

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-در این مقاله، ساختارهای جدیدی برای فیلتر باند باریک مبتنی بر بلورهای فوتونی ۲ بعدی 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 $1.38 \mu\text{m}$ و تشدیدکننده مربع $1.4409 \mu\text{m}$ است. فیلتر باند باریک می‌تواند در مدارات نوری، یکپارچه شود. برای انتخاب طول موج و فیلتر نمودن 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 $1.38 \mu\text{m}$ and for square resonator is $1.4409 \mu\text{m}$. 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

۱-مقدمه

اخیراً، 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 $1.55\mu m$ را دارا می‌باشد [۹]. فیلتر باند باریک با استفاده از تشدیدکننده حلقه و بازتاب کننده مطالعه شده است، بازده خروجی ۸۵٪ و طول موج تشدید $1.420\mu m$ بدست آمده است [۱۰]. در این مقاله طرح جدیدی برای تشدیدکننده همراه با دو بازتاب کننده پیشنهاد می‌شود. 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 می‌شود.

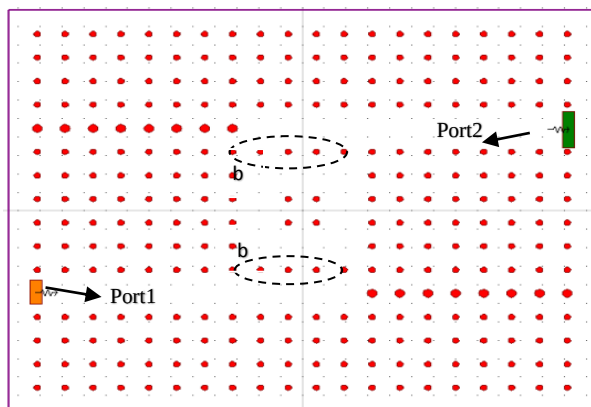
۲-طراحی فیلتر باند باریک

۲-۱-طراحی ساختار

۱-۱-۲- تشدیدکننده به صورت مربع

شکل ۱، فیلتر شامل رزوناتور و دو بازتاب کننده را نشان می‌دهد، شبکه بلور فوتونی (آرایه‌های 16×20) میله‌های سیلیکون با ضریب شکست 3.3 ، ضریب دی الکتریک $11/4$ و شکاف باند $1/12\text{ev}$ 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

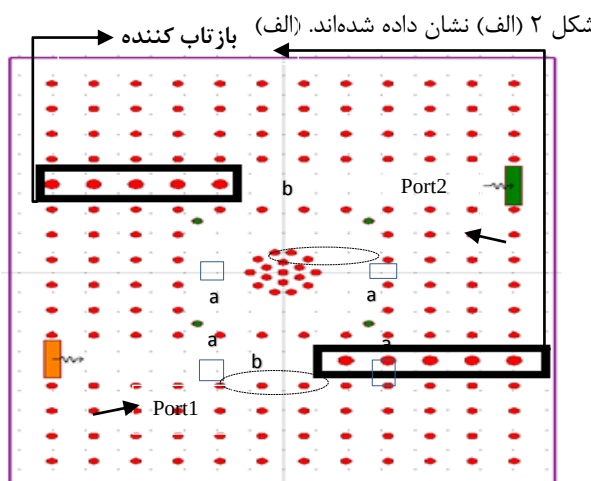
وارد شدن از طریق port1 به بازتاب کننده ردیف پایین برخورد می‌کند، توسط میله‌های تزویج‌گر وارد تشدیدکننده مربع شده سپس با استفاده از میله‌های تزویج‌گر قسمت بالایی پس از برخورد به بازتاب کننده به سمت خروجی هدایت می‌شود. بازتاب کننده‌ها را برای بهتر شدن راندمان خروجی قرار داده شده‌اند. تشدیدکننده در این ساختار با حذف مربع 4×4 میله‌های سیلیکونی بدست آمده است. میله‌های تزویج‌گر با حرف b روی شکل ۱ مشخص شده‌اند.



