

KN0-0904-3806

اجرای عایق توپولوژیکی فوتونیک با استفاده از فیبر کریستال فوتونی در رژیم مرئی

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

چکیده: نتیجه شبیه سازی فیبر کریستال فوتونی (PCF) به طور کامل در این تحقیق برای پیش بینی عایق توپولوژیکی فوتونی که به عنوان یک کاربرد جدید از فوتونیک سیلیکون نمایان می شود، بیان شده است. مفهوم حاضر با روش انبساط موج مسطح کار می کند تا جریان فوتونی را در سطح PCF به جای ناحیه هسته اعمال کند. در نهایت پیشنهاد فعلی بیان می کند که فیبر بلوری فوتونی با ساختار و پارامتر مناسب می تواند مورد خوبی برای کاربرد عایق توپولوژیکی فوتونیک باشد.

واژه های کلیدی: فیبر کریستال فوتونیک، رژیم مرئی، انبساط موج صفحه

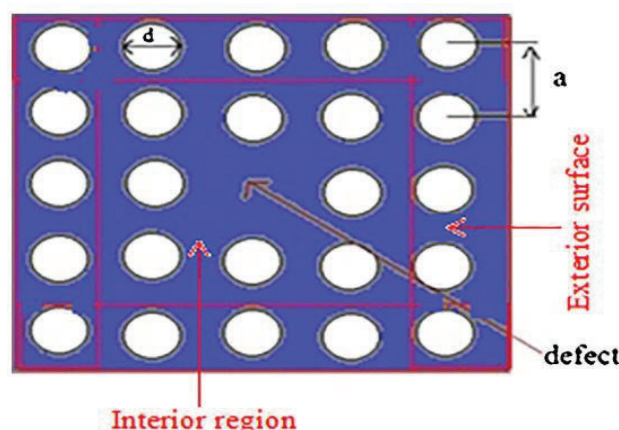
۱. مقدمه

نویسندگان در مرجع [۱]، با انجام یک تجزیه و تحلیل مختصر از مرور مقالات قبلی عایق توپولوژیکی، پیشرفت اخیر عایق توپولوژیکی را برای تحقق عایق توپولوژیکی ثابت معکوس زمانی مورد بحث قرار می دهند، جایی که مرجع [۲] ساختار فاصله باند فوتونیک عایق توپولوژیکی را با استفاده از مواد دی الکتریک توضیح می دهد. همچنین مشاهدات تجربی چندگانه پیک انتقال گسسته در عایق توپولوژیکی فوتونیک در این مرجع بیان شده است. به طور مشابه در مرجع [۳]، عایق توپولوژیکی فوتونیک میکروویو با استفاده از روش المان محدود سه بعدی و مدل همپلتونی مجدداً پیکربندی شده است. مجدداً عایق توپولوژیکی فوتونیک با تقارن معکوس زمانی شکسته در مرجع [۴] ذکر شده است. جدای از این، مرجع [۵] و [۶] نوع جدیدی از عایق توپولوژیکی را بر اساس هولوگرام های نانومتری و ذرات نانوپلاسمی نشان می دهد. اگرچه منابع ذکر شده در بالا در مورد تحقیقات اخیر مربوط به عایق توپولوژیکی فوتونیک صحبت می کنند، کار حاضر سعی دارد کاربرد عایق توپولوژیکی فوتونیک را با استفاده از فیبر کریستال فوتونیک

اصطلاح توپولوژی در رابطه با ریاضیات هندسی جدید نیست. با این حال، به دلیل کاربردهای کارآمد آن در زمینه های مختلف، علاقه زیادی به فیزیک و فناوری آن ایجاد کرده است. تعریف لایمن می گوید "توپولوژی" شاخه ای از هندسه است که مربوط به آن دسته از خواص یک شکل هندسی است که بدون تغییر باقی می ماند حتی زمانی که شکل در اثر خم شدن، کشش و پیچش و غیره تغییر شکل می دهد. به طور مشابه فیزیک می گوید عایق توپولوژیکی ماده ای است که درون آن به عنوان عایق عمل می کند (نه جریان) جایی که بیرون به عنوان سطح رسانا عمل می کند. تا آنجا که به تحقیق در مورد عایق توپولوژیکی مربوط می شود، تنها به فرکانس رادیویی یا میکروویو محدود نمی شود، بلکه از طریق محدوده مادون قرمز و محدوده مرئی نفوذ می کند. اگرچه بسیاری از کارهای مربوط به ساختار نوری با هندسه توپولوژیکی سروکار دارند، این ارتباط با فیبر نوری کریستال فوتونی دستکاری می شود تا عایق توپولوژیکی فوتونی را در فرکانس های مرئی ایجاد کند.

