهادی، استفاده از پلیمر برای ساخت سنسور، تک بودن نوع جنس ساختاری که تنها یک پلیمر PMMA را شامل می‌شود و داشتن سوراخ‌های هوایی و سوراخ آنالیت با یک اندازه که موجب سهولت در مراحل ساخت سنسور می‌شود، را بیان نمود.

۶- نتیجه‌گیری

فیبرهای بلور فوتونی دارای کاربردهای فراوانی در صنعت الکترونیک نوری هستند. ابزاری که بتوان بوسیله آنها ضریب شکست ماده‌ای نامعین را سنجید دارای کاربردهای مهمی در صنعت الکترونیک نوری و مهندسی پزشکی می‌باشند. سنسورهای ضریب شکستی مختلفی در بستر ماک زندر، فیبرهای براگ و ... ساخته و مورد بهره برداری قرار گرفته‌اند. سنسورهای ضریب شکستی برپایه فیبرهای بلور فوتونی در بستر سلیکا و همچنین در بستر ساختارهای چند پلیمری طراحی و ساخته شده‌اند. در این مقاله یک فیبر بلور فوتونی دو هسته‌ای در بستر یک ماده یکپارچه پلیمری از جنس PMMA برای اهداف ضریب شکستی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج شبیه سازی نشان می‌دهد که برای ضریب شکست 1.44 مقدار حساسیت 1000 nm/RIU و حد تشخیص $1.050 \cdot 10^{-6} \text{ RIU}$ توسط سنسور طراحی شده قابل حصول می‌باشد، که به مراتب از فیبرهای کریستال فوتونی معرفی شده در مراجع اشاره شده در قسمت قبلی بهتر می‌باشد.

مراجع

- [1] A. Argyros, "Microstructured polymer optical fibers," J. Lightwave Technol. 27(11), 1571–1579 (2009).
- [2] S. G. Leon-Saval, R. Lwin, and A. Argyros, "Multicore composite single-mode polymer fiber," Opt. Express 20(1), 141–148 (2012).
- [3] https://kb.lumerical.com/en/pic_passive_waveguide_couplers_evanescent.html
- [4] I. M. White and X. D. Fan, "On the performance quantification of resonant refractive index sensors," Opt. Express 16(2), 1020–1028 (2008).
- [5] B. Sun, M.-Y. Chen, Y.-K. Zhang, J.-C. Yang, J.-Q. Yao, and H.-X. Cui, "Microstructured-core photonic-crystal fiber for ultra-sensitive refractive index sensing," Opt. Express 19(5), 4091–4100 (2011).
- [6] Kwang Jo Lee, et al, "Refractive index sensor based on a polymer fiber directional coupler for low index sensing," Opt. Express 19(5), 17497 (2014).
- [7] Graham E. Town, et al, "Microstructured optical fiber refractive index sensor," OPTICS LETTERS / Vol. 35, No. 6 / March 15, 2010.
- [8] L. Rindorf, J. B. Jensen, M. Dufva, L. H. Pedersen, P. E. Højby, and O. Bang, "Photonic crystal fiber long-period gratings for biochemical sensing," Opt. Express 14(18), 8224–8231 (2006), <http://www.opticsinfobase.org/abstract.cfm?id=97940&CFID=12293554&CFTOKEN=19235945>

The simulating of optical sensor based on selective resonance coupling

Sahel Javahernia^{1*}

1*: Department of Electrical and Computer Engineering, Sofian Branch, Islamic Azad University, Sofian, Iran
S_javaher@yahoo.com

ABSTRACT:

Refractive index sensors are one of the most widely used sensors in the bioelectronics and optoelectronics industries. The use of materials and structures that can detect the refractive index of unknown materials has important applications in biochemistry and medical engineering. In this paper, a polymer-based dual-core photon crystal fiber is introduced to measure the refractive index of a fluid. The size of the holes of the analyte cores and the light-transmitting solid core are engineered to be able to pass the main single mode. Due to its cheapness, high mechanical ability and ease of fabrication, the photon crystal fiber substrate is made of PMMA polymer. After simulating the structure and using the existing mathematical relations and examining the diffusion modes, for the complete transfer of light from the solid core to the core of the analyte channel, a fiber length of 0.13 cm has been obtained. The simulation results show that for a refractive index of 1.44, a sensitivity value of 1000 nm/RIU and a detection limit of 1.050×10^{-6} /RIU can be achieved by this sensor. All simulation steps in the field of FDTD are obtained in Lumerical software.

KEYWORDS: Refractive index sensor, Dual-core photonic crystal fiber, Sensitivity, Recognition limit