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

طراحی نمایه ضریب شکست فیبر برای کاهش تلفات همبافت در محیط انتقال نوری

راضیه سادات کیایی[۱]، فرامرز اسمعیلی سراجی[۲] و فاطمه اصغری[۳]
۱دانشکده برق، مؤسسه آموزش عالی غیاث‌الدین جمشید کاشانی، آبیک، قزوین
۲ گروه مخابرات نوری، پژوهشکده فناوری ارتباطات، مرکز تحقیقات مخابرات ایران
۳گروه فیزیک، دانشگاه فرهنگیان، پردیس نشیبه، تهران

چکیده – تلفات و پاشش دو پارامتر اساسی در طراحی فیبرهای نوری محیط انتقال محسوب می‌شوند که همواره تلاش در راستای کاهش این دو پارامتر صورت می‌گیرد. با کاهش قطر مغزی در فیبرهای نوری با پاشش انتقال یافته با قطر مغزی کوچک‌تر از فیبرهای معمولی در طول موج ۱۵۵۰ نانومتر دارای پاشش صفر هستند. در نتیجه پدیده آمیخت چهارموج در طول موج ۱۵۵۰ نانومتر بیش‌تر نمایان می‌شود. یکی از راه‌های کاهش اثرات غیرخطی انتقال پاشش صفر به طول موج دیگری است. در این مقاله با استفاده از نرم‌افزار ***Optifiber*** و با تغییر نمایه ضریب شکست ابتدا پاشش صفر یک نمایه مرجع را به طول موج دیگری منتقل کرده‌ایم، سپس برای کاهش تلفات همبافت و پاشش، نمایه طراحی شده را بهینه‌سازی کرده و با فیبرهای تجاری موجود مورد مقایسه قرار داده‌ایم.
نتیجه‌های به‌دست آمده نشان می‌دهند که قطر میدان مد مؤثر نمایه طراحی شده کاهش یافته که به‌نوبه خود می‌تواند منجر به کاهش تلفات همبافت شود.

کلید واژه- پاشش، تلفات، طراحی، نمایه.

Designing the Refractive Index Profile of Optical Fiber for Reduction of Splice Loss in Optical Transmission Medium

Sadat Kiaee, Razieh1; Esmaili Seraji, Faramarz2
[1]Electrical Eng. Dept., Ghiasodin Jamshid Kashani Inst. Of Higher Edu., Abyek, Qazvin.
[2]Optical Communication Group, Iran Telecom Research Center, Tehran, Iran.
3Physics Group, Farhangian Univ., Pardis Kashibeh, Tehran

Abstract- Losses and dispersion are two main parameters in design of optical fiber transmission medium. All efforts are attempted to reduce these two parameters. By decreasing the core diameter of dispersion shifted fibers at 1550 nm wavelength region, the dispersion will be zero, while the four-wave mixing effect will appear more effectively. One way to decrease the nonlinear effects is to transfer the zero-dispersion wavelength to another wavelength region.
In this paper, first we used Optifiber software to transfer the wavelength of zero dispersion of a referenced profile to another wavelength region by changing the refractive index. Then to decrease splice loss and dispersion, the designed refractive index is optimized. The obtained results have been compared with commercial fibers available in the market.

Keywords: Dispersion, Loss, Design, Profile.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-10-30]

۱- مقدمه

فیبرهای نوری تک مد معمولی[1] SMF دارای کم‌ترین پاشش در محدوده طول موج ۱۳۰۰ نانومتر هستند، اما حداقل تلفات آن‌ها در طول موج ۱۵۵۰ نانومتر قرار دارد. برای داشتن حداکثر فاصله ارسال در مسیر انتقال با ظرفیت بالا لازم است در طول موج ۱۵۵۰ نانومتر که حداقل تلفات قرار دارد مقدار پاشش نیز به حداقل برسد. بدین منظور محققان فیبرهای تک مد با پاشش انتقال یافته[2] را طراحی کرده‌اند که در طول موج ۱۵۵۰ نانومتر دارای حداقل تلفات و پاشش هستند [۲، ۱]. در طراحی فیبرهای DSF برای رسیدن به پاشش صفر در طول موج ۱۵۵۰ نانومتر قطر مغزی را نسبت به فیبرهای تک مد معمولی به شدت کاهش می‌دهند. این امر از سوی دیگر موجب ایجاد پدیده غیرخطی به‌ویژه آمیخت چهار موج[3] در طول موج ۱۵۵۰ نانومتر می‌شود. یکی از راه‌های مقابله با این پدیده انتقال پاشش صفر از طول موج ۱۵۵۰ نانومتر به طول موج دیگری است.

