بیستمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۸ تا ۱۰ بهمن ماه۱۳۹۲ - دانشگاه صنعتی شیراز

فیلتر نوری مبتنی بر رزوناتورهای حلقوی

پریسا عبداله زاده بدلبو[۱] و حامد علیپور بنایی[۲]

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، گروه مهندسی برق، تبریز، ایران

چکیده-فیلتر های نوری مبتنی بر بلور فوتونی به عنوان مهمترین جز از مدارات مجتمع نوری و سیستم های مالتی پلکس طول موج هستند.یکی از طرح های امیدبخش برای یک فیلتر بلور نوری رزوناتورهای رینگ کریستال نوری می باشند.در این مقاله با استفاده از رزوناتورهای حلقوی فیلتر نوری مبتنی بر بلور فوتونی طراحی و شبیه سازی شده است. این فیلتر در طول موج *1552 nm* دارای دامنه نرمالیزه خروجی نزدیک به ۱ می باشد.

کلیدواژه: باند ممنوعه، فیلتر نوری، رزوناتورهای رینگ ، کریستال فوتونیکی، ناراستی.

Optical filter based on ring resonator

Parisa Abdollahzadeh-Badelbou and Hamed Alipour-Banaei

Department of Electronics, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran,

Abstract-Photonic crystal based optical filters are one of the devices used in optical integrated circuits and wavelength multiplexing systems. One promising structure for optical filters is ring resonators. In this paper using photonic crystal based ring resonators we proposed an optical filter. This filter has a transmission efficiency equal to 1 at 1552 nm wavelength.

Keywords: Band gap,Optical filter, ring resonators, Photonic crystal, Defect

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-06]

۱-مقدمه

در مخابرات نوری فیلترهای میانگذر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. یک موج نوری ممکن است در اثر انتقال در داخل فیبر نوری در فواصل زیاد بعلت پدیده پراش دچار پهن شدگی شود که این هم به نوبه خود منجر به بروز تداخل میان کانال های مجاور می‌شود. لذا از فیلترهای نوری برای رفع پهن شدگی موج استفاده می-شود. دیگر کاربرد فیلترهای نوری در سیستم های مالتی-پلکس طول‌موج است که در این سیستم‌ها چندین کانال نوری با طول‌موج‌های مختلف درون یک فیبر نوری ارسال می شوند و فیلترهای نوری برای جداسازی این کانال‌ها بکار می‌رود. [1].

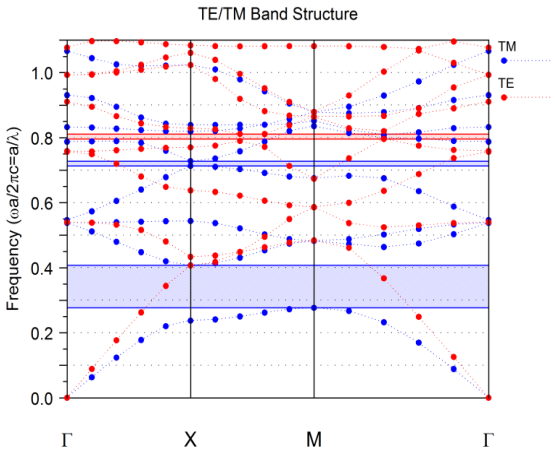
یکی از ساختارهای بکار رفته برای طراحی ادوات نوری بلورفوتونی است. بلورفوتونی ساختارهایی با ضریب شکست متناوب می باشند. بلورفوتونی دو بعدی به واسطه کاربردهای بالقوه‌شان در مدارات مجتمع نوری توجه های زیادی را به خود جلب کردند.آنها برای کنترل و انتشار نور در یک تراشه نوری استفاده می شوند. ساختارهای کریستال فتونیکی دو بعدی مزیت های زیادی دارند از جمله ساخت و مجتمع کردن آسان در مقایسه با ساختارهای سه بعدی و داشتن باند ممنوعه کامل در مقایسه با ساختارهای تک بعدی. ویژگی مهم بلورفوتونی باند ممنوعه فتونیکی می باشد که در این باند طول موجی هیچ فوتون نوری مجاز به انتشار درون ساختار نیست.این بلورفوتونی معمولا بصورت حفره های هوایی در دی الکتریک یا میله های دی الکتریک در هوا تشکیل شده اند. می‌توان از ویژگی باند ممنوعه فوتونیکی برای طراحی آیینه‌های نوری [2] و فیلترهای حذف طیف [3] استفاده کرد. با افزودن یک لایه ناراستی در بلورهای فوتونی تک بعدی می‌توان فیلتر نوری باند باریک طراحی کرد [4].
در کریستال‌های فوتونیکی دو بعدی یک روش برای تحقق عمل فیلترینگ استفاده از تشدید کننده‌های حلقوی است که در این فیلترها عمل گزینش طول‌موج توسط یه حلقه تشدید کننده انجام می‌شود که بین موجبر ورودی و خروجی قرار گرفته است [5]. استفاده از کاواک‌های رزونانسی [6]، ساختار شبه متناوب ۱۲ تایی [7] و رزوناتورهای حلقوی [8] نیز از دیگر مکانیزم‌های رایج در طراحی فیلترهای نوری می باشند. رزوناتورهای حلقوی مبتنی بر بلور فوتونی ساختارهای متداولی برای طراحی فیلتر نوری سوئیچ های نوری ،سنسورهای نوری ،دی مالتی پلکسر های نوری و غیره می‌باشند.

