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

دی مالتی پلکسر نوری با مکانیزم طول موج گزینی فقط با تغییر عرض موجبر

پریسا عبداله زاده بدلبو، مهدی قربان زاده ربطی و حامد علیپور بنایی

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، گروه مهندسی برق، تبریز، ایران

چکیده- در این مقاله دی مالتی پلکسر نوری دو کاناله ای در ساختارهای مبتنی بر کریستالهای فوتونیکی طراحی و شبیه سازی کرده ایم . برای تحقق این کار ازسری کردن دو موجبر کریستال فتونیکی که شامل میله هایی با شعاع وثابت شبکه یکسان و عرض های غیر یکسان استفاده شده و هرکدام طول موج مرکزی خاصی را جدا می کنند .این ساختار می تواند 2 کانال به طول موجهای مرکزی متفاوت را با فاصله کانال به طورمتوسط ده نانومتر از هم جداسازی کند .این دیمالتی پلکسر مناسب برای کاربردهای *WDM* بوده و همچنین بدلیل سطح مقطع بسیار کوچک و دامنه انتقالی بسیار بالا *96%* و همشنوایی پایینش قابلیت استفاده در مدارات مجتمع نوری را دارد.

کلید واژه :باند ممنوعه فوتونیکی،مخابرات نوری ،دی مالتی پلکسر

Optical de-multiplexer with wavelength selectivity mechanism only by changing the waveguide width

Parisa Abdollahzadeh-Badelbou, Mehdi Ghorbanzadeh Rabati and Hamed Alipour-Banaei

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

Abstract -In this paper A dual wavelength division de-multiplexing mechanism based on photonic crystal is demonstrated by using cascaded photonic crystal waveguides with the same lattice constant, Radius of holes and also unequal waveguide widths .the size of structure and a better low cross-talk ratio and over 96% output efficiency promises its applications in optical integrated circuits and wavelength division multiplexing(WDM)communication devices.

Keywords: photonic band gap, optical communication, de-multiplexer

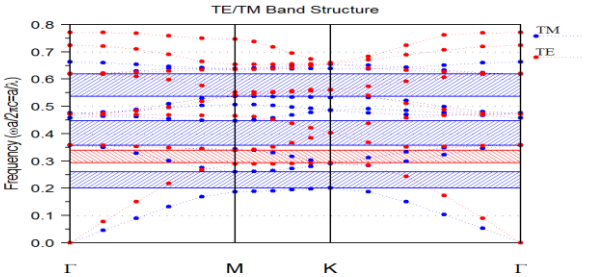
[Downloaded from opsi.ir on 2025-12-15]

۱- مقدمه

با توجه به تغییرات اساسی در شیوه زندگی انسانها در قرن بیست و یکم ، تبادل انواع مختلف اطلاعات میان مردم در سراسر جهان به بخش جدایی ناپذیر زندگی انسانها تبدیل شده است . بنابراین تعداد کاربران اینترنت هر روز به صورت نمایی در حال رشد است که خواهان تبادل اطلاعات با سرعت بالا و حجم زیاد در حداقل زمان هستند و هیچ نوع تاخیری در ارسال یا دریافت اطلاعات درشبکه های اینترنتی را تحمل نمی کنند.این امر منجر به توسعه شبکه های مخابرات نوری شده است که در آن از فیبرهای نوری به عنوان رسانه انتقال برای تبادل دیتا و امواج نوری به عنوان حامل یا کاریر استفاده شده است.به منظور استفاده بهینه از ظرفیت فیبرهای نوری می توانیم تعداد طول موجهای ارسالی به داخل فیبر را افزایش دهیم.با استفاده از تکنولوژی های مالتی پلکس تقسیم طول موج) WDM (و مالتی پلکس تقسیم طول موج متراکم) DWDM (میتوان دو،چهار ،هشت کانال یا بیشتر را با طول موجهای مرکزی متفاوت توسط یک فیبر نوری ارسال کرد. پس از ارسال چندین کانال نوری در یک فیبر در طرف گیرنده لازم است کانالها از هم جدا شوند . دی مالتی پلکسر نوری وسیله ای است که برای جداسازی کانالها از همدیگر و تحویل آنها به کاربرمورد استفاده قرار می گیرد.[1-3] در دهه اخیر دی مالتی پلکسر های مبتنی بر کریستالهای فوتونیکی بدلیل کاربردشان در شبکه های مخابرات نوری و تکنولوژیهای WDMو DWDM بسیار مورد توجه واقع شده اند .چندین روش قبلا برای طراحی این ادوات توسط محققان ارایه شده است . [4-6] موجبرهای سری کوپل شده [7-8] ، ابرمنشور. سری کردن چندین فیلتر وکاواک رزونانسی از جمله مکانیزم های بکار رفته برای طراحی دی مالتی پلکسر می باشد. در این مقاله با استفاده از مکانیزم طول موج گزینی با تغییر عرض موجبردی مالتی پلکسر نوری 2 کاناله ای طراحی و شبیه سازی کرده ایم دامنه انتقالی بالا و ضریب کیفیت بالا ازویژگی های قابل توجه ساختار ما می باشد.