در این مقاله ابتدا برای مقابله با اثر آمیخت چهارموج پاشش صفر نمایه مرجع [۱] را از طول موج ۱۵۵۰ نانومتر به طول موج ۱۴۱۳ نانومتر انتقال داده‌ایم، سپس نمایه ضریب شکست را برای کاهش تلفات همبافت و پاشش بهینه کرده‌ایم [۳]. تغییر نمایه با استفاده از نرم افزار Optifiber انجام گرفته است [۴].

۲- محاسبه تلفات کل و پاشش

پاشش در فیبرنوری از مجموع پاشش ماده D_M و پاشش موجبر D_w به‌دست می‌آید [۵].

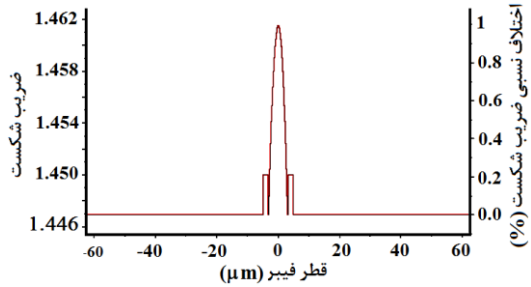
$$D = D_M + D_W = \frac{-2\pi c}{\lambda^2}\frac{d^2 k_0 \Delta n_e}{d\omega^2} + \frac{-2\pi c}{\lambda^2}\frac{d^2 k_0 n_e}{d\omega^2} \quad (۱)$$

در این رابطه c سرعت نور در خلأ، λ طول موج نور، ω بسامد زاویه‌ای، $k_0 = 2\pi/\lambda_0$ عدد موج فضای آزاد، Δn_e اختلاف ضریب شکست و $n_e = \Delta n_e + n_0$ ضریب شکست مؤثر و n_o ضریب شکست مغزی است.

تلفات کل فیبر که مجموع تلفات مختلف در فیبر است با اندازه‌گیری توان ورودی P_{in} و سپس توان خروجی P_{out} پس از انتشار در طول L از فیبر بر حسب دسی‌بل با رابطه $\alpha = (10/L)\log(P_{in}/P_{out})$ محاسبه می‌شود [۶].

۳- طراحی فیبر محیط انتقال

ابتدا پاشش صفر نمایه مرجع [۱] را از طول موج ۱۵۵۰ نانومتر به طول موج دیگری منتقل می‌کنیم، سپس برای کاهش پاشش فیبرنوری نمایه مغزی را از حالت مثلثی به حالت گوسی تغییر داده‌ایم. در نتیجه نمایه طراحی شده دارای چهار ناحیه شده است. ناحیه اول مغزی فیبر با شعاع ۳/۱ میکرومتر است و ضریب شکست آن به‌صورت گوسی از ۱/۴۶۱۵ تا ۱/۴۴۶۹۲ تغییر می‌کند. ناحیه دوم غلاف فیبر است که به پهنای ۰/۲ میکرومتر و ضریب شکست ۱/۴۴۶۹۲ تغییر داده شده است. ناحیه سوم دارای عرض ۱/۵ میکرومتر و ضریب شکست ۱/۴۵ است و ناحیه چهارم را با پهنای ۵۷/۷ میکرومتر و ضریب شکست ۱/۴۴۶۹۲ قرار داده‌ایم. بدین ترتیب در مجموع قطر فیبر به اندازه استاندارد ۱۲۵ میکرون به‌دست آمده است.

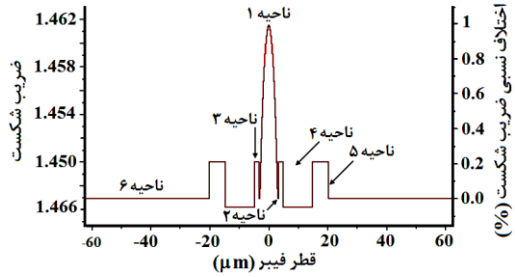


شکل (۱): نمایه ضریب شکست مغزی گوسی.

