

طراحی فیلتر تنظیم پذیر چند کانالی مبتنی بر غیر خطیت کر

ابراهیم رهبری عصر^۱، حمید واحد^{۱،۲}

^۱ پردیس بین المللی ارس، دانشگاه تبریز، تبریز

^۲ دانشکده مهندسی فناوری‌های نوین، دانشگاه تبریز، تبریز

چکیده- کاربردهای تابش تراهرتز در حوزه های گوناگون، بویژه مخابرات انگیزه زیادی برای تحقیق فراهم آورده است تا بیشتر بر روی منابع تولید، آشکارسازی و کنترل این امواج مطالعه شود. در این راستا، فیلترهای تراهرتز تنظیم پذیر سریع جهت کاربرد در مخابرات نوری بسیار حائز اهمیت هستند. در این مقاله، سعی شده است با استفاده از بلورهای فوتونی یک بعدی که بخاطر سادگی ساختار برای ساخت، اهمیت خاصی دارند جهت طراحی فیلترهای تراهرتز استفاده گردد. برای ایجاد تنظیم پذیری سریع در فیلتر تراهرتز مورد نظر از لایه ی غیر خطی با غیر خطیت کر استفاده شده است و با تحریک غیرخطی ساختار از طریق اعمال میدان دمش لیزری، خاصیت تنظیم پذیری در فیلتر نشان داده شده است. کانال عبور فیلتر پیشنهادی با افزایش شدت میدان اعمالی به میزان ۲۵۰ میکرومتر جابجا گردید.

کلید واژه- اثر کر، روش ماتریس انتقال، غیر خطیت، فیلتر تنظیم پذیر، کریستال های فوتونی

Design of Tunable Multichannel Filter based on nonlinear Kerr effect

Ebrahim Rahbari Asr¹, Hamid Vahed^{1,2}

¹Pardis International Campus, University of Tabriz, Tabriz

²School of Engineering Emerging Technologies, University of Tabriz, Tabriz

Abstract- Applications of terahertz radiation in different fields such as communication has inspired scientists to more researches on the resources, detectors, and control of these waves. Therefore, fast tunable filters are very important in optic communications. In this paper, we try to design multichannel terahertz filters with one dimension photonic crystals because of their simple structure to produce which they have major rule in design of our filter. To reach to the tunable filter in our terahertz filter we use nonlinear Kerr effect. We try to excite the nonlinearity of system by using of laser pump field and then we have tunability in our filter. The channel of proposed Filter shifted 250 micrometer by increasing of injected field intensity.

Keywords: Tunable Filter, Nonlinear, Kerr Effect, Photonic Crystal, Transfer Matrix Method.

