اولین کنفرانس ملی حسگرهای فیبرنوری- ۶ آبان ۱۴۰۰
ICOFS 2021
1st Iranian Conference on Optical Fiber Sensors
October 28, 2021
پژوهشکده لیزر و پلاسما

ساخت کانال‌های میکرونی به روش پشت‌نگاری لیزری در شیشه و مشخصه‌یابی آن‌ها

فاطمه عزیزپور[۱]، محمدرضا رشیدیان وزیری[۲*]، محمدرضا جعفرفرد [۱]، هدیه پازکیان[۲]، محسن منتظرالقائم[۲]

[۱] دانشکده فیزیک، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

[۲] پژوهشکده‌ی فوتونیک و فناوری‌های کوانتومی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، تهران، ایران

چکیده: در این کار، گزارش ساخت و مشخصه‌یابی کانال‌های میکرونی به روش پشت‌نگاری لیزری ارائه شده است. با انتخاب هدف فلزی از جنس استیل و لیزر نئودیوم-یاگ ۱۰۶۴ نانومتر برای کندوسوز، کانال‌های میکرونی در بسترهای شیشه‌ای ایجاد شده است. شاریدگی از ۰/۵۳ تا ۰/۵۶ با گام‌های ۰/۰۱ ژول بر سانتی‌مترمربع تغییر داده شده و تعداد پالس‌ها برخوردی برابر با ۶۰ و ۹۰ بوده است. نتایج بیانگر آن است مشخصه شاریدگی لیزر اثر بیش‌تری در تغییر اندازه کانال‌ها و توزیع ضریب جذب آن‌ها دارد.

کلید واژگان: پشت‌نگاری لیزری؛ کانال‌های میکرونی؛ ضریب جذب.

Fabrication of micro-channels in glass by laser back-writing technique and their characterization

Fatemeh Azizpour[1], Mohammad Reza Rashidian Vaziri[2*], Mohammad Reza Jafarfard [1], Hedieh Pazokian[2], Mohsen Montazerolghaem[2]

[1] Department of Physics, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran
[2] Photonics and Quantum Technologies Research School, Nuclear Science and Technology research Institute, Tehran, Iran

Abstract- In this work, fabrication of micro-channels by laser back-writing technique and their characterization is reported. Using a steel metal target and a Nd:YAG laser source (1064 nm) for ablation, micro-channels were fabricated in glass substrates. Laser fluenece was varied between 0.53 to 0.56 with paces of 0.01 J/cm^2, and the total number of pulses were 60 and 90. The results show that the laser fluence play a more important role in changing the size and optical absorption distribution of the micro-channels.

Keywords: Laser back-writing; micro-channels; absorption coefficient.

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت http://opsi.ir/ قابل دسترسی باشد.

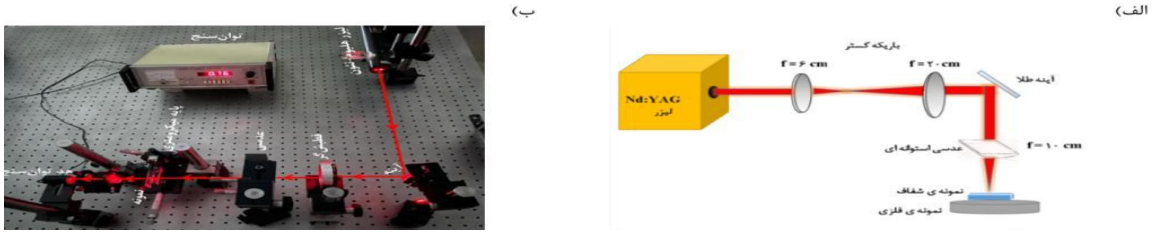
[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-08-17]

۱- مقدمه

روش‌های مختلفی برای ساخت موجبرهای نوری وجود دارند که هر کدام از آنها مزایا و معایب خودرا دارند.در این میان،روش‌های نگارش لیزری و پشت‌نگاری لیزری روش‌هایی هستند که بر پایه کندوسوز لیزری و شکل‌گیری توده‌ی پلاسمایی هستند[۱]و[۲]. در روش پشت‌نگاری باریکه از داخل بستر شفاف عبور و بر روی یک سطح فلزی که در پشت آن قرار دارد متمرکز می‌شود (شکل۱-الف). کندوسوز لیزری بر روی سطح فلز اتفاق افتاده و یون‌های پر انرژی در این توده پلاسمایی در داخل محیط بستر نفوذ کرده و مشخصات نوری آن، مثل ضریب جذب و ضریب شکست را تغییر می دهد. در این کار، با استفاده از روش پشت‌نگاری لیزری کانال‌های میکرومتری بر روی سطح شیشه تهیه شده است. تصاویر میکروسکوپی نوری از سطح نمونه‌های تهیه شده و عرض کانال‌ها بدست آمده است. توزیع ضریب جذب نوری در امتداد عرض کانال از چیدمان تجربی پیاده‌سازی شده بر اساس قانون بیر-لامبرت اندازه‌گیری و گزارش شده است..

