بیست و پنجمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و یازدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه شیراز،
شیراز، ایران.
۹-۱۱ بهمن ۱۳۹۷

طراحی دی‌مالتی‌پلکسر ۴ کاناله مبتنی بر نانوتشدیدگر حلقوی کریستال فوتونی

غلامعلی دلفی[۱]، سعید علیائی[۲و*]، محمود صیفوری[۳]، احمد محب‌زاده بهابادی[۴]

[۱] دانشجوی ارشد، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، تهران، ایران
Email: alisat20020@gmail.com
[۲] استاد، آزمایشگاه تحقیقاتی نانوفوتونیک و اپتوالکترونیک، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، تهران، ایران
Email: s_olyaee@sru.ac.ir
[۳] دانشیار، آزمایشگاه تحقیقاتی ادوات فوتونی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، تهران، ایران
Email: mahmood.seifouri@sru.ac.ir
[۴] دانشجوی دکتری، آزمایشگاه تحقیقاتی نانوفوتونیک و اپتوالکترونیک، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، تهران، ایران Email: a.moheb@sru.ac.ir

چکیده - در این مقاله یک دی‌مالتی‌پلکسر چهار کاناله مبتنی بر نانوتشدیدگر حلقوی کریستال فوتونی طراحی شده است. ساختار این دی‌مالتی‌پلکسر مبتنی بر استفاده از فیلتر کریستال فوتونی است. از مزایای دی‌مالتی‌پلکسر چهار کاناله طراحی شده، می‌توان به میانگین ضریب کیفیت ۴۵۲۵، میانگین ضریب انتقال توان کانال‌ها ۹۵ درصد و میزان بیشینه و کمینه هم‌شنوایی به ترتیب ۱۹/۶ – دسی‌بل و ۴۰/۴- دسی‌بل اشاره کرد. همچنین نتایج شبیه‌سازی نشان دهنده فاصله بین کانالی ۷/۸ نانومتر و میانگین عرض‌کانالی ۰/۳۷۵ نانومتر است.

کلید واژه- دی‌مالتی‌پلکسر، شکاف‌باند، کریستال‌های‌فوتونی، فیلتر، نانوتشدیدگرحلقوی.

Design of 4-channel optical demultiplexer based on photonic crystal nano-ring resonator

Gholamali Delphi[1], Saeed Olyaee[2], Mahmood Seifouri[3], Ahmad Mohebzadeh-Bahabady[4]

[1]Faculty of Electrical, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran, Email: alisat20020@gmail.com
[2]Faculty of Electrical, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran, Email: s_olyaee@sru.ac.ir
[3]Faculty of Electrical, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran, Email: mahmood.seifouri@sru.ac.ir
[4]Faculty of Electrical, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran, Email: a.moheb@sru.ac.ir

Abstract- In this paper, 4-channel optical demultiplexer has been designed based on photonic crystal nano-ring resonator. The structure of demultiplexers is based on the use of a photonic crystal filter. The advantages of the designed 4-channel include the mean quality factor of 4525, mean channel power transfer factor of 95%, and maximum and minimum channel cross-talk of -19.6 and -40.4, respectively. Also, the simulation results reveal that the inter-channel difference is 7.8 nm and mean channel width is 0.375 nm.

Keywords: Demultiplexer, photonic crystal, photonic band gap, photonic crystal filters, circular nano-resonator.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2024-04-28]