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

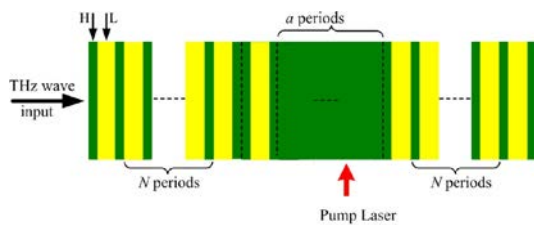
۱- مقدمه

اکثراً، تابش تراهرتز به ناحیه‌ای از طیف الکترومغناطیسی اطلاق می‌شود که بین ۳۰۰ گیگا هرتز و ۳ تراهرتز قرار می‌گیرد. تابش تراهرتز در صنایع مختلف استفاده‌های فراوانی دارد. برای مثال، در صنعت پزشکی، استفاده از تابش تراهرتز بعلت غیریونیزان بودن، بر خلاف اشعه ایکس، امکان آسیب‌رسانی به بافتها انتظار نمی‌رود. از دیگر استفاده‌های تابش تراهرتز می‌توان در زمینه مخابرات اشاره کرد بویژه مخابرات از راه دور، مثل ارتباط هواپیما با ماهواره، یا ماهواره با ماهواره دیگر. همچنین تابش تراهرتز به عنوان یک منبع نوری منسجم جدید، ارزش علمی و کاربردی گسترده در زمینه‌های تحقیقاتی پایه مانند شیمی، فیزیک، اطلاعات و زیست‌شناسی را داراست. بلورهای فوتونی، معمولاً ساختارهایی تکرار شونده و منظم از دی‌الکتریکهایی با ضرایب شکست بزرگ و کوچک هستند. اگر این تکرار در یک بعد، دو بعد و یا سه بعد باشد، به ترتیب بلورهای فوتونی یک بعدی، دو بعدی و سه بعدی می‌گویند. از بلورهای فوتونی یک بعدی به دلیل ساختار ساده آنها در طراحی فیلترها استفاده می‌شود [۱]. تحقیقات فراوانی در زمینه استفاده از بلورهای فوتونی برای طراحی فیلترهای نوری انجام شده است، در یکسری تحقیقات جدید با کمک گرفتن از غیرخطیت نوری توانستند کیفیت و قابلیت فیلترهای مورد نظر را ارتقا دهند. از جمله فعالیت‌هایی که در این زمینه با استفاده از غیر خطیت کر صورت گرفته می‌توان به طراحی فیلتری مبتنی بر ساختار شبه مواد که در محدوده فرکانسی ۰/۴ تا ۱۰ تراهرتز کار می‌کرد اشاره کرد [۲]. همچنین یک فیلتر تنظیم پذیر حرارتی برای رنج تراهرتز مبتنی بر بلور فوتونی یک بعدی ساخته شده است [۳]. همچنین فیلتری مبتنی بر بلور فوتونی با کمک بلورهای مایع برای محدوده تراهرتز گزارش شده است [۴]. در تحقیق دیگر، با استفاده از آرایه‌ای از ستونهای متالیک، امکان طراحی فیلتر تابش تراهرتز نشان داده شده است [۵ و ۶].

۲- سیستم مورد مطالعه

یکی از اهداف از طراحی فیلتر تنظیم پذیر چند کاناله استفاده در حوزه مخابرات است. برای طراحی این فیلتر از بلورهای فوتونی یک بعدی استفاده شده است. در شکل

(۱)، ساختار پیشنهادی برای طراحی فیلتر موردنظر بصورت شماتیک نشان داده شده است. ساختار پیشنهادی ما، بصورت $(HL)^N H(H)^a (LH)^N$ است. لایه های H و L به ترتیب لایه‌هایی با شاخص بالای انکساری و شاخص انکساری پایین است. N نشان دهنده تعداد پرپود ساختار است. در این ساختار، $(H)^a$ نشانگر لایه نقص در ساختار است که دمش لیزر به آن تابانده شده است و جهت تنظیم پذیری فیلتر موردنظر استفاده خواهد شد. ضخامت لایه ها، $\lambda_0/4$ است که λ_0 طول موج موثر، مقدارش برابر با 0.75 میلیمتر انتخاب شده است.



شکل ۱: ساختار فیلتر چند کاناله پیشنهادی مبتنی بر بلور فوتونی یک بعدی.

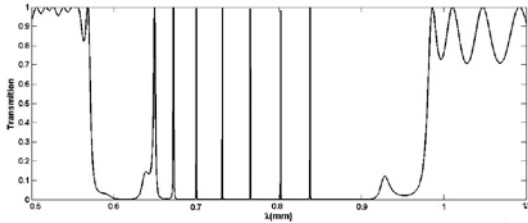
به منظور بررسی عملکرد فیلتر بلور فوتونی یک بعدی پیشنهادی، از روش ماتریس انتقال (TMM) برای بررسی انتشار امواج با کمک نرم افزار متلب استفاده شده است. در این روش، ماتریس انتقال لایه H و M_L ماتریس انتقال لایه L بصورت زیرین خواهد بود [۷]:

$$M_H = \begin{vmatrix} \cos(2\pi n_H l_H / \lambda) & j \sin(2\pi n_H l_H / \lambda) / n_H \\ j n_H \sin(2\pi n_H l_H / \lambda) & \cos(2\pi n_H l_H / \lambda) \end{vmatrix} \quad (1)$$