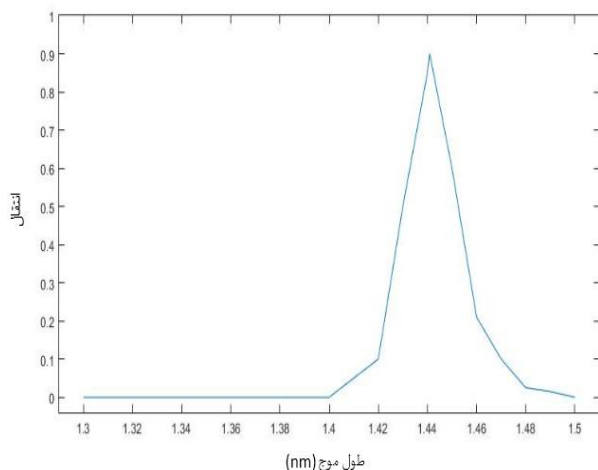
شکل ۱. طرح فیلتر باند باریک با دو بازتاب کننده و یک تشدیدکننده مربع

۲-۱-۲- تشدید کننده به شکل حلقه

شکل ۲، فیلتر شامل رزوناتور و دو بازتاب کننده را نشان می‌دهد، شبکه بلور فوتونی (آرایه‌های 16×12) میله‌های سیلیکون با همان مشخصات ساختار قبلی در بستر هوا است. میله‌های داخل ساختار را میله‌های درونی نامیده می‌شوند. میله‌های درونی با شعاع $32 \times$ و $42 \times$ نظر گرفته 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 شده‌اند. میله‌های تشدیدگر با حرف b روی شکل ۲ (الف) نشان داده شده‌اند. (الف)

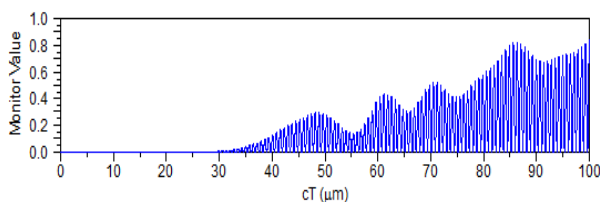
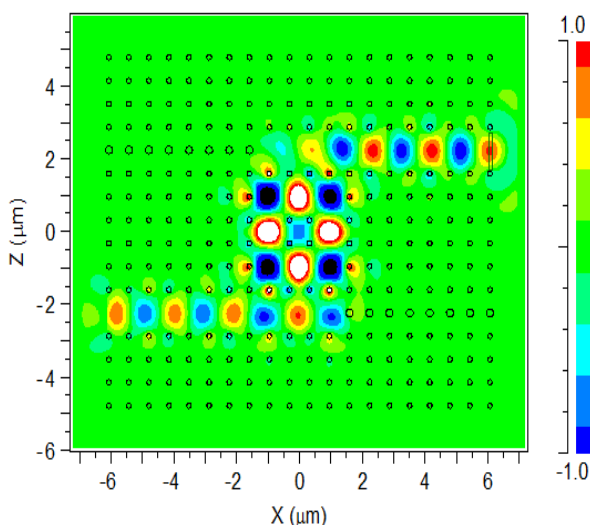


شکل ۲ (الف) نشان داده شده‌اند. (الف) بازتاب کننده



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 $1/440.9$ 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

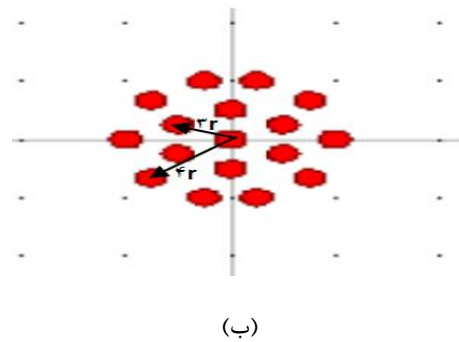


خروجی است.

شکل ۵. توزیع میدان الکتریکی (EFD) و مقدار مانیتور پورت خروجی افزاره

۳-۲- شبیه‌سازی تشدیدکننده حلقه

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



شکل ۲. الف) طرح فیلتر باند باریک با دو بازتاب کننده و یک تشدیدکننده حلقه ب) طرح میله‌های درونی

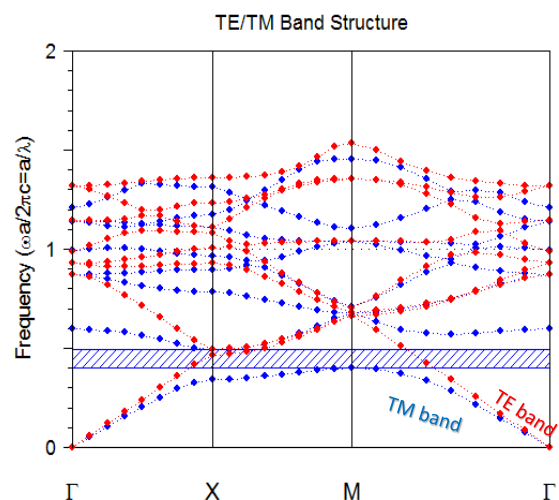
۳-۲- انتخاب پارامترها

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 0.6384 و شعاع میله‌ها $0.1159 \times a$ انتخاب شده است. شعاع میله‌های بازتاب کننده $1/5 \times r$ در نظر گرفته شده است.