برای درک جریان فوتونیک در سطح نسبتاً هسته ساختار ساختار ۱، از تکنیک انبساط موج مسطح برای شبیه سازی توزیع میدان الکتریکی از طریق فیبر کریستال فوتونی فوق الذکر استفاده شده است [۲۹]. اگرچه شبیه سازی برای تمام طول موج های رژیم مرئی انجام می شود، نتیجه خروجی مربوط به طول موج های ۴۰۰ نانومتر و ۷۵۰ نانومتر به ترتیب در شکل ۲(a) و ۲(b) نشان داده شده است. در شکل ۲، x هر y (m) به عنوان طول و عرض فیبر و میدان الکتریکی (V/m) در امتداد محور عمودی نشان داده شده است. یک نتیجه جالب از شکل های پایین نشان داده شده است. به عنوان مثال سیگنال های ارسالی (توزیع میدان) فقط از حفره هوای سطح فیبر نوری خارج می شوند. اما شدت پیک توزیع سوله الکتریکی با طول موج های مختلف متفاوت است. جدای از این، همچنین مشخص می شود که هیچ توزیع میدانی با بخش داخلی فیبر نوری انجام نمی شود. بنابراین فیبر نوری ریزساختار سیلیکونی می تواند کاندیدای مناسبی برای عایق توپولوژیکی باشد. جدای از دو طول موج (۴۰۰ نانومتر و ۷۵۰ نانومتر)، فیبر کریستال فوتونی فعلی با طول موج های کامل دیگر (۴۱۰ نانومتر، ۴۲۰ نانومتر، ۷۳۰ نانومتر، ۷۴۰ نانومتر) دستکاری می کند. در طول دستکاری و شبیه سازی در تمام موارد، مشخص شد که جریان فوتونی در سطوح PCF نشان می دهد و علاوه بر این هیچ جریانی در نواحی هسته جریان ندارد. فیزیک نتیجه زیبای فوق در رابطه با سیلیکون به عنوان مواد پس زمینه مربوط به ضرایب شکست مختلف سیلیکون در طول موج های مختلف است که از مرجع استخراج شده است [۳۰]. مثلاً؛ ضریب شکست سیلیکون در طول موج ۴۵۰ نانومتر (۴,۶۸) در ۴۷۰ نانومتر (۴,۴۹) یکسان نیست. بنابراین ضریب شکست متفاوت مواد زمینه سیلیکونی باعث ایجاد توزیع میدان الکتریکی متفاوت در طول موج های مختلف می شود. با این حال موقعیت و پیکربندی سازه از جمله فاصله شبکه و قطر سوراخ های هوا با توجه به تمام طول موج های رژیم مرئی ثابت می ماند.

مبتنی بر سیلیکون (PCF) بیان کند. سیلیکون یک ماده دانشگاهی و مناسب برای تحقیقات الکترونیک و فوتونیک است. با تحقق بیشتر فوتونیک مبتنی بر سیلیکون، اخیراً کارهای خاصی مرتبط با فوتونیک با استفاده از ساختار یک، دو و سه بعدی برای اهداف سنجش [۷-۱۴] و ارتباطات [۱۵-۲۸] ایجاد شده است.



شکل ۱. نمای مقطعی فیبر نوری ریزساختار.

