هشتمین کنفرانس مهندسی و فیزیک پلاسما (PEP2021)

دانشگاه مازندران ۲۳ و ۲۴ تیرماه ۱۴۰۰

انجمن علوم و مهندسی پلاسمای ایران

بررسی اثر غلظت درصد جرمی محلول پلی‌استایرن-تولوئن بر میزان آبدوستی فیلم‌های پلی‌استارین تحت تأثیر پلاسمای تخلیه سد دی‌الکتریک

فرزاد علی‌آبادی زاده[۱]، عطاالله عیوض‌پور طاهر[۲]، وحید سیاهپوش [۳] و محمدصادق ذاکر حمیدی[٤]

[۱، ۲، ۳ و ٤] دانشکده فیزیک دانشگاه تبریز

[*]آدرس رایانامه نویسنده مسئول: v_siahpoush@tabrizu.ac.ir

کلید واژه: آبدوستی، پلاسمای تخلیه سد دی الکتریک ، غلظت فیلم نازک پلی‌استارین

چکیده

در این مقاله با بهره‌گیری از سیستم پلاسمای تخلیه سد دی الکتریک گاز هوا در فشار اتمسفری، برای اولین بار به بررسی اثر غلظت محلول‌های پلی‌استارین-تولوئن بر میزان آبدوستی فیلم‌های پلی‌استارین تحت پلاسما پرداخته شده است. بدین منظور فیلم‌هایی با ۳ غلظت ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد جرمی تهیه و پلاسمادهی شدند. در این راستا، نمونه‌های اصلاح شده و نیز مرجع توسط آزمون آبدوستی (اندازه‌گیری زاویه تماس قطره آب) طیف سنجی FT-IR و تصویربرداری AFM مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین به منظور بررسی پایداری آبدوستی نمونه‌ها با گذر زمان، آزمون آبدوستی برای نمونه‌ها پس از گذشت ۲٤ ساعت تکرار گردید. نتایج نشان‌دهنده افزایش میزان آبدوستی با کاهش درصد غلظت نمونه‌ها است. به گونه ای که نمونه‌های بررسی شده بلافاصله پس از پلاسمادهی برای غلظت‌های ۱۵، ۲۰ و ۲۵ به ترتیب نشان‌دهنده کاهش حدود ۷۲، ٦۰ و ۵۲ درجه‌ای زاویه تماس قطره آب هستند. با استناد به طیف‌های بدست آمده از FT-IR شواهدی بر عامل‌دار شدن سطوح بدست نیامد. نتایج حاصل از تصاویر AFM نشان‌دهنده ایجاد پُرزهای نانومتری و افزایش میزان زبری و ناهمواری سطحی در نمونه‌های پلاسمادهی شده هستند که این میزان زبری و ناهمواری سطوح با کاهش غلظت نمونه‌ها بیشتر می‌شود.

Study of the Effect of Mass Concentration of Polystyrene-Toluene Solution on Hydrophilization of Synthesized Polystyrene Thin Films through the Modification by Dielectric Barrier Discharge

Farzad Aliabadizadeh[1], Ataollah Eivazpour Taher [2], Vahid Siahpoush [3] and M.S Zaker Hamidi[4]

[1, 2, 3, and 4] Physics Faculty, University of Tabriz

*corresponding e-mail: v_siahpoush@tabrizu.ac.ir

Abstract

In this paper, the effect of the concentration of Polystyrene-Toluene solution on the hydrophilization of synthesized Polystyrene thin films through the modification plasma has been studied for the first time. For this purpose, some Polystyrene thin films of mass concentrations of 15, 20, and 25% got synthesized and modified by low-temperature atmospheric pressure DBD plasma of ambient air. In this vein, the modified and reference samples got analyzed by the water contact angle (WCA) analysis and FT-IR spectroscopy as well. To study the samples' durability of hydrophilicity, the samples got analyzed again after 24 hours by the WCA analysis. The results indicate that the less the concentration is, the more hydrophilic the samples become. So that the analyzed samples of 15, 20, and 25% present the reduction of 72, 60, and 52 of WCA degrees respectively, right after modification. Considering the FT-IR spectrums, there is no evidence of functionalization of the surfaces. AFM images indicate the creation of surface Nano-pores and the enhancement of roughness of the modified samples' surfaces. The less concentrated the polymer solution, the greater the roughness of the thin film's surface increases.

