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

مشخصه یابی فرآیند laser backwriting با تغییر شاریدگی و تعداد پالس

شبنم عباسی[۱]، محمدرضا جعفرفرد[۱]، داوود رزاقی[۲]، محسن منتظرالقائم[۲]، هدیه پازکیان[۲]

[۱]دانشکده فیزیک دانشگاه علم و صنعت ایران

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

چکیده – در این مقاله به برر سی فرآیند laser backwriting پرداخته شده ا ست. بدین منظور ا ستیل به عنوان نمونه‌ی هدف جهت کندگی و نفوذ یون‌ها داخل زیرلایه کوارتز، تو سط لیزر پال سی کیو سوئیچ شده‌ی Nd:YAG مورد تابش قرار گرفت. میکروکانال‌های ایجاد شده طی بر هم کنش مواد کنده شده با زیرلایه کوارتز مورد برر سی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد عمق کانال به تعداد پالس و شاریدگی‌های مختلف لیزر بستگی دارد . همچنین در یک شاریدگی و تعداد پالس آستانه پلاسمون‌های سطحی شکل گرفته است. برای مشخص کردن میزان نفوذ یون‌ها داخل کوارتز و جذب از طیف‌سنجی UV-Visible و برای اندازه‌گیری عمق کانال از پروفایلومتری سطح استفاده شده است.

کلید واژه- کوارتز، فرآیند laser backwriting، لیزر پالسی Nd:YAG

Characterization **of** laser backwriting process with different number of pulses and various laser fluences

Shabnam abbasi[1], Mohammad reza jafarfard[2], Davoud razzaghi[2], Mohsen montazerolghaem[2], Hedieh pazokian[2]

[1]Physics Department, Iran University of science and technology, Tehran, Iran

[2]Photonic and Quanum technologies research school, Nuclear science and technology research Institue, Tehran, Iran

Abstract- In this paper laser backwriting process was investigated. The steel target was ablated onto the quartz substrate by pulsed Nd:YAG laser irradiation. microchannels formed following interaction of the ablated particles with the substrate, were studied. The results show that the depth of the channels depends on the number of pulses and the laser fluences. In addition at a threshold fluence and number of pulses the surface plasmons were formed. UV-Visible spectroscopy and the surface profilometery were used for the investigation of the absorption and ion penetration rates in to the substrate, respectively.

Keywords: Quartz, Laser backwriting process, Nd:YAG pulsed laser

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-18]

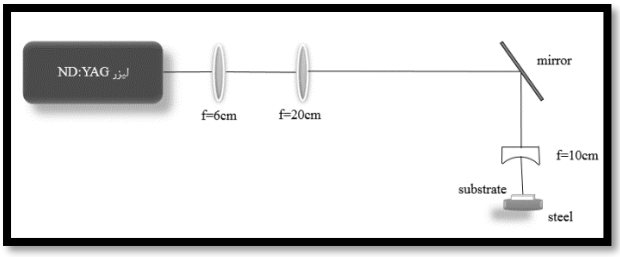
این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