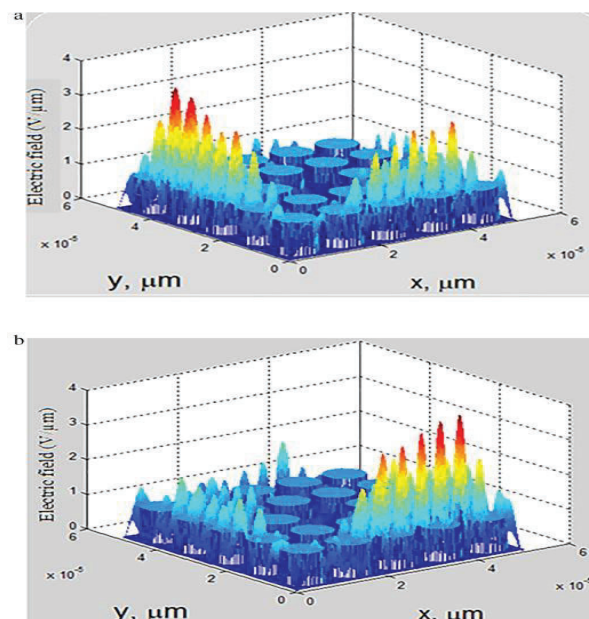
۲- ساختار طراحی شده

اگرچه بخش بعدی بخش قبلی ساختارها و تکنیک های مختلف را برای درک عایق توپولوژیکی و چندین کاربرد با استفاده از ساختار فوتونیک سیلیکونی بررسی می کند، کار فعلی جریان های را در سطح فیبر بلور فوتونی در رژیم مرئی (۴۰۰ نانومتر - ۷۵۰ نانومتر) توصیف می کند. فیبر کریستال فوتونیک پیشنهادی ساده است و از سیلیکون به عنوان ماده پس زمینه ساخته شده است، به طوری که سوراخ های هوای 5×5 با نقص در مرکز روی بستر ایجاد می شود. ساختار PCF طراحی شده در شکل ۱ در نظر گرفته شده است. در این حالت سیگنال هایی با محدوده طول موج ۴۰۰ نانومتر تا ۷۵۰ نانومتر با فیبر فوتونیک متحرک دستکاری می کنند به طوری که ابعاد شبکه مربعی فوق 50×50 میکرومتر مربع با ۸ میکرومتر و قطر ۱۰ میکرومتر (d) سوراخ هوا و شبکه گرفته می شود. فاصله (a) به ترتیب. دلیل انتخاب پارامترها و مواد فوق این است که جریان فوتونی در سطح فقط برای تمام طول موج های مرئی تحقق می یابد. علاوه بر این هیچ تراوش (قسمت داخلی MSOF) سیگنال در ساختارهای فوق یافت نمی شود.

۳. نتایج و بحث

Reconfigurable microwave photonic topological insulator, Phys. Rev. Appl. A6 (no.6) (2016) (06400).

- [4] Cheng He, Xiao-Chen Sun, Xiao-Ping Liu, Ming-Hui Lu, Yulin Chen, Liang Feng, Yan-Feng Chen, Photonic topological insulator with broken time-reversal symmetry, PNAS 113 (18) (2016) 4924–4928 (May 3).
- [5] Weifeng Zhang, Xianfeng Chen, Fangwei Ye, Plasmonic topological insulators for topological nanophotonics, Opt. Lett. 42 (20) (2017) 4063–4066, <http://dx.doi.org/10.1364/OL.42.004063>.
- [6] Jun-Yu Ou, Jin-Kyu So, G. Adamo, A. Sulaev, Lan Wang, Nikolay Zheludev, Ultraviolet and visible range plasmonics in the topological insulator Bi_{1.5}Sb_{0.5}Te_{1.8}Se_{1.2}, Nat. Commun. 5 (5139) (2017) 1–7, <http://dx.doi.org/10.1038/ncomms6139>.
- [7] G. Palai, S.K. Tripathy, A novel method for measurement of concentration using two dimensional photonic crystal structures, Opt. Commun. 285 (10–11) (2012) 2765–2768 (15).
- [8] G. Palai, S.K. Tripathy, T. Sahu, A novel technique to measure the sucrose concentration in hydrogel sucrose solution using two dimensional photonic crystal structures, Optik – Int. J. Light Electron Opt. 125 (1) (2014) 349–352 (January).
- [9] G. Palai, S.K. Tripathy, Measurement of glycerol concentration in B? H? G solution using 3D photonic crystal structure, Optik – Int. J. Light Electron Opt. 125 (June) (12) (2014) 2875–2879.
- [10] G. Palai, T.K. Dhir, Theoretical model to measure the concentration of hemoglobin in human blood using 3D photonic crystal structure, Optik – Int. J. Light Electron Opt. 126 (February) (4) (2015) 478–482.
- [11] C.S. Mishra, G. Palai, Manipulating light with porous silicon for investigation of porosity using finite difference time domain method, Optik – Int. J. Light Electron Opt. 127 (2016) 1195–1197.
- [12] N. Palai, S.K. Muduli, S.K. Sahoo, S.K. Tripathy Patnaik, Realization of potassium chloride sensor using photonic crystal fibers, Nanosci. Lett. 3 (2013) 16–19, <http://dx.doi.org/10.4236/snsl.2013>.
- [13] G. Palai, Computation of impurity concentration in silicon photodiode based on their optical properties, Optik – Int. J. Light Electron Opt. 133 (2017) 108–113 (March).
- [14] C.S. Mishra, G. Palai, Optical nonlinearity in germanium and silicon semiconductor vis-a-vis



شکل ۲. (الف) تغییرات میدان الکتریکی در طول موج ۴۰۰ نانومتر (ب) تغییر میدان الکتریکی در طول موج ۷۵۰ نانومتر.

۴. نتیجه گیری

کاربرد جدیدی از فیبر کریستال فوتونیک سیلیکون در این کار در طول موج های مرئی به نمایش گذاشته شده است. یک تغییر زیبا از جریان فوتونی در سطح فیبر کریستال فوتونی به جای ناحیه هسته یافت می شود. فیزیک کار تأیید می کند که ماهیت، موقعیت و پیکربندی ساختار فوتونیک پیشنهادی نقش حیاتی برای جریان جریان فوتونیک در سطح فیبر دارد. خلاصه تحقیق حاضر نشان داد که فیبر کریستال فوتونیک مبتنی بر سیلیکون می تواند کاندید مناسبی برای عایق توپولوژیکی فوتونیک باشد.

