Institute for Research in Fundamental Sciences

مقاله نامه ی بیست و هفتمین کنفرانس بهاره فیزیک – ۴ و ۵ تیرماه ۱۳۹۹

شماره (۵)

میکروماشین‌کاری لیزری غشاء پلیمری با جذب کم در طول‌موج لیزر

آرزو ترابی[۱]، محمود ملاباشی[۱]، صالحه بهشتی پور[۲]، محسن منتظرالقائم[۲]، هدیه پازکیان[۲]

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

[۲]پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، پژوهشکده فوتونیک و فناوری های کوانتومی، تهران، ایران

چکیده

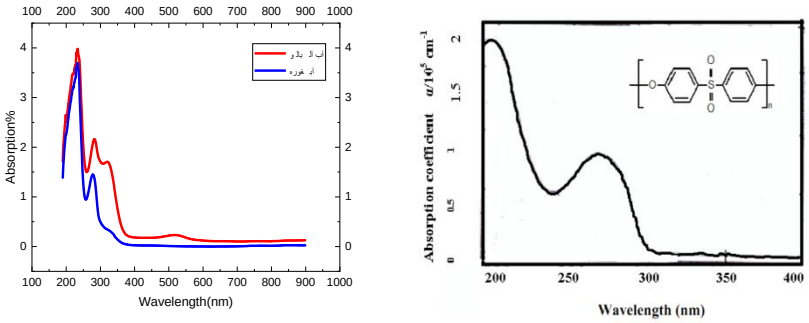
در این پژوهش با توجه به جذب پایین پلیمرها در ناحیه مرئی و از طرف دیگر کاربرد فراوان آن‌ها برای ساخت تراشه‌های میکروشاره و نورشاره با توجه به شفافیت آن‌ها در این ناحیه، روشی برای افزایش جذب غشاء پلی‌اترسولفون جهت بهبود کیفیت ماشین‌کاری لیزری بر روی آن در ناحیه‌ی مرئی ارائه شده است. جهت جلوگیری از تغییر خواص شیمیایی غشاء و افزایش جذب با قرار دادن نمونه‌ها در آب‌میوه‌های طبیعی انجام شده است. نتایج حاکی از بهبود کیفیت ماشین‌کاری برای نمونه‌های بررسی شده می‌باشد.

یکی از پارامترهای کلیدی در برهم‌کنش لیزر با ماده جذب ماده در طول‌موج مورد نظر است. هرچه جذب ماده در طول‌موج مورد نظر بیشتر باشد، کندگی به‌طور مؤثری با پخش حرارتی کمتر انجام می‌شود. از طرفی ساختار پیوندی در مواد نیز حائز اهمیت است. به‌عنوان‌مثال پلیمرها که دارای پیوندهای π هستند نسبت به فلزات جذب بیشتری در تابش UV دارند. بنابراین انتخاب مشخصه‌های بهینه لیزر برای ماشین‌کاری ماده مورد نظر دارای درجه اول اهمیت در کاهش ناحیه متأثر از حرارت است [۱]. افزایش جذب در مواد مختلف به‌ویژه پلیمرها با دوپ کردن آن‌ها با مواد جاذب در طول‌موج لیزری انجام می‌شود. با این وجود ایده افزایش جذب در مواد متخلخل بدون دوپ کردن آن با ماده جاذب از موضوعات مهم در بهبود کیفیت ماشین‌کاری مواد با جذب کم در طول‌موج‌های مختلف است. به‌عنوان‌مثال در مطالعه‌ای که اخیراً انجام‌شده، نشان داده شده است که ساختارهای سه‌بعدی با کیفیت قابل قبول را می‌توان با هارمونیک دوم لیزر Nd:YAG کیوسوئیچ در شیشه متخلخل (شفاف در طول‌موج مرئی) ایجاد کرد[۲]. غوطه‌ور کردن شیشه متخلخل (با تخلخل نانومتری) باعث نفوذ رنگ به داخل حفرات و درنتیجه حجم شیشه شده و جذب آن در طول‌موج ۵۳۲ nm که نزدیک به طول‌موج جذب رنگ Rh6G است افزایش می‌یابد. این مسئله ماشین‌کاری درون حجم شیشه را با هارمونیک دوم لیزر Nd:YAG امکان‌پذیر می‌سازد.