مقدمه

امروزه طراحی دستگاه‌های نوری نانومتری با عملکرد بالا یکی از مهم‌ترین چالش های فنآوری در سیستم های پردازش اطلاعات در ارتباطات نوری است. سیستم‌های چندگانه تقسیم طول موج (WDM) به دو دسته CWDM و DWDM طبقه‌بندی شده است. سیستم CWDM از تعداد کم‌تری از کانال‌ها در محدوده طول موج بین ۱۲۷۱ تا ۱۶۱۱ نانومتر با فاصله کانال ۲۰ نانومتر پشتیبانی می‌کند. سیستم DWDM تعداد کانال‌های بیشتری را از ۱۵۲۵ تا ۱۵۶۵ نانومتری با فاصله کانونی باریک (۱/۶ نانومتر، ۰/۸ نانومتر، ۰/۴ نانومتر) تسهیل می‌کند [۱]. کریستال فوتونی یکی از کاندیدهای مناسب برای سیستم‌های WDM است، زیرا دارای حساسیت بالا، سرعت تراهرتز و اندازه نانومتری است. کریستال فوتونی (PC) به عنوان ساختارهایی با ضریب‌شکست متناوب است. این دوره زمانی ناشی از ناحیه طول موجی به نام شکاف باند فوتونی (PBG) است که در آن انتشار تابش الکترومغناطیسی مجاز نیست [۲]. با استفاده از PBG می‌توان رفتار نور داخل PC را در فضاهای بسیار کوچک کنترل کرد که کلیدی برای طراحی ادوات فوق فشرده بر اساس کریستال فوتونی است که برای مدارهای مجتمع نوری مناسب هستند. ثابت شبکه a، شعاع میله دی الکتریک r و تفاوت شاخص انکسار Δ پارامترهای مهم برای تولید و کنترل PBG است [۳]. بسیاری از ادوات نوری بر اساس کریستال فوتونی ارائه شده‌اند؛ از قبیل فیلترهای نوری [۴]، فیبرهای نوری [۵]، لیزرهای کریستال فوتونی [۶]، دی‌مالتی‌پلکسرهای نوری کریستال‌فوتونی موضوع این مقاله [۷]، سوئیچ‌ها و گیت‌های منطقی [۸]، حسگرهای نوری [۹] و غیره.

فیلتر های فزون/فرود عملکرد دیگری از کریستال های فوتونی هستند که بین دو موجبر ورودی و خروجی قرار می‌گیرند. یک فیلتر نوری مبتنی بر نانوتشدیگر حلقوی کریستال فوتونی با ضریب‌کیفیت ۱۲۹۰ و طول‌موج مرکزی ۱۵۴۸ نانومتر و ضریب‌انتقال ۹۵ درصد طراحی شده است [۱۰].

ضریب‌کیفیت، تداخل کانالی، فاصله بین کانونی، تعداد کانال‌های خروجی و اندازه دستگاه از مهمترین پارامترها در بررسی عملکرد یک دی‌مالتی‌پلکسر نوری است. اما به دلیل فاصله بین‌کانالی زیاد دی‌مالتی‌پلکسرهای نوری خطی برای استفاده در ساختار DWDM قابل استفاده نیست. جهت جبران این نقص، دی مالتی‌پلکسر با نانوتشدیدگر حلقوی پیشنهاد می‌شود. در سال ۲۰۱۶ یک دی‌مالتی‌پلکسر ۴ کاناله نانوتشدیدگر حلقوی با ساختار هندسی گزارش شده که فاصله بین‌کانالی حدود ۳ نانومتر، کم‌ترین بازده انتقال ۹۲ درصد، ضریب کیفیت بیش از ۸۱۸ و هم شنوایی کانالی ۱۸- دسی‌بل از آن نتیجه شده است [۱۱]. در سال ۲۰۱۷ یک دی‌مالتی‌پلکسر ۵ کاناله مبتنی بر نانو تشدیدگر حلقوی در طول‌موج اطراف ۱۵۵۰ نانومتر شبیه سازی شده است [۱۲-۱۳]. در این طراحی میانگین ضریب انتقال ۹۲ درصد، میانگین فاصله بین‌کانالی ۴/۲ نانومتر، میانگین عرض‌کانالی ۱/۵۱ نانومتر و ضریب کیفیت کانال‌ها در حدود ۱۰۴۰ است. بنابراین دی‌مالتی‌پلکسرهای نوری نانوتشدیدگر حلقوی کریستال فوتونی قابلیت بیشتری در سامانه‌های WDM دارند.

