

بیست و یکمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران و هفتمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران ۲۳ تا ۲۵ دی ماه ۱۳۹۳، دانشگاه شهید بهشتی



بررسی اثر لیزر ArF بر روی پلیمرهای پلیاتیلن ترافتالات و پلی کربنات

فاطمه ردایی۱، سعید بهروزی نیا۲، مهدی شایگان منش۱،کاوه سیلاخوری۲

۱. دانشکده فیزیک، دانشگاه علم و صنعت ایران، نارمک، تهران.

۲. پژوهشکده لیزر و اپتیک، سازمان انرژی اتمی ایران، انتهای کارگر شمالی، تهران.

چکیده – در این پژوهش، تغییرات سطحی پلیمرهای پلیاتیلن ترافتالات (PET) و پلیکربنات (PC) در پی تابشدهی با لیزر اگزایمر ArF بررسی شده است. این تغییرات، به کمک میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و همچنین طیفسنج EDX تحلیل شدهاند. تصاویر SEM بهدست آمده نشان از پدیدار شدن ریزساختارهای مخروطی شکل با ابعاد میکرونی در مناطق تابشدهی شده در هر دو پلیمر بودهاند.

كليدواژه: برهمكنش ليزر-پليمر، پلىاتيلن ترافتالات (PET)، پلى كربنات (PC)، ريزساختارهاى القايى ليزرى.

Investigation on ArF laser Effects on Polycarbonate and Polyethylene Terephthalate Polymers

Fatemeh Radaei¹ Saeid Behrouzinia² Mahdi, Shayganmanesh¹ kaveh silakhori²

1. Physics Department, Iran University of Science & Technology, Narmak, Tehran, Iran.

2. Laser & Optics Research School, Nuclear Science & Technology Research Institute, Tehran, Iran.

Abstract- In this research, surface changes in Polyethylene Terephthalate (PET) and Polycarbonate (PC) polymers due to ArF laser radiation has investigated. The changes has analyzed by Scanning Electron Microscope (SEM) and Energy-Dispersive X-Ray spectroscope (EDX). The obtained SEM images indicate laser induced conic microstructures in micron scale in irradiated zone of the both polymers.

Keywords: Laser-Polymer Interaction, Polyethylene Terephthalate (PET), Polycarbonate (PC), Laser Induced Microstructures.

۱– مقدمه

بررسی تغییرات سطحی پلیمرها با بهرهگیری از تابش لیزری، بیش از چند دهه پیشینه دارند. در این میان، تغییرات ريختشناختى القايى ليزرى پليمرها از بيشترين جذابيت برخوردار بوده است. این تغییرات، که پیآمد پدیدهی کندگی لیزری هستند، در سه دستهی کلی جای داده می شوند: ۱) ریزساختارهای دانهای که شکلی دانهدانهای یا گرانولی دارند و تفاوت در نرخ کندگی آمورفی و بلوری سطح چنین ساختارهایی را پدید می آورند [۵-۱]. ۲) ریزساختارهای مخروطی که به شکل عمومی مخروطهای کامل، ناقص خمیده و مانند آنها دیده می شوند و بررسی ها نشان از آن دارند که ساختارهای مخروطی از تکههای کربنی که بهصورت ناخالصی در پلیمر وجود دارند و یا در فرآیند کندگی ایجاد میشوند پدید میآیند [۱،۲،۶]. ۳) ریزساختارهای متناوب که با یک نظم متناوب یا دورهای و بهصورت شیارهای مختلف بر روی سطح پدیدار می شوند و دلیل ایجاد آنها تداخل موج فرودی و موج پراکنده شده از سطح است و دورهی تناوب آنها بسته به پارامترهای تابشدهی پیرامون طولموج ليزر فرودي تغيير مي كند [۱،۷،۸].

پدیده یکندگی لیزری نخستین بار در برهمکنش تپهای لیزر ArF با پلیمر PET در سال ۱۹۸۲ گزارش شد [۸.۷]. این گروه این فرآیند را کندگی نوری نامیدند. پس از آن، پژوهش در زمینه کندگی لیزری به دلیل ایجاد ریزساختارهایی با کیفیت بالا در مواد گوناگون بهسرعت گسترش یافت [۸،۴،۲٫۱] و امروزه بهگونهای صنعتی برای ساخت قطعات میکرو نوری و تولید دهانههای چاپگرهای جوهرافشان در شرکت کامپیوتری IBM بهکار میروند [۱، ۲، ۹، ۱۰]. در این پژوهش، بر روی ایجاد ریزساختار مخروطی روی سطح PC و PET و بررسی دلایل ایجاد این ساختارها که با ایجاد یا جلوگیری از ایجاد آن ها می-توان در صنایع، الکترونیک و اپتیک استفاده کرد، بحث شده است.

