

بيستمين كنفرانس اپتيک و فوتونيک ايران و ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران ۸ تا ۱۰ بهمن ماه۱۳۹۲ - دانشگاه صنعتی شیراز



طراحی و تحلیل فیبر بلور نوری جهت جبرانسازی پاشیدگی در باند C مخابراتی

راضیه سنجری و مریم پورمحیآبادی

دانشکده برق، دانشگاه شهید باهنر کرمان

کلید واژه- پاشیدگی منفی، تلفات تحدید، جبرانسازی پاشیدگی، فیبر بلور نوری

Design and Analysis of a Dispersion Compensation Photonic Crystal Fiber for C Communication Bandwidth

Razieh Sanjari and Maryam Pourmahyabadi

Electrical Engineering Department of Shahid Bahonar University, Kerman, Iran

Abstract- One of most important problem in communication system is the control of the overall chromatic dispersion. In this article, a novel dispersion compensation photonic crystal fiber (DCPCF) with high negative dispersion is proposed. There are two concentric cores in the proposed DCPCF structure so that the outer core is formed by decreasing the size of the air-holes of the third ring and also additional air holes are incorporated between the air holes. The simulation results show the proposed structure for DCPCF has a very high negative chromatic dispersion of -11000ps/nm/km at 1.55µm wavelength. Also this DCPCF exhibits much less confinement loss in compare with the other DCPCFs.

Keywords: Confinement loss, Dispersion Compensation, Dual Core Photonic Crystal Fibers, Negative Dispersion.

۱– مقدمه

کنترل و مدیریت پلشیدگی رنگی برای سیستمهای مخابرات فیبر نوری با مسافت زیاد، از اهمیت زیادی برخوردار است. معمولا پاشیدگی مثبت خط انتقال که عامل مهمی در پهن شدگی پالس نوری و در نتیجه محدودیت در مسافت انتقال و یهنای باند است، می تواند با استفاده از فیبر جبرانساز یاشیدگی با یاشیدگی منفی بزرگ برطرف شود [۱–۴]. به منظور کاهش تلفات و هزینهها، طول فیبرهای جبرانساز پاشیدگی باید حتی المقدور کم باشد و بنابراین دامنه پاشیدگی منفی آنها باید تا حد امکان بزرگ باشد [۶-۵ و PCF.[۲-۳ ها با دارا بودن حفرمهای هوای متناوب در تمام طول خود و ایجاد نقص در این ساختار تناوبی به منظور ایجاد هسته مرکزی، خصوصیات منحصر به فردی دارند که یکی از این خصوصیات توانایی آن ها در کنترل یاشیدگی رنگی است که سبب شده با طراحی های مناسب بتوان از آنها در جبرانسازی پاشیدگی استفاده نمود (۹–۷]. در حقیقت برای جبرانسازی پاشیدگی به یک فیبر با ضریب پاشیدگی منفی بالا نیازداریم و بنابراین نیازمند اختلاف ضریب شکست زیاد بین هسته و پوشش می پاشیم این اختلاف ضريب شكست زياد در فيبرهاي معمول مستلزم افزودن غلظت زیادی از GeO₂ به هسته می باشد که تحقق آن مخصوصا در هستههای کوچک دشوار است و خود سبب افزایش تلفات فیبر می گردد [۱۰ و ۸] . اما در PCFها بخاطر اختلاف ضریب شکست بالایی که بین سیلیکا و هوا وجود دارد و همچنین امکان مدیریت پاشیدگی به وسیله تغییر مشخصههای ساختاری مانند قطر حفرمهای هوا، ثابت شبکه و ... ، این امکان وجود دارد که بدون افزودن GeO2 به هسته به ضريب پاشيدگي منفي بسيار بالا جهت جبرانسازی پاشیدگی در سیستم های مخابرات نوری دست یافت [۱۰]. بنابراین این گروه از فیبرها ،جایگزین بسیار مناسبی برای فیبرهای نوری معمول میباشند [۱۱]. یکی از روشهای جبرانسازی پاشیدگی، تغییر اندازه حفرمهای هوای یک لایه خاص، به منطور طراحی فیبرهای بلور نوری دوهستهای است [۱۲]. در این مقاله ابتدا به بررسی نمودار پاشیدگی یک طرح پایه از فیبر بلور نوری دو هستهای می پردازیم که پاشیدگی آن در طول موج ۵۰۰۰ps/nm/km ،۱/۵۵µm- است و سیس نشان خواهیم داد که می توان با افزودن حفرمهای هوای کوچک اضافی در بین حفرمهای اصلی، این مقدار را تا ۱۱۰۰۰**ps/nm/km** افزایش داد. ۲–ساختار پیشنهادی

