

KNO-1001-3902

## بیوسنسور فیبر کریستال فوتونی سطحی پلاسمون برای نظارت بر گلوکز

مهران کریمیان ریزی<sup>۱</sup> mehrankarimian97@ms.tabrozu.ac.irمریم فریور<sup>۲</sup> farivar.maryam@yahoo.com<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی دانشگاه تبریز، ایران<sup>۲</sup> مربی سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور، اصفهان، ایران

**چکیده:** در این مقاله، طراحی یک حسگر زیستی فیبر کریستال فوتونی پلاسمون سطحی (PCF) برای نظارت بر قند ارائه و تجزیه و تحلیل می‌شود. بر اساس PCF منطقه حالت بزرگ (LMA)، دو پیکربندی مختلف برای بررسی تأثیر فرایند اچینگ مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج عددی نشان می‌دهد که PCF پلاسمونی D شکل پس از ایجاد سه ردیف از سوراخ‌های هوا می‌تواند به حساسیت ۲۰۰ nmIRIU با وضوح مربوطه ۱،۳، ۱۰، ۱۰۰-۳ RIU برسد. تجزیه و تحلیل با استفاده از روش اجزای محدود بردار کامل (FVFEM) با شرایط مرزی لایه مطابقت کامل (PML) انجام می‌شود.

کلید واژه‌ها: کریستال فوتونی، گلوکز، بیوسنسور

### ۱. مقدمه

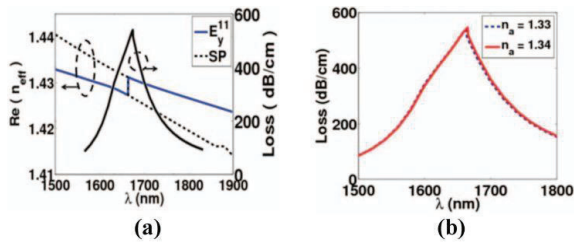
حسگرهای زیستی نوری بر اساس رزونانس پلاسمون سطحی (SP) در دهه گذشته مورد توجه محققان قرار گرفته است. الیاف کریستال فوتونی [1] (PCF) نیز به دلیل خواص غیر معمول و کاربردهای احتمالی، موضوع تحقیقات زیادی بوده است [۲]. شین و همکاران [۳] حسگر زیستی PCF به صورت انتخابی با آنالیت با حساسیت ۴۳۵۴،۳ nmJRIU (واحد ضریب شکست) و ۲۲۸۰ nmIRIU برای دو قله تشدید گزارش شده است. علاوه بر این، یک حسگر زیستی دمای SP بسیار حساس توسط Hameed و همکاران گزارش شده است. [۴] با حساسیت بالا ۱۰ °C. nml علاوه بر این، یک حسگر زیستی خود کالیبراسیون بر اساس SP PCF با حساسیت ۶۷۰۰ nmJRIU و ۱۰۰۰۰ nmJRIU با وضوح مربوطه ۱،۴۹ RIU 10.5 X و ۱،۰ X 10.5 RIU برای مغناطیسی شبه عرضی (TM) و شبه عرضی طراحی شده است [۵]. به ترتیب حالت‌های الکتریکی (TE) با این حال، چنین پیکربندی [۵] به سوراخ‌های هوا به شکل بیضوی بستگی دارد، که برای ساخت آن دشوار خواهد بود. اعظم و همکاران [۶] همچنین حسگرهای زیستی PCF SP چند کانالی با حساسیت بالا به ترتیب ۲۲۰۰ nmJRIU، ۲۴۰۰ nmJRIU، ۲۴۰۰ nmJRIU و ۲۴۰۰ nmJRIU با

توجه به حالت‌های H1X، H1Y، H1Z، ارائه کرده اند. علاوه بر این، اخیراً حسگرهای زیستی کریستال فوتونی برای نظارت بر گلوکز اجرا شده اند [۷، ۸]. در این مقاله، حسگر زیستی PCF به شکل SPD ارائه شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. سنسور گزارش شده بر اساس PCF مساحت حالت بزرگ (LMA) مشهور است [۹]. سپس، فرآیند اچ برای دستیابی به حساسیت بالا با اتصال بین حالت اصلی و حالت‌های پلاسمون سطحی مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