۲- روش‌ها

با روش پشت‌نگاری لیزری موجبرهای میکرومتری بر روی تیغه‌های شیشه‌ای(لام‌های) ایجاد شد(شکل ۱-الف). لیزر نئودیوم-یاگ (طول‌موج اصلی۱۰۶۴ نانومتر، بیشینه انرژی ۵۰میلی‌ژول و طول پالس ۲۰ نانوثانیه) استفاده شده است. باریکه لیزر ابتدا توسط دو عدسی همگرا با فواصل کانونی ۶ و ۲۰ سانتی‌متر گسترده و پس از بازتاب از یک آینه تخت به سمت عدسی استوانه‌ای با فاصله کانونی ۱۰سانتی‌متر هدایت شده است. باریکه خروجی از عدسی استوانه‌ای بر روی تیغه شیشه‌ای متمرکز شده است. هدف فلزی از جنس تیغه استیل در زیر تیغه شیشه‌ای قرار گرفته و مجموعه دو قطعه بر روی پایه قرار گرفته است. شاریدگی از ۰/۵۳ تا ۰/۵۶ ژول بر سانتی‌مترمربع برای نمونه‌های مختلف تغییر داده شده است. برای هرشاریدگی ها نیز دو نمونه با تعداد پالس برابر با ۶۰ و ۹۰ تهیه شده است. تصاویر میکروسکوپی از نمونه‌ها تهیه و عرض کانال‌ها با استفاده از آن محاسبه شده است.. برای اندازه‌گیری توزیع ضریب جذب ، از چیدمان نوری شکل ۱-ب استفاده شده است که در آن از یک لیزر هلیوم-نئون (مدلMelles Griot 3225H-PC، ۱۰ میلی‌وات، ۶۳۲/۸ نانومتر) با خروجی قطبیده خطی استفاده شده است. با استفاده از عدسی نور درمحل نمونه کانونی شده است. برای جلوگیری از وارد شدن آسیب به نمونه در کانون پر شدت لیزر، از یک قطبش‌گر جهت تنظیم توان فرودی استفاده شده است. نمونه بر روی پایه میکرومتری دقیق ثابت شده است. باریکه کانونی شده لیزر، پس از جاروب خطی و رسیدن به کانال، طرح پراش خطی در امتداد عرضی را شکل خواهد داد. برای جمع کردن این طرح پراش خطی و اندازه گیری توان توسط توان‌سنج از یک عدسی استوانه‌ای استفاده شده است.



شکل ۱- الف) چیدمان ساخت کانال‌های موجبری میکرومتری به روش پشت‌نگاری لیزری، ب) چیدمان اندازه‌گیری توزیع ضریب جذب در امتداد عرض کانال‌ها.

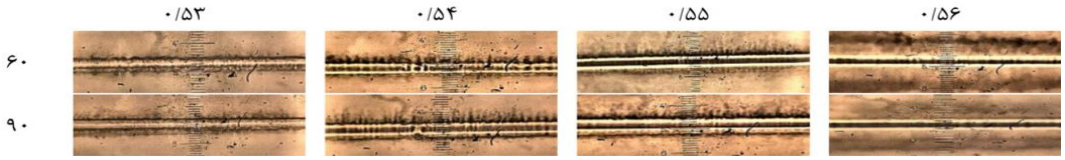
۳- نتایج

در شکل ۲ با افزایش شاریدگی لیزر و افزایش تعداد پالس‌های برخوردی، حجم متراکم‌تری از یون‌های فلزی در ناحیه میانی کانال نشسته است.در بخش‌های الف و ب شکل۳ ، به ترتیب تغییرات عرض کانال اندازه‌گیری شده بر حسب تغییر شاریدگی و تغییر تعداد پالس برخوردی