شکل (۱) سطح مقطع فیبر بلور نوری با دو هسته هم مرکز را نشان می دهد که ماده زمینه آن سیلیکای خالص است. همانطور که در این شکل نشان داده شده است، این فیبر ۵ حلقه دارد که قطر حفرمهای هوای حلقه سوم آن، به منظور ایجاد هسته بیرونی، کوچکتر از قطر حفرمهای هوای سایر حلقهها می باشد با نتغلیم پارامترهای ساختار این فیبر، مانند ثابت شبکه ۸۰ قطر حفرمهای هوای حلقه سوم 2g و قطر حفرمهای هوای سایر حلقهها ۱/۵۵ پسم دفاور قرار گرفتن حداکثر پاشیدگی منفی در طول موج ۱/۵۵



شكل ١: ساختار فيبر جبرانساز پاشيدگي.



شکل
۲: پاشیدگی بر حسب طول موج فیبر پایه به ازای
 $\Lambda{=}1.2 \mu m, d_1{=}0.96 \mu m, d_2{=}0.507 \mu m$

همانطور که در این شکل نشان داده شده حداکثر پاشیدگی منفی این فیبر که در طول موج μ۹۸۵/۱۰ قرار دارد، ۵۰۰۰۹ه/۱۰۰۳۵- است که در ادامه نشان خواهیم داد که می توان با افزودن حفرمهای هوای کوچک اضافی در بین حفرمهای اصلی این مقدار را تا μ۶/mm/km -۱۰۰۰۰ افزایش داد فیبر ارائه شده در این مقاله طرح جدیدی از فیبرهای جبرانساز پاشیدگی است که دارای دو هسته هم مرکز است که قرار دادن حفرمهای هوای کوچک اضافی در بین حفرمهای هوای اصلی آن سبب ایجاد پاشیدگی منفی بسیار زیادی در طول موج μ۸۵۵ می شود شکل (۳) سطح مقطع این فیبر را نشان می دهد که در آن فاصله بین دو حفره مجاور ، قطر حفرمهای هوای حلقه سوم به مرا

قطر حفرمهای هوای اضافی d_e میباشد تعداد حلقههای این فیبر ۵ و ماده زمینه این فیبر نیز همانند فیبر پایه سیلیکای خالص در نظر گرفته شده است.

۲- نتایج شبیه سازی فیبر پیشنهادی

در این بخش به بررسی تاثیر db dd d d b بر مقدار پاشیدگی منفی و طول موجی که در آن پاشیدگی منفی حداکثر است.م۰۶ می پردازیم



شکل ۳: ساختار فیبر جبرانساز پاشیدگی. پیشنهادی

شكل (۴) پاشيدگى برحسب طول موج را به ازاى مقادير $d_2=0.46\mu$ m $d_1=0.96\mu$ m $\Lambda=1.26\mu$ m $d_2=0.46\mu$ m $d_1=0.96\mu$ m $d_2=0.46\mu$ m $d_1=0.96\mu$ m $d_2=0.46\mu$ m $d_1=0.96\mu$ m $d_1=0.96\mu$ m $d_1=0.96\mu$ m $d_2=0.96\mu$ m $d_1=0.96\mu$ m $d_2=0.96\mu$ m $d_3=0.96\mu$ m $d_3=0.96\mu$ m $d_4=0.96\mu$ m $d_3=0.96\mu$ m $d_4=0.96\mu$ m $d_5=0.96\mu$ m $d_5=0.9$