۲- روند انجام آزمایشها

لیزر به کار رفته در این آزمایشها، یک لیزر اگزایمر ArF (Lambda Physik, LPX220i)بوده است. باریکهی لیزر از یک دریچه ای ۲۰ دست ۱ گذرانده می شد. با تغییر اندازهی انرژی این باریکه با تنظیم ولتاژ تخلیهی لیزر و اندازه گیری آن به کمک این باریکه با تنظیم ولتاژ تخلیهی لیزر و اندازه گیری آن به کمک این ماریکه با تنظیم ولتاژ تخلیه ای لیزر و اندازه گیری آن به کمک این باریکه با تنظیم ولتاژ تخلیه ای لیزر و اندازه گیری آن به کمک این باریکه با تنظیم ولتاژ تخلیه ای رو اندازه گیری آن به کمک این باریکه با تنظیم و تعزاد می مده با دقت به دست روش، نمونه های پلیمری PET و PC با شارید گیها و تعداد تپهای گوناگون تابش دهی گردیدند و سطح تابش دهی شده ی

آنها بر پایهی تصاویر SEM گرفته شده از هر یک، بررسی و تحلیل شدهاند.

۳- يافتهها

در شکلهای (۱) و (۲)، تصاویر SEM با زاویهی ۳۰ درجه از نمونههای PET تابشدهی شده با تعداد تپ ۵۰ تا ۱۵۰۰ و شاریدگی ۲ MJ/cm و ۲ ۱۰۰ mJ/cm نشان داده شدهاند.



شکل ۱: نمونههای PET تابشدهی شده با شاریدگی "mJ/cm ث) ۵۰ و تعداد تپ الف) ۵۰، ب)۱۰۰، پ) ۲۵۰، ت)۵۰۰ ث) ۱۵۰۰.







شکل ۲: نمونههای PET تابشدهی شده با شاریدگی ۱۰۰ mJ/cm و تعداد تپ الف) ۵۰، ب)۱۰۰ پ ۲۵۰، ت)۵۰۰ ث

همان گونه که دیده میشود، در شاریدگی mJ/cm⁷ ۵۰، ساختارهای دانهای مانند در هم فشردهای (شکل ۱ ب، پ و ت) پدیدار می گردند که با افزایش تعداد تپها برآمدهتر شده و با یک رشد عمودی، سرانجام ساختاری مخروطی پیدا میکنند. از سوی دیگر، همان گونه که در شکل (۲) نشان داده شده، در شاریدگی دیگر، همان گونه که در شکل (۲) نشان داده شده، در شاریدگی مخروط دارند که با افزایش تعداد تپها رفته رفته بزرگتر و انبوهتر شدهاند. اندازه گیریها نشان دادهاند که با افزایش تعداد تپها، قطر پایه و ارتفاع مخروطها بیشتر، زاویهی رأس آنها

کمتر و فراوانی آنها بیشتر میشود.

نمونههای PC نیز با شاریدگیها و تعداد تپ گوناگون تابشدهی شدند که باز هم با ایجاد ساختارهای مخروطی بر روی آنها همراه بوده است. تصاویر SEM این نمونهها برای شاریدگیهای ۲۰۰ mJ/cm^۲ و ۲۰۰ mJ/cm^۲ در شکلهای (۳) و (۴) آورده شدهاند. اندازهگیریها نشان از آن دارند که در اینجا نیز با افزایش تعدا تپها، همانگونه که دیده میشود، در اینجا نیز قطر پایه و ارتفاع مخروطها بیشتر، زاویهی رأس آنها کمتر و فراوانی آنها بیشتر میشود. تودههای پراکندهای که گاه بر روی رأس مخروطها نیز دیده میشوند، دودههای ناشی از سوختگی سطح PC هستند.



شکل ۳: نمونههای PC تابش دادهشده با شاریدگی ² ۵۰_{mj/cm} و تعداد تپ الف) ۵۰ ب) ۲۵۰ و پ) ۵۰۰



شکل ۴: نمونههای PC تابش دادهشده با شاریدگی ۲۰۰_{mj/cm}² و تعداد تپ الف) ۵۰، ب) ۲۵۰ و پ)۵۰۰

دلایل اصلی گفته شده در توجیه چگونگی ایجاد این ریزساختارهای مخروطی، بر پایهی وجود ناخالصیها و همچنین کربنیزه شدن سطح تابشدیده استوار هستند. در این راستا و برای ارزیابی ترکیب اتمی مخروطهای بهدست آمده و مقایسهی آنها با سطح خام تابشندیده، از طیفسنجی EDX سود جسته شد. برای این کار، فراوانی عناصر C و O در بخشهای گوناگون مخروطها اندازه گیری شد. طیفهای EDX گرفته شده برای مخروطهای ایجاد شده بر روی پلیمرهای PET و PC در

شکلهای (۵) و (۶) نشان داده شدهاند. نسبت فراوانی این دو عنصر C/O، که با اندازه گیری سطح زیر هر یک از قلههای وابسته بهدست آمدهاند، در جدول (۱) گردآوری شدهاند.