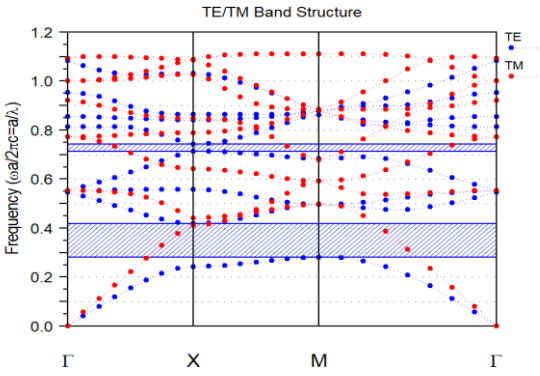
طراحی فیلتر نانوتشدیدگر حلقوی

برای طراحی فیلتر، یک شبکه کریستال فوتونی دو بعدی با ساختاری مربعی شکل در نظر گرفته شده است. جنس میله‌های دی‌الکتریک، سیلیکن با ضریب شکست ۳/۴۶ در بستری از هوا با ضریب شکست ۱/۰۰ است. شعاع میله‌های دی‌الکتریک برابر با ۱۰۴ نانومتر (R=a×۰/۲۰) و ثابت شبکه ساختار کریستال فوتونی برابر با (a =۵۲۰) نانومتر است. در ابتدا شکاف باند فوتونی محاسبه شده است. شکاف باند طول موج‌های ممنوعه برای انتشار در شبکه کریستال فوتونی را بیان می‌کند. برای محاسبه این نمودار از روش بسط موج صفحه‌ای استفاده شده است. نمودار شکاف باند فوتونی در شکل ۱ نشان داده شده است. فرکانس‌های به‌هنجارشده برای مود TE در شکاف باند فوتونی اصلی بین ۰/۲۷۹ تا

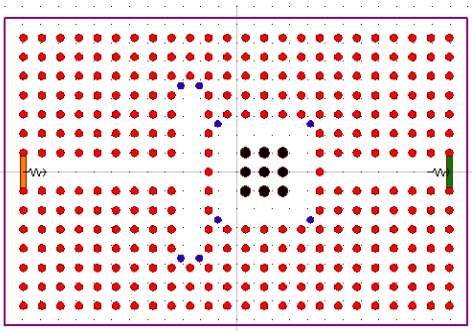
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2024-04-28]

۰/۴۱۶ قرار دارد. برای شکاف باند دیگر بین ۰/۷۱۳ تا ۰/۷۴۱ است. با توجه به (a =۰/۵۲) در این ساختار طول موج‌های متناظر با شکاف باند اصلی برابر با ۱۲۵۰ نانومتر تا ۱۸۶۳ نانومتر است. در شکل‌های ۲ و ۳ ساختار فیلتر و طول‌موج مرکزی خروجی۱۵۷۳/۶ نانومتر نشان داده شده است.



شکل ۱: نمودار شکاف باند فوتونی در قطبش های TEو TM، برای ساختار کریستال فوتونی که ثابت شبکه آن برابر ۵۲۰ نانومتر و شعاع میله های دی الکتریک ۱۰۴ نانومتر است.

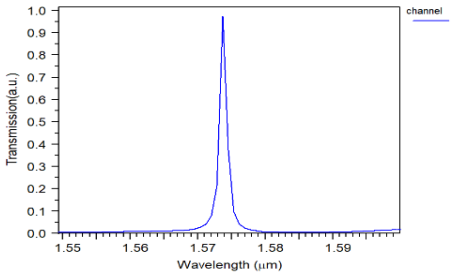


شکل ۲: ساختار فیلتر کریستال فوتونی مبتنی بر حلقه تشدیدگر پیشنهاد شده جهت استفاده در دی‌مالتی‌پلکسر نوری.

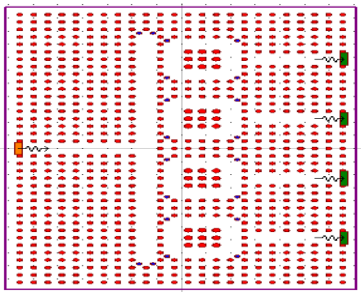
طراحی و شبیه‌سازی دی‌مالتی‌پلکسر ۴ کاناله

در این حالت ساختار کریستال فوتونی دارای تعداد ۳۷×۲۴ میله و اندازه ۲۱/۰۹×۱۳/۶۸ میکرومتر است. ساختار با استفاده از چهار نانو تشدیدگر حلقوی مربعی شکل گرفته است. در این تشدیدگرهای حلقوی نیز شعاع میله‌های دی-الکتریک نسبت به میله‌های اصلی متفاوت است. شعاع میله-های نانوتشدیدگر حلقوی اول، ۰/۲۷۵ ثابت شبکه است و در حلقه‌های دیگر با اختلاف ۱ نانومتر انتخاب شده است.

