بیستمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۸ تا ۱۰ بهمن ماه۱۳۹۲ - دانشگاه صنعتی شیراز

بهبود خواص سطحی و آنالیز میکروسکوپی لنزهای تماسی چشم تحت پرتودهی با لیزر اگزایمر

طیبه آریافر[۱]، پیمان تجلی[۱]، علی پوراکبر صفار[۲و۴] و حبیب تجلی[۳]
[۱] تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات آ. شرقی ، گروه فیزیک
[۲] تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، گروه فیزیک و باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان
[۳]تبریز، دانشگاه تبریز، قطب علمی فوتونیک
[۴]تهران، مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک، آزمایشگاه لیزر

چکیده - در این مقاله لنزهای تماسی سخت نافذ گاز (RGP) با قطر ۹/۶ mm به وسیله لیزر اگزایمر با طول موج ۱۹۳ nm، در نرخ تکرار ۱ Hz و انرژی تپ ۷۵ mj/pulse تا شار انرژی ۱/۹ J/cm^2 تحت پرتودهی قرار گرفته اند. آنالیز و مشخصه یابی قبل و پس از پرتودهی با استفاده از اندازه گیری زاویه تماس برای تعیین میزان رطوبت پذیری، میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) به همراه آنالیز زبری سطح، میکروسکوپ الکترونی روبشی(SEM) و طیف سنجی تبدیل فوریه فرو سرخ (FTIR) انجام شده است. مطابق نتایج، پرتودهی لیزری بدون ایجاد تغییر در باندهای شیمیایی، مشخصات سطحی لنز را بهبود بخشیده و آب دوستی سطح لنز را افزایش داده است .

کلید واژه- طیف سنجی، لنز تماسی، لیزر اگزایمر، میکروسکوپ اتمی، میکروسکوپ الکترونی

Surface modification and microscopic analysis of eye contact lenses treated by excimer laser

Tayebeh Ariyafar[1], Peyman Tajalli [1], Ali Pourakbar Saffar[2,4] and Habib Tajalli[3]
[1]Physics Department, Islamic Azad University East Azarbaijan Science and Research Branch, Tabriz-Iran
[2]Physics Department, Islamic Azad University Central Tehran Branch, and Young Researchers Club & Elites, Tehran-Iran
[3]Excellence in Photonics, University of Tabriz, Tabriz-Iran.
[4]Laser Laboratory, Research center of Informatics Industries, Tehran

Abstract- In this work, RGP contact lenses with 9.6 mm diameter were exposed by 193 nm ArF excimer laser, at 1 Hz pulse repetition rate with 75 mJ/pulse energy about 1.9 J/cm^2 . Characterization and analysis techniques was performed via contact angle measurement in order to determine surface wettability, Atomic force microscopy (AFM) with roughness analysis, Scanning electron microscopy (SEM) and Fourier transform infra-red spectroscopy (FTIR). According to the results, the laser irradiation without changing the chemical bonds has modified lens surface properties and increased the surface hydrophilicity.

Keywords: AFM, Excimer Laser, RGP Lens, SEM, Spectroscopy

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-02]

۱- مقدمه

لنزهای تماسی سخت اولین بار در سال ۱۹۶۰ از ماده ای به نام PMMA ساخته شدند که دارای زاویه تماس ۶۰-۷۵ درجه بودند، اما امروزه به ندرت استفاده می شوند. امروزه از لنز های سخت نافذ گاز (RGP) به عنوان جایگزینی برای لنزهای سخت قبلی استفاده می شود. در ساخت این لنز ها پلی متیل متاکریلات PMMA را با مواد دیگری نظیر سیلیکون متاکریلات SMA و یا پلیمر های فلوئوروسیلیکون اکریلات FSA ترکیب می کنند تا علاوه بر شکل گیری مناسب، قدرت عبور اکسیژن را نیز داشته باشند. این لنز ها نسبت به لنزهای سخت قدیمی، رطوبت پذیری بالاتری دارند و راحت تر روی چشم تنظیم می شوند. زمانیکه قرنیه آستیگماتیسم دارد، لنزهای سخت نافذ اکسیژن بهترین انتخاب هستند، زیرا لنزهای نرم قادر نیستند آستیگماتیسم را اصلاح و بینائی شفافی به فرد بدهند[۱].