۲- طراحی دی مالتی پلکسر

ساختار پایه بکار رفته برای طراحی د مالتیپلکسرپیشنهادی یک شبکه مربعی از میله های دی اکتریک می باشد که توسط هوااحاطه شده اند .ضریب شکست میله های دی الکتریک 3.7 و شعاع میله های دی الکتریک 277.1nmو ثابت شبکه ساختار 815 nm میباشد .قبل از انجام هر عملی در طراحی دی مالتی پلکسر مبتنی بر کریستالهای فوتونیکی دو بعدی باید ساختار باندکریستال مورد نظر و محدوده باند ممنوعه آن محاسبه و استخراج شود تا مشخص شود که آیا ساختار مورد نظر برای طول موج کاری مامناسب میباشد یا نه .برای محاسبه ساختار باند و استخراج باند ممنوعه فوتونیکی در حال حاضر بهترین راه استفاده ازروشهای عددی میباشد .یکی از این روشهای عددی روش بسط امواج مسطح (PWE) میباشد که معمولا فرکانسهای ویژه ساختارهای متناوب را در حوزه فرکانس با حل عددی معادلات ماکسول محاسبه میکند با رسم این فرکانسهای ویژه در یک نمودار دو بعدی برحسب بردارهای شبکه ساختار باند و باند ممنوعه فوتونیکی کریستال فوتونیکی بدست میآید .در این مقاله ما نیز از همین روش برای استخراج باند ممنوعه فوتونیکی کریستال پایه مورد نظر استفاده کردیم اما برای تسریع محاسبات و کاهش احتمال خطا در محاسبات از نرم افزار Bandsolve برای محاسبات PWEکمک گرفتیم .ساختار باند کریستال مورد نظر بامقادیر فوق برای ضریب شکست دی الکتریک، شعاع میله ها و ثابت شبکه به صورت شکل 1 بدست می آید.



شکل ۱. ساختار باند کریستال فوتونیکی مورد نظر

شکل 1 نشان می دهد که سه ناحیه باند ممنوعه فوتونیکی در ساختار باند وجود دارد که سه ناحیه در مد TM و یکی در مدTE می باشد .محدوده فرکانسی باند ممنوعه فوتونیکی به شرح زیر میباشد:

در مدTM:

$$0.2<a/\lambda< 0.26$$

[Downloaded from opsi.ir on 2025-12-15]

$0.357 < a/\lambda < 0.447$
$0.536 < a/\lambda < 0.619$

در مدTE: $0.29 < a/\lambda < 0.339$

محدوده طول موجی نیز چنین می باشد:

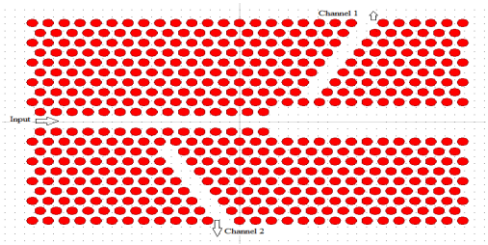
در مد TM: $3215\ nm < \lambda < 4184\ nm$

