بیست و ششمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و دوازدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه خوارزمی،
تهران، ایران.
۱۶-۱۵ بهمن ۱۳۹۸

ساخت خارج کننده نورهای غلافی در لیزرهای فیبری پرتوان

امیر حیدری آذر، مرتضی لطف اللهی، وحید وطنی

مرکز ملی علوم و فنون لیزر ایران، تهران، ایران

چکیده – یکی از اجزای بسیار مهم لیزرهای فیبری پرتوان، خارج کننده نورهای غلافی است. این قطعه نورهای پمپ جذب نشده و نور سیگنال نشت کرده به غلاف را بیرون کشیده و موجب می‌شود نورخروجی لیزر به طور خالص از مغزی فیبر خارج شود. در این مقاله با استفاده از خمیر اسید فلوریدریک در دوره‌های زمانی معین و طول مشخص بر روی جداره فیبر خلل و فرج ایجاد می‌شود. این امر موجب بیرون کشیده‌شدن نورهای غلافی می‌شود. در نمونه آزمایشگاهی ساخته شده از ۱۲۶ وات نور غلافی موفق به بیرون کشیدن ۱۱۵ وات، توان شدیم.

کلید واژه- خارج کننده نورهای غلافی، خمیر اسید فلوریدریک، فیبر

Construction of cladding light stripper in high power fiber lasers

Amir Amir Heidariazar, Morteza Lotfollahi, Vahid Vatani

Iranian National Center for Laser Science and Technology, Tehran, Iran

Abstract- One of the main components of high power fiber lasers is cladding light stripper. This element extracts unabsorbed pump light and leaked laser signal in cladding and causes to laser output signal from fiber core to come out pure. In this article the fluoridric acid paste is used for corroding the surface of silica fiber at specified times and lengths. This leads to extracting cladding light. Made in laboratory sample 115W of 126W cladding light was extracted successfully.

Keywords: Cladding light stripper, Fluoridric acid paste, Fiber

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-10]

مقدمه

با رشد روزافزون توان لیزرهای فیبری، نیاز به استفاده از اجزایی که تحمل عبور میزان بالایی از نور پمپ و سیگنال لیزری را دارند، بسیار ضروری می‌باشد. این اجزا شامل آیینه‌های براگ فیبری، ترکیب‌کننده فیبری، فیبر فعال و خارج کننده نورهای غلافی و فیبر انتقال است[۱].

خارج کننده نورهای غلافی یکی از عناصر بسیار مهم در لیزر فیبری می‌باشد. این قطعه نورهای اضافی موجود در غلاف لیزر فیبری را که شامل نور پمپ جذب نشده و نور سیگنال نشت کرده از مغزی به داخل غلاف است را بدون تغییر در انتشار نور سیگنال درون مغزی به نحو مناسبی از فیبر بیرون می‌کشد. در صورت بیرون کشیده نشدن این نور اضافی، در اطراف لکه اصلی لیزر، هاله‌ای تشکیل شده و کیفیت باریکه به شدت افت می‌کند. این مساله موجب می‌شود لیزر از حالت تک مد عرضی خارج شود. علاوه بر این، نور غلافی در صورت بیرون کشیده نشدن، موجب سوختن فیبر انتقال می‌شود[۲و۱].

در این مقاله ابتدا تئوری کار انجام شده آورده شده و سپس روش انجام آزمایش توضیح داده شده است. در ادامه به تحلیل و نتیجه گیری پرداخته شده است.

تئوری

از آنجاکه در فیبرهای دو غلافه ضریب شکست پلیمر فیبر کمتر از ضریب شکست غلاف است، برای بیرون کشیدن نور، این پوشش پلیمری باید برداشته شود. از طرفی هوا نیز دارای ضریب شکستی کمتر از غلاف است[۱].

دو روش مرسوم برای بیرون کشیدن نور از غلاف وجود دارد. یکی از این روش‌ها این است که از ماده‌ای استفاده شود که ضریب شکستی بزرگتر از غلاف داشته باشد و فیبر لخت شده در این ماده قرار گیرد[۱].

روش دیگر آن است که با ایجاد خلل و فرج در سطح جانبی فیبر، صافی سطح فیبر را به هم زد و با ایجاد عدم یکنواختی در آن، نورهای با روزنه عددی مختلف را به صورت تدریجی بیرون کشید[۲].

در روش اول می‌توان چسب با ضریب شکست بیشتر از غلاف را به صورت روکش بر روی فیبر لخت شده ریخت و آن را با نور فرابنفش خشک نمود. چسب مورد نیاز باید دو ویژگی مهم داشته باشد. نخست آنکه انتقال حرارت بالایی داشته باشد و دوم آنکه در طول موج مورد نظر از لحاظ اپتیکی کاملا شفاف بوده و نور را به خود جذب نکرده و نسوزد.

مزیت این روش آن است که در دسترس بوده و در کوتاه‌ترین زمان ممکن قابل انجام است؛ اما ایراد آن در این است که نور غلافی به صورت یکباره بیرون کشیده می‌شود و این امر موجب سوختن چسب می‌شود. در واقع استفاده از چسب با ضریب شکست بالاتر از غلاف، تنها در مواقعی مفید است که نور غلافی از چندین وات افزایش پیدا نکند.