۲-روش‌ها و مدل‌های تئوری در طراحی ادوات مبتنی بر بلورفوتونی

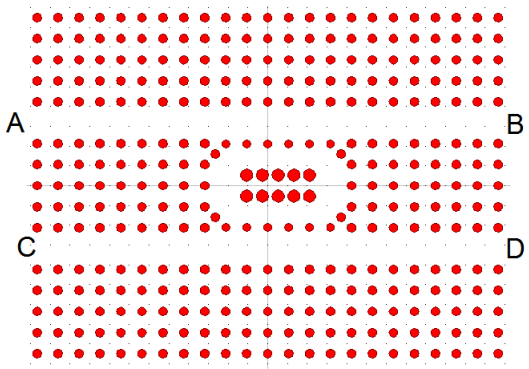
ما باید رفتار موجهای الکترومغناطیس و نوری درون بلورفوتونی را بررسی کرده و مشخصات نوری این ساختارهای مصنوعی را استخراج کرده.روش های عددی بهترین گزینه می باشد که بسط امواج مسطح بهترین است.برای بدست آوردن فرکانس های ویژه وخصوصیات پاشیدگی بلورفوتونی ما می توانیم با کمک بسط امواج مسطح باند ممنوعه آنها رامحاسبه کنیم.علی رغم اینکه این روش قدرتمندی برای بدست آوردن باند ممنوعه فتونیکی می باشد اما قادر نیست خصوصیات انتقال و الگوهای توزیع موج های نوری درون کریستال های فتونیکی را محاسبه کند.تفاضل متناهی در حوزه زمان روش دیگری است که برای مطالعه خصوصیات نوری بلورفوتونی استفاده می شود.این روش می تواند برای بدست آوردن الگوهای توزیع موج های نوری و خصوصیات انتقال ادوات مبتنی بر کریستال های فتونیکی استفاده شود. برای طراحی فیلتر مورد نظر از بلورفوتونی متشکل از یک ساختار مربعی 17*23 از میله های دی الکتریک در محیط هوا استفاده کردیم. ضریب شکست میله های دی الکتریک و شعاع میله ها به ترتیب 3.46 و 110 nm می باشد. ثابت شبکه ساختار نیز 530 nm است. نمودار ساختار باند بلورفوتونی مد نظر ما با مقادیر ذکر شده فوق برای ضریب شکست میله، شعاع میله ها و ثابت شبکه بلور در شکل ۱ نشان داده شده است. همانگونه که از شکل ۱ قابل مشاهده است ساختار ما داری ۳ محدوده باند ممنوعه فوتونیکی می باشد. که بصورت سایه زده شده در شکل نشان داده شده است. نواحی سایه زده آبی رنگ نشانگر باند ممنوعه فوتونیکی در مد TM و ناحیه قرمز رنگ مربوط به باند ممنوعه فوتونیکی در مد TE است. از بین این سه باند ممنوعه باند ممنوعه اول (از پایین نمودار) که بیشترین محدوده را داشته و بین فرکانس های نرمالیزه ۰.۲۸ و ۰.۴۱ می باشد برای اهداف مد نظر

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-06]