غشاءهای پلیمری از جمله مواد متخلخل با کاربردهای فراوان همچون میکروفیلتراسیون، کشت سلول و ... هستند [۳]. غشاء پلی‌اترسولفون نمونه‌ای از غشاهای پلیمری است که در ناحیه مرئی جذب بسیار کمی دارد و در نتیجه ماشین‌کاری این غشاء در ناحیه مرئی به دلیل کیفیت پایین مورد توجه نیست. با این حال، ساختار اصلی غشاء، دارای خلل و فرج است و پیش‌بینی می‌شود که با قرار گرفتن غشاء در محیط مایع (با جذب کافی در طول‌موج لیزری) و با نفوذ مایع در داخل خلل و فرج غشاء، در کیفیت ماشین‌کاری اثرگذار باشد.

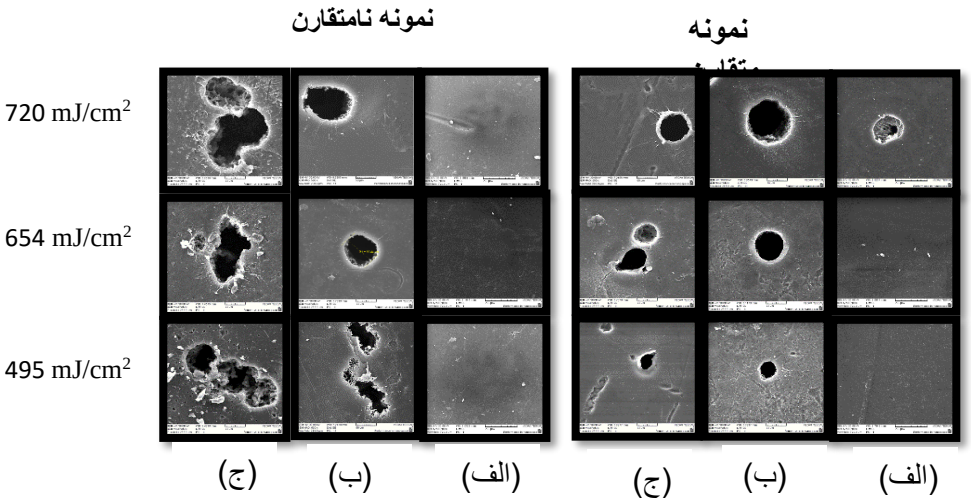
در این مقاله، هارمونیک دوم لیزر Nd:YAG با طول‌موج ۵۳۲ nm، طول‌پالس ۱۶ ns و نرخ تکرار ۱۰ Hz به عنوان منبع تابش و آبمیوه به عنوان مایع جاذب طبیعی معرفی شده است، چرا که میوه‌ها دارای طیف وسیعی با قله‌های جذبی گوناگون در ناحیه مرئی هستند و از سوی دیگر، در اثر غوطه‌ور شدن نمونه‌ها در مایع، از هرگونه تغییرات شیمیایی

جلوگیری می‌شود. به منظور یافتن نمونه مایعی که در طول‌موج مرئی، جذب بالایی داشته باشند، طیف جذبی چند آبمیوه مورد بررسی قرار گرفت. در بین آبمیوه‌های مورد بررسی، آب‌آلبالو در طول‌موج ۵۳۲ nm دارای پیک جذبی و آب‌غوره با جذب کم در این طول‌موج، به عنوان مایع جاذب، مورد بررسی قرار گرفتند. سپس برای بررسی نقش ساختار غشاء، دو نمونه غشاء متقارن و نامتقارن پلی‌اترسولفون (۱۸٪) در آبمیوه‌ها قرار گرفت و بعد از خارج شدن از محیط مایع و خشک شدن، تحت تابش‌دهی لیزری، با شاریدگی‌های ۷۲۰، ۶۵۴ و ۴۹۵ mJ/cm^2 و با تعداد ۱۰۰ پالس، قرار گرفت. شکل (۱)، طیف جذبی دو نمونه آب‌میوه طبیعی، آب آلبالو و آبغوره را نشان می‌دهد. آب آلبالو بر خلاف آب‌غوره دارای قله جذبی (هرچند کم شدت) در ناحیه مرئی است. به منظور بررسی نقش ساختار غشاء در ماشین‌کاری لیزری، کندگی و جذب، نمونه‌های نامتقارن و متقارن این غشاء، تحت تابش قرار گرفتند. شکل (۲)، تصاویر SEM غشاء نامتقارن و متقارن PES را قبل و بعد از قرار گرفتن در آب‌آلبالو و آبغوره و تابش‌دهی با تعداد ۱۰۰ پالس نشان می‌دهد.



