طراحی فیلتر باند باریک توسط تشدیدگر حلقه‌ای و مربعی بلور فوتونی

الهام یزدان ستا، کامبیز عابدی

دانشکده مهندسی برق، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

چکیده-دراین مقاله، ساختارهای جدیدی برای فیلتر باند باریک مبتنی بر بلورهای فوتونی ۲بعدی با میله‌های سیلیکون در بستر هوا ارائه می‌شود. فیلترها شامل تشدیدکننده حلقه‌ای و مربعی همراه با دو بازتاب کننده با نقص خطی می‌باشد. طول موج تشدید برای تشدیدکننده حلقه ۱/۳۸ µm و تشدیدکننده مربع ۱/۴۴۰۹ µm است. فیلتر باند باریک می تواند در مدارات نوری، یکپارچه شود. برای انتخاب طول موج و فیلترنمودن نویز تقویت کننده‌های نوری برای کاربردهای مخابرات در آینده قابل استفاده می‌باشد. نرم افزار Rsoft برای شبیه سازی رفتار نوری فیلتر استفاده شده است.

کلمات کلیدی- بلور فوتونی دو بعدی، تشدیدکننده، بازتاب کننده، فیلتر باند باریک

Design of narrow band filter with square and ring resonator photonic bandgap

Elham Yazdanseta, Kambiz Abedi

Electrical Engineering Department, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Abstract-In this paper, two new structures of narrow band filter based on two-dimensional photonic crystals of silicon rods in air are proposed. The super narrow band filter consists of square and ring resonator and two line-defect-based reflectors. The resonance wavelength for ring resonator is 1.38µm and for square resonator is 1.4409µm. The super narrow band filter can be integrated into optical circuit. It can be used for wavelength selection and noise filtering of optical amplifier in future communication application. Rsoft software is used to simulate the optical behavior of the filter.

Keywords: 2D photonic bandgap, resonator, reflector, narrow band filter

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-03]

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد

۱-مقدمه

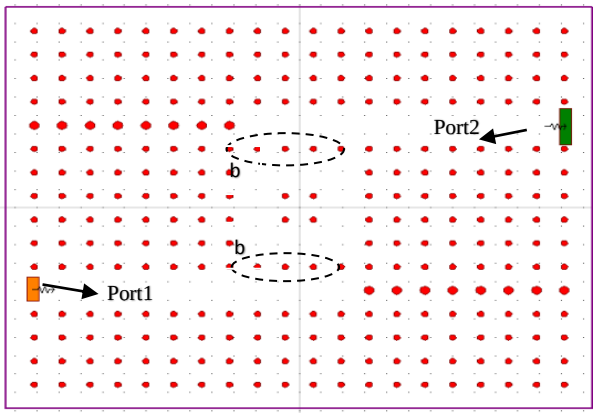
اخیرا، بلورهای فوتونی (PCs) توجه زیادی را از دیدگاه‌های بنیادی و عملی به خود جلب کرده‌اند. به دلیل خواص نوری منحصر به فرد خود و استفاده بالقوه آن‌ها در ادوات نوری، تحقیقات زیادی بر روی توانایی آنها برای کنترل انتشار نور انجام شده است. بلورهای فوتونی، ساختارهایی دی الکتریک متناوب با ضریب شکست در مقیاس طول موج نور هستند. با توجه به این تناوب، مواد شکاف باند فوتونی (PBG) اجازه انتشار میدان الکترومغناطیسی در باند فرکانس خاص را می‌دهد[۱]. با استفاده از نقص در بلورهای فوتونی، نور می‌تواند در جهت خاص هدایت شود و در ساختارهای کاربردی بلورهای فوتونی، مورد استفاده قرار می‌گیرد[۲]. از کاربردهای قابل توجه بلورهای فوتونی نقص‌دار می‌توان به فیلتر فوق باند باریک[۱]، دی مالتی پلکسر[۲]، تشدیدکننده‌های حلقه[۳]، فیلتر[۴]، فیبر نوری[۵]، سلول خورشیدی[۶]، تقسیم‌کننده توان[۷]، موجبرها[۸]، و غیره اشاره نمود. فیلتر توسط تزویج تشدیدکننده با موجبر تحقق می‌یابد. با توسعه شبکه‌های مخابرات نوری، فیلترهای باند باریک نوری در مدارهای مجتمع نوری بسیار مورد نیاز خواهند بود. کارهایی که روی این موضوع انجام شده است: فیلتر باند باریک کوک‌پذیر با استفاده از انتخاب طول موج کنترل شده با ولتاژ، مورد بررسی قرار گرفت[۸]. فیلتر باند باریک شامل سه موجبر آبشاری با شعاع‌های مختلف حفره‌های هوا است که ضریب عبور ۰.۷۷ در طول موج تشدید ۱.۵۵μmرا دارا می باشد[۹]. فیلتر باند باریک با استفاده از تشدیدکننده حلقه و بازتاب کننده مطالعه شده است، بازده خروجی ۸۵٪ و طول موج تشدید ۱/۴۲۰nmبدست آمده است[۱۰]. در این مقاله طرح جدیدی برای تشدیدکننده همراه با دو بازتاب کننده پیشنهاد می شود. ویژگی عملکرد فیلتر بوسیله روش عددی دوبعدی FDTD برای بلورهای فوتونی با میله‌های Si برای تشدیدکننده‌های حلقه و مربع مورد بررسی قرار گرفته است. مزیت فیلتر باند باریک نسبت به ساختارهای قبلی گزارش شده، سادگی آن می‌باشد. طول موج تشدید در محدوده طول موج مخابراتی است که در مخابرات راه دور استفاده می شود.

