طراحی مالتی/دی مالتی پلکسر باند فوق باریک بر پایه بلور فوتونی دو بعدی

علی کاظمی نسبان شتربان[۱] ، کامبیز عابدی[۲]

[۱]دانشکده برق دانشگاه شهید بهشتی ، a.kazeminasaban@mail.sbu.ac.ir

[۲]دانشکده برق دانشگاه شهید بهشتی ، k_abedi@sbu.ac.ir

چکیده – در این مقاله یک مالتی/دی مالتی پلکسر که در آن برای تزویج موجبر ها از میکروکاواک استفاده شده است، طراحی میشود. کانال های ایجاد شده در گاف فوتونی، فرکانس های مرکزی یکسان برای هر دو افزاره داشته و دارای پهنای باند فوق باریک هستند و فاصله مابین دو کانال و پهنای باندشان به گونه ایست که برای سیستم های *CWDM* مناسب میباشد. توان خروجی از درگاه های مشخص شده برای دی مالتی پلکسر بالای *85* درصد و برای مالتی پلکسر بالای*80* درصد میباشد. در این مقاله برای شبیه سازی از روش *FDTD* استفاده شده است.

کلید واژه- بلور فوتونی، میکروکاواک، دی مالتی پلکسر، مالتی پلکسر، باند باریک.

Design of Super Narrowband Multiplexer/Demultiplexer Based on 2D Photonic Crystal

Ali Kazemi Nasaban Shotorban[۱] , Kambiz Abedi[۲]

[۱]Faculty of Electrical Engineering, a.kazeminasaban@mail.sbu.ac.ir

[۲]Faculty of Electrical Engineering, k_abedi@sbu.ac.ir

Abstract- In this paper, a multiplexer and demultiplexer which use microcavities for coupling waveguides are proposed. Having identical central frequency for both devices, the introduced channels in photonic band gap are super narrowband and the spacing between them and their FWDMs are suitable for CWDM system applications. The output powers of distinguished ports are all more than 85 and 80 percent for de-multiplexer and multiplexer, respectively. In this paper, FDTD method has been used for simulations.

Keywords: photonic crystal, microcavity, demultiplexer, multiplexer, narrowband.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-10-31]

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

۱- مقدمه

بلورهای فوتونی ساختارهای متناوبی از مواد هستند که در برخی محدوده های فرکانسی دارای گاف فوتونی میباشند. استفاده از این نوع از ساختارها امکان طراحی ادوات نوری فشرده با کوک پذیری بالا را فراهم ساخته است [1]. با ایجاد نقص در بلورهای فوتونی برخی از فرکانس هایی که در گاف فوتونی قرار داشتند، از بلور عبور داده شده و در واقع بصورت مد نقص در داخل گاف ظاهر میشوند. با استفاده از ساختارهای بلور فوتونی، ادواتی همچون فیلترها [2-5]، دی مالتی پلکسر ها [1]، ادوات منطقی [6-7]، نیم جمع کننده [8]، تمام جمع کننده [9]، مبدل های آنالوگ به دیجیتال [10,11] و غیره، طراحی و ساخته میشوند. در این میان، مالتی/دی مالتی پلکسر ها از افزاره های پرکاربرد در شبکه های مخابرات نوری هستند. دلیل اهمیت بالای این نوع افزاره این است که در شبکه های مخابرات نوری میتوان با استفاده از مالی پلکسینگ تقسیم طول موجی، یک فیبر نوری را به چندین کانال با طول موج های مرکزی متفاوت اختصاص داد [12] و مالتی/دی مالتی پلکسرها در این نوع مالتی پلکسینگ نقشی اساسی دارند. اخیرا ساختارهای متنوعی برای طراحی مالتی/دی مالتی پلکسرها ارائه شده اند که از جمله آن ها استفاده از حلقه های بلور فوتونی برای انتقال سیگنال با طول موج مورد نظر از موجبر ورودی به موجبر خروجی میباشد[1].