(ب) (الف)

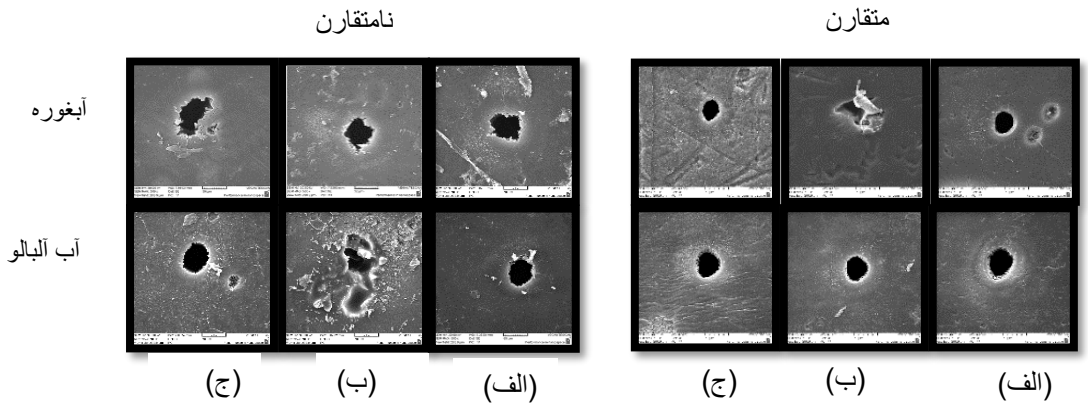
شکل۱: الف)طیف جذبی پلیمر PES ب)طیف UV-Vis دو نوع آبمیوه



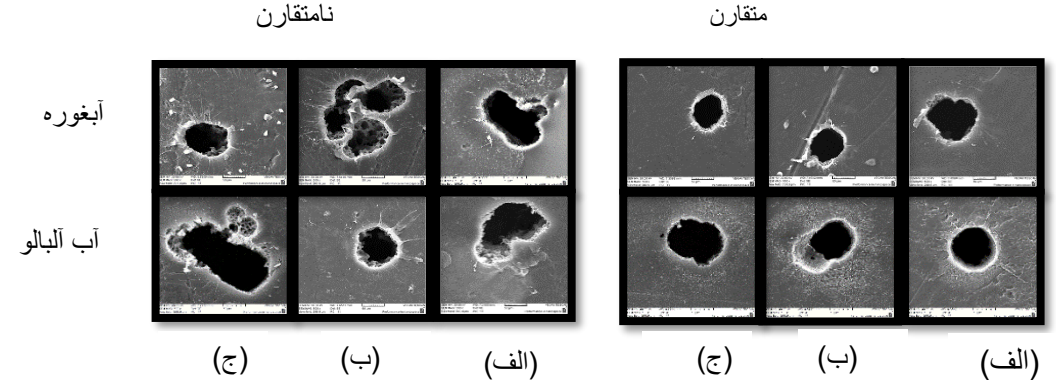
شکل۲: تصاویر SEM غشاء نامتقارن و متقارن PES تابش‌دهی شده با تعداد پالس ۱۰۰ و شاریدگی ۴۹۵، ۶۵۴ و ۷۲۰ میلی‌ژول بر سانتی‌متر مربع الف) قبل از قرار گرفتن در آب‌میوه؛ بعد از قرار گرفتن در آبمیوه ب) آب‌آلبالو و ج)آبغوره (مقیاس ۵۰ میکرون)