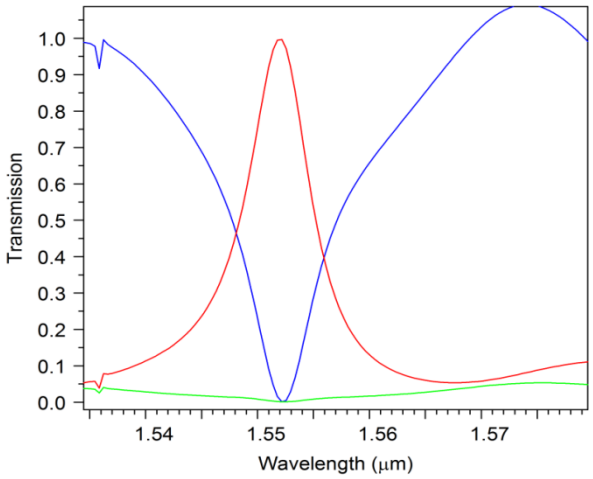
ما جهت کاربردهای مخابراتی مناسب می باشد که متناظر با محدوده طول موجی 1292 nm و 1892 nm می باشد. این مقادیر نشان می دهد که محدوده باند ممنوعه فوتونیکی بلور پایه پیشنهادی ما محدوده طول موجی مناسب برای کاربردهای مخابرات نوری که بین طول موج های 1550 nm تا 1600 nm می باشد را بطور کامل تحت پوشش دارد. و از آنجاییکه باند ممنوعه مطلوب در مد TM می باشد تمامی شبیه سازی ها در ادامه این مقاله در مد TM انجام خواهد شد. ساختار فیلتر نوری مبتنی بر رزوناتور حلقوی در شکل ۲ نشان داده شده است. که از دو موجبر خطی تشکیل شده است که یک حلقه رزونانسی بینشان قرار گرفته است. هسته رزوناتور حلقوی از ۲ ردیف ۵ تایی از میله های دی الکتریک به شعاع 153 nm تشکیل شده است. در این ساختار پورت A بعنوان ورودی ساختار بوده و پورت های B، C و D بعنوان پورت های خروجی ما می باشند.



شکل ۱. ساختار باند بلور فوتونیمورد نظر

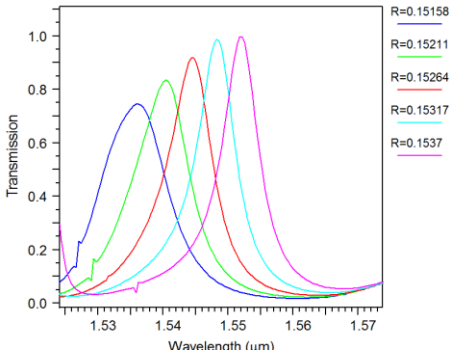


شکل ۲: ساختار فیلتر



شکل ۳. طیف خروجی فیلتر

طیف خروجی فیلتر برای مقادیر مختلف شعاع ناراستی ها(شعاع دو ردیف ۵تایی از میله های مرکز ساختار=R) در شکل 4 نشان داده شده است. این شکل نشان می دهد که با افزایش شعاع R طول موج خروجی فیلتر به سمت طول موج های بالا تر جابجا می شود و دامنه نرمالیزه خروجی نیز افزایش می یابد . از این خاصیت این فیلتر می توان برای طراحی فیلترهای نوری مختلف با طول موج خروجی مختلف و نیز طراحی دی مالتی پلکسر های نوری استفاده کرد.



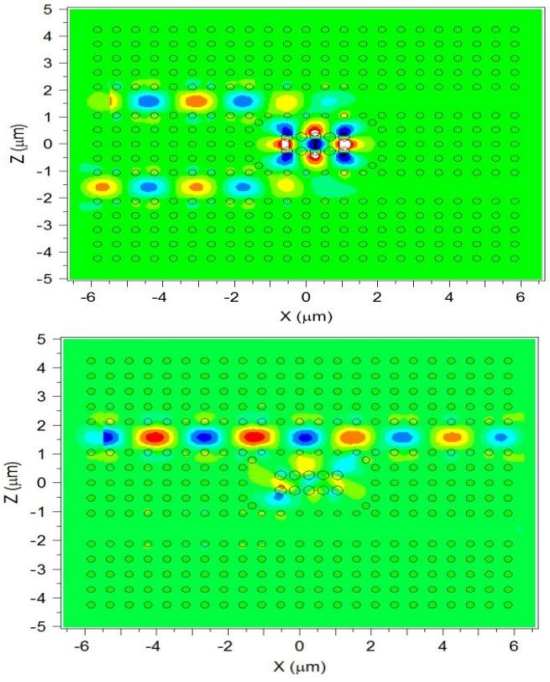
شکل ۴: طیف خروجی فیلتر برای مقادیر مختلف R

