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

طراحی فیلتر نوری با استفاده از ناراستی نقطه‌ای در کریستال فوتونیکی دو بعدی

پریسا عبداله زاده بدلبو[۱] و حامد علیپوربنایی[۲]

[۱]دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، گروه مهندسی برق، تبریز، ایران

چکیده- در این مقاله روشی متمایز برای طراحی فیلتر نوری با استفاده از کریستال های فوتونیکی ارایه شده است. دراین ساختار که از شبکه مربعی از میله های دی الکتریک در بستر هوا تشکیل شده است از یک کاواوک که دارای سلول های ناراستی است ، بعنوان مکانیزم طول موج گزینی استفاده شده است. راندمان انتقالی بالا از جمله مهمترین ویژگی های فیلتر های پیشنهادی در این مقاله است.

کلیدواژه: حفره تشدید،کریستال فوتونیکی، ناراستی، فیلتر نوری.

Designing optical filter using localized defect in 2D photonic crystal

Parisa Abdollahzadeh-Badelbou Hamed Alipour-Banaei

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

Abstract-In this paper we proposed a different methods for designing all optical photonic crystal based filters. In this structure which is composed of a square lattice of dielectric rods in air medium the wavelength selecting mechanism is based on a defective cavity. High transmission efficiency is the most significant property of the proposed filters.

Keywords: Resonant cavity, Photonic crystal, Defect, Optical filter.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-01-31]

۱-مقدمه

در سالهای اخیر ابزارهای نوری که بر مبنای بلورهای نوری طراحی شده اند بسیار مورد توجه قرار گرفته اند,عاملی که باعث این علاقه مندی شده است ویژگی های جالب این ساختارها است.از جمله این ویژگی ها میتوان به تلفات ناچیز,سرعت گروه بسیار پایین,انعطاف پذیری در شکل و ابعاد و همچنین مناسب برای مدارات مجتمع در ابعاد نانو اشاره کرد.فیلترهای نوری یکی از المانهای بسیار مهم برای سیستمهای مخابرات نوری میباشد که یکی از اجزای اصلی سیستم های مالتی پلکسینگ تقسیم طول موج (WDM) نوری است.[1]

وقتی کریستالهای فوتونیکی در سال ۱۹۸۷ کشف شد [2]طراحی ساختارهای پیچیده و فیلترهای نوری با قدرت انتخاب بسیار بالا امکان پذیر شد.بلورهای فوتونیکی از دی الکتریک یا فلز-دی الکتریک‌های متناوب ساخت شده اند و نحوه انتشار امواج الکترومغناطیسی را به نحوی مشابه با بلورهای نیمه هادی که احتمال حضور الکترون‌ها را به خاطر متناوب بودن پتانسیل الکتریکی تحت تاثیر قرار می‌دهند، تغییر می‌دهند. بلورهای فوتونیکی معمولاً ساختارهایی تکرارشونده و منظم از دی الکتریک‌های با ضریب شکست بزرگ و کوچک هستند. فوتون‌ها (معادل ذره‌ای امواج الکترومغناطیسی) بسته به طول موجشان می‌توانند از درون بلورهای فوتونی عبور کنند یا منعکس شوند .محدوده طول موج هایی که اجازه عبور ندارند را باند ممنوعه فوتونی می نامند که همین باند ممنوعه فوتونیکی از مهمترین ویژگی های ساختارهای کریستال فوتونیکی است که ما را در طراحی ادوات نوری ممکن می سازد و به طور کلی کریستالهای فوتونیکی آرایه هایی پریودیک از مواد دی الکتریک هستند که در انواع ساختارهای تک بعدی,دو بعدی,سه بعدی ساخته میشوند.در کریستالهای دو بعدی باند ممنوعه فوتونیکی به ضریب شکست دی الکتریک,شعاع میله ها و ثابت شبکه ساختار وابسته است.از کریستالهای فوتونیکی برای طراحی ادوات نوری مانند سویئچ های نوری[3] فیلترهای نوری[4] مالتی پلکسرها[5] دی مالتی پلکسرها[6] اشاره کرد.یکی از مهمترین قطعات برای مدارات مجتمع نوری فیلترهایی هستند که یک طول موج خاص را از یک موجبر عبور میدهند.در مخابرات نوری فیلترهای میانگذر از اهمیت ویژه ای برخوردار هستند. 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 میشوند و فیلترهای نوری برای جداسازی این کانال ها بکار میرود.فیلترها مدارهای الکتریکی یا الکترونیکی هستند که اجازه ی عبور بعضی از فرکانسها را از یک مدار به مدار دیگر نمیدهند.در حقیقت فیلتر سبب تضعیف دامنه ی فرکانس هایی میشود که نباید عبور کنندو به طور کلی فیلتر اساسا یک قطعه فرکانس گزین یا طول موج گزین می‌باشد. یعنی اینکه می‌تواند طول موج (فرکانس) خاصی را انتخاب کند.

