

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



مشخصه یابی فرآیند laser backwriting با تغییر شاریدگی و تعداد پالس

شبنم عباسی'، محمدرضا جعفرفرد'، داوود رزاقی'، محسن منتظرالقائم'، هدیه پازکیان'

^۱دانشکده 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 اندازه گیری عمق کانال از پروفایلومتری سطح استفاده شده است.

كليد واژه- كوارتز، فرآيند laser backwriting، ليزر پالسي Nd:YAG

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

Shabnam abbasi¹, Mohammad reza jafarfard², Davoud razzaghi², Mohsen montazerolghaem², Hedieh pazokian²

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

²Photonic 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

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 (LBW) backwriting است. LBW فرآیندی است که طی آن پرتو لیزر از یک نمونه ی 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 می شود، نور بدون آسیب به نمونهی شفاف از آن عبور کرده و به سطح فلز میرسد و باعث کندگی از سطح فلز و پلاسما می شود. 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، می شود [1]. 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 طيفسنجى UV-Visible و پروفايلومترى سطح، براى تعیین میزان جذب یون و عمق کانال استفاده شده است.

۲-روش انجام آزمایش

شکل ۱ 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-نتايج

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/cm² و نرخ تکرار Hz ۱ را نشان میدهد.



شکل۲. پروفایل سطحی نمونههای تابش داده شده در تعداد پالسهای مختلف و شاریدگی ۲/۹ J/cm² و نرخ تکرار ۱ Hz

همانطور که در شکل مشاهده می شود، در شاریدگی J/cm² و نرخ تکرار Hz با افزایش تعداد پالس از ۳۰ به ۶۰، کاهش در عمق کندگی مشاهده می شود 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 می شود. 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.

عامل ایجاد پلاسمون در یک سطح، وجود نیروی جاذبه بین یونها و الکترونهای آزاد و در نتیجه حرکت جمعی الكترونهای آزاد است. نوسانات پلاسما در سطح مشترک فلز و دیالکتریک اتفاق می افتد. کندگی لیزری استیل (یا هر فلز دیگر) باعث ایجاد پلاسما می شود. این پلاسما حاوی ذرات باردار شامل یونها و الکترونهای آزاد است. یونها و الكترونها با سطح برخورد ميكنند. تعدادى از اين ذرات با توجه به میزان انرزی و سرعتشان به داخل نمونه کوارتز نفوذ می کنند. همچنین تعداد ذرات کنده شده قویا به تعداد یالس های لیزر و شاریدگی بستگی دارد. از طرف دیگر ميزان نفوذ پلاسما به داخل كوارتز بعد از نفوذ ذرات اوليه 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 فاصلهى پلوم پلاسما از زيرلايه بيشتر مىشود. بنابراين 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

شکل ۴ پروفایل سطح از نمونه های تابش دیده در شاریدگی-های مختلف و نرخ تکرار ثابت ۱ Hz و تعداد پالس ۶۰ را نشان می دهد. همانطور که در شکل مشاهده می شود، در تعداد ۶۰ پالس و نرخ تکرار ۱ Hz ۱ با افزایش شاریدگی از ۱/۲ J/cm² 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 Hz

با افزایش شاریدگی از J/cm² به ۲/۹ J/cm² عمق کانال افزایش پیدا کرده است. با افزایش شاریدگی از ۱/۲ J/cm²

استيل افزايش مي يابد. با افزايش عمق كندكي، پالس ليزر در نقطهای دورتر از نقطهی کانونی خود به سطح استیل برخورد می کند و میزان کندگی از سطح کاهش پیدا می-کند. 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 كندوپاش از سطح كوارتز شركت مىكنند نيز كاهش پيدا کرده و در نتیجه کاهش در فرآیند کندوپاش از سطح کوارتز باعث کاهش عمق کانال ایجاد شده بر روی کوارتز می شود. بنابراین به دلیل اینکه در تعداد ۳۰ پالس 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 کوار تز بیشتر است که باعث زیاد بودن عمق کانال در ۳۰ پالس می شود. شکل a ۳) طیف جذبی نمونه های تابش دیده در تعداد پالس مختلف و شاریدگی ۲/۹ J/cm² و نرخ تکرار ۱Hz را نشان میدهد. همانطور که از شکل مشخص است در نمونههای مربوط به ۹۰ و ۱۲۰ یالس، دو ییک جذبی در طولموجهای ۲۹۱ و ۶۱۰ نانومتر وجود دارد که مربوط به پلاسمون های 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 دىالكتريک ديده مىشود.