۱-مقدمه

امروزه یکی از نقاط قابل توجه در علم و صنعت، کوچک نمودن ابزارهای مورد استفاده است. استفاده از موجبرهای نوری، یکی از عوامل صنعتی شدن مدارات مجتمع در ابعاد میکرو و نانو است. روش‌های مختلفی برای ساخت موجبرهای نوری وجود دارد که بسته به نوع بستر از این روش‌ها استفاده می‌شود. یکی از این روش‌ها که به تازگی مورد توجه قرار گرفته است، روش laser (LBW) backwriting است. LBW فرآیندی است که طی آن پرتو لیزر از یک نمونه‌ی شفاف عبور کرده و به یک سطح فلزی برخورد می‌کند. نمونه‌ی شفاف و سطح فلزی کاملا برروی یکدیگر قرار دارند. باتوجه به اینکه جذب نمونه‌ی شفاف انتخاب شده در طول موج لیزر، پایین در نظر گرفته می‌شود، نور بدون آسیب به نمونه‌ی شفاف از آن عبور کرده و به سطح فلز میرسد و باعث کندگی از سطح فلز و پلاسما می‌شود. پلاسمای ایجاد شده وارد نمونه‌ی شفاف شده و باعث تغییر ضریب شکست نمونه شفاف در نقاطی که یون حاصل از کندگی، جایگزین اتم‌های اولیه‌ی شبکه شده است، می‌شود [۱]. کوارتز از جمله موادی است که امروزه به دلیل ارزان بودن و ویژگی‌های اپتیکی مناسب بسیار مورد توجه است. استیل نیز به دلیل ویژگی‌های حرارتی مناسب امروزه بسیار پرکاربرد است. در این مقاله به بررسی تغییرات ایجاد شده در زیرلایه‌های کوارتز با نمونه‌ی هدف استیل طی فرآیند LBW پرداخته شده است. برای این کار از طیف‌سنجی UV-Visible و پروفایلومتری سطح، برای تعیین میزان جذب یون و عمق کانال استفاده شده است.

۲-روش انجام آزمایش

شکل۱ چیدمان آزمایش را نشان می‌دهد. همانطور که از شکل مشخص است، زیرلایه‌ی کوارتز پولیش داده شده برروی نمونه‌ی استیل قرار گرفت. از یک عدسی استوانه‌ای با فاصله‌ی کانونی ۱۰سانتی‌متر استفاده شد. به منظور جلوگیری از صدمه به آینه‌ها از دو عدسی به عنوان انبساط-گر استفاده شد. کانال‌های به دست آمده در تعداد پالس و شاریدگی‌های مختلف توسط لیزر Nd:YAG کیوسوئیچ شده با طول موج ۱۰۶۴ nm و پهنای پالس ۸ns تابش‌دهی شدند.

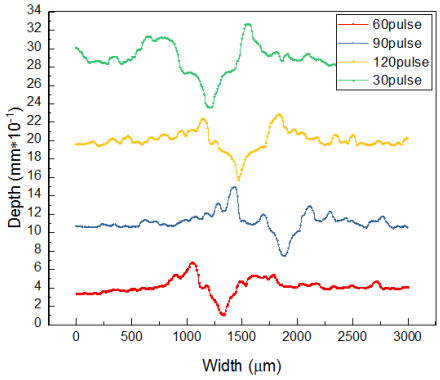


شکل۱. طرح چیدمان آزمایش

۳-نتایج

۱-۳-بررسی عمق کندگی و نفوذ فلز در زیرلایه بر حسب تعداد پالس

شکل ۲ پروفایل سطحی در تعداد پالس‌های مختلف و شاریدگی ۲/۹ J/cm^2 و نرخ تکرار ۱ Hz را نشان می‌دهد.



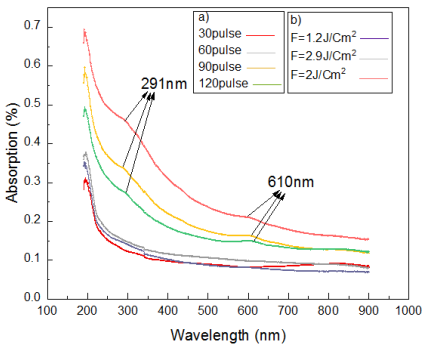
شکل۲. پروفایل سطحی نمونه‌های تابش داده شده در تعداد پالس‌های مختلف و شاریدگی ۲/۹ J/cm^2 و نرخ تکرار ۱ Hz

همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، در شاریدگی ۲/۹ J/cm^2 و نرخ تکرار ۱ Hz با افزایش تعداد پالس از ۳۰ به ۶۰، کاهش در عمق کندگی مشاهده می‌شود و سپس با افزایش تعداد پالس از ۶۰ به ۹۰، افزایش بسیار کمی در عمق کندگی کانال مشاهده و سپس از ۹۰ به ۱۲۰ دوباره افزایش مشاهده می‌شود. با افزایش تعداد پالس دز انرژی ورودی به نمونه افزایش یافته و در نتیجه کندگی از سطح نمونه‌ی