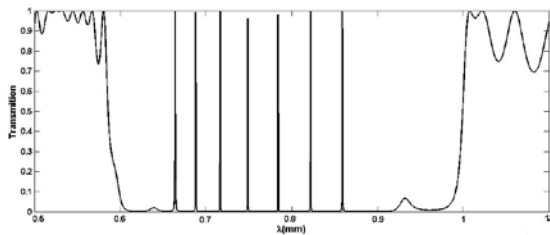
$$M_L = \begin{vmatrix} \cos(2\pi n_L l_L / \lambda) & j \sin(2\pi n_L l_L / \lambda) / n_L \\ j n_L \sin(2\pi n_L l_L / \lambda) & \cos(2\pi n_L l_L / \lambda) \end{vmatrix} \quad (2)$$

ماتریس لایه ی نقص از نوع ماتریس ضریب بالا است با این تفاوت که در لایه نقص ضریب شکست $n_d = n_H + n_2 I$ است که ضریب کر $n_2 = n_2$ انتخاب شده است. برای استفاده از روش ماتریس انتقال در طراحی فیلتر چند کاناله، ماتریسهای انتقال لایه‌های

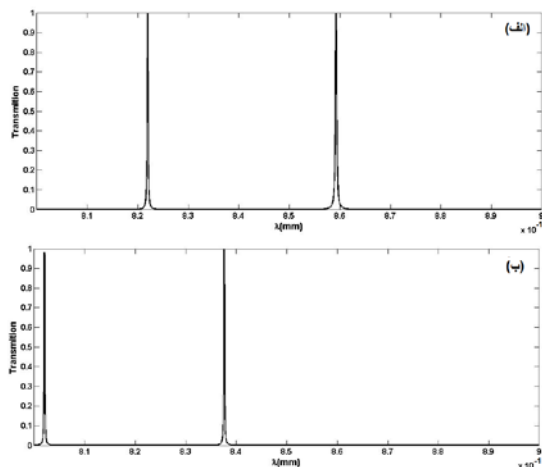
که همچنان فیلتر پیشنهادی ۷ کانال عبور دارد ولی محدوده طول موجی کانالها جابجایی پیدا کرده است. در شکل ۴ تصویر بزرگنمایی شده از طیف عبوری فیلتر پیشنهادی رسم شده که به وضوح جابجایی طول موجی کانال عبور در اثر اعمال دمش لیزری نمایان است. میزان جابجایی طول موجی کانال عبوری فیلتر به میزان ۲۵۰ میکرومتر است.



شکل ۲: طیف عبوری فیلتر مورد نظر به ازای،
 $I = 18 \text{ MW/cm}^2$ ، $a = 7$ و $N = 7$.



شکل ۳: طیف عبوری فیلتر مورد نظر به ازای،
 $I = 25 \text{ MW/cm}^2$ ، $a = 7$ و $N = 7$.



شکل ۴: تصویر بزرگنمایی شده از طیف عبور فیلتر به ازای $a = 7$ و $N = 7$ (الف) $I = 25 \text{ MW/cm}^2$ (ب) $I = 18 \text{ MW/cm}^2$.

موجود در شکل (۱) به هم ضرب شده تا ماتریس انتقال کل ساختار بصورت زیر بدست آید:

$$M = (M_H M_L)^N = \begin{vmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{vmatrix} \quad (3)$$