از انواع فناوری اصلاح سطوح پلیمری که بر اساس تابش درمحدوده فرابنفش انجام می شود فرایند فوتوپلیمریزاسیون می باشد که در این بین می توان لیزرهای اگزایمر در این محدوده طول موجی بین ۱۰۰ تا ۴۰۰ nm را به کار برد. پس از اصلاح سطح از روشهای طیف سنجی گوناگونی مثل طیف سنجی تبدیل فوریه فروسرخ (FTIR) برای شناخت ساختار جدید و مقایسه آن با ساختار اولیه سطح قبل از اصلاح استفاده می کنند.[۲-۴]. ساده ترین آزمایش برای شناخت ویژگی های مربوط به عملکرد سطح پلیمر ها اندازه گیری میزان رطوبت پذیری آن ها می باشد، که تکنولوژی رایج برای این اندازه گیری روش اندازه گیری زاویه تماس می باشد. در میان روش های به کار گرفته شده برای آنالیز مواد، با استفاده از روش های میکروسکوپی بخصوص SEM و AFM تصاویری با بزرگنمایی بسیار بالا از ماده بدست می آید.

بررسی زبری و سختی سطح پلیمر PMMA پس از تابش با لیزر گازی اگزایمر برای تاثیر در میزان دید انجام شده است که در نتیجه تابش لیزر سطح پلیمرهموارتر شده است[۵]. رطوبت پذیری سطح پلیمر PMMA با تابش لیزر فمتوثانیه ای تیتانیم سفایر Ti:Sapphire ، بدون ایجاد تغییری در ساختار شیمیایی پلیمر، بهبود یافته است[۶].

بهبود خواص سطحی لنز سخت RGP توسط پلاسمای سرد انجام شده است که در نتیجه زاویه تماس این لنز را از ۶۹ درجه به حدود ۴۰ درجه کاهش داده و در اصل میزان رطوبت پذیری را افزایش داده است. همچنین میزان زبری سطح در اثر تابش پلاسما که به وسیله میکروسکوپ اتمی اندازه گیری شده است کاهش یافته است[۷].

۲- روش آزمایش

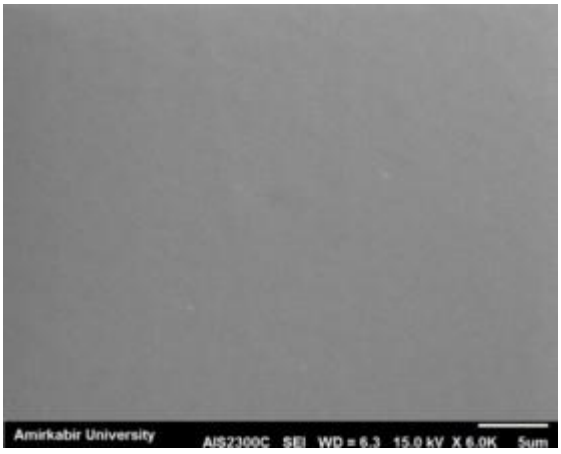
لنز تماسی سخت به شکل دایره ای به قطر mm ۹/۶ می باشد. لیزر اگزایمر آرگون فلوراید (Lambda Physik, LPX210) با طول موج nm ۱۹۳، با انرژی تپ mj/pulse ۷۵، طول پالس ns۱۰ و نرخ تکرار پالس Hz۱ به عنوان یک منبع فرابنفش همدوس استفاده شده است. مورفولوژی غشا با استفاده از میکروسکوپ نیروی اتمی (Nanowizard, JPK, Germany) و میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل (Seron Technology AIS2100) بررسی شده است. چون سطوح پلیمری رسانایی الکتریکی ندارند، قبل از تصویربرداری SEM یک لایه ۱۰ تا nm ۱۵ طلا با پوشش دهنده پرتابی روی سطح لنز روکش شده تا بار الکتروستاتیک به واسطه اشعه الکترونی از سطح برداشته شود. آب دوستی و قابلیت رطوبت سطح لنزها را از طریق اندازه گیری زاویه تماس با استفاده از دستگاه زاویه سنج (G10 Kruss) که مجهز به نرم افزار تحلیل کننده تصویر می باشد و با روش قطره چسبنده محاسبه شده است. طیف ATR/FTIR تمامی نمونه ها با استفاده از طیف سنج (BRUKER-EQUINOX 55) در محدوده طول موج ۶۰۰ تا $۴۰۰۰ cm^{-1}$ ثبت شده است.

۳- بحث و نتایج

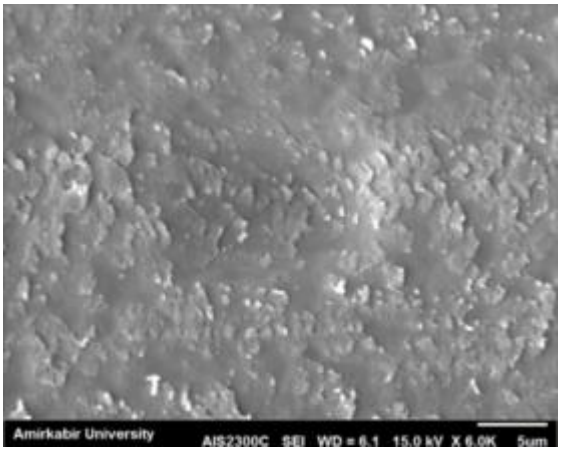
شکل های ۱ و ۲ میکروساختارهای حاصل از کندگی توسط لیزر اگزایمر در ۱۰ و ۲۰ پالس را نشان می دهند که این میکروساختارها سطح را در دوزهای بالاتر لیزری به تدریج می پوشانند. سطح لنز با افزایش دوز لیزر تا ۲۰