۲-طراحی فیلتر باند باریک

۲-۱- طراحی ساختار

۲-۱-۱- تشدیدکننده به صورت مربع

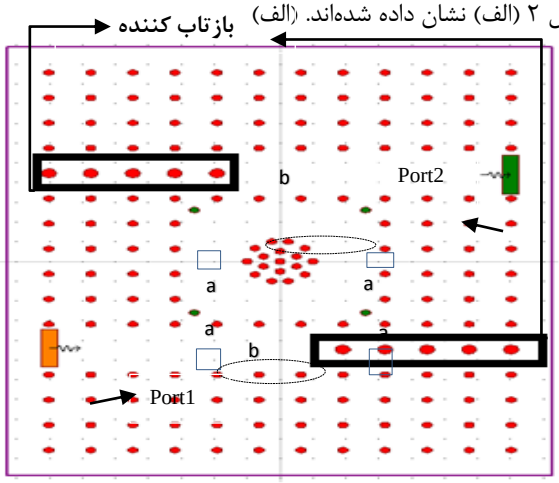
شکل ۱، فیلتر شامل رزوناتور و دو بازتاب کننده را نشان می‌دهد، شبکه بلور فوتونی (آرایه‌های۲۰×۱۶) میله‌های سیلیکون با ضریب شکست۳/۳، ضریب دی الکتریک ۱۱/۴و شکاف باند ۱/۱۲ev در بستر هوا است. تشدیدکننده با استفاده از حذف میله‌ها به شکل مربع می‌باشد و هردو بازتاب کننده مبتنی بر نقص خطی با حذف قسمتی از میله‌ها هستند. ورودی با port1 و خروجی را با Port2 نشان می‌دهیم. نور ورودی از نوع گوسین است، نور ورودی پس از وارد شدن از طریقport1 به بازتاب کننده ردیف پایین برخورد می کند، توسط میله‌های تزویج‌گر وارد تشدیدکننده مربع شده سپس با استفاده از میله‌های تزویج‌گر قسمت بالایی پس از برخورد به بازتاب کننده به سمت خروجی هدایت می‌شود. بازتاب کننده‌ها را برای بهتر شدن راندمان خروجی قرار داده شده‌اند. تشدیدکننده در این ساختار با حذف مربع ۴×۴ میله های سیلیکونی بدست آمده است. میله‌های تزویج‌گر با حرف b روی شکل۱ مشخص شده اند.