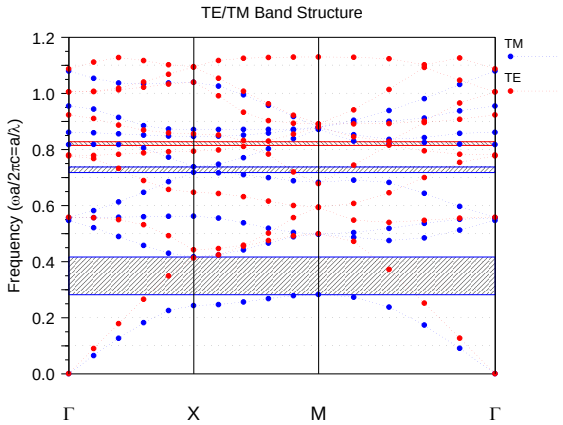
بقیه مقاله به صورت زیر تقسیم بندی میشود ما در قسمت دوم طراحی فیلتر و مراحل شبیه سازی را توضیح میدهیم و در قسمت سوم نتایج را بیان میکنیم.

۲- طراحی فیلتر

در این مقاله مایک نوع فیلتر طراحی میکنیم و اثر مقادیر مختلف R را روی این ساختارها بررسی میکنیم.برای این منظور یک شبکه مستطیلی ۱۱*۲۱ از میله های دی الکتریک در نظر میگیریم این ساختار فیلتر شامل آرایه هایی از میله های دی الکتریک با ثابت شبکه =a۵۷۰ nm و شعاع میله ها r=0.2*a می باشد.قبل از طراحی فیلتر مبتنی بر کریستال های فوتونیکی باید محدوده باند گپ فوتونیکی مورد بررسی قرار گیرد.این ساختار دومحدوده باند گپ در مدTM در $0.283 < a/\lambda < 0.417$,$0.718 < a/\lambda < 0.738$است و یک باندگپ در مد TEدر $0.814 < a/\lambda < 0.828$ است که تنها محدوده اول TM به اندازه ای است که بتواند در مخابرات نوری قابل

[Downloaded from opsi.ir on 2026-01-31]

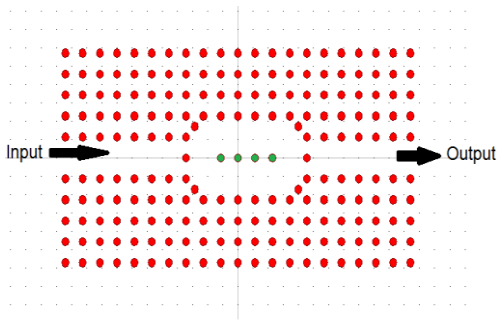
استفاده باشد.که بوسیله ناحیه تاریک نشان داده شده است چون باند ممنوعه در مدTM است پس تمامی شبیه سازی ها در مد TM انجام میشود.ساختار باند کریستال مورد نظر با مقادیر فوق در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱:ساختار باند کریستال فوتونیکی بکار رفته برای طراحی فیلتر