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-18]

استیل افزایش می‌یابد. با افزایش عمق کندگی، پالس لیزر در نقطه‌ای دورتر از نقطه‌ی کانونی خود به سطح استیل برخورد می‌کند و میزان کندگی از سطح کاهش پیدا می‌کند. طی برخورد یون به سطح کوارتز برخی از یون‌ها در پدیده‌ی کندوپاش شرکت کرده و بخشی دیگر به داخل زیرلایه کوارتز نفوذ می‌کنند. با کاهش میزان یون‌های برخوردی به سطح کوارتز، میزان یون‌هایی که در فرآیند کندوپاش از سطح کوارتز شرکت می‌کنند نیز کاهش پیدا کرده و در نتیجه کاهش در فرآیند کندوپاش از سطح کوارتز باعث کاهش عمق کانال ایجاد شده بر روی کوارتز می‌شود. بنابراین به دلیل اینکه در تعداد ۳۰پالس بیشترین میزان انرژی لیزر و در نقطه‌ی کانونی لیزر به سطح فلز منتقل شده، پلاسمای بیشتری از سطح فلز کنده شده و به سطح کوارتز برخورد کرده است. در نتیجه فرآیند کندوپاش از سطح کوارتز بیشتر است که باعث زیاد بودن عمق کانال در ۳۰ پالس می‌شود. شکل ۳ a) طیف جذبی نمونه‌های تابش دیده در تعداد پالس مختلف و شاریدگی ۲/۹ J/cm^2 و نرخ تکرار ۱ Hz را نشان می‌دهد. همانطور که از شکل مشخص است در نمونه‌های مربوط به ۹۰ و ۱۲۰ پالس، دو پیک جذبی در طول‌موج‌های ۲۹۱ و ۶۱۰ نانومتر وجود دارد که مربوط به پلاسمون‌های سطحی ایجاد شده به ترتیب ناشی از حضور فلزات آهن و احتمالا منگنز در استیل است [۲]. در تعداد ۳۰ و ۶۰پالس پلاسمون سطحی وجود نداشته و بعد از ۹۰ پالس پلاسمون سطحی در فصل مشترک فلز و دی‌الکتریک دیده می‌شود.

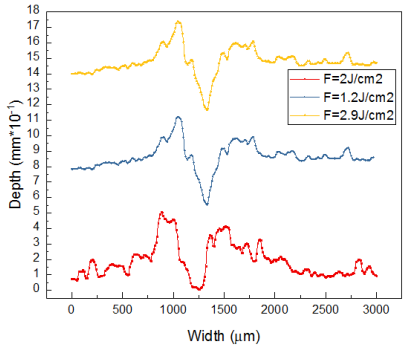


شکل۳. طیف جذبی نمونه‌های تابش دیده در نرخ تکرار ۱ Hz و a) تعداد پالس‌های مختلف و شاریدگی J/cm^2 ۲/۹ b) شاریدگی‌های مختلف و تعداد پالس ۶۰