### ۲. توصیف سیستم و نتایج عددی

یک PCMA LMA تک حالت که در شکل ۱ (a) نشان داده شده است، برای پیاده سازی حسگر زیستی PCF SP D پیشنهادی استفاده می‌شود. PCF دارای سه حلقه سوراخ هوایی است که در یک شبکه مثلثی در زمینه سیلیس با گودال  $A = 3.3 \text{ J.tm}$ ، شعاع هسته  $R = 2.5 \text{ J.tm}$  و شعاع سوراخ  $\text{ofr} = 0.7 \text{ J.tm}$  مرتب شده‌اند. PCMA LMA برای حذف دو یا سه ردیف بیرونی به ترتیب در شکل ۱ (b) و (c) حک شده است. بعلاوه، یک لایه طلا با ضخامت ۵۰ نانومتر پس از فرایند حکاکی افقی همانطور که در شکل نشان داده شده است، روی سطح سیلیس

اتصال قوی در  $\lambda = 1663$  نانومتر بین حالت شبه TM هسته و حالت SP رخ می‌دهد



شکل ۲. (الف) تغییر در تلفات ضربات وابسته به طول موج و شاخص‌های موثر حالت شبه TM اصلی، و  $n_{eff}$  حالت‌های SP. (ب) تغییر تلفات حسب حالت‌های شبه TM با طول موج در شاخص‌های شکست مختلف آنالیت

با تغییر ضریب شکست آنالیت از ۱,۳۳ به ۱,۳۴، طول موج رزونانس حالت شبه TM از ۱۶۶۳ به ۱۶۶۵ نانومتر تغییر می‌کند. حساسیت طول موج از رابطه زیر محاسبه می‌شود [۵]:

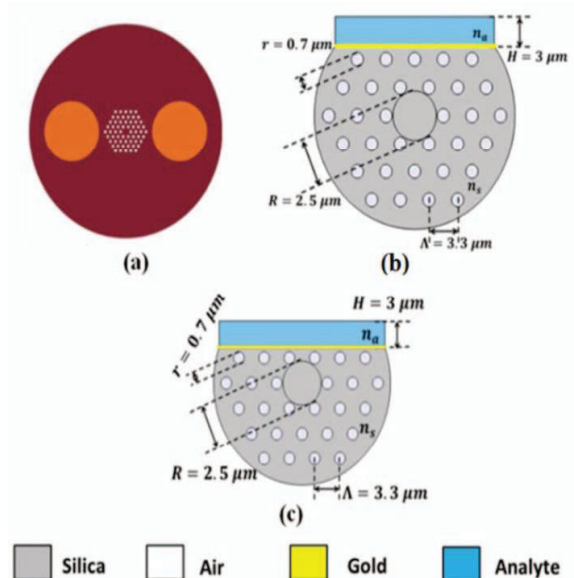
$$S_{\lambda}(\lambda) = \frac{\partial \lambda_{peak}}{\partial n_a} \quad \left( \frac{nm}{RIU} \right) \quad (1)$$

جایی که قله  $\partial \lambda_{peak}$  و  $\partial n_a$  به ترتیب تغییر طول موج رزونانس و ضریب شکست آنالیت هستند. بنابراین، طرح پیشنهادی دارای حساسیت ۲۰۰ nmIRIU است. با فرض این که تغییر ۱ درصدی در شدت انتقال داده را می‌توان با اطمینان تشخیص داد، وضوح سنسور ۱,۳ ۱۰ ۱۰-۱۰-۳ RIU را می‌توان تشخیص داد. ممکن است توجه شود که حساسیت به دست آمده از آنچه در ادبیات [۳، ۵، ۶] که بر اساس طرح‌های پیچیده است، کوچکتر است. با این حال، حسگر زیستی پیشنهاد شده بر اساس PCF تجاری موجود است. علاوه بر این، حساسیت را می‌توان با ایجاد حکاکی شعاعی یا نفوذ به یکی از سوراخ‌ها توسط یک ماده طلا افزایش داد.

### ۳. نتیجه‌گیری

در این مقاله، یک طراحی در مورد یک حالت تجاری تجاری LMA PCF برای پیشنهاد حسگر زیستی حساس به D برای نظارت بر گلوکز استفاده می‌شود. مشخص شده است که حک کردن ۳ ردیف سوراخ هوا برای داشتن یک اتصال خوب بین حالت‌های هدایت شده اصلی و حالت‌های پلاسمون سطحی ضروری است. طراحی پیشنهادی دارای حساسیت ۲۰۰ nmIRIU با وضوح مربوطه ۱,۳ ۱۰ ۱۰-۳ است.

