پژوهشگاه دانش‌های بنیادی IPM

بیست و هفتمین کنفرانس بهاره فیزیک

۵-۴ تیر ۱۳۹۹

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 آب میوه‌های طبیعی انجام شده است.

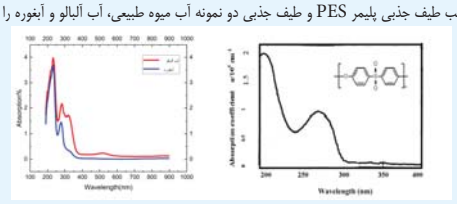
مقدمه:

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 [۱]. 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. 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 مطالعه ای که اخیرا انجام شده، نشان داده شده است که با غوطه‌ور کردن شیشه متخلخل در Rh6G باعث نفوذ رنگ به داخل حفره‌ها و در نتیجه جذب آن در طول موج هارمونیک دوم لیزرNd:YAG افزایش می‌یابد و می‌توان ساختارهای سه بعدی با کیفیت قابل قبول را در شیشه متخلخل ایجاد کرد [۲].

روش انجام آزمایش:

در این آزمایش، 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 استفاده شد. 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 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) به ترتیب طیف جذبی پلیمر PES و طیف جذبی دو نمونه آب میوه طبیعی، آب آلبالو و آبغوره را نشان می‌دهد.

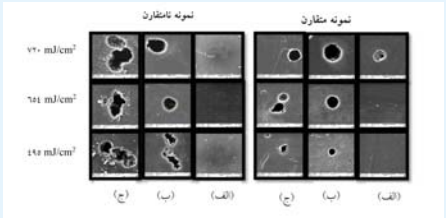


(الف) (ب)

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

اثر شاریدگی:

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 در شاریدگی مختلف نشان می‌دهد.



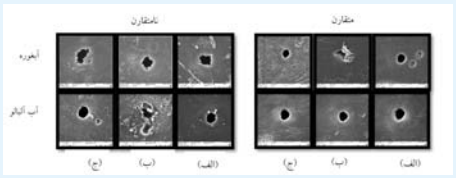
شکل۲: تصاویر SEM غشاء نامتقارن و متقارن PES تابش‌دهی شده با تعداد پالس ۱۰۰ و شاریدگی ۴۹۵، ۶۵۴ و ۷۲۰ میلی‌ژول بر سانتی‌متر مربع

الف) قبل از قرار گرفتن در آب‌میوه؛ بعد از قرار گرفتن در آبمیوه ب) آب‌آلبالو و ج)آبغوره (مقیاس ۵۰ میکرون)

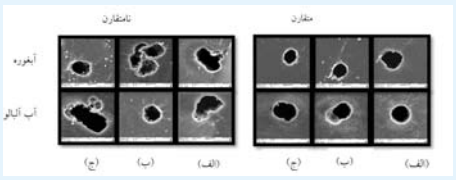
باتوجه به شکل ۲ قرار دادن نمونه‌ها در آب‌میوه‌ها، جذب نمونه‌ها افزایش یافت و امکان کندگی بر روی سطح فراهم گردید. با قرار دادن غشاء متقارن PES در محیطی با شرایط جذبی آب آلبالو، به دلیل نوع ساختار این نوع غشاء منجر به کنده‌کاری با ظرافت و تمیزی بیشتری شده است. همچنین با افزایش شاریدگی و تعداد پالس، قطر حفره‌های ایجاد شده نیز افزایش می‌یابد.

اثر تعداد پالس:

شکل (۳) و (۴)، تصاویر SEM نمونه نامتقارن و متقارن به ترتیب در شاریدگی‌های ۴۹۵ mJ/cm^2 و ۷۲۰ mJ/cm^2 در تعداد پالس‌های مختلف را نشان می‌دهد.



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



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

با توجه به تصاویر افزایش تعداد پالس منجر به افزایش قطر حفره های ایجاد شده می‌شود.

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.

[۲] 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، شهریور۱۳۹۰