همچنین از ۲۰ میله پراکندگی استفاده شده است. ساختار طراحی شده در شکل ۴ نشان داده شده است.

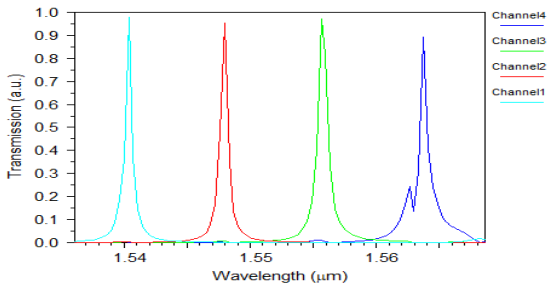


شکل ۳: خروجی فیلتر با طول‌موج ۱۵۷۳/۶ نانومتر.



شکل ۴: دی‌مالتی‌پلکسر نوری چهار کاناله مربعی شکل.

خروجی شدت طول‌موج‌های انتقالی مربوط به چهار کانال و هم‌شنوایی کانال‌ها در شکل ۵ و ۶ نشان داده شده است. همچنین نتایج شبیه سازی به تفکیک کانال‌ها، در جدول-های ۱ و ۲ بیان شده است.



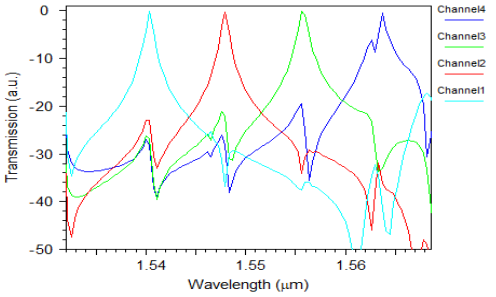
شکل ۵: خروجی شدت طول‌موج‌های انتقالی در دی‌مالتی‌پلکسر ۴ کاناله.

جدول ۱: پارامترهای مهم برای دی‌مالتی‌پلکسر چهار کاناله.

کانال	طول‌موج‌مرکزی	عرض کانال	ضریب‌کیفیت	ضریب انتقال توان٪
۱	۱۵۴۰/۳	۰/۳	۵۱۳۴	۹۸
۲	۱۵۴۷/۹	۰/۳	۵۱۵۹	۹۶
۳	۱۵۵۵/۸	۰/۶	۲۵۹۳	۹۷
۴	۱۵۶۳/۸	۰/۳	۵۲۱۳	۹۰

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

[Downloaded from opsi.ir on 2024-04-28]



شکل ۶: نمودار هم‌شنوایی در دی‌مالتی‌پلکسر چهار کاناله.

جدول ۲: میزان هم‌شنوایی بین کانال‌های مختلف در چهار کاناله.

کانال	کانال ۱	کانال۲	کانال۳	کانال۴
۱	-	-۲۲/۸	-۲۶	-۲۷
۲	-۳۴	-	-۲۱/۴	-۲۶/۷
۳	-۳۵/۸	-۳۱	-	-۱۹/۶
۴	-۴۰/۴	-۳۵	-۳۲/۶	-