لخت کردن فیبر و ساندویچ نمودن آن در ایندیوم نیز می‌تواند نور غلافی را به خوبی و به تدریج بیرون بکشد[۳]. اما ایندیوم، فلز گرانقیمتی است و علاوه بر این، توانایی بیرون کشیدن نور غلافی برای ایندیوم در حدود چنده وات است.

در روش دوم، توسط متخلخل کردن با خمیر اسید فلوریدریک (HF) که بسیار ارزان قیمت است، نور غلافی را تا چند صد وات می‌توان بیرون کشید.

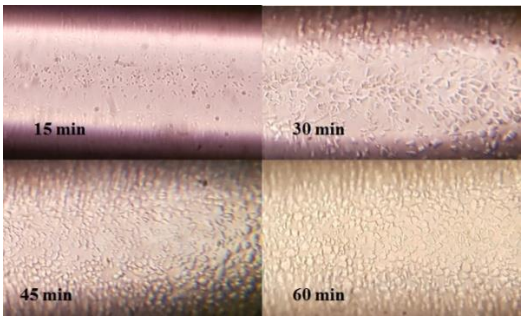
این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-10]

در ابتدای فرآیند متخلخل کردن، HF به سطح اکسید سیلیکون حمله کرده، یون‌های فلور جایگزین یون‌های اکسیژن دو قطبی در SiO_4 شده و شبکه شیشه را تخریب می‌کنند. با داشتن اسید فلوئوریدهایی مانند NH_4HF_2 یا KHF_2 در محلول متخلخل ساز شیشه به طور همزمان کریستال‌های سیلیکون فلوئورید تشکیل می‌گردند. این کریستال‌ها کاملا روی سطح غلاف داخلی چسبیده و باعث از بین رفتن شرط انعکاس داخلی درون فیبر شده و در نتیجه نور غلافی از داخل فیبر بیرون کشیده می‌شود.

روش انجام آزمایش

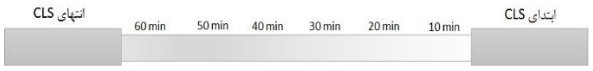
برای ساخت خارج کننده نورهای غلافی، پلیمر روی فیبر (غلاف خارجی) به طور کامل از روی آن برداشته می‌شود. این کار توسط دستگاه استریپر انجام می‌شود. سپس تمام سطح غلاف داخلی را با خمیر متخلخل ساز شیشه که ترکیب اصلی آن HF است، آغشته می‌کنیم. شکل (۱) تصویر میکروسکوپی فیبر ۴۰۰ میکرون متخلخل شده در بازه‌های زمانی مختلف را نشان می‌دهد.



شکل(۲) تصویر میکروسکوپی از سطح فیبر ۴۰۰ میکرون پس از متخلخل کردن آن با خمیر HF در بازه‌های زمانی مختلف

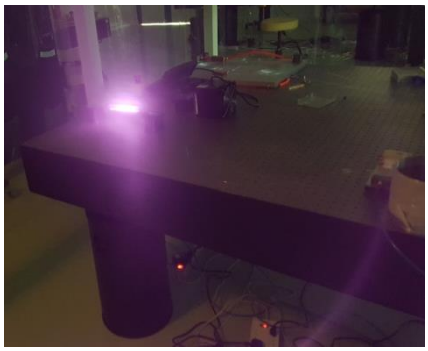
همانطور که در شکل(۱) مشاهده می‌شود هرچه زمان متخلخل کردن فیبر بیشتر باشد، اندازه کریستال‌ها و تعداد آنها بیشتر شده و بنابراین میزان نور بیشتری از آن خارج خواهد شد.

به منظور ساخت خارج کننده نورهای غلافی، ابتدا غلاف خارجی فیبر را به میزان ۱۵ سانتیمتر از روی آن برداشتیم تا به سطح غلاف داخلی برسیم. سپس با استفاده از خمیر HF سطح فیبر را به صورت تدریجی متخلخل کردیم. روش متخلخل کردن به این صورت است که طول ۱۵ سانتی فیبر ۲۰/۴۰۰ میکرون به ۶ قسمت ۲/۵ سانتیمتری تقسیم شده و سپس زمان متخلخل کردن فیبر از هر قسمت به قسمت دیگر از ۱۰ دقیقه تا ۶۰ دقیقه افزایش یافت. در شکل (۲) شماتیکی از فیبر متخلخل شده آورده شده است.



شکل(۲) شماتیک فیبر متخلخل شده به صورت تدریجی.

جهت کوپل نور لیزر دیودی به فیبر، یک فیبر ۲۲۰/۲۳۰ میکرون با کانکتور SMA به دیود لیزر ۱۲۶ وات dilas پیچ می‌شود. این فیبر را یک بار به فیبر ۲۰/۴۰۰ میکرون اسیدخوری نشده و یک بار به فیبر ۲۰/۴۰۰ میکرون اسیدخوری شده جوش می‌دهیم. نمایی از چیدمان آزمایشگاهی در شکل (۳) نشان داده شده است.