شکل۱. طرح فیلتر باند باریک با دو بازتاب کننده و یک تشدیدکننده مربع

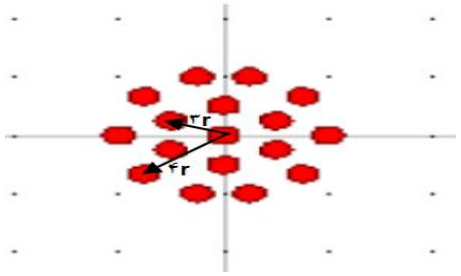
۲-۱-۲- تشدید کننده به شکل حلقه

شکل ۲، فیلتر شامل رزوناتور و دو بازتاب کننده را نشان می دهد، شبکه بلور فوتونی (آرایه‌های۱۲×۱۶) میله‌های سیلیکون با همان مشخصات ساختار قبلی در بستر هوا است. میله‌های داخل ساختار را میله‌های درونی نامیده می‌شوند. میله‌های درونی با شعاع ۳r× و۴r×در نظرگرفته شده است که در شکل ۲(ب) نشان داده شده است. میله‌های سبزرنگ، میله‌های پراکندگی نامیده می‌شوند که در ساختار برای بهتر شدن تشدید قرار می‌دهند، روی شکل ۲ (الف) با حرف a مشخص شده اند. میله های تشدیدگر با حرف b روی شکل ۲ (الف) نشان داده شده‌اند. (الف)



این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-03]



(ب)

شکل۲. الف)طرح فیلتر باند باریک با دو بازتاب کننده و یک تشدیدکننده حلقه ب)طرح میله‌های درونی

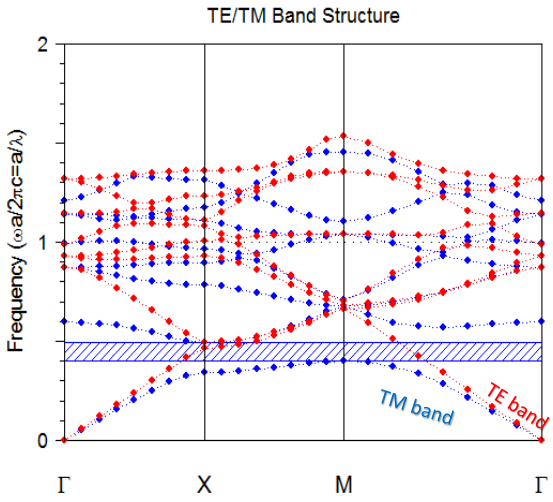
۲-۲-انتخاب پارامتر ها

با توجه به مطالعات انجام شده،به منظور بهبود راندمان انتقال فیلتر باند باریک، پارامترهای بلور فوتونی شامل ثابت شبکه (a)و شعاع میله‌ها (r) با مقدار ۰/۶۳۸۴ و شعاع میله ها a × ۰/۱۱۵۹انتخاب شده است. شعاع میله‌های بازتاب کننده r × ۱/۵ در نظر گرفته شده است.

۳-نتایج شبیه سازی

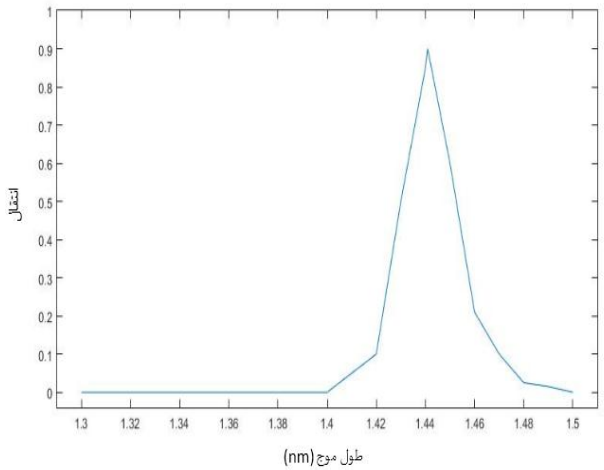
۱-۳-شبیه سازی تشدیدکننده مربع

در شکل ۳، شکاف باند فوتونی(PBG) تشدیدکننده مربع نشان داده شده است.



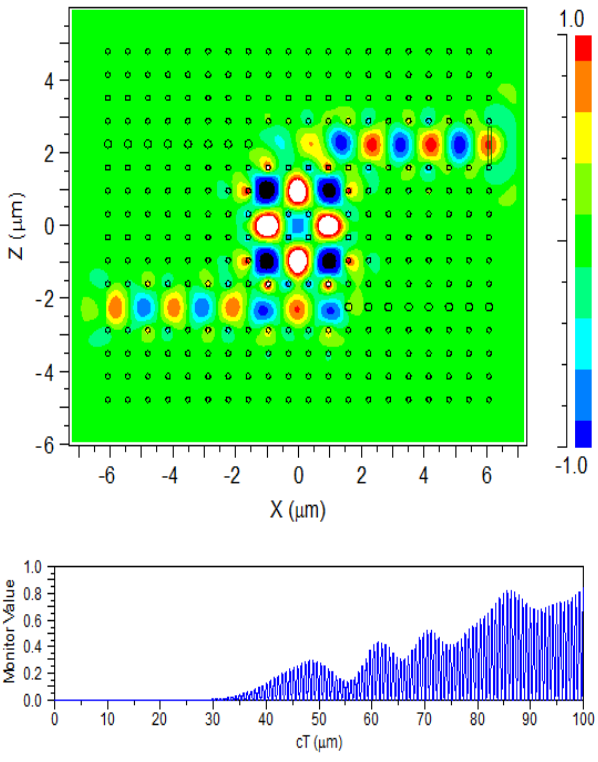
شکل۳. شکاف باند فوتونی برای تشدیدکننده مربع