نتیجه‌گیری

در این مقاله با استفاده از حلقه تشدیدگر کریستال فوتونی مربعی شکل یک فیلتر، دی‌مالتی‌پلکسر چهار کاناله طراحی شده‌است. ساختار دی‌مالتی‌پلکسر چهار کاناله از یک موجبر ورودی T شکل، حلقه‌های تشدیدگر مربعی شکل و چند موجبر خروجی تشکیل شده است. با استفاده از تغییر شعاع میله‌های درون تشدیدگرهای حلقوی و جایگزینی مناسب برای میله‌های پراکندگی، قابلیت گزینش طول‌موج در ساختار بهبود یافته است. دی‌مالتی‌پلکسر پیشنهاد شده قادر است طول‌موج‌های ۱۵۴۰/۲، ۱۵۴۷/۹، ۱۵۵۵/۸، ۱۵۶۳/۸ نانومتر را گزینش نماید و در سیستم‌های WDM قابل استفاده است. میانگین شدت توان انتقالی در خروجی کانال‌ها ۹۵ درصد است. میزان بیش‌ترین و کم‌ترین هم‌شنوایی به ترتیب ۱۹/۶- دسی‌بل و ۴۰/۴- دسی‌بل و میانگین میزان ضریب‌کیفیت ۴۵۲۵ به‌دست آمده است.

مرجع ها

[1]. Divya, J. and Selvendran, S. and A. Sivanantha Raja., "Two-dimensional photonic crystal ring resonator-based channel drop filter for CWDM application." Photonic Network Communications, v0l. 35, no. 3, pp: 353-363, 2018.

[2]. Bendjelloul, R. and Bouchemat, T. and Bouchemat, M. and Benmerkhi, A., "New design of T-shaped channel drop filter based on photonic crystal ring resonator", Nanoscience and Nanotechnology, vol. 6, no. 1A, pp:13-17., 2016.

[3]. Kannaiyan, V. and Dhamodharan, S. K. and Savarimuthu, R., "Performance analysis of two-dimensional photonic crystal octagonal ring resonator based eight channel demultiplexer. Optica Applicata", vol. 47, no. 1, 2017.

[4]. Chhipa, M. K. and Radhouene, M. and Robinson, S. and Suthar, B., "Improved dropping efficiency in two-dimensional photonic crystal-based channel drop filter for coarse wavelength division multiplexing application", Optical Engineering, vol. 56, no. 1, pp: 015107, 2017.

[5]. Tani, F. and Travers, J.C. and Russell, P.S.J., "Multimode ultrafast nonlinear optics in optical waveguides: numerical modeling and experiments in kagomé photonic-crystal fiber, JOSA B, vol . 31, no. 2, pp: .311-320, 2014.

[6]. Noda, S. and Kitamura, K., Okino, T. and Yasuda, D. and Tanaka, Y., "Photonic-crystal surface-emitting lasers: Review and introduction of modulated-photonic crystals", IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, 23(6), pp: 1-7, 2017.

[7]. Gupta, N. D. and Janyani, V., "Dense wavelength division demultiplexing using photonic crystal waveguides based on cavity resonance," Optik. Int. J. Light Electron Opt, vol. 125, no. 19, pp: 5833–5836, 2014.

[8]. Mohebzadeh-Bahabady, A. and Olyaee, S., "All-optical NOT and XOR logic gates using a photonic crystal nano-resonator and based on interference effect", IET Optoelectronics, vol. 12, no. 4, pp: 191-195, 2018.

[9]. Olyaee, S. and Mohebzadeh-Bahabady, A. "Two-curve-shaped biosensor for detecting glucose concentration and salinity of seawater based on photonic crystal nano-ring resonator", Sensor Letters, Vol. 13, No. 9, pp: 774-777, 2015.

[10]. Seifouri, M. and Fallahi, V. and Olyaee, S., "Ultra-high-Q optical filter based on photonic crystal ring resonator', Photonic Network Communications, vol. 35, no. 2, pp: 225-230, 2018.

[11]. Mehdizadeh, F. and Soroosh, M. and Alipour-Banaei, H., "An optical demultiplexer based on photonic crystal ring resonators." Optik-International Journal for Light and Electron Optics, vol. 127, no. 20, pp: 8706-8709, 2016.

[12]. Fallahi, V. and Seifouri, M. and Olyaee, S. and Alipour-Banaei, H., "Four-channel optical demultiplexer based on hexagonal photonic crystal ring resonators." Optical Review, vol. 24, no. 4, pp: 605-610, 2017.

[13]. Naghizade, S. and Sattari-Esfahlan, S. M., "An optical five channel demultiplexer-based simple photonic crystal ring resonator for WDM applications." Journal of Optical Communications, 2018.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2024-04-28]