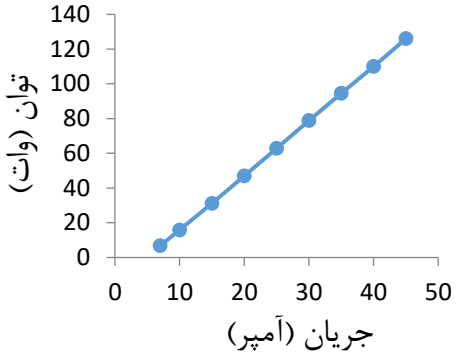
شکل(۳) نمایی از چیدمان آزمایشگاهی

خروجی توان در فیبر اسیدخوری نشده در شکل (۴) و خروجی توان در فیبر اسیدخوری شده در شکل(۵) آورده شده است.

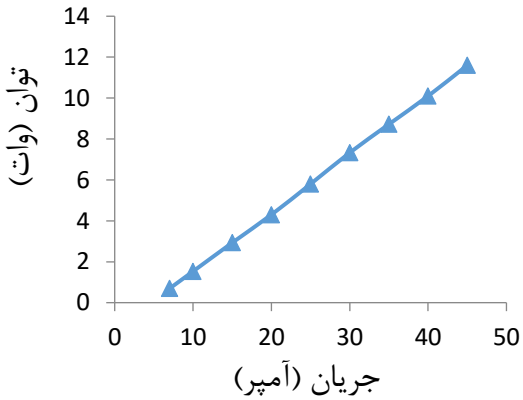
این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-10]

مقایسه این دو شکل نشان می‌دهد خارج کننده نورهای غلافی بیش از ۹۲ درصد از نور فیبر را بیرون کشیده است.



شکل(۴) توان خروجی لیزر دیودی بعد از جوش به فیبر ۲۰/۴۰۰



شکل (۴) توان خروجی لیزر دیودی بعد از خارج کننده نورهای غلافی

برای اطمینان از این که از ۱۱ وات نور باقیمانده در فیبر، چه مقدار در مغزی و چه مقدار در غلاف است، در خروجی فیبر مقداری چسب اپتیکی با ضریب شکست بالا بر روی قسمت لخت شده فیبر ریخته شد و توسط نور فرابنفش سفت گردید. توان خروجی با این کار از ۱۱ وات به ۵ وات تقلیل پیدا کرد. بنابراین با اطمینان به این موضوع که چسب با ضریب شکست بالا باقیمانده نور غلافی را به طور کامل بیرون می‌کشد، می‌توان نتیجه گرفت از کل ۱۲۶ وات نور کوپل شده در فیبر ۱۲۱ وات در غلاف بوده که ۶ وات از آن با خمیر HF بیرون کشیده نشده است. لذا بازدهی خارج کننده نورهای غلافی ۹۵ درصد است.

در صورتی که طول قسمت لخت شده فیبر را افزایش دهیم و قسمت‌های انتهایی را مدت بیشتری در خمیر اسید فلوریدریک قرار دهیم می‌توان درصدهای بالاتری از نور را بیرون بکشیم.

جمع بندی و نتیجه‌گیری

از آنجا که خارج کننده نورهای غلافی یکی از قطعات بسیار مهم در ساخت لیزرهای فیبری پرتوان است و در صورت عدم استفاده از این قطعه، فیبر انتقال باریکه خروجی می‌سوزد، تلاش شد این قطعه ساخته شود. با استفاده از خمیر اسید فلوریدریک و خراشان نمودن سطح فیبر موفق شدیم بیش از ۹۵ درصد از نور غلافی را بیرون بکشیم.

مرجع‌ها

1.R. Poozesh, A. Norouzy, A. Hamedani Golshan, A. Roohforouz, A. Babazadeh, R. Rezaei, Nasirabad, N. Tabatabaei Jafari, A. Heidariazar, K. Hejaz, A. Alavian, A. Amidian, "A Novel Method for Stripping Cladding Lights in High Power Fiber Lasers and Amplifiers", Journal of LIGHTWAVE TECHNOLOGY, VOL. 30, NO. 20, OCTOBER, P. 3199-3202, 2012.

۲.امین بابازاده، احمد نوروزی، علی همدانی گلشن، رضا رضایی نصیر آباد، سید ناصر طباطبایی، امیر حیدری آذر، رضا پوزش، علی روح فروز و کامران حجاز" استفاده از بلور خالص YAG برای خارج کردن نورهای ناخواسته از غلاف اول فیبر در لیزرهای فیبری پر توان" نوزدهمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران به همراه پنجمین کنفرانس مهندسی فوتونیک ایران، بهمن ۱۳۹۱.

3.A. Babazadeh, R. Rezaei Nasirabad, A. Norouzey, K. Hejaz, R. Poozesh, A. Heidariazar, A. Hamedani Golshan, A. Roohforouz, S. N. Tabatabaei Jafari, M. Lafouti, “Robust cladding light stripper for high-power fiber lasers using soft metals”, Applied optics 53 (12), 2611-2615, 2014.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-10]