Keywords: hydrophilicity, the concentration of Polystyrene thin films, dielectric barrier discharge plasma

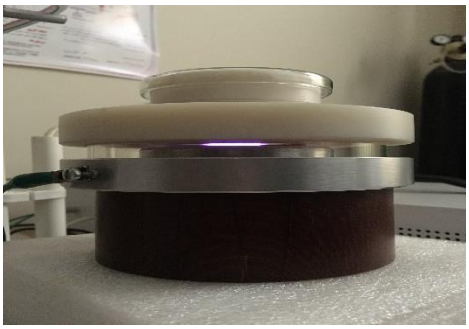
مقدمه

امروزه با پیشرفت صنعت و تکنولوژی، استفاده از پلیمرها در زمینه-های گوناگون به خصوص در تجهیزات پزشکی به طرز ویژه‌ای مورد توجه قرار گرفته است. به گونه‌ای که متخصصین تلاش خود را معطوف به بهینه سازی هر چه بیشتر پلیمرها نموده‌اند تا با افزایش زیست سازگاری و نیز بهره‌وری آنها، این دسته از مواد را به عنوان مناسب‌ترین گزینه برای اهداف گوناگون به کار گیرند. بهینه سازی مذکور را می‌توان در اصلاح سطوح پلیمرها خلاصه کرد که روش-های متعددی بدین منظور به کار گرفته شده‌اند، که از این دسته می‌توان به اصلاح شیمیایی سطوح، لایه‌نشانی فیلم، تابش پرتو فرابنفش و اصلاح توسط پلاسمای سرد اشاره کرد. از میان روش‌های مذکور، اصلاح توسط پلاسمای سرد به دلیل سادگی عملکرد، مقرون به صرفه بودن، عدم تغییر خواص توده ماده (مناطق غیر از سطح)، و نیز اثر تخریبی بسیار ناچیز نسبت به سایر روش‌ها، به عنوان رایج-ترین و کارآمدترین روش در بین دست اندرکاران مورد تأیید قرار گرفته است[1]. پلی‌استایرن به دلیل کاربردهای متعدد پزشکی و صنعتی، و نیز ارزان‌تر بودن نسبت به سایر پلیمرها با کاربردهای مشابه، به عنوان گزینه‌ای مناسب به طور گسترده مورد استفاده متخصصین قرار می‌گیرد [2,3]. در این مقاله با بهره‌گیری از سیستم DBD فشار اتمسفری، برای اولین بار گزارشی از تأثیر غلظت درصد جرمی محلول پلی‌استارین–تولوئن بر میزان آبدوستی آنها تحت تأثیر پلاسما ارائه شده است که می‌تواند با کاهش زمان و هزینه، به عنوان یک راهنمای مناسب برای یافتن غلظتی مطلوب به منظور حداکثر بهره‌وری فیلم‌های این پلیمر پرکاربرد در افزایش آبدوستی آنها مورد توجه قرار بگیرد.

مواد و روش ها

در این پژوهش، از پلیمر پلی استایرن با وزن مولکولی ۲۸۰۰۰۰ (تهیه شده از کمپانی Sigma-Aldrich) به عنوان ماده‌ی اصلی آزمایش، از تولوئن به عنوان حلال پلیمر به منظور تهیه محلول برای سنتز فیلم، و از استیل ضد زنگ ۵۰۴ به عنوان پایه نمونه برای لایه نشانی فیلم‌ها استفاده شده است. پژوهش حاضر شامل ۳ مرحله عملی است. مرحله اول به تهیه فیلم‌های پلیمری اختصاص می‌یابد. مرحله دوم شامل پلاسمادهی، و مرحله سوم به انجام آنالیز فیلم‌های پلیمری می‌پردازد.