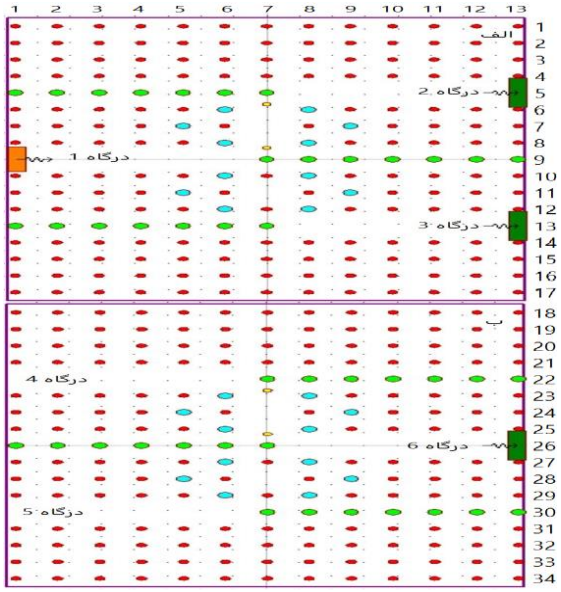
از این رو در این مقاله مالتی/دی مالتی پلکسری طراحی می شود که اساس آن بر مبنای فیلتر نوری طراحی شده توسط آقای وانگ و همکاران [2] میباشد. این فیلتر دارای ویژگی هایی از جمله استفاده از میکرو کاواک با پهنای باند فوق باریک و استفاده از میله هایی با شعاع 1/5 برابری نسبت به شعاع دیگر میله های مورد استفاده برای افزایش انعکاس آینه ها میباشد.

طراحی صورت گرفته در این مقاله یک مالتی پلکسر 2×1 و یک دی مالتی پلکسر 1×2 تقسیم طول موجی با استفاده از میکرو کاواک و آینه ی سیلیکونی می باشد. از این طراحی میتوان در سیستم های مخابرات نوری که در آن ها اطلاعات به صورت تقسیم طول موجی مالتی پلکس میشوند، بهره برد.

۲- طراحی و بررسی ساختار مالتی/دی مالتی پلکسر

در این مقاله از بلور فوتونی با آرایه مربعی ۱۳×۱۷ متشکل از میله های سیلیکونی در بستر هوا برای طراحی مالتی/دی مالتی پلکسر استفاده شده است. ضریب شکست میله ها 3/3763886 و ضریب دی الکتریک نسبی شان 11/4 در نظر گرفته شده است. ثابت شبکه ی این بلور a = ۰/۶۳۸۴ میباشد و شعاع اولیه میله ها $r_1 = ۰/۱۱۵۹ \times a$ میباشد.

در طراحی مالتی پلکسر از یک موجبر به عنوان ورودی و دو میکرو کاواک برای تشدید و تزویج نور بین ورودی و خروجی در طول موج مورد نظر و دو موجبر به عنوان خروجی استفاده شده است. در طراحی دی مالتی پلکسر از دو موجبر به عنوان ورودی و دو میکرو کاواک جهت تشدید و تزویج موج و یک موجبر به عنوان خروجی استفاده شده است. مالتی/دی مالتی پلکسر طراحی شده در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: طراحی الف)دی مالتی پلکسر ،ب)مالتی پلکسر.

به منظور ایجاد آینه در مسیر نور، شعاع میله های سبز رنگ (میله های ردیف های ۵،۹،۱۳،۲۲،۲۶،۳۰)، $1/5 \times r_1$ در نظر گرفته شده اند. آینه تشکیل شده در واقع به گونه ای عمل مینماید که موج نوری ورودی را به صورت عمودی به طرف خروجی منعکس مینماید. نتایج شبیه سازی ارائه شده توسط آقای وانگ و همکاران [2] حاکی از آن است که مقدار

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-10-31]