شکل۳. طیف جذبی نمونههای تابش دیده در نرخ تکرار J/cm² و a) تعداد پالسهای مختلف و شاریدگی J/cm² ۶۰ (b ۲/۹) شاریدگیهای مختلف و تعداد پالس

819

و باعث شده فرآیند کندوپاش برخلاف آنچه انتظار می ود افزایش پیدا کند. پس تعداد ذرات برخوردی به سطح کوار تز در فرآیند کندوپاش نقش مهم تری نسبت به انرژی تک تک این ذرات ایفا می کند. شکل ۲ d) طیف جذبی نمونههای تابش دیده در شاریدگیهای مختلف و نرخ تکرار JHz تعداد پالس ۶۰ را نشان می دهد. همانطور که در شکل مشاهده می شود، با افزایش شاریدگی از 1/cm² به مشاهده می شود، با افزایش شاریدگی از ۲J/cm² به افزایش شاریدگی از ۲J/cm² ۲ به ۲J/cm² کاهش در جذب افزایش شاریدگی از ۲J/cm² به ۲J/cm² کاهش در جذب وزی اتفاق می افتد. 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.

نتيجهگيرى

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 می-شود. تشکیل این پلاسمونها به میزان زیادی به شاریدگی شود. تشکیل این پلاسمونها به میزان زیادی به شاریدگی شود. تشکیل این پلاسمونها به میزان زیادی به شاریدگی شود. تشکیل این پلاسمون ها به میزان زیادی به شاریدگی در مورد پیداد پالس لیزر بستگی دارد. نتایج نشان داده در مورد شرایط تابش دهی در مقالهی حاضر حداقل تعداد ۹۰ پالس شرایط تابش دهی در مقالهی حاضر حداقل تعداد با پالس در شاریدگی ۲/۹ J/cm² پیکهای پلاسمونی قابل مشاهده در شاریدگی ۲J/cm² پیکهای پلاسمونی قابل مشاهده

مرجعها

- 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

۲ J/cm² به دلیل افزایش دز وارده به سطح، کندگی از سطح افزایش می یابد. 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 می کند. در لحظه ی شروع، یلاسما دارای ماکزیمم دما است و درنتیجه ذرات یلاسما دارای ماکزیمم سرعت و انرژی هستند. با گذشت زمان که پلاسما از سطح فلز دورتر می شود دمای پلاسما به شکل نمایی کاهش پیدا کرده [۳] و درنتیجه سرعت و انرژی یون-ها کاهش پیدا می کند و هنگامی که یون ها به سطح کوارتز می سند 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 كوارتز برخورد مىكند ميزان كندكى افزايش پيدا مىكند [۴]. با افزایش شاریدگی از ۲J/cm² به ۲/۹ J/cm² میزان كندگى و درنتيجه پلاسما بيشتر مىشود. با وجود اينكه 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 كوارتز و در واقع به سطح يون هاي اوليه برخورد ميكنند و باعث کندگی یونهای اولیه از سطح شده و فرآیند کندوپاش افزایش پیدا می کند، درنتیجه عمق کانال افزایش می یابد. توجیح دیگری که می توان برای نمودار شکل ۴ ارائه داد، به این شکل است که با افزایش شاریدگی از ۱/۲ J/cm² به ۲J/cm² میزان پلاسمای کنده شده از سطح نسبت به حالتی که شاریدگی از J/cm² به ۲/۹ J/cm² افزایش ییدا کرده، كمتر است، ولى به دليل اينكه پلاسماى ايجاد شده به سطح کوارتز نزدیکتر است، انرژی ذرات پلاسما هنگام برخورد به کوارتز، بیشتر است. بنابراین در حالتی که شاریدگی از ۲ J/cm² به ۲/۹ J/cm² افزایش پیدا کرده با وجود اینکه انرژی ذرات برخوردی به سطح کوارتز کم است و این باعث کاهش فرآیند کندویاش می شود، تعداد این ذرات زیاد بوده