همانطور که در شکل۳ رسم شده است، این ساختار شکاف باند فوتونی را برای مد TM ارائه می‌دهد و برای مد TE شکاف باند فوتونی نداریم. فرکانس‌های شکاف باند فوتونی بین ۰/۴۰<a/λ<۰/۴۹ است، طول موج های متناظر آن ۱/۳< λ<۱/۵۹ می‌باشد. در شکل۴ بهترین طول موج، برای عبور از تشدیدکننده مربع و خروج از port2 نشان داده شده است.



شکل ۴.عبور نور با طول موج‌های محدوده شکاف باند

در شکل ۵، نتایج شبیه‌سازی توزیع میدان الکتریکی (EFD) پرتوهای فرودی با قطبش TM نشان داده شده است. با توجه به شکل ۴، نور با طول موج ۱/۴۴۰۹ میکرومتر از port1 وارد ساختار شد و پس از عبور از تشدیدکننده مربع نور از port2 خارج شده است. در مقدار مانیتور (MV) ،منحنی آبی رنگ نشان دهنده نور



خروجی است.

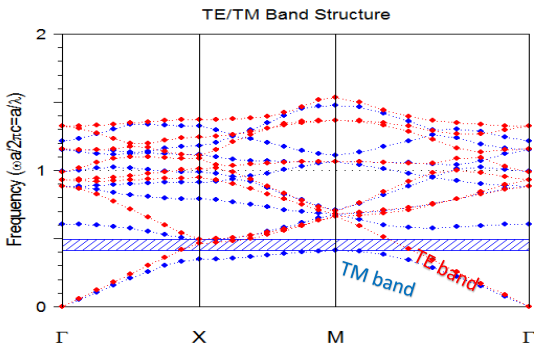
شکل۵. توزیع میدان الکتریکی (EFD)ومقدار مانیتور پورت خروجی افزاره

۲-۳-شبیه سازی تشدیدکننده حلقه

در شکل ۶، شکاف باند فوتونی(PBG) تشدیدکننده حلقه نشان داده شده است.

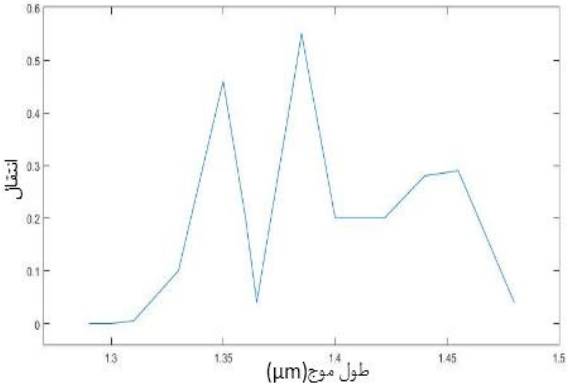
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-03]



شکل ۶.نمودارشکاف باند فوتونی افزاره نوری

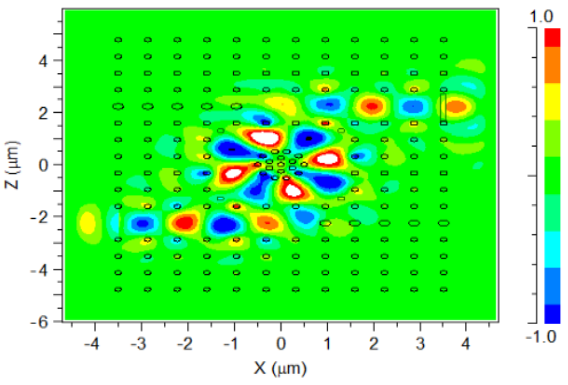
همانطور که در شکل ۶ رسم شده است، این ساختار شکاف باند فوتونی را برای مد TM ارائه می‌دهد و برای مد TE شکاف باند فوتونی نداریم. فرکانس‌های شکاف باند فوتونی بین ۰/۴۱<a/λ<۰/۴۹۴ است، طول موج‌های متناظر آن ۱/۲۹<λ<۱/۵۵ می‌باشند. در شکل ۷ بهترین طول موج برای عبور