اکنون پارامترهای مربوط به فیبر طراحی شده را تا حد امکان کاهش داده تا طول موج پاشش صفر تقریباً به مقدار ۱۴۸۰ نانومتر تغییر کند. مطابق شکل (۲)، برای رسیدن به این هدف می‌توان با اضافه کردن یک حلقه ضریب شکست دیگر به نمایه طراحی شده تغییراتی در نمایه ایجاد کرد. بدین ترتیب نمایه فیبر طراحی شده دارای شش ناحیه خواهد بود. سه ناحیه اول همانند نمایه قبل در نظر گرفته شده است. عرض ناحیه چهارم را ۱۰ میکرومتر و ضریب شکست ۱/۴۴۶۲ قرار می‌دهیم. ناحیه پنجم که حلقه دوم است را با عرض ۵/۵ میکرومتر و ضریب شکست ۱/۴۵ در نظر گرفته‌ایم. ناحیه ششم نیز با پهنای ۴۲/۲ میکرومتر و ضریب شکست ۱/۴۴۶۹۲ طراحی شده است.

[1] Single-Mode Fiber
[2] Dispersion-Shifted Fiber: DSF
[3] Four-Wave Mixing: FWM

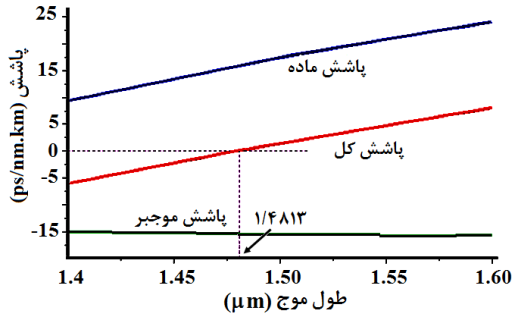
[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-10-30]



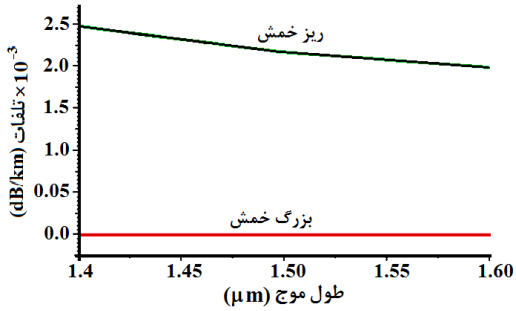
شکل (۲): نمایه ضریب شکست مغزی گوسی با دو حلقه.

۴- نتایج طراحی

منحنی‌های پاشش، تلفات خمشی و تلفات کل نمایه طراحی شده در شکل‌های (۳)، (۴) و (۵) به‌ترتیب نشان داده شده‌اند. مطابق این شکل‌ها، در این طراحی پاشش صفر به طول موج ۱/۴۸۱۳ میکرومتر انتقال یافته که در آن مقادیر پاشش، شیب پاشش، تلفات ریز خمش و تلفات کل به‌ترتیب برابر با ۴/۷۴ ps/nm.km، $ps/km.nm^2$ ۰/۰۶۰۷۴، ۰/۰۰۲۰ dB/km و ۰/۲۰ dB/km به‌دست آمده‌اند. تلفات بزرگ خمش در بازه طول موج ۱/۴ تا ۱/۶ میکرومتر تقریبا صفر است.



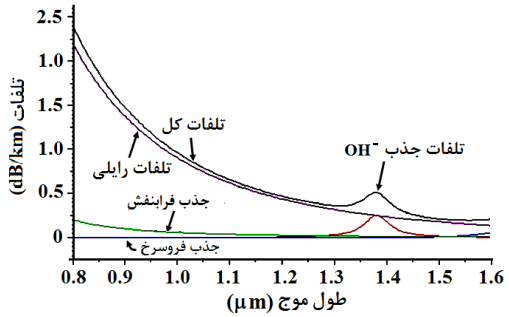
شکل (۳): منحنی‌های پاشش نمایه مغزی گوسی با دو حلقه ضریب شکست.



شکل (۴): منحنی‌های تلفات بزرگ خمشی و ریزخمش نمایه مغزی گوسی با دو حلقه.

۵- مقایسه نمایه طراحی شده با فیبر مرجع

می‌توان نمایه طراحی شده را با فیبر NZDSF تولیدی شرکت کرنینگ مقایسه کرد [۷]. پاشش صفر فیبر NZDSF تولیدی در طول موج ۱۴۸۰ نانومتر قرار دارد و نمایه طراحی شده در این تحقیق نیز دارای پاشش صفر در طول موج ۱۴۸۱ نانومتر است.



