



بیستمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران  
و ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران  
۸ تا ۱۰ بهمن ماه ۱۳۹۲ - دانشگاه صنعتی شیراز



## فیلتر نوری مبتنی بر رزوناتورهای حلقوی

پریسا عبدالله زاده بدلبو<sup>۱</sup> و حامد علیپور بنایی<sup>۲</sup>

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

چکیده-فیلترهای 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  $1552\text{ nm}$  دارای دامنه نرمالیزه خروجی نزدیک به ۱ می باشد.

کلیدواژه: باند ممنوعه، فیلتر نوری، رزوناتورهای رینگ، کریستال فوتونیک، 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  $1552\text{ nm}$  wavelength.

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

## ۱-مقدمه

مبتنی بر بلور فوتونی ساختارهای متداولی برای طراحی فیلتر نوری سوئیچ های نوری، سنسورهای نوری، دی مالتی پلکسر های نوری و غیره می باشند.

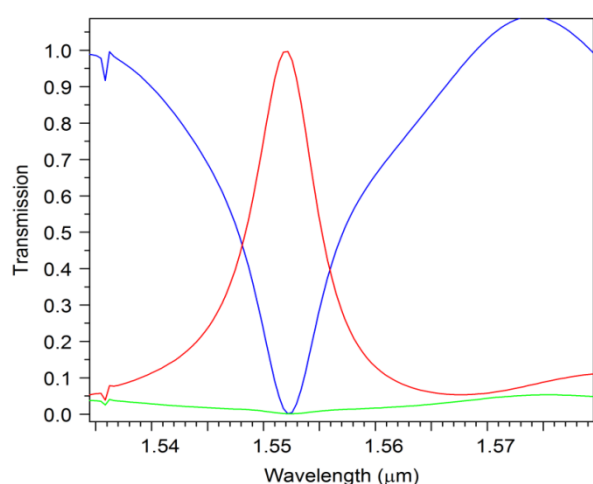
## ۲-روش ها و مدل های تئوری در طراحی ادوات مبتنی بر بلور فوتونی

ما باید رفتار موجهای الکترومغناطیس و نوری درون بلور فوتونی 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 و خصوصیات پاشیدگی بلور فوتونی ما می توانیم با کمک بسط امواج مسطح باند ممنوعه آنها را محاسبه کنیم. علی رغم اینکه این روش قدرتمندی برای بدست آوردن باند ممنوعه فتونیک می باشد اما قادر نیست خصوصیات انتقال و الگوهای توزیع موج های نوری درون کریستال های فتونیک را محاسبه کند. تفاضل متناهی در حوزه زمان روش دیگری است که برای مطالعه خصوصیات نوری بلور فوتونی استفاده می شود. این روش می تواند برای بدست آوردن الگوهای توزیع موج های نوری و خصوصیات انتقال ادوات مبتنی بر کریستال های فتونیک استفاده شود. برای طراحی فیلتر مورد نظر از بلور فوتونی متشکل از یک ساختار مربعی  $17 \times 23$  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 بلور فوتونی 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 دارای ۳ محدوده باند ممنوعه فتونیک می باشد. که بصورت سایه زده شده در شکل نشان داده شده است. نواحی سایه زده آبی رنگ نشانگر باند ممنوعه فتونیک در مد TM و ناحیه قرمز رنگ مربوط به باند ممنوعه فتونیک 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

در مخابرات نوری فیلترهای میانگذر از اهمیت ویژه ای 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 می شود. لذا از فیلترهای نوری برای رفع پهن شدگی موج استفاده می شود. دیگر کاربرد فیلترهای نوری در سیستم های مالتی- پلکس طول موج است که در این سیستم ها چندین کانال نوری با طول موج های مختلف درون یک فیبر نوری ارسال می شوند و فیلترهای نوری برای جداسازی این کانال ها بکار می رود. [1].

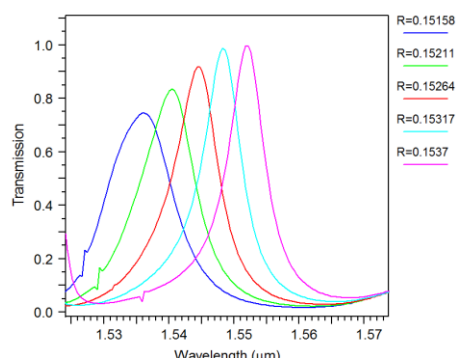
یکی از ساختارهای بکار رفته برای طراحی ادوات نوری بلور فوتونی است. بلور فوتونی ساختارهایی با ضریب شکست متناوب می باشند. بلور فوتونی دو بعدی به واسطه کاربردهای بالقوه شان در مدارات مجتمع نوری توجه های زیادی را به خود جلب کردند. آنها برای کنترل و انتشار نور در یک تراشه نوری استفاده می شوند. ساختارهای کریستال فتونیک 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 بلور فوتونی باند ممنوعه فتونیک می باشد که در این باند طول موجی هیچ فوتون نوری مجاز به انتشار درون ساختار نیست. این بلور فوتونی معمولاً بصورت حفره های هوایی در دی الکتریک یا میله های دی الکتریک در هوا تشکیل شده اند. می توان از ویژگی باند ممنوعه فتونیک برای طراحی آینه های نوری [2] و فیلترهای حذف طیف [3] استفاده کرد. با افزودن یک لایه ناراستی در بلورهای فوتونی تک بعدی می توان فیلتر نوری باند باریک طراحی کرد [4].