شکل ۵: طیف EDX از نقاط گوناگون مخروطهای ایجاد شده بر روی PET در شاریدگی ^۲ ۱۰۰ mJ/cm و تعداد تپ ۵۰۰.



شکل ۶ طیف EDX از نقاط گوناگون مخروطهای ایجاد شده بر روی PC در شاریدگی ۵۰ mJ/cm^۲ و تعداد تپ ۵۰۰.

جدول ۱: درصد وزنی C/O اندازه گیری شده از طیف EDX نمونههای تابشدیده و تابشندیده ی PET و PC.

diani	نسبت C/O	
	PET	PC
سطح خام	۵	۱۱/۸۵
رأس مخروط	۵/۳۳	۲۲/۷۵
دامنهی مخروط	١٢	۳۱/۶۶

همان گونه که از جدول (۱) میتوان دریافت، در هر دو مورد نسبت C/O در سطح خام کمینه و در دامنه ی پایینی مخروطها بیشینه است. اگر چه آهنگ این تغییرات در پلیمر PET بزرگتر از PC است. این یافتهها بیشتر نشان از کربنیزه شدن سطح تابشدیده دارند و علت ایجاد ساختار مخروطی روی سطح را

غنی شدن سطح از کربن تحت تابش لیزر میداند. به دلیل ایجاد کربن فراوان در سطح در اثر تابش، باعث جابجایی شاریدگی آستانه کندگی به مقادیر بالاتر و درنتیجه ایجاد ساختار مخروطی میشود که با یافتههای دیگر وابسته به پلیمرهی پلیاترسولفون (PES) [۱۱] و همخوانی خوبی دارند.

···· ۴- نتیجه گیری

با تابشدهی پلیمرهای PET و PC با تپهای لیزر ArF، ریزساختارهای مخروطی شکل بر روی آنها ایجاد شده است. نشان داده شد که با افزایش تعداد تپها، اگر چه اندازهی قطر پایه و ارتفاع مخروطها بیشتر میشوند، زاویهی رأس آنها کمتر میشود و روی هم رفته، مخروطها کشیدهتر می گردند. هم چنین، فراوانی شمار مخروطها بر روی ناحیهی تابشدهی شده با افزایش تعداد تپها بیشتر میشود. اندازه گیریهای انجام یافته از طیف EDX نیز نشان از کربنیزه شدن سطح در روند پیدایش مخروطها داشتهاند.

مراجع:

[1] Dyer P. E, *Excimer laser polymer ablation: twenty years on* **Appl. Phys.** A77 ,167-17377 (2003).

[2] Lippert T., Laser-surface interactions for new materials production, Vol.130, pp 141-175 (2010).

[3] Srinivasan.R, Mayne-Banton.V., Self-developing photoetching of poly(ethylene terephthalate) films by far-ultraviolet excime laser radiation, **Appl. Phys. Lett.** 41_576 (1982).

[4] Pigmayer K., Arenholz E., Ortwein C., Arnold N., Single pulse ultraviolet laser-induced surface modification and ablation of polyimide, Appl. Phys. Lett. 73,847 (1998).

[5] Novis. Y, Pireaux. J. J, Brezini A., Petit E., Structural origin of surface morphological modifications developed on poly(ethylene terephthalate) by excimer laser photoablation, **Appl. Phys.** 64,365 (1988).

[6] Niino H., Nakano M. et al. Appl. Phys. Lett. 41,576 (1982).
[7] Srinivasan R., Ablation of polymers and biologic tissue by ultraviolet lasers, Science 234559-65 (1986).

[8] Andrew J. E, Dyer P. E, Forster D, Key P. H, Direct etching of polymeric materials using a XeCI laser, Appl. Phys. Lett 43,717 (1983).

[9] Marc Robert Hauer, *Laser ablation of polymers studied by time resolved methods*, Ph.D. Thesis Heinrich Heine Universität Düsseldorf, Luxembourgian and German nationality (2004)

[10] Cristian U., Bordianu I., Dobromir M., Drobota M., Cotofana C., Olaru M., and Bogdan C., *Excimer laser-induced surface modification of poly(ethylene terephthalate*, **Rev. Roum. Chim.** 57501-506 (2012).

کارها و اثر لیزر روی زیست سازگاری آن، دانشگاه علم و صنعت ایران، (۱۳۹۰).