شکل (۵): منحنی‌های تلفات ماده نمایه مغزی گوسی با دو حلقه.

پاشش نمایه تولیدی در طول موج ۱۵۶۵ نانومتر ۱۰ ps/nm.km است در حالی‌که با استفاده از نمایه مغزی گوسی با دو حلقه توانستیم پاشش را در این طول موج کاهش دهیم و به مقدار ۶/۰۰۷ ps/nm.km برسانیم. تلفات فیبر تولیدی در طول موج ۱۵۵۰ نانومتر برابر ۰/۳ dB/km است و این مقدار برای نمایه طراحی شده کاهش پیدا کرده و به مقدار ۰/۲ dB/km رسیده است. قطر میدان مد مؤثر فیبر تولیدی در طول موج ۱۵۵۰ نانومتر برابر ۸ میکرومتر است که این مقدار در نمایه ارائه شده کاهش پیدا کرده و به مقدار ۶/۶ میکرومتر رسیده است. هرچه قطر میدان مد مؤثر کم‌تر باشد اثرات غیرخطی در فیبرنوری بیش‌تر می‌شود. در فیبر طراحی شده قطر میدان مد مؤثر کم‌تر از فیبر تولیدی است که باعث افزایش اثرات غیرخطی می‌شود، اما مزیت کم بودن قطر میدان مد مؤثر در این است که تلفات همبافت در این حالت کاهش می‌یابد که قابل با فیبر LEAF شرکت کرنینگ است [۸]. چون فیبر LEAF دارای میدان مد مؤثر بیش‌تری نسبت به نمایه ارائه شده در طول موج ۱۵۵۰ نانومتر است، دارای تلفات همبافت بیش‌تری است.

۶- نتیجه گیری

در این مقاله برای رسیدن به فیبرنوری محیط انتقال از نمایه مرجع تولید شرکت کرنینگ استفاده کرده‌ایم. ابتدا پاشش صفر را از طول موج ۱۵۵۰ نانومتر به طول موج ۱۴۸۰ نانومتر انتقال داده، سپس با اضافه کردن حلقه ضریب شکست اضافی به نمایه فیبرنوری مقادیر پاشش و تلفات را در طول موج ۱۵۵۰ نانومتر کاهش داده و

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-10-30]

به‌ترتیب به مقدار ۴/۷۴ ps/nm.km و ۰/۲۰ dB/km رسانده‌ایم. این مقدار قابل مقایسه با فیبر LEAF تولیدی شرکت کرنینگ است.

قطر میدان مد نمایه طراحی شده در مقایسه با فیبر تولیدی موجود در بازار کاهش نشان می‌دهد که به‌نوبه خود می‌تواند باعث کاهش تلفات همبافت شود. نتیجه این مقاله می‌تواند در تولید فیبرهای DSF و NZDSF با تلفات همبافت پایین مورد استفاده قرار گیرد.

۷- مراجع

[1] A. M. Agarkar, D. R. Dhabale, **"Design and Profile Optimization For Dispersion Shifted Fiber**", IJSCE, Vol.1, May 2011.

[2] Bhuiyan, Md, Saleh Akram, and H. M. Mondal. "**Profile optimization of dispersion shifted fiber based on optifiber design, simulation and performance analysis",** *Informatics, Electronics & Vision (ICIEV), 2013 International Conference on*. IEEE, 2013.

[3] Martínez-Rios, A., Torres-Gómez, I., Monzon-Hernandez, D., Barbosa-Garcia, O., & Duran-Ramirez, **"Reduction of splice loss between dissimilar fibers by tapering and fattening",** *Revista mexicana de física*, Vol. 56.1 pp. 80-84, 2010.

[4] OptiFiber CAD**, "*Optical Fiber Design Software*"**, Ver 2.2, Optiwave, Canada http://www.optiwave.com, 2008.

[5] MarieWandel and Poul Kristensen, **"Fiber designs for high figure of merit and high slope dispersion compensating fibers"**, J. Opt. Fiber. Commun. Rep. 3, 25–60, 2005.

[6] Nick Massa, **"Fiber Optic Telecommunication"** University of Connecticut, Fundamentals of Photonics, 2000.

[7] Andy Woodfin **"Proposed Inclusion of Non-Zero Dispersion Shifted Fiber",** Corning Incorporated, www.corning.com, 2012.

[8] **"Corning LEAF Optical Fiber**/Product Information", www.corning.com, 2012.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-10-30]