در کریستال های فوتونیک دو بعدی یک روش برای تحقق عمل فیلترینگ استفاده از تشدید کننده های حلقوی است که در این فیلترها عمل گزینش طول موج توسط یه حلقه تشدید کننده انجام می شود که بین موجبر ورودی و خروجی قرار گرفته است [5]. استفاده از کاواک های رزونانسی [6]، ساختار شبه متناوب ۱۲ تایی [7] و رزوناتورهای حلقوی [8] نیز از دیگر مکانیزم های رایج در طراحی فیلترهای نوری می باشند. رزوناتورهای حلقوی



شکل ۳. طیف خروجی فیلتر

طیف خروجی فیلتر برای مقادیر مختلف شعاع ناراستی ها (شعاع دو ردیف ۵ تایی از میله های مرکز ساختار  $R$ ) در شکل ۴ 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.

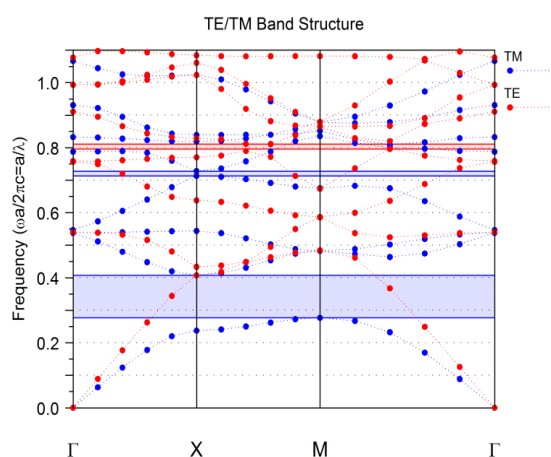


شکل ۴: طیف خروجی فیلتر برای مقادیر مختلف  $R$

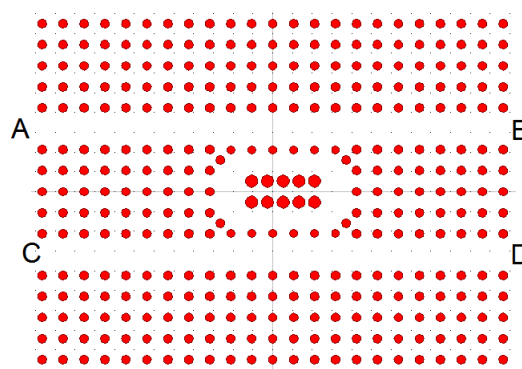
### ۳- شبیه سازی و نتایج

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

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 آنجائیکه 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

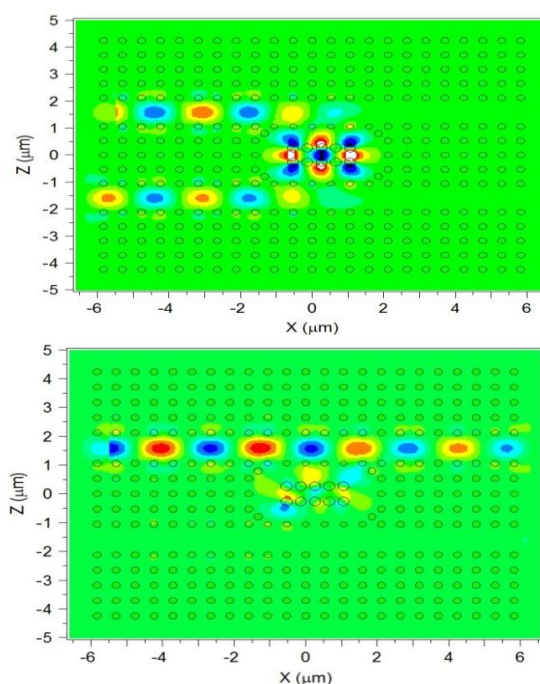
#### ۴- نتیجه گیری

رزوناتورهای حلقوی ساختارهای مناسبی برای طراحی فیلترهای نوری با کاربردهای مخابراتی می باشند. دامنه نرمالیزه خروجی بسیار بالا و درحد ۱۰۰٪ و تلفات بسیار ناچیز از ویژگی های مطلوب این ساختار می باشد. با توجه به اینکه ساختار مورد 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 photonic 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 Nanomaterials and Biostructures*. 7 (2012) 361-367.
- [3] 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.

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 ۱۵۵۰ نانومتر از طریق پورت B عبور 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 nm بوده 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. در این شکل ما مشاهده می کنیم که هر دو طول موج درون باند ممنوعه فتونیک هستند. آنها درون ساختار منتشر نخواهند شد و فقط درون موجبرها و رینگ رزوناتورهای سیر خواهند کرد. قسمت الف این شکل نشان می دهد که در طول موج ۱۵۵۲ nm موج های نوری از طریق عمل دراپ رینگ رزونانسی در موجبر دراپ افتاده و در پورت C منتشر 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