۳-شبیه سازی و نتایج

طیف انتقالی فیلتر در شکل ۳نشان داده شده است .انتقال

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-06]

های نرمالیزه ساختار در پورت B,C ,D با منحنی هایی به رنگ سبز و قرمز و آبی رسم شدند.در این شکل موج های نوری ای که در تمام طول موج ها به غیر از ۱۵۵۰نانومتر از طریق پورت Bعبور می کنند نور با طول موج 1552 nm از طریق حلقه رزونانسی به موجبر پایین منتقل شده و به سمت پورت C منتقل می شود. دامنه نرمالیزه خروجی برابر ۱ می باشد که حاکی از تلفات بسیار ناچیز ساختار پیشنهادی می باشد. پهنای باند خروجی فیلتر برابر 6 nmبوده و ضریب کیفیت آن برابر ۲۵۸ می باشد.توزیع موج نوری درون ساختار برای دو طول موج مختلف در شکل 5 نشان داده شده است.دراین شکل ما مشاهده می کنیم که هر دو طول موج درون باند ممنوعه فتونیکی هستند.آنها درون ساختار منتشر نخواهند شد و فقط درون موجبرها و رینگ رزوناتورها سیر خواهند کرد.قسمت الف این شکل نشان می دهد که در طول موج۱۵۵۲ nm موج های نوری از طریق عمل دراپ رینگ رزونانسی در موجبر دراپ افتاده و در پورت Cمنتشر می شوند.به هر حال در طول موج 1570 nm موج های نوری در موجبر دراپ نیفتاده و فقط در مسیر پورت B منتشر می شوند.زیرا طول موج های مرکزی آنها منطبق با طول موج دراپ ساختار نیستند.



شکل ۵: توزیع نور درون ساختار

۴- نتیجه گیری

رزوناتورهای حلقوی ساختار های مناسبی برای طراحی فیلتر های نوری با کاربرد های مخابراتی می باشند. دامنه نرمالیزه خروجی بسیار بالا ودرحد ۱۰۰٪ و تلفات بسیار ناچیز از ویژگی های مطلوب این ساختار می باشد. با توجه به اینکه ساختارمورد نظر با مشخصات داده شده در محدوده مخابرات نوری در مد TM دارای باند ممنوعه می باشد همه شبیه سازی ها در این مد انجام شده است.

مراجع:

[1] F. Mehdizadeh, H. Alipour-Banaei, and Z. Daie-Kuzekanani, "All optical multi reflection structure based on one dimensional ohotonic crystals for WDM communication systems", Optoelectronics and Advanced Materials-Rapid Communications 6 (2012) 527-531.

[2] 3. H. Alipour-Banaei, and F. Mehdizadeh "A PROPOSAL FOR ANTI-UVB FILTER BASED ON ONE-DIMENSIONAL PHOTONIC CRYSTAL STRUCTURE" Digest Journal of

[3] Nanomaterials and Biostructures.7 (2012) 361-367.

[4] 4.C.-J. Wu, and Z.-H. Wang, "Properties of defect modes in one-dimensional photonic crystals," Prog. Electromag. Res. 103, 169–184 (2010).

[5] 5.M. Djavid, and M. S. Abrishamian, "Multi-channel drop filters using photonic crystal ring resonators", Optik, Vol. 123, No. 2, pp. 167-170, 2011.

[6] 6.A. Rostami, F. Nazari, H. Alipour Banaei, and A. Bahrami, "A nove proposal for DWDM demultiplexer design using modified T P\photonic crystal structure" Photonic and Nanostrucutres – Fundamentals and Applications, Vol 8, No. 1, pp. 14-22, 2010.

[7] 7.H. P. Bazargani "Proposal for a 4-channel all optical demultiplexer using 12-fold photonic crystal quasicrystal" Optics Communication, Vol. 285, No. 7, pp. 1848-1850, 2012.

[8] 8.M. Y. Mahmoud, G. Bassou, A. Taalbi, and Z. M. Chekroun, "Optical channel drop filter based on photonic crystal ring resonators", Optics communications, Vol. 285, No. 3, pp. 368-372, 2012.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-06]