۳- نتایج شبیه‌سازی

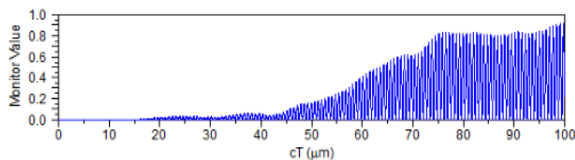
۳-۱- شبیه‌سازی تشدیدکننده مربع

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



شکل ۳. شکاف باند فوتونی برای تشدیدکننده مربع

همانطور که در شکل ۳ 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 $0.49 < a/\lambda < 0.40$ است، طول موج‌های متناظر آن $1/59 < \lambda < 1/3$ می‌باشد. در شکل ۴ بهترین طول موج، برای عبور از تشدیدکننده مربع و خروج از port2 نشان داده شده است.



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

شکل ۸. توزیع میدان الکتریکی (EFD) و مقدار مانیتور پورت خروجی افزاره

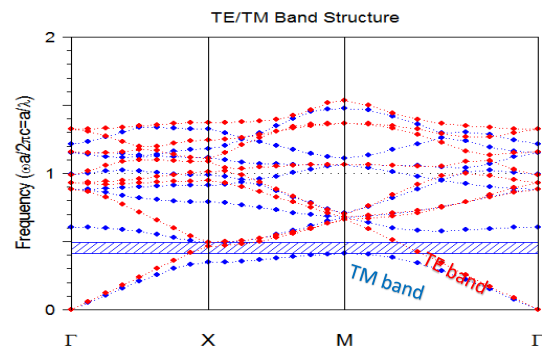
در این مقاله، در دو ساختار پیشنهادی تغییرات طول موج آنها در شکاف باند فوتونی تقریباً یکسان است ولی طول موج تشدید عبوری از آنها به دلیل تفاوت در ساختار، متفاوت می‌باشد. مزیت ساختار دارای تشدیدکننده مربع نسبت به ساختار تشدید کننده حلقه سادگی آن می‌باشد.

۴. نتیجه گیری

در این مقاله، ساختارهای جدیدی برای فیلتر باند باریک مبتنی بر بلورهای فوتونی ۲ بعدی میله‌های 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.

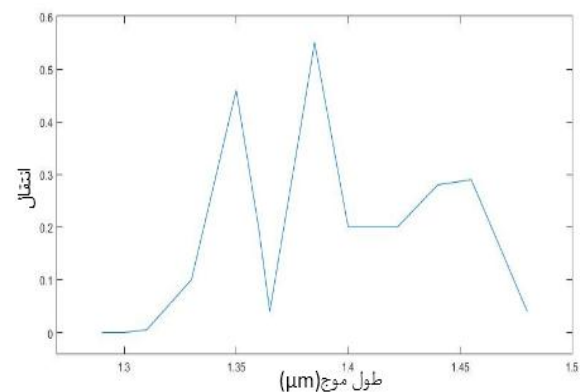
منابع

- [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 waveguides 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 photonic bandgap effect," Optics letters 24.1, pp. 46-48, 1999.
- [6] L.Zeng, et al., "efficiency enhancement in Si solar cells by textured photonic crystal back reflector," Applied Physics Letters 89.11, 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.



شکل ۶. نمودار شکاف 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 $0.494 < a/\lambda < 0.41$ است، طول موج‌های متناظر آن $1/55 < \lambda < 1/29$ می‌باشند. در شکل ۷ بهترین طول موج عبور



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

شکل ۷. عبور نور با طول موج‌های محدوده شکاف باند

شکل ۸، نتایج شبیه‌سازی توزیع میدان الکتریکی (EFD) پرتوهای فرودی با قطبش TM را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۷ نور را با طول موج $1/38$ میکرومتر وارد ساختار می‌کنیم و پس از عبور از تشدیدکننده حلقه، نور تقریباً با همان شدت اولیه از Port2 خارج می‌شود.