۵. منابع

- [1] Alexander B. Khanikaev, S. Hossein Mousavi, Wang-Kong Tse, Mehdi Kargarian, Allan H. MacDonald, Gennady Shvets, Photonic analogue of two-dimensional topological insulators and helical one-Way edge transport in Bi-Anisotropic metamaterials, Nat. Mater. 12 (2013) 233, <http://dx.doi.org/10.1038/nmat3520>.
- [2] Alexey Slobozhanyuk, S. Hossein Mousavi, Xiang Ni, Daria Smirnova, Yuri S. Kivshar, Alexander B. Khanikaev, Three-dimensional all-dielectric photonic topological insulator, Nat. Photonics 11 (2017) 130–136, <http://dx.doi.org/10.1038/nphoton.2016.253>.
- [3] Maxim Goryachev, E. Michael Tobar,

- (2017) 2645–2649 (Accepted).
- [27] C.S. Mishra, G. Palai, D. Prakash, S.K. Tripathy, K.D. Verma, Analysis of HLB pass filter using silicon photonics structure, *Optik-Int.J.Light Electron Opt.* 144(September)(2017)522–527.
- [28] G. Palai, Realization of all logic gates using hybrid grating structure: an application of silicon photonics, *Optik-Int.J.Light Electron Opt.* 147C (2017)256–262.
- [29] I.A. Sukhoivanov, I.V. Guryev, *Physics and Practical Modeling: Photonic Crystals*, Springer, Heidelberg, 2009.
- [30] E.F. Schubert, *Materials-Refractive-index-and-extinction-coefficient*, 2004(28.03.11) <http://www.rpi.edu/?schubert/Educational-resources/Materials-Refractiveindex-and-extinctioncoefficient.pdf>.
- temperature and wave lengths for sensing application, *Optik-Int.J.Light Electron Opt.* 137(2017)37–44.
- [15] G. Palai, S.K. Trpathy, Efficient silicon grating for SOI applications, *Optik-Int. J. Light Electron Opt.* 124 (September (17)) (2013)2645–2649.
- [16] G. Palai, Analysis and simulation of silicon grating structure for spectral beam combining application, *Optik -Int.J.Light Electron Opt.* 126 (December (24)) (2015)4974–4976.
- [17] G. Palai, Theoretical approach to 3D photonic crystal structure for realization of optical mirror using bandgap analysis: a future application, *Optik-Int.J.Light Electron Opt.* 126 (December (24)) (2015)5100–5101.
- [18] G. Palai, Optimization of optical waveguide for optical DEMUX at optical windows, *Optik-Int. J. Light Electron Opt.* 127 (2016)2590–2593.
- [19] C. Nayak, G. Palai, Realization of monochromatic filter using silicon grating structure: an application of silicon photonics, *Optik-Int.J.LightElectronOpt.* 127 (2016)8264–8268.
- [20] P.S. Das, G. Palai, D. Jena, PWE approach to MSOF for beam splitting application, *Optik-Int. J. Light Electron Opt.* 127 (2016)10228–10231.
- [21] P.K. Dalai, P. Sarkar, G. Palai, Analysis of silicon waveguide structure for realization of optical UX/DEMUX circuit: an application of silicon photonics, *Optik-Int. J.Light Electron Opt.* 127 (2016)10569–10574.
- [22] P.K. Dalai, P. Sarkar, G. Palai, Efficient semiconductor grating SOI structure for nanophotonic application, *Optik-Int.J.LightElectronOpt.* 127(2016)10632–10636.
- [23] G. Palai, Realization of spectral beam combination using silicon crystal structure via photonic band gap analysis, *Optik-Int.J.Light Electron Opt.* 127 (2016)11225–11229.
- [24] G. Palai, S.K. Beura, N. Gupta, R. Sinha, Optical MUX/DEMUX using 3D photonic crystal structure: a future application of silicon photonics *Optik-Int.J.LightElectronOpt.* 128(2016)224–228.
- [25] K.P. Swain, G. Palai, J.K. Moharana, Analysis for '101' channels of MUX/DEMUX using grating SOI Structure at sub nanometer scale, *Optik -International Journal for Light and Electron Optics* 127 (2017) 78–82.
- [26] G. Palai, S.S. Nayak, S. Prusty, S. Panigrahi, S.S. Mohapatra, Highly efficient semiconductor grating structure for SOI Optical Circuits, *Optik-Int. J. LightElectron Opt.* 124 (September (17))