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-02]

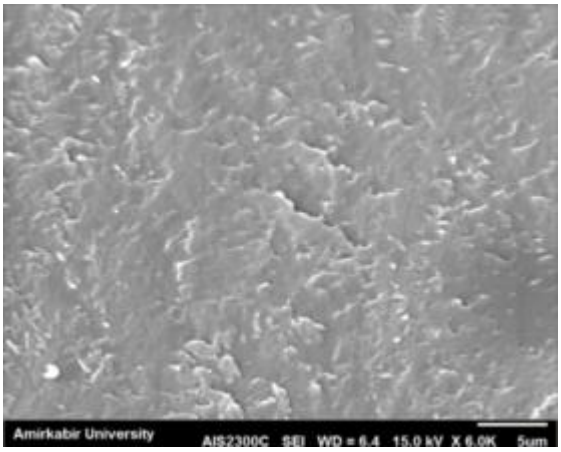
پالس به صورت لایه لایه روی هم قرار می گیرند و سطح اصلی را می پوشانند و در نتیجه سطح هموارتری را تولید می کنند.



الف)

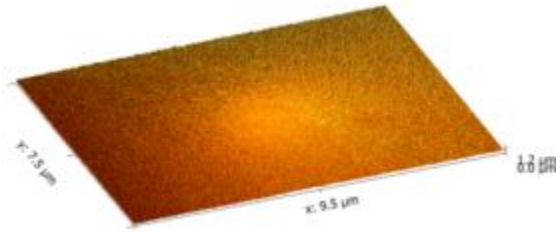


ب)

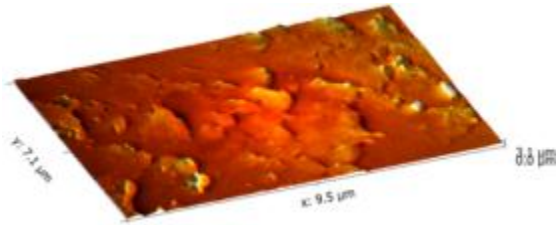


ج)

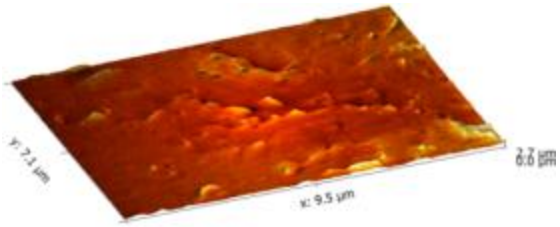
شکل ۱. میکروگراف های SEM لنز تماسی الف) مرجع، ب)پرتودهی با ۱۰ ، ج) ۲۰ پالس



الف)



ب)



ج)

شکل ۲. میکروگراف های AFM لنز تماسی الف) مرجع، ب)پرتودهی با ۱۰ ، ج) ۲۰ پالس

زبری سطحی با استفاده از میکروگراف های AFM و به وسیله دو پارامتر یعنی زبری ریشه میانگین مربعی R_{rms} و زبری میانگین R_a اندازه گیری شده است. جدول ۱ نتایج زبری سطحی محاسبه شده را برای سطح مقاطع لنزهای مرجع و پرتودهی شده به ابعاد $9.5 \times 7.1\ \mu m^2$ نشان می دهد.

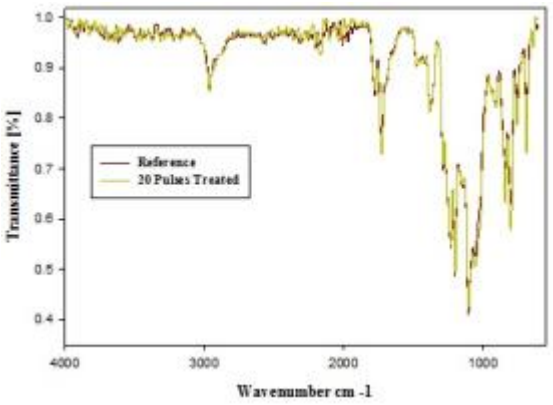
جدول ۱. زبری سطح لنز قبل و پس از پرتو دهی