بهینه برای شعاع میله های آینه 1/5برابر شعاع اولیه میباشد. همچنین این نتایج نشانگر این هستند که با افزایش یا کاهش مقدار شعاع از مقدار بهینه، مقدار خروجی به صورت قابل توجهی کاهش پیدا میکند. البته لازم به ذکر است که با انتخاب شعاع 1/5 برابری مقداری از اندازه ی فاکتور کیفیت نسبت به آینه با شعاع کمتر، کاسته میشود. به منظور بهبود فاکتور کیفیت کاهش یافته میتوان با تغییر ساختار کاواک، پهنای کانال را کاهش داد. برای باریک شدن هرچه بیشتر پهنای مد نقص مربوط به کاواک بالایی -ایجاد شده در گاف فوتونی- و در نتیجه افزایش قابل توجه فاکتور کیفیت، شعاع میله های زرد رنگ (میله های واقع در ستون ۷ و ردیف های ۶،۸،۲۳،۲۵) ۱۰ درصد کاهش یافته است و هر کدام به اندازه 0/2 میکرون در جهت عمودی از یکدیگر فاصله گرفته اند. برای اطلاع از جزئیات بیشتر در مورد تاثیرات شعاع و مکان این میله ها به [13] مراجعه شود.

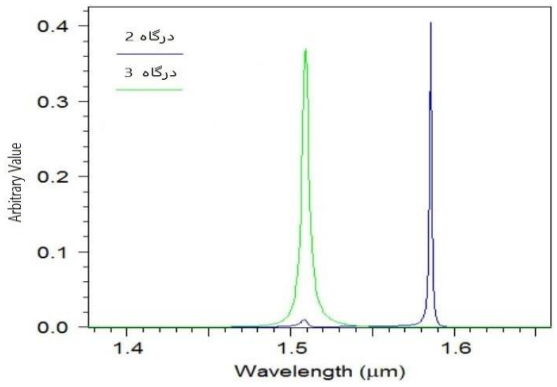
برای افزایش مقدار توان خروجی با استفاده از تغییر خواص میکرو کاواک، شعاع میله های فیروزه ای رنگ (میله های واقع در ستون های ۵،۹ و ردیف های ۷،۱۱،۲۴،۲۸ و همچنین ستون های ۶،۸ و ردیف های ۶،۸،۱۰،۱۲،۲۳،۲۵،۲۷،۲۹) به اندازه ۵۰ درصد بزرگتر در نظر گرفته شده اند.

۳- بررسی نتایج شبیه سازی

به منظور شبیه سازی ساختار ارائه شده از روش شبیه سازی FDTD استفاده شده است. همچنین از PML برای مرزبندی طراحی استفاده شده است.

۳-۱- پاسخ طول موجی

برای بدست آوردن پاسخ طول موجی، موجی با طول موج 1/55 به صورت پالسی کوتاه به ورودی اعمال شده است. پاسخ طول موجی دی مالتی پلکسر در شکل ۲ نشان داده شده است. طول موج های مرکزی 1/5084 میکرومتر و 1/5841 میکرومتر میباشد. مشاهده میشود فاصله ی بین دو کانال عبوری از هم تقریبا ۷۶ نانومتر میباشد که این نتایج برای استفاده در سیستم CWDM با توجه به استاندارد ITU G.694.2 مناسب میباشد. کانال با طول موج مرکزی 1/5084، دارای FWHM برابر 3/5 نانومتر و فاکتور کیفیت ۴۳۱ و کانال با طول موج مرکزی 1/5841 دارای FWHM برابر 0/7 نانومتر و فاکتور کیفیت ۲۲۶۳ میباشد. پاسخ طولی موجی مالتی پلکسر به علت مطابقت کاواک های آن با کاواک های دی مالتی پلکسر با پاسخ طول موجی دی مالتی پلکسر یکسان میباشد.



شکل ۲: پاسخ طول موجی مالتی/دی مالتی پلکسر

۳-۲- پاسخ زمانی

در طراحی مربوط به دی مالتی پلکسر هر دو فرکانس مرکزی با توان واحد به صورت جداگانه به ورودی مدار اعمال شده است و نتایج به صورت جدا از هم تحلیل میشوند. این عمل به علت خطی بودن معادلات ماکسوئل مجاز میباشد. نتایج مربوط به ورودی 1/5084 میکرومتر در شکل ۳-الف و ورودی 1/5841 در شکل۳-ب نشان داده شده است. مشاهده میشود توان خروجی درگاه ۲ برای ورودی 1/5084، 2/8 درصد و برای ورودی 1/5841، تقریبا 86/39 درصد توان ورودی میباشد. توان خروجی درگاه ۳ برای ورودی 1/5084، تقریبا 88/09 درصد و برای ورودی 1/5841، صفر درصد ورودی میباشد.