عامل ایجاد پلاسمون در یک سطح، وجود نیروی جاذبه بین یون‌ها و الکترون‌های آزاد و در نتیجه حرکت جمعی الکترون‌های آزاد است. نوسانات پلاسما در سطح مشترک فلز و دی‌الکتریک اتفاق می‌افتد. کندگی لیزری استیل(یا هر فلز دیگر) باعث ایجاد پلاسما می‌شود. این پلاسما حاوی ذرات باردار شامل یون‌ها و الکترونهای آزاد است. یون‌ها و الکترون‌ها با سطح برخورد میکنند. تعدادی از این ذرات با توجه به میزان انرژی و سرعتشان به داخل نمونه کوارتز نفوذ می‌کنند. همچنین تعداد ذرات کنده شده قویا به تعداد پالس های لیزر و شاریدگی بستگی دارد. از طرف دیگر میزان نفوذ پلاسما به داخل کوارتز بعد از نفوذ ذرات اولیه تحت تاثیر نیروی جاذبه و دافعه بین ذرات باردار پلاسما و همچنین انرژی و سرعت آنها خواهد بود. علاوه براین با افزایش تعداد پالس، علاوه بر افزایش تعداد ذرات کنده شده، عمق کندگی روی هدف (استیل) افزایش یافته و در نتیجه فاصله‌ی پلوم پلاسما از زیرلایه بیشتر می‌شود. بنابراین پارامترهای مختلفی در فرآیند نفوذ به داخل کوارتز موثر هستند که این فرآیندها به رقابت با یکدیگر میپردازند.

۲-۳-بررسی عمق کندگی و نفوذ فلز در زیرلایه بر حسب شاریدگی

شکل۴ پروفایل سطح از نمونه‌های تابش دیده در شاریدگی‌های مختلف و نرخ تکرار ثابت ۱ Hz و تعداد پالس ۶۰ را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، در تعداد ۶۰ پالس و نرخ تکرار ۱ Hz با افزایش شاریدگی از ۱/۲ J/cm^2 به ۲ J/cm^2 عمق کانال کاهش پیدا کرده و سپس



شکل۴. نمودار پروفایل سطح نمونه‌های تابش داده شده در شاریدگی‌های مختلف و تعداد پالس ۶۰ و نرخ تکرار ۱ Hz

با افزایش شاریدگی از ۲ J/cm^2 به ۲/۹ J/cm^2 عمق کانال افزایش پیدا کرده است. با افزایش شاریدگی از ۱/۲ J/cm^2به

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-18]

۲ J/cm^2 به دلیل افزایش دز وارده به سطح، کندگی از سطح افزایش می‌یابد. با افزایش عمق کندگی از سطح فلز به دلیل اینکه یون‌ها از فاصله‌ی دورتری نسبت به کوارتز، از سطح کنده شده‌اند، بنابراین انرژی و سرعت آن‌ها هنگام برخورد با سطح کوارتز کاهش پیدا می‌کند. در لحظه‌ی شروع، پلاسما دارای ماکزیمم دما است و درنتیجه ذرات پلاسما دارای ماکزیمم سرعت و انرژی هستند. با گذشت زمان که پلاسما از سطح فلز دورتر می‌شود دمای پلاسما به شکل نمایی کاهش پیدا کرده [۳] و درنتیجه سرعت و انرژی یون‌ها کاهش پیدا می‌کند و هنگامی که یون‌ها به سطح کوارتز می‌رسند مینیمم انرژی و سرعت خود را خواهند داشت. فرآیند کندوپاش به میزان زیادی به سرعت یون‌های برخوردی بستگی دارد. در سرعت‌های پایین یون، فرآیند کندگی از سطح کوارتز به میزان کمتری اتفاق می‌افتد و در سرعت‌های بالا به دلیل اینکه یون با انرژی بیشتری به سطح کوارتز برخورد می‌کند میزان کندگی افزایش پیدا می‌کند [۴]. با افزایش شاریدگی از ۲ J/cm^2 به ۲/۹ J/cm^2 میزان کندگی و درنتیجه پلاسما بیشتر می‌شود. با وجود اینکه انرژی این یون‌ها هنگام برخورد به سطح کوارتز بسیار کم است، به دلیل اینکه یون‌های اولیه که به سطح کوارتز نفوذ کرده‌اند هنوز فرصت کافی برای سرد شدن و جایگزین شدن در شبکه‌ی اتم‌های کوارتز را ندارند، یون‌های بعدی، به سطح کوارتز و در واقع به سطح یون‌های اولیه برخورد می‌کنند و باعث کندگی یون‌های اولیه از سطح شده و فرآیند کندوپاش افزایش پیدا می‌کند، درنتیجه عمق کانال افزایش می‌یابد. توجیح دیگری که می‌توان برای نمودار شکل ۴ ارائه داد، به این شکل است که با افزایش شاریدگی از ۱/۲ J/cm^2 به ۲J/cm^2 میزان پلاسمای کنده شده از سطح نسبت به حالتی که شاریدگی از ۲ J/cm^2 به ۲/۹ J/cm^2 افزایش پیدا کرده، کمتر است، ولی به دلیل اینکه پلاسمای ایجاد شده به سطح کوارتز نزدیک‌تر است، انرژی ذرات پلاسما هنگام برخورد به کوارتز، بیشتر است. بنابراین در حالتی که شاریدگی از ۲ J/cm^2 به ۲/۹ J/cm^2 افزایش پیدا کرده با وجود اینکه انرژی ذرات برخوردی به سطح کوارتز کم است و این باعث کاهش فرآیند کندوپاش می‌شود، تعداد این ذرات زیاد بوده و باعث شده فرآیند کندوپاش برخلاف آنچه انتظار می‌رود افزایش پیدا کند. پس تعداد ذرات برخوردی به سطح کوارتز در فرآیند کندوپاش نقش مهم‌تری نسبت به انرژی تک تک این ذرات ایفا می‌کند. شکل۳ b) طیف جذبی نمونه‌های تابش دیده در شاریدگی‌های مختلف و نرخ تکرار ۱Hzو تعداد پالس ۶۰ را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، با افزایش شاریدگی از ۱/۲ J/cm^2 به ۲ J/cm^2 افزایش در میزان جذب یون مشاهده می‌شود و با افزایش شاریدگی از ۲ J/cm^2 به ۲/۹ J/cm^2 کاهش در جذب یون اتفاق می‌افتد. این نتایج در توافق کامل با نتایج پروفایلومتری است که با افزایش کندگی از سطح کوارتز در واقع میزان جذب یون توسط سطح کاهش یافته و برعکس.