$1870\ nm < \lambda < 2341nm$

$1351nm < \lambda < 1628nm$

در مد TE: $۲۸۹۰nm < \lambda < 2460nm$

نتایج بدست آمده نشان میدهد که فقط یک ناحیه در مد TM(سومین ناحیه در مد TM) برای کاربردهای WDM مناسب است،بنابراین تمامی شبیه سازیها را در مد TM انجام خواهیم داد .شکل ساختار دیمالتی پلکسر پیشنهادی ما در شکل 2 نشان داده شده است که ازدو قسمت اصلی تشکیل شده است(الف)یک ساختار متشکل از دو موجبر که برای ایجاد موجبر افقی یک ردیف از سلول ها حذف گردیده است.(ب)یک ساختاردیگر با همان مشخصات ساختار قبلی متشکل از دو موجبر که برای ایجاد موجبر افقی سه ردیف از سلول ها حذف گردیده است. حال برای اینکه طول موج خروجی هر یک ازکانالها متفاوت از همدیگر باشد بایستی این دو ساختار یعنی ساختار شماره یک با عرض موجبر a وساختارشماره دو با عرض موجبر 3a باهم سری شوند. شکل نهایی ساختار ارائه شده بصورت شکل 2 می باشد.

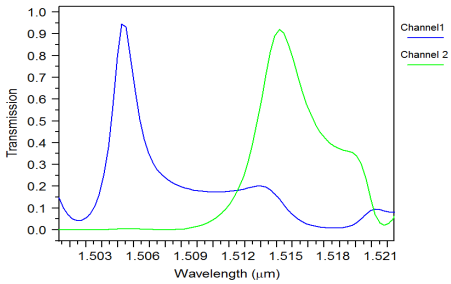


شکل ۲. ساختار پیشنهادی دیمالتی پلکسر

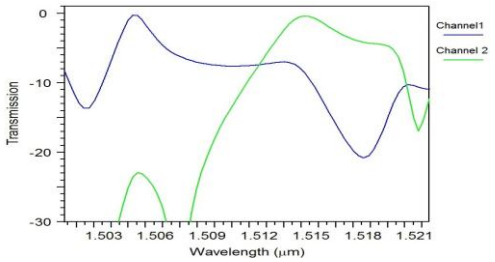
۳-شبیه سازی و نتایج

بعد از طراحی دی مالتی پلکسر پیشنهادی ما باید طیف خروجی ساختار را بدست بیاوریم .برای این منظور از ابزار شبیه سازی Full-waveنرم افزار Rsoft که از روش تفاضل متناهی در حوزه زمان یا به عبارتی روش FDTD برای محاسبه رفتار امواج نوری در داخل ادوات مبتنی بر کریستال های فوتونیکی استفاده می کند .

در نهایت طیف خروجی دیمالتی پلکسر در شکل 3 آمده است.این دی مالتی پلکسر میتواند 2 کانال با طول موجهای مرکزی 1515nmو1505nm را از هم جدا کند.



(الف)



(ب)

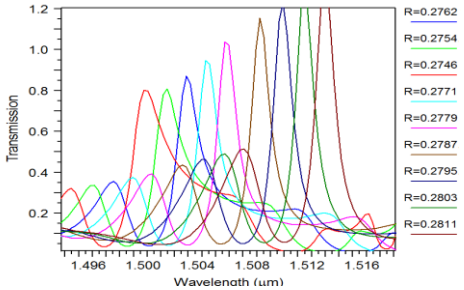
شکل ۳. طیف خروجی دی مالتی پلکسر

(الف)مقیاس خطی(ب)مقیاس لگاریتمی

همانگونه که از شکل 3 قابل مشاهده است دامنه خروجی این دی مالتی پلکسر در هر دو کانال بالا بوده ونزدیک ۹۶٪می باشدکه این حاکی از تلفات انتقالی بسیار پایین این ساختار می باشد .دیگر ویژگی بارز این ساختار پهنای باند کانال های خروجی این ساختار می باشد چنانکه پهنای باند کانال اول و دوم به ترتیب ۱.۸و۳.۴ نانومتر می باشند .لذا ضریب کیفیت کانال های اول و دوم نیز به ترتیب ۸۳۶ و ۴۴۵ می باشد.جزئیات فیزیکی و مشخصات نوری هر یک از کانالهای دی مالتی پلکسر در جدول 1 ارایه شده است.