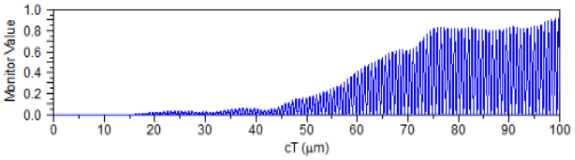


از تشدیدکننده حلقه و خروج از port2 نشان داده شده است.

شکل ۷.عبور نور با طول موج های محدوده شکاف باند

شکل۸، نتایج شبیه‌سازی توزیع میدان الکتریکی (EFD) پرتوهای فرودی با قطبش TM را نشان می دهد. با توجه به شکل ۷ نوررا با طول موج ۱/۳۸ میکرومتر وارد ساختار می کنیم و پس از عبور از تشدیدکننده حلقه، نور تقریبا با همان شدت اولیه ازPort2 خارج می





شود. در مقدار مانیتور (MV) ،منحنی رنگ آبی نشان دهنده نور خروجی است.

شکل۸. توزیع میدان الکتریکی (EFD) ومقدار مانیتور پورت خروجی افزاره

در این مقاله، در دو ساختار پیشنهادی تغییرات طول موج آنها در شکاف باند فوتونی تقریبا یکسان است ولی طول موج تشدید عبوری از آنها به دلیل تفاوت در ساختار ،متفاوت می‌باشد. مزیت ساختار دارای تشدیدکننده مربع نسبت به ساختار تشدید کننده حلقه سادگی آن می باشد.

۴.نتیجه گیری

در این مقاله ،ساختار های جدیدی برای فیلتر باند باریک مبتنی بر بلورهای فوتونی۲بعدی میله های سیلیکون در بستر هوا ارائه شد. فیلتر شامل تشدیدکننده حلقه و مربع همراه با دو بازتاب کننده نقص خطی، طول موج تشدید دو ساختار در محدوده طول موج مخابرات نوری بود. مزیت ساختار دارای تشدیدکننده مربع نسبت به ساختار تشدید کننده حلقه سادگی ساختار می‌باشد. شبیه سازی این مقاله با نرم افزار Rsoft انجام شد.

منابع

[1] Y.Wang, "a super narrow band filter based on silicon 2D photonic crystal resonator and reflectors," Optics Communication, pp. 1-8, 2016.
[2] k.Goodarzi, A.Mir.,"design and analysis of an all-optical demultiplexer based on photonic crystals," Infrared Physics&Technology, p. 193, 2015.
[3] D. Popescu, "Two dimensional photonic crystal with different symmetries for waveguids and resonant cavities applications," Applied Mathematics and Physics 75, 2013.
[4] Y.Pennec,et al., "two-dimensional photonic crystals: examples and applications," Surface Science, pp. 229-291, 2010.
[5] S.E.Barkou,et al.,"silica-air photonic crystal fiber design that permits waveguiding by a true photonice bandgap effect," Optics letters 24.1, pp. 46-48, 1999.
[6] L.Zeng, et al.,"efficiency enhancemant in Si solar cells by textured photonic crystal back reflector," Applied Physics Letters89.11, 2006.
[7] D.chai, et al.,"Efficient, Wide Angle, structure tuned 1*3 photonic crystal power splitter at 1550 nm for triple play application," Journal of Lightwave Technology 30.17 , 2012.
[8] Li. Shaopeng,et al.,"a tunable terahertz photonic crystal narrow-band filter," IEEE Photon. Technol. Lett. 27.7, pp. 752-754, 2015.
[9] H.A.Badaui, M.Abri.,"New design of Integrated 2D Photonic Crystal Narrow Band Filters Using the FDTD-2D Method," Frequenz 68, p. 511, 2014.
[10] S.Robinson,R.Nakkeeran., "investigation on parameters affecting the performance of two dimensional photonic crystal based on bandpass filter," Optical and Quantum Electronics 43, 2012.

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-03]