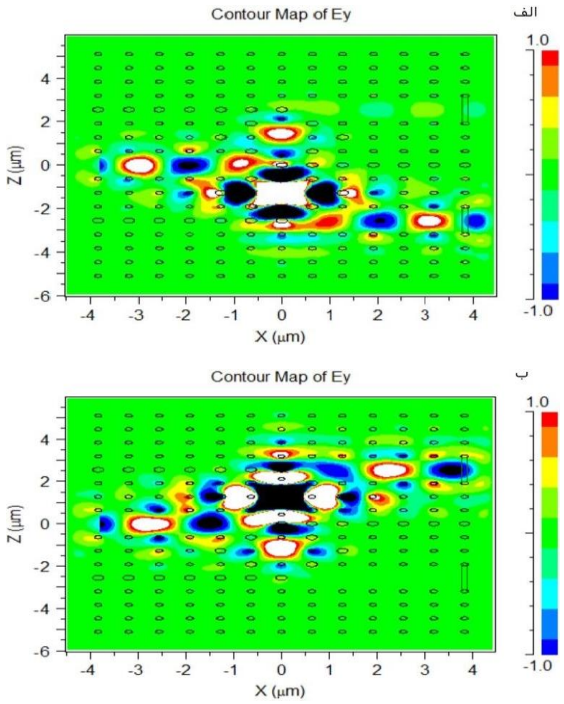
در طراحی مربوط به مالتی پلکسر در ابتدا الف) به درگاه شماره ۴ هر دو طول موج مرکزی مد های نقص را با توان واحد به صورت جداگانه به عنوان ورودی اعمال گردیده و درگاه شماره ۵ و ۶ به عنوان خروجی در نظر گرفته شده اند. سپس ب) به درگاه شماره ۵ هر دو فرکانس مرکزی به صورت جداگانه به عنوان ورودی با توان واحد اعمال گردیده و درگاه شماره ۴ و ۶ به عنوان خروجی در نظر گرفته شده اند. نتایج در شکل ۴ نشان داده شده اند.

توان خروجی مربوط به حالت الف برای ورودی 1/5084 و 1/5841 میکرومتر به ترتیب برای درگاه ۵، 1/7 درصد و

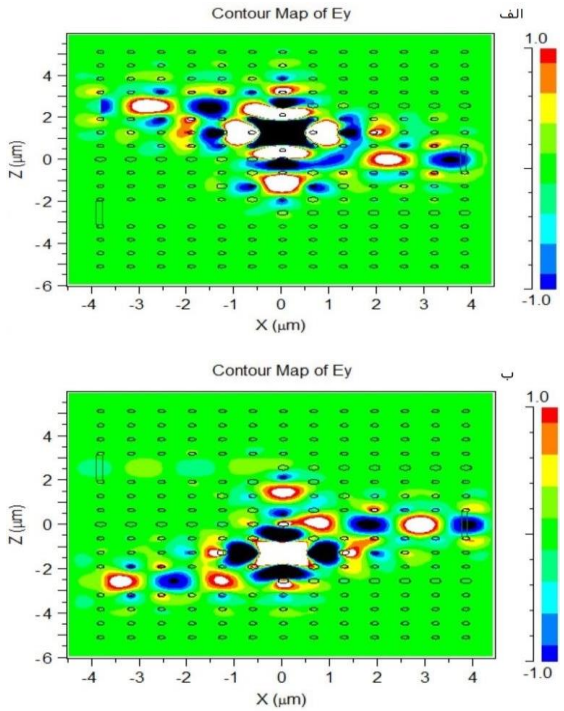
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد

[Downloaded from opsi.ir on 2026-10-31]

صفر و برای درگاه ۶، 2/4 درصد و 83/62 درصد میباشد.