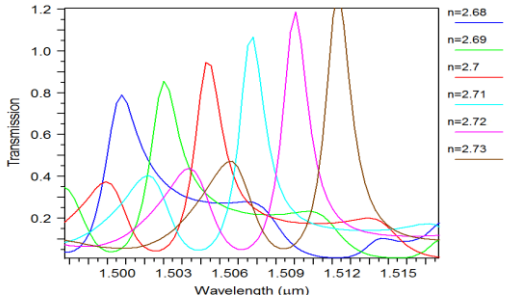
[Downloaded from opsi.ir on 2025-12-15]

طیف خروجی کانال۱ دی مالتی پلکسر برای مقادیر مختلف شعاع میله ها(R) در شکل ۴ نشان داده شده است. این شکل نشان می دهد که با افزایش شعاع R طول موج خروجی ساختار به سمت طول موج های بالا تر جابجا می شود. از این خاصیت این ساختار می توان برای طراحی دی مالتی پلکسرهای نوری مختلف با طول موج خروجی متفاوت استفاده کرد.



شکل ۴. طیف خروجی دی مالتی پلکسر برای مقادیر مختلف R

اثر مقادیر مختلف ضرایب شکست را برای کانال ۱ هم بررسی کردیم که نتایج در شکل ۵ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود با افزایش ضریب شکست طول موج خروجی دی مالتی پلکسر به سمت طول موج های بالاتر 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 طول موج کاری ساختار را نیز کنترل و تنظیم کرد.



شکل۵:اثر مقادیر مختلف n در روی ساختار فیلتر

کانال	طول موج (نانومتر)	پهنای باند (نانومتر)	ضریب کیفیت	دامنه انتقال
۱	۱۵۰۵.۴	۱.۸	۸۳۶	٪۹۶
۲	۱۵۱۵.۲	۳.۴	۴۴۵	٪۹۵

جدول .1 مشخصات فیزیکی و نوری کانالهای دی مالتی پلکسر

پارامتر مهم دیگر در رابطه با کریستال های فوتونیکی هم شنوایی می باشد که بیانگر میزان تداخل و انرژی ناخواسته هر یک ازکانالها در کانال مجاورش می باشد .مقادیر همشنوایی نیز در جدول 2 ارایه شده است که مزیت مهمی برای این ساختار به شمار می رود.

کانال	۱	۲
۱	-	db -8.5
۱	db -24	-

جدول 2. مقادیر همشنوایی دی مالتی پلکسر

۴-نتیجه گیری

در این مقاله با تغییر عرض موجبر و بهره گیری از قابلیت طول موج گزینی این ساختارها دی مالتی پلکسر نوری دوکاناله ای طراحی و شبیه سازی کردیم که قادر به جداسازی دو طول کانال مخابرات نوری با طول موج های مرکزی 1515 nm و 1505nm می باشد .مهمترین مزیت این ساختار در مقایسه با ساختارهای قبلی داشتن دامنه انتقالی بسیار بالا 96% و همچنین هم شنوایی بسیار پایین این ساختار می باشدبه عنوان مثال مقدار انرژی تلف شده کانال یک درمجاورت کانال دو بسیار پایین و حدودمنفی ۲۴ دسیبل می باشد .

مراجع

[1] Dutta, A. K., Dutta, N. K., Fujiwara, M. ,WDM technologies: optical networks, Vollum III, Elsevier Academic press 2004.
[2] DeCusatis,C.,Maass,E.,Clement,D.P., Lasky, R.C.,Eds.,Handbook of Fiber Optic data Communication, Academic Press, San Diego: 1998.
[3] H. J. R. Dutto ,” u derst di g optic l co u ic tio s” (IBM Corporation) 1998.
[4] Centeno,J. E., Guizal,B.and Felbacq, D., Multiplexing and demultiplexing with photonic crystals, J. Opt. A, Pure Appl. Opt.1(5), L10–l13 (1999).
[5] Koshiba, M., Wavelength division multiplexing and demultiplexing with photonic crystal waveguide couplers, J. Lightwave Technol.19(12), 1970–1975 (2001).
[6] Sharkawy, A., Shi, S. and Prather, D. W., Multichannel wavelength division multiplexing with photonic crystals, Appl. Opt.40(14), 2247–2252 (2001).
[7] Chien, F. S. , Cheng, S. C. , Hsu, Y. J. , andHsieh, W. F., Dual band multiplexer/demultiplexer with photonic crystal waveguide couplers for bidirectional communications,Optics Communication266 592-597 (2006).
[8] Akosman, A. E, Mutlu, M. , Kurt, H. and Ozbay, E., Dual-frequency division de-multiplexer based on cascade photonic crystal waveguides, Physica B doi: 1621616/j.physb.26122622624 (2012).

[Downloaded from opsi.ir on 2025-12-15]