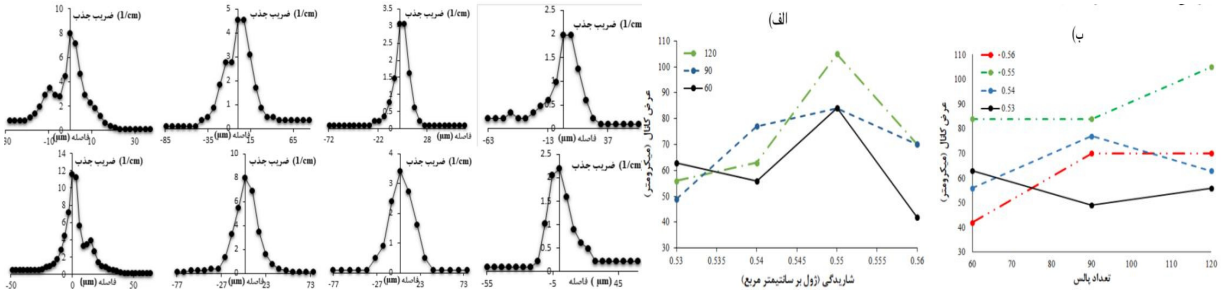
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت http://opsi.ir/ قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-08-17]

لیزر نشان داده شده است. با افزایش شاریدگی لیزر، عرض کانال‌ها افزایش و پس از رسیدن به بیشینه کاهش می‌یابد. با افزایش میزان شاریدگی لیزر، یون‌ها بیش‌تر در عمق شیشه نفوذ پیدا کرده وگسترش عرضی آن‌ها در امتداد سطح بستر شیشه‌ای کمترمی‌شود [۳].



شکل ۲-تصاویر میکروسکوپ نوری از سطح نمونه‌ها. اعداد دربالا و سمت چپ به ترتیب عبارتند ازشاریدگی (ژول برسانتی‌مترمربع)وتعداد پالس



شکل ۳-تغییر عرض کانال‌های میکرومتری برحسب الف) تغییر شاریدگی و ب) تغییر تعداد پالس برخوردی لیزر نئودیوم-یاگ.

شکل ۴- تغییرات ضریب جذب اندازه‌گیری شده در امتداد عرض کانال‌های میکرومتری. ترتیب تصاویر مطابق با شکل ۱ است.

شکل ۴، تغییرات ضریب جذب در امتداد کانال‌ها با استفاده از چیدمان شکل ۱- ب، را بیان می‌کند. ضریب جذب نمونه‌ها از قانون بیر-لامبرت استخراج شده است. در مرکز باریکه لیزری برخوردی به سطح هدف فلزی، شدت بیشنه بوده و لذا حجم بیش‌تری از یون‌ها در این ناحیه از سطح هدف کندوسوز شده و در داخل شیشه نفوذ می‌کنند [۴]. به همین دلیل ضریب جذب در این نقطه در داخل کانال نیز بیشینه است. با افزایش شاریدگی حجم یون‌های کندوسوز شده افزایش می یابد همچنین با افزایش تعداد پالس‌ها تعداد یون های برخوردی به سطح نمونه افزایش میابد که هردو آنها باعث افزایش جذب نوری آن نسبت به شیشه می شوند

۴- نتیجه گیری

نتایج بیانگر افزایش عرض کانال‌ها و ضریب جذب آن‌ها با افزایش شاریدگی لیزر مورد استفاده است. با افزایش تعداد پالس‌های برخوردی، تغییرات برای ضریب جذب شدت کمتری داشته و تغییرات عرض کانال‌ها نشاندهنده روند مشخصی نیست. با استفاده از نتایج شکل‌های ۳ و ۴ این مقاله می‌توان پارامترهای بهینه ساخت را برای کاربردهای خاصی استخراج کرد که نیاز به عرض کانال و ضریب جذبی مشخص دارند. تکرارپذیری فرایند ساخت میکروکانال‌ها به میزان پایداری مشخصات لیزر (طول پالس، کیفیت باریکه)در طول زمان بستگی دارد.

مراجع

1. Okamoto, K. (2006). *Fundamentals of optical waveguides*. Academic press.
2. Abbasi, S., Jafarfard, M. R., Razaghi, D., Montazerolghaem, M., & Pazokian, H. (2021). Laser back-writing of steel for fabrication of micro-channels on a quartz substrate. **JOSA B**, *38*(5), 1684-1688.
3. Rashidian Vaziri, M. R., Hajiesmaeilbaigi, F., & Maleki, M. H. (2011). Monte Carlo simulation of the subsurface growth mode during pulsed laser deposition. **Journal of Applied Physics**, *110*(4), 043304.
4. Vaziri, M. R., Hajiesmaeilbaigi, F., & Maleki, M. H. (2010). Microscopic description of the thermalization process during pulsed laser deposition of aluminium in the presence of argon background gas. **Journal of Physics D: Applied Physics**, *43*(42), 425205.

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت http://opsi.ir/ قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-08-17]