رسوب می‌کند! (ب) و (ج). سپس آنالیز ضریب شکست ۱,۳۳ بر روی لایه طلا اضافه می‌شود. ضریب شکست وابسته به طول موج شیشه سیلیکا از [۵] گرفته می‌شود در حالی که طلا دارای یک مجوز وابسته به طول موج است که از [۴] گرفته شده است.



شکل ۱. (الف) سطح مقطع PCF از نوع LMA-PM-5 [۹]، و طرح پیشنهادی D شکل PCF پس از حکاکی (ب) به ترتیب دو و (ج) سه ردیف سوراخ هوا.

تجزیه و تحلیل با استفاده از بسته نرم‌افزاری Comsol Multiphysics [۱۰] بر روی یک حوزه محاسباتی مربعی از ضلع  $26,4 \mu m$  با حداقل اندازه عنصر  $0,00462 \mu m$  درجه آزادی ۱۷۷۵۱۷ انجام می‌شود. شرایط برای کوتاه کردن دامنه محاسباتی و محاسبه تلفات محاصره از طریق طرح‌های پیشنهادی استفاده می‌شود. طرح پیشنهادی نشان داده شده در شکل ۱ (ب) مورد مطالعه قرار گرفته است و مشخص شده است که اتصال بین حالت‌های هدایت شده اصلی و حالت‌های SP به دلیل فاصله زیاد بین هسته و مواد پلاسمونی ضعیف است. بنابراین، حکاکی افقی سه ردیف همانطور که در شکل ۱ (C) نشان داده شده است مورد نیاز است. شایان ذکر است که هیچ گونه اتصال بین حالت شبه TE و حالت SP رخ نمی‌دهد. با این حال، اتصال قوی با استفاده از حالت شبه TM صورت می‌گیرد که در شکل ۲ نشان داده شده است. شکل ۲ (الف) تنوع زیانه‌های حبس و شاخص‌های موثر در حالت شبه TM و حالت SP حسگر زیستی Dshaped را نشان می‌دهد که در شکل ۱ (C) نشان داده شده است. ممکن است از این شکل مشاهده شود که



## مراجع

- [1] M.F.O. Hameed, S.S.A. Obayya, H.A. EI-Mikati, "Highly nonlinear birefringent soft glass photonic crystal fiber with liquid crystal core", IEEE PTL, vol. 23, no.20, pp.1478-1480, 2011.
- [2] M.F.O. Hameed, AM. Heikal, S.S.A. Obayya, "Novel passive polarization rotator based on spiral photonic crystal fiber," IEEE Photonics Technology Letters, vol. 25, no.16, pp.1578-1581, 2013
- [3] W. Qin, S. Li, Y. Yao, X. Xin, J. Xue, "Analyte-filled core selfcalibration microstructured optical fiber based plasmonic sensor for detecting high refractive index aqueous analyte," Opt. Laser Eng., vol. 58, pp. 1-8, 2014.
- [4] M.F.O. Hameed, M.Y. Azab, AM. Heikal, S.M. EI Hefnawy and S.S.A.Obayya, "Highly Sensitive Plasmonic Photonic Crystal Temperature Sensor Filled With Liquid Crystal", IEEE Photonics Technology Letters, vol. 28, pp.59-62, 2015.
- [5] M.F.O. Hameed, Y.K.A. Alrayk and S.S.A. Obayya, "Self-Calibration Highly Sensitive Photonic Crystal Fiber Biosensor", IEEE photonics journal, vol. 8, no.3, pp. 1-12, 2016.
- [6] S. I. Azzam, R. Eid A Shehata, Mohamed Farhat O. Hameed, A M. Heikal, Salah S. A Obayya, "Multichannel Photonic Crystal Fiber Surface Plasmon Resonance Based Sensor," Journal of Optical Quantum Electronics, vol. 48(2), pp.142-144 (2016)
- [7] Nihal F. F. Areed, Mohamed Farhat. O. Hameed, and S. S. A Obayya, "Highly Sensitive Face-Shaped Label-Free Photonic Crystal Refractometer for Glucose Concentration Monitoring," Journal of Optical Quantum Electronics, vol.49 (5), pp.1-12. doi:10.1007/s11082-016-0847-016 .
- [8] M. S. Mohamed, Mohamed Farhat O. Hameed, Nihal F. F. Areed, M. M. EI-Okr, and S. S. A Obayya, "Analysis of Highly Sensitive Photonic Crystal Biosensor for Glucose Monitoring," Journal of Applied Computational Electromagnetics Society (ACES), vol. 31, No.7, pp.836 - 842, 2016
- [9] <http://www.nktpotonics.com> [COMSOL Multiphysics,..<http://www.comsol.com>...