 $d_{
m e}$ شكل ۴. پاشيدگى برحسب طول موج را به ازاى مقادير مختلف $d_{
m e}$. براى $d_2{=}0.46 \mu m, d_1{=}0.96 \mu m. \Lambda{=}1.26 \mu m$



شکل۵. تاثیر تغییرات قطر حفرههای هوای حلقه سوم،2 مرا بر مقدار پاشیدگی منفی و λp به ازای $\Lambda=1.26\mu$ m,d1=0.96 μ m و de=0.3 μ m



شکل ۶. پاشیدگی برحسب طول موج را به ازای مقادیر مختلف d_1 به ازای مقادیر مختلف d_1 ازای $d_e{=}0.3 \mu m$ ، $\Lambda{=}1.26 \mu m$

در شکل (۶) به بررسی تاثیر تغییرات d_1 بر مقدار $d_2=0.46\mu$ m ، $\Lambda=1.26\mu$ m ، λ_p پاشیدگی منفی و λ_p به ازای ش $\Lambda=1.26\mu$ m ، λ_p پرداخته ایم. با توجه به این شکل، با افزایش λ_p مقدار پاشیدگی منفی نیز افزایش می یابد اما q_1 λ_p ، مقدار پاشیدگی منفی نیز افزایش می یابد اما q_1 η_1 ، مقدار پاشیدگی منفی نیز افزایش می یابد اما q_1 جابجا نمی شود. از آنجا که برای کاهش تلفات و هزینه ها بایستی طول فیبر جبرانساز حتی المقدور کم باشد، هرچه فیبر جبرانساز پاشیدگی، پاشیدگی منفی بیشتر و تلفات فیبر جبرانساز پاشیدگی و تلفات تحدید فیبر پیشنهادی و در مقادیر پاشیدگی و تلفات تحدید فیبر پیشنهادی و در M_1 آورده شده است. با توجه به این جدول افزایش حلقه ها تاثیری بر مقدار پاشیدگی ندارد اما همانطور که انتظار می رود، تلفات تحدید با افزایش M کمتر می شود. بنابراین

میتوان با افزایش تعداد حلقه های فیبر پیشنهادی، به یک فیبر جبرانساز پاشیدگی با پاشیدگی منفی زیاد و تلفات تحدید کم دست یافت. در بسیاری از مراجع تلفات فیبر بررسی نشده است [۱۵–۱۱ و ۶] و یا این تلفات دارای مقادیر بالایی است [۹ و ۱]. جدول (۲) به منظور مقایسه نتایج فیبر پیشنهادی با برخی از مراجع آورده شده است. نتایج این جدول نشاندهنده تلفات بسیار کم ان است که مزیت آن را نسبت به فیبرهای جبرانساز دیگر نشان میدهد. بنابراین بدلیل پاشیدگی منفی بالا در قیاس با دیگر فیبرها، از طول کمتری از این فیبر جهت جبرانسازی استفاده میشود، بدون آن که دچار تلفات تحدید قابل محسوس شود.

جدول ۱.پاشیدگی و تلفات تحدید به ازای مقادیر متفاوت N در طول $d_1=0.96\mu m$ موج μm و پارمترهای ساختار $d_1=0.96\mu m$ ، $\Lambda=1.26\mu m$

| تعداد حلقه ها (N) | پاشیدگی (ps/nm/km) | تلفات تحدید (dB/m) |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|
| ۵ | -11 | 4. |
| ٧ | -11 | ۴×۱۰ ^{-۳} |
| ٨ | -11 | ۲/X×۱۰ ^{-۵} |
| ٩ | -11 | $T \times 1 \cdot -v$ |