تابع انتقال ساختار ارائه شده از رابطه زیر بدست می-آید [۴]:

$$t(\omega) = \frac{2}{m_{11} + m_{12} + m_{21} + m_{22}} \quad (4)$$

$$T = t \times t^* = |t(\omega)|^2 \quad (5)$$

۳- نتایج و بحث

در روابط بالا، n_L ضریب شکست لایه ضریب پایین است که مقدار آن ۱ در نظر گرفته شده است. n_H ضریب شکست لایه ضریب بالا است که مقدار آن ۱/۵۹ انتخاب شده است. میزان شدت دمش لیزری از مقدار صفر تا 25 MW/cm^2 میتواند تغییر کند. در این مقاله دو مقدار 18 MW/cm^2 و 25 MW/cm^2 استفاده شده است. N تعداد تناوب ساختار است که مقدار ۷ در نظر گرفته شده است. N در پهنای طیف عبوری نقش مهمی دارد. محاسبات ما نشان میدهد که افزایش مقدار N باعث تیزی بیشتر کانال عبوری و کاهش آن باعث پهن شدن کانال عبوری بیشینه میگردد. a ، تعداد لایه‌های نقص، عامل تعیین کننده در تعداد کانال های عبور فیلتر است. در شکل (۲)، طیف عبوری فیلتر طراحی شده، به ازای شدت تابش لیزری $I = 18 \text{ MW/cm}^2$ و مقادیر $a = 7$ و $N = 7$ نشان داده شده است که ۷ کانال عبور با شدت عبور بیشینه با فاصله طول موجی مناسب دیده می‌شود. در شکل (۳)، با تغییر شدت تابش لیزری تغییرات روی داده در تعداد کانال های عبور فیلتر و جابجایی طول موجی کانال های عبور نشان داده شده است. بدین منظور تابش لیزری با شدت $I = 25 \text{ MW/cm}^2$ به ناحیه نقص ساختار تابانده شده است و مقادیر a و N همانند شکل ۲ انتخاب شده است. طیف عبوری در شکل ۳ نشان می-دهد

۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله، با استفاده از روش‌های محاسباتی عددی و با کمک بلورهای فوتونی یک بعدی و غیر خطیت نوری کر یک فیلتر قابل تنظیم چند کاناله با سرعت بالا پیشنهاد گردید. تنظیم پذیر بودن اهمیت‌های ویژه‌ای در این فیلتر دارد که توسط تحریک غیر خطیت کر لایه‌ی نقص ساختار توسط دمش لیزری فراهم می‌گردد. به این منظور از دمش لیزری با شدت‌های 18 Mw/cm^2 و 25 Mw/cm^2 استفاده شد. طیف عبور فیلتر پیشنهادی نشان داد که با افزایش شدت دمش لیزری، کانالهای عبور فیلتر به میزان 250 میکرومتر جابجایی طول موجی پیدا کرده است.

مراجع

- [1] A. Gallant, M. Kaliteevski, S. Brand, D. Wood, M. Petty, R. Abram and J. Chamberlain, "Terahertz frequency band pass filter. Appl. Phys. 102, 023102, 2007.
- [2] A. Melo, M. Kornberg, P. Kaufmann, M. Piazzetta, E. Bortolucci, M. Zakia, O. Bauer, A. Poglitsch and A. Silva "Metal mesh resonant filters for terahertz frequencies" Applied Optics vol. 47, 6064-6069, 2008.
- [3] H. Němec, L. Duvillaret, F. Garet and P. Kuzel "Thermally tunable filter for terahertz range based on one-dimensional photonic crystal with a defect" Appl. Phys. vol, 96, 4072-4075, 2004.
- [4] L. Fekete, F. Kadlec, H. Němec and P. Kužel "Fast one-dimensional photonic crystal modulators for THz range" Optics Express vol.15, no. 14, 2007.
- [5] C. Chen, C. Pan, C. Hsieh and Y. Lin "Liquid-crystal-based terahertz tunable Lyot filte". Appl. Phys. Lett. 88. 101107, 2006.
- [6] S. Brand, R. Abram and M. Kaliteevski "Complex photonic band structure and effective plasma frequency of a two-dimensional array of metal rods" Phys. Rev. B 75, 03510, 2007.
- [7] E. Hecht, Optics, Second Edition. Reading, Mass: Addison-Wesley; 1987.