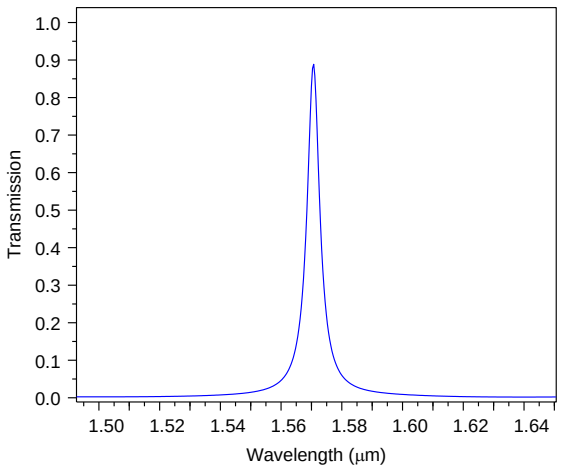
مطابق شکل ۱ مشاهده میکنیم که محدوده باند گپ $0.283 < a/\lambda < 0.417$ یا به عبارت دیگر $1366\ nm < \lambda < 2014$ است.

ساختار فیلتر پیشنهادی در شکل ۲ نشان داده شده است.همانطوری که از شکل مشاهده می شود این ساختار شامل دو ناراستی خطی در موجبر ورودی و خروجی می باشد که از طریق حفره های تشدید به یکدیگر وصل میشود.ساختار این فیلتر در شکل 2 نشان داده شده است.



شکل۲:ساختار کلی فیلتر طراحی شده

با استفاده از روش تفاضل متناهی در حوزه زمان ساختار فیلتر پیشنهادی شبیه سازی شده و طیف خروجی فیلتر در شکل ۳ ارایه شده است.

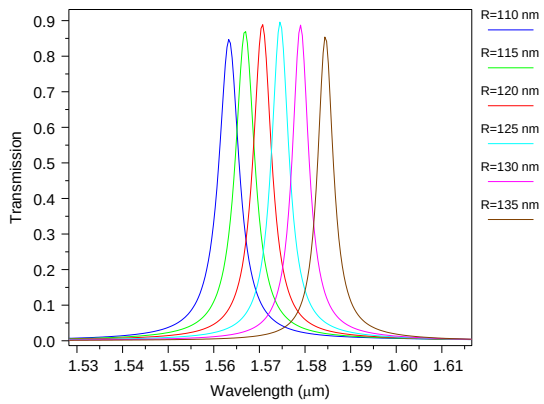


شکل۳.طیف خروجی فیلتر طراحی شده

این فیلتر با مقادیر ذکر شده دارای طیف خروجی در طول موج 1570nmمیباشد.دامنه نرمالیزه خروجی تقریبا برابر با 0.89 می باشد که حاکی از تلفات بسیار ناچیر ساختار پیشنهادی ما می باشد. پهنای باندااین فیلتر در حد 2nm است.با توجه به مقادیر طول موج مرکزی و پهنای باند ضریب کیفیت برابر است با785.

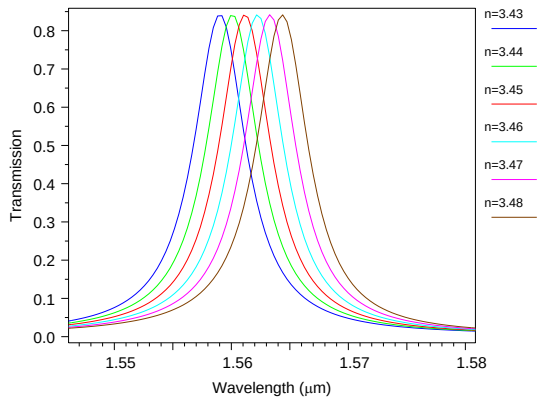
طیف خروجی فیلتر برای مقادیر مختلف شعاع ناراستی ها(R) در شکل ۴ نشان داده شده است. این شکل نشان می دهد که با افزایش شعاع R طول موج خروجی فیلتر به سمت طول موج های بالا تر جابجا می شود. از این خاصیت این فیلتر می توان برای طراحی فیلترهای نوری مختلف با طول موج خروجی مختلف و نیز طراحی دی مالتی پلکسر های نوری استفاده کرد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-01-31]