میکرومتر در 1/5084شکل ۳: پاسخ زمانی دی مالتی پلکسر به ورودی الف) 5500 cT. میکرومتر در زمان نهایی 1/5841، ب)cT 1500زمان نهایی



میکرومتر در 1/5841شکل ۴: پاسخ زمانی مالتی پلکسر به ازای ورودی الف) میکرومتر در زمان 1/5084 به درگاه ۴ و ورودی ب)cT 6000زمان نهایی به درگاه ۵.cT 2000نهایی

توان خروجی مربوط به حالت ب برای ورودی 1/5084 و 1/5841 میکرومتر به ترتیب برای درگاه ۴، 3/3 درصد و صفر درصد و برای درگاه ۶، 84/5 درصد و صفر درصد توان ورودی میباشد.

۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله یک مالتی پلکسر 1×2 و یک دی مالتی پکسر 2×1 با استفاده از بلور فوتونی 13×17 که از میله های سیلیکونی بر بستر هوا تشکیل شده است، طراحی شد. کانال های این دو افزاره باند فوق باریک بوده و فاصله مابینشان ۷۶ نانومتر بدست آمد که برای استفاده در سیستم CWDM مناسب است. توان های خروجی بالایِ ۸۵ درصد برای خروجی های مطلوب دی مالتی پکسر و توان های خروجی بالای ۸۰ درصد برای مالتی پلکسر حاصل شد.

مراجع

[1] Mehdizadeh, F., et al. *An optical demultiplexer based on photonic crystal ring resonators*, **Optik - International Journal for Light and Electron Optics** 127(20): 8706-8709 (2016).

[2] Wang, Y., et al. *A super narrow band filter based on silicon 2D photonic crystal resonator and reflectors*, **Optics Communications** 363: 13-20 (2016).

[3] Wang, G., Li, S., An, G. et al. *Design of a polarization filtering photonic crystal fiber with a big gold-coated air hole*, **Opt Quant Electron** 48: 457 (2016).

[4] Vaisi, A., et al. *Low Loss and High-Quality Factor Optical Filter Using Photonic Crystal-Based Resonant Cavity*, Journal of Optical Communications (2017).

[5] Zhuang, Y., et al. *Cascaded chirped narrow bandpass filter with flat-top based on two-dimensional photonic crystals*, **Applied Optics** 56(14): 4185-4190 (2017).

[6] B. Singh and S. Rawal. *Photonic-crystal-based all-optical NOT logic gate*, **J. Opt. Soc. Am. A** 32, 2260-2263 (2015).

[7] Zhang, Y., et al. *Optical switches and logic gates based on self-collimated beams in two-dimensional photonic crystals*, **Optics Express** 15(15): 9287-9292 (2007).

[8] Neisy, M., Soroosh, M. & Ansari-Asl, K. *All optical half adder based on photonic crystal resonant cavities*, **Photon Netw Commun** (2017).

[9] Alipour-Banaei, H. and H. Seif-Dargahi. *Photonic crystal based 1-bit full-adder optical circuit by using ring resonators in a nonlinear structure*, **Photonics and Nanostructures - Fundamentals and Applications24**(Supplement C): 29-34 (2017).

[10] B. Miao, C. Chen, A. Sharkway, S. Shi, and D. W. Prather, *Two bit optical analog-to-digital converter based on photonic crystals*, **Opt. Express** 14, 7966–7973 (2006).

[11] Mehdizadeh, F., et al. *A Novel Proposal for All Optical Analog-to-Digital Converter Based on Photonic Crystal Structures*, **IEEE Photonics Journal** 9(2): 1-11 (2017).

[12] H.J.R. Dutton, *Understanding Optical Communications*, **Prentice Hall PTR**, 1998.

[۱۳] عابدی، کامبیز، *مقدمه ای بر ادوات نوری بلور فوتونی*، **انتشارات مهر جرد** ، ۱۳۹۵.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-10-31]