۳- نتیجهگیری

در این مقاله یک فیبر بلور نوری با ساختار دو هستهای هم مرکز ارائه شد، که با قرار دادن حفرمهای هوای کوچک اضافی بین حفرمهای هوای اصلی آن ، به پلشیدگی منفی ۱۱٬۵۵۹ه/۱۰ - در طول موج ۵۱٬۵۵۹ دست یافتیم. بنابراین می توان از این فیبر در کاربردهای جبرانساز پلشیدگی در بلاد کمخابراتی استفاده کرد همچنین نشان داده شد که می توان با افزایش حلقه ها تلفات تحدید فیبر پیشنهادی را، بدون تغییر در منحنی پلشیدگی بسیار کاهش داد درنتیجه، بدلیل پلشیدگی منفی بالا، می توان از طول کمتری از آن و بدون متحمل شدن تلفات تحدید قابل توجه در قیاس با سایر فیبرها استفاده کرد

جدول ۲.مقایسه نتایج شبیه سازی فیبر پشنهادی با برخی از مراجع

| \$2.0 | پاشیدگی | تلفات تحديد |
|---|------------|--------------------|
| مرجع | (ps/nm/km) | (dB/m) |
| [\] | -80 · | ۱. |
| [٩] | -7 | ۶×۱۰ ^{-۳} |
| [١٣] | -) • • • | - |
| [14] | -71. | - |
| [16] | -77 | - |
| [?] | _6 | - |
| [''] | | _ |
| فیبر پیشن <mark>ه</mark> ادی با ۹ حلقه | -11 | ۲×۱۰ ^{-۷} |
| | | |

- Gilliard N. Malheiros-Silveira, José A. Mores Jr, Hugo E. Hernández-Figueroa, IEEE, 2011
- [2] Feroza Begum, Yoshinori Namihira, S.M. Abdur Razzak, Shubi Kaijage, Nguyen Hoang Hai, Tatsuya Kinjo, Kazuya Miyagi, Nianyu Zou, Optics & Laser Technology 41, 679– 686, 2009.
- [3] Md. Selim Habib, Md. Samiul Habib, S.M.A. Razzak, M. A. G. Khan, International Journal of Engineering and Technology, Vol. 1, No 4, 384-394, 2012.
- [4] Jianhua Li, Rong Wang, Jingyuan Wang, Zhiyong Xu and Yang Su, IEEE, 2011.
- [5] Chin-ping Yu, Jia-hong Liou, Sheng-shuo Huang, and Hung-chun Chang, OPTICS EXPRESS, Vol. 16, No. 7, 2008.
- [6] Xingtao Zhao, Guiyao Zhou, Shuguang Li, Zhaolun Liu, Dongbin Wei, Zhiyun Hou, and Lantian Hou, APPLIED OPTICS, Vol. 47, No. 28, 2008
- [7] Takashi Matsui, Kazuhide Nakajima, and Izumi Sankawa, IEEE, JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, VOL. 25, NO. 3, 2007.
- [8] Yi Ni, Lei Zhang, Liang An, Jiangde Peng, and Chongcheng Fan, IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, VOL. 16, NO. 6, 2004.
- [9] M. Aliramezani, Sh.Mohammad Nejad, Optics & Laser Technology, Vol. 42, 1209–1217, 2010.
- [10] Takeshi Fujisawa, Kunimasa Saitoh, Keisuke Wada, and Masanori Koshiba, OPTICS EXPRESS, Vol. 14, No. 2, 2006.
- [11] A. Huttunen, P. T[.] orm[.] a, OPTICS EXPRESS, Vol. 13, No. 2, 2005.
- [12] Jui-Ming Hsu, Der-Li Ye, IEEE, 2011.
- [13] LI Hong-lei, LOU Shu-qin, GUO Tie-ying, CHEN WeiguoWANG Liwen, and JIAN Shui-sheng, OPTOELECTRONICS LETTERS, Vol.5 No.1, 2009.
- [14] J. Patrocfnio da Silva, Diego Souza Bezerra, Iguatemi E. Fonseca, Vitaly F. Rodriguez-Esquerre, Hugo E. Hernandez-Figueroa, IEEE, 2009.
- [15] F. Gérôme, J.-L. Auguste, and J.-M. Blondy, OPTICS LETTERS, Vol. 29, No. 23, 2004.