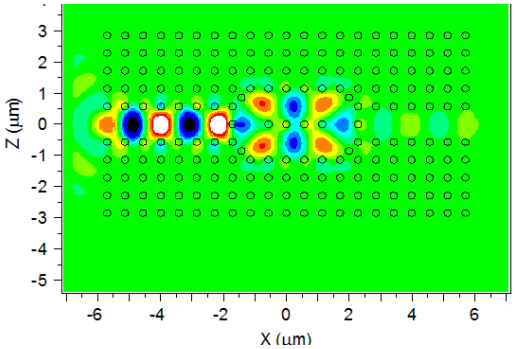
شکل ۴. طیف خروجی فیلتر برای مقادیر مختلف R

دراین فیلتر اثر مقادیر مختلف ضرایب شکست(n)را هم بررسی کردیم که نتایج در شکل ۵ نشان داده شده است.که همانطور که مشاهده می شود با افزایش ضریب شکست طول موج خروجی فیلتر به سمت طول موج های بالا تر جابجا می شود.لذا می توان با تغییر ضریب شکست ماده دی الکتریک سازنده استوانه ها با استفاده از روش های مختلفی مانند اعمال ولتاژ ،میدان یا حرارت به ماده دی الکتریک ، می توان طول موج کاری فیلتر را نیز کنترل و تنظیم کرد.



شکل۵:اثر مقادیر مختلف n در روی ساختار فیلتر

توزیع موج نوری درون ساختار برای طول موج 1570nm در شکل 6 نشان داده شده است. ما مشاهده می کنیم که این طول موج درون باند ممنوعه فتونیکی است و درون ساختار منتشر نخواهد شد و فقط درون موجبرها و رینگ رزوناتور سیر خواهد کرد.



شکل 6. توزیع نور درون ساختار

۳-نتایج

طراحی فیلترهای نوری با تلفات کم از اهمیت بسیاری در مخابرات نوری برخوردار است. سادگی طراحی نیز یکی دیگر از پارامترهای کلیدی در طراحی فیلتر های نوری می باشد.در این ساختار با قرار دادن دو ناراستی خطی در موجبر ورودی و خروجی که از طریق حفره های تشدید به یکدیگر وصل میشود دامنه نرمالیزه خروجی را بسیار نزدیک به ۰.۹ بدست آوردیم که باعث کاهش تلفات نور می شود. نتایج شبیه سازی ها نشان داد که با افزایش ضرایب شکست و همچنین افزایش شعاع ناراستی ها طول موج خروجی این فیلتر به سمت مقادیر بالاتر جابجا می شود.

مراجع

[1] Manolatou,C.,Khan,M.J.,Fan,S.,Villeneuve,P.R,Haus,H.,and Jonnopoulos,J.D.,*Coupling of modes analysis of resonant channel add-drop filters*,IEEE J.Quantum Electron,35,1322-1331,1999.

[2] E. Yablonovitch," *Inhibited Spontaneous Emission in Solid-State Physics and Electronics*" Physical Review Letters 58(20), 2059-2062 (1987).

[3] T.Tanabe,M.Notomi,A.Shinga,S.Mitsugi,E.Kuranmochi,Fast *on-chip all optical switches and memories using silicon photonic crystal with extremely low operating energy,in:Quantum Electronics and Laser ScienceConference(QELS'05)*,QPDA5,Baltimore,May22-27,2005.

[4] S.S.Oh,C.S.Kee,J-E kim,H.Y park,T.I kimI.Park,H.Lim,*Duplexer using microwave photonic band gap structure,Appl-Phso.Lett*.76(2000)2301-2303.

[5] C.M.Saoukoulis(Ed.),*Photonic Band Gap Materials,KluwerAcademic Publisher*,1996.

[6] A.D'Orazio,M.DeSario, V. Petruzzelli, F. Prudenzano, *Photonic band gap filter for wavelength division multiplexer*,Opt.Express 11(3)(2003) 230-239.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-01-31]