نتیجه‌گیری

در این مقاله اثر فرآیند LBW روی زیرلایه کوارتز با استفاده از کندگی هدف استیل با لیزر Nd:YAG کیوسوئیچ شده مورد بررسی قرار گرفت. در میکروکانال‌های ایجاد شده طی این فرآیند تشکیل و یا عدم تشکیل پلاسمون مشاهده می‌شود. تشکیل این پلاسمون‌ها به میزان زیادی به شاریدگی و تعداد پالس لیزر بستگی دارد. نتایج نشان داده در مورد شرایط تابش دهی در مقاله‌ی حاضر حداقل تعداد ۹۰ پالس در شاریدگی ۲/۹ J/cm^2 برای ایجاد پیک پلاسمونی در زیرلایه‌ی کوارتز لازم بوده و همچنین برای تعداد پالس ۶۰ در شاریدگی ۲ J/cm^2 پیک‌های پلاسمونی قابل مشاهده هستند.

مرجع‌ها

[1] C. Gómez-Reino *et al.*, “Laser backwriting process on glass via ablation of metal targets,” *Opt. Commun.*, vol. 273, no. 1, pp. 193–199, 2007.

[2] F. Rey-garcía, M. T. Flores-arias, C. Gómez-reino, R. Lahoz, and G. F. De Fuente, “Applied Surface Science Microstructure of planar glass substrates modified by Laser Ablation Backwriting (LAB) of metal targets,” *Appl. Surf. Sci.*, vol. 307, pp. 645–653, 2014.

[3] P. Demir, E. Kacar, E. Akman and A. Demir “Single Pulse Laser Ablation of AISI 316L Stainless Steel Surface Using Nd : YAG Laser Irradiation,” ACTA PHYSICA POLONICA A., vol. 125, no. 2, pp. 439–441, 2014.

[4] M. Sc and D. E. S. Sciencesde, “Glass Waveguide Fabrication by Ion Implantation for Optical Communication Applications.”k

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-18]

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