همان‌گونه که از شکل ۲ دیده می‌شود، تابش‌دهی نمونه‌ها در محیط هوا، قادر به ایجاد کندگی و ماشین‌کاری لیزری نیست. همان‌گونه که پیش‌بینی شد، با قرار دادن نمونه‌ها در آب‌میوه‌ها، جذب نمونه‌ها افزایش یافت و امکان کندگی بر روی سطح فراهم گردید. همچنین با توجه به شکل ۲، با وجود جذب بسیار کم آبغوره در ناحیه‌ی مرئی، کندگی در این سری از نمونه‌ها نیز رخ داده است. همان‌گونه که این تصاویر نشان می‌دهند، با قرار دادن غشاء متقارن PES در محیطی با شرایط جذبی آب آلبالو، به دلیل نوع ساختار این نوع غشاء که اندازه حفره‌ها در سراسر نمونه به طور تقریبی ثابت است، میزان نفوذ مایع در داخل غشاء، به طور نسبی یکسان است و منجر به جذب یکسان پرتو لیزر در نقاط مختلف سطح شده و کنده‌کاری با ظرافت و تمیزی بیشتری صورت گرفته است. همچنین با افزایش شاریدگی و تعداد پالس، قطر حفره‌های ایجاد شده نیز افزایش می‌یابد.

همچنین، نمونه‌های متقارن و نامتقارن با همان شاریدگی‌های قبلی اما با تعداد پالس‌های بیشتر (۲۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰) تحت تابش قرار گرفتند. شکل (۳) و (۴)، تصاویر SEM نمونه نامتقارن و متقارن به ترتیب در شاریدگی‌های mJ/cm^2 ۴۹۵ و mJ/cm^2 ۷۲۰ در تعداد پالس‌های مختلف را نشان می‌دهد.



شکل۳: تصویر SEM نمونه نامتقارن و متقارن تابش‌دهی شده در شاریدگی mJ/cm^2 ۴۹۵ و تعداد پالس الف)۲۰۰ ب)۳۰۰ ج)۵۰۰



شکل۴: تصویر SEM نمونه نامتقارن و متقارن تابش‌دهی شده در شاریدگی mJ/cm^2 ۷۲۰ و تعداد پالس الف)۲۰۰ ب)۳۰۰ ج)۵۰۰

همان‌گونه که دیده می‌شود، با افزایش شاریدگی و نیز افزایش تعداد پالس، کندگی روی سطح، بیشتر و قطر حفره‌ها نیز بیشتر می‌شود که این امری بدیهی است. همان‌گونه که در نمونه متقارن دیده می‌شود، ماشین‌کاری در شاریدگی و تعداد پالس بالا با شکل‌های بهتر و تمیزی بیشتری صورت گرفته است.

نتیجه گیری

در این مقاله، روشی برای افزایش جذب غشاءهای پلی‌اترسولفون با دو ساختار متقارن و نامتقارن در ناحیه مرئی ارائه شد. نمونه‌ها در آب‌میوه‌های طبیعی آب آلبالو و آبغوره با جذب متفاوت در ناحیه مرئی قرار گرفت. سپس به بررسی اثر نوع ساختار غشاء و پارامترهای تابش در ماشین‌کاری لیزری با هارمونیک دوم لیزر نانوثانیه Nd:YAG در این نمونه‌ها پرداخته شد. نتایج حاکی از تاثیر نوع ساختار غشاء، پارامترهای تابش و ماده جاذب بر کیفیت ماشین‌کاری لیزری است که در کاربردهای مختلف غشاء اهمیت دارد.

مرجع‌ها

[۱] پازکیان، هدیه. "مقدمه‌ای بر ساخت تراشه‌های میکروشاره با لیزر"، انتشارات جهاد دانشگاهی قزوین.

[2] Changning Liu, Yang Liao, Fei He, Yinglong Shen, Danping Chen, Ya Cheng, Zhizhan Xu, Koji Sugioka, and Katsumi Midorikawa, “Fabrication of three-dimensional microfluidic channels inside glass using nanosecond laser direct writing”. (2012)

[۳] هدیه پازکیان، "برهم‌کنش لیزر با فیلم پلی‌اترسولفون، مکانیسم ها و اثر لیزر روی زیست‌سازگاری و خون‌سازگاری آن"، دانشگاه علم و صنعت ایران، رساله‌ی دکترا، شهریور ۱۳۹۰