تعداد پالس	۰	۲	۵	۱۰	۲۰
شار J/cm^2	۰	۰/۱۷	/۴۷۵ ۰	/۹۵ ۰	۱/۹
$R_{a\ (nm)}$	۱۰۶	۱۷۱	۳۰۱	۲۶۰	۱۹۲
$R_{rms\ (nm)}$	۱۳۲	۲۹۴	۴۳۶	۳۵۰	۲۷۱

طیف FTIR لنز مرجع و لنزی که با ۲۰ پالس مورد پرتودهی قرار گرفته اند در شکل ۳ نشان داده شده است. ساختار شیمیایی نمونه ها قبل و پس از پرتودهی تقریبا بر یکدیگر منطبق می باشند، که نشان می دهد باند

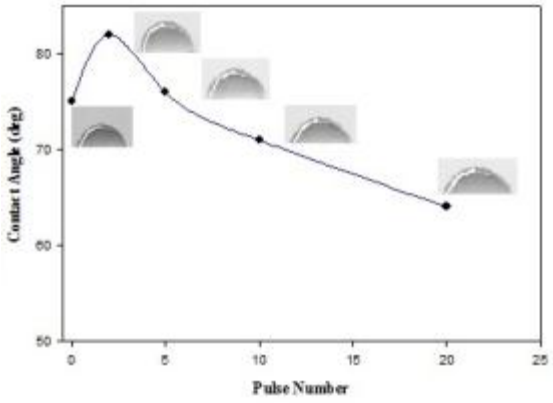
[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-02]

شیمیایی جدیدی در اثر پرتودهی به وجود نیامده است بلکه فقط شدت پیک ها به مقدار کمی دچار تغییر می شود. ارتعاش گره کربونیل در نزدیکی $1727\ cm^{-1}$ شدید بوده که مثل باندهای مربوط به ارتعاش C-O گروه استیل در حدود $1231\ cm^{-1}$ می باشد. همچنین پیک موجود در $2961\ cm^{-1}$ مربوط به ارتعاش CH_3- می باشد.



شکل ۳. طیف نشری FTIR لنز قبل و پس از پرتودهی با لیزر اگزایمر

زاویه تماس آب بر حسب افزایش تعداد پالس لیزری اندازه گیری و رسم شده که در شکل ۴ نشان داده شده است. مطابق شکل با افزایش دوز لیزر فرابنفش زاویه تماس در ابتدا در ۲ پالس افزایش و سپس به روند نزولی خود تا ۲۰ پالس ادامه داده است.



شکل ۴. منحنی تغییرات زاویه تماس سطح لنز بر حسب افزایش تعداد پالس لیزری

تغییراتی که در مورفولوژی سطح به وجود می آید، منجر به افزایش مقدار آب دوستی سطح لنز می شود. زاویه تماس برای لنز پرتودهی نشده 75° بوده که در نهایت با پرتودهی تا دوز $1/9\ J/cm^2$ یا ۲۰ پالس به 64° نزدیک و درنتیجه با کاهش زاویه تماس، آبدوستی سطح لنز را افزایش داده است.

۴- نتیجه‌گیری

تابش لیزر اگزایمر آرگون فلوراید بر روی سطح لنزهای تماسی RGP، بدون ایجاد تغییر در ساختار شیمیایی، خواص سطحی لنز را بهبود بخشیده، زبری سطح را در پالس های بالاتر کاهش و آبدوستی سطح را افزایش داده است.

مراجع

[1] Bennett, E. S., Henry, V. A., *Clinical Manual of Contact Lenses*, 3rd edition, University of New South Wales, 2009.

[2] Pourakbar Saffar, A., *ArF excimer laser effect investigation on Cellulose Acetate and Polycarbonate membrane filters*, MSc thesis, Islamic Azad University Central Tehran Branch, Sept 2009.

[3] Jaleh, B., Parvin, P., **"***Hydrophilicity and morphological investigation of polycarbonate irradiated by ArF excimer laser*"**, Nuclear Instrument & Meth B**, 265, 330-333, 2007.

[4] Wisniewski, M., Sionkowska, A., Kaczmarek, H., "*The Influence of KrF Excimer Laser irradiation on the surface of collagen and collagen/PVP films*", **International Journal of Photoenergy**, 1–7, 2006.

[5] Naroo, S. A., Charman, W. N., "*Surface roughness after excimer laser ablation using a PMMA model: profilometry and effects on vision*", **J Refract Surg**, 21(3): 260-8, 2005.

[6] Wang, Z. K., Zheng, H. Y., Lim, C. P., Lam, Y. C., "*Irradiation Polymer surface wettability modification using femtosecond laser*", **SIMTech technical reports**, 11, 1, 2010.

[7] Hyung, S. S., Jun, K. J., "*Surface Modification of Rigid Gas Permeable Contact Lens Treated by Using a Low-Temperature Plasma in Air*", **Journal of the Korean Physical Society**, 55, 6, 2436_2440, 2009.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-02]