در ابتدا محلول‌هایی از پلیاستایرن و تولوئن با غلظت ۱۵، ۲۰ و ۲۵ در صد جرمی تهیه شده و سپس به منظور لایه‌نشانی فیلم‌های نازک روی دیسک‌های استیل-به قطر ۱۰ میلی‌متر از روش اسپین کوتینگ (با سرعت ۵۰۰ دور در دقیقه و با زمان افت و خیزش و شتاب گیری ۱۰ ثانیه) استفاده شد. فیلم‌های لایه‌نشانی شده پس از ۲۴ ساعت قرار گرفتن در محیطی ایزوله کاملا خشک شده و برای اصلاح سطحی توسط پلاسما آماده شدند. سیستم مورد استفاده سیستم پلاسمای تخلیه سد دی‌الکتریکی استوانه‌ای بوده که در این پژوهش در فشار اتمسفری و نیز با استفاده از گاز هوا به عنوان گاز تغذیه به کار گرفته شده است. منبع تغذیه مورد استفاده منبع AC است و توان به کار گرفته شده در این آزمایش حدود ۵ وات اندازه‌گیری شد. تصویر سیستم پلاسمایی مورد استفاده، در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: تصویر سیستم پلاسمای تخلیه سد دی‌الکتریک استفاده شده در آزمایش

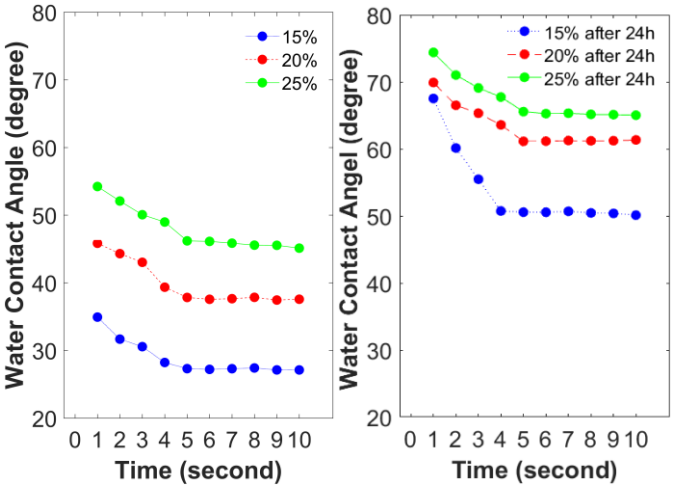
در این مرحله نمونه‌ها در فواصل زمانی ۱ ثانیه‌ای، از ۱ تا ۱۰ ثانیه پلاسمادهی شدند. همچنین به منظور سنجش پایداری میزان آبدوستی ایجاد شده در سطوح نمونه‌ها، تست آبدوستی پس از گذشت ۲۴ ساعت مجددا تکرار شد.

در مرحله سوم برای بررسی نمونه‌ها، از سه روش آزمون آبدوستی (با افزودن قطرات آب حدود ۵ میکرولیتر به سطح و اندازه‌گیری زاویه تماس با سطح)، طیف‌سنجی FT-IR (به منظور بررسی گروه‌های عاملی احتمالی اضافه شده به سطح نمونه‌ها) و تصویربرداری AFM (به منظور بررسی مورفولوژی سطح نمونه‌ها)

استفاده شد. به منظور تشخیص میزان اثربخشی پلاسما در اصلاح سطوح نمونه‌ها، به ازای هر نمونه‌ی اصلاح شده، از یک نمونه شاهد هم در آنالیزهای مذکور استفاده شد. لازم به ذکر است برای اندازه‌گیری زاویه تماس قطرات آب با سطح، از نرم افزار ImageJ استفاده شد.

نتایج و بحث

برای بررسی تغییرات میزان آبدوستی، تست زاویه تماس قطره آب برای هر ۳ غلظت یک بار برای نمونه های اصلاح شده در مدت ۱۰ ثانیه و یک بار برای نمونه‌های شاهد صورت گرفت که نتایج حاصل از این آنالیز در نمودار شکل شماره ۲ نشان داده شده است. با مقایسه آنها مشاهده می‌شود که آبدوستی نمونه‌ها پس از پلاسمادهی افزایش یافته است، به طوریکه زاویه تماس نمونه‌های شاهد حدود ۹۸ اندازه‌گیری شد، ولی این مقدار برای نمونه های ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد، در بهترین حالت (زمان ۱۰ ثانیه) به ترتیب به ۲۶/۳۵، ۳۸/۱۲، و ۴۶/۸۷ درجه کاهش پیدا کرده است. با گذشت ۲۴ ساعت، مقادیر مذکور به ترتیب به ۵۱/۲۳، ۶۲/۱۱ و ۶۷/۵۱ درجه تغییر کردند که خود گویای کاهش میزان آبدوستی با گذر زمان است.



شکل ۲: نمودار زاویه تماس قطره آب با سطح نمونه‌ها بلافاصله و ۲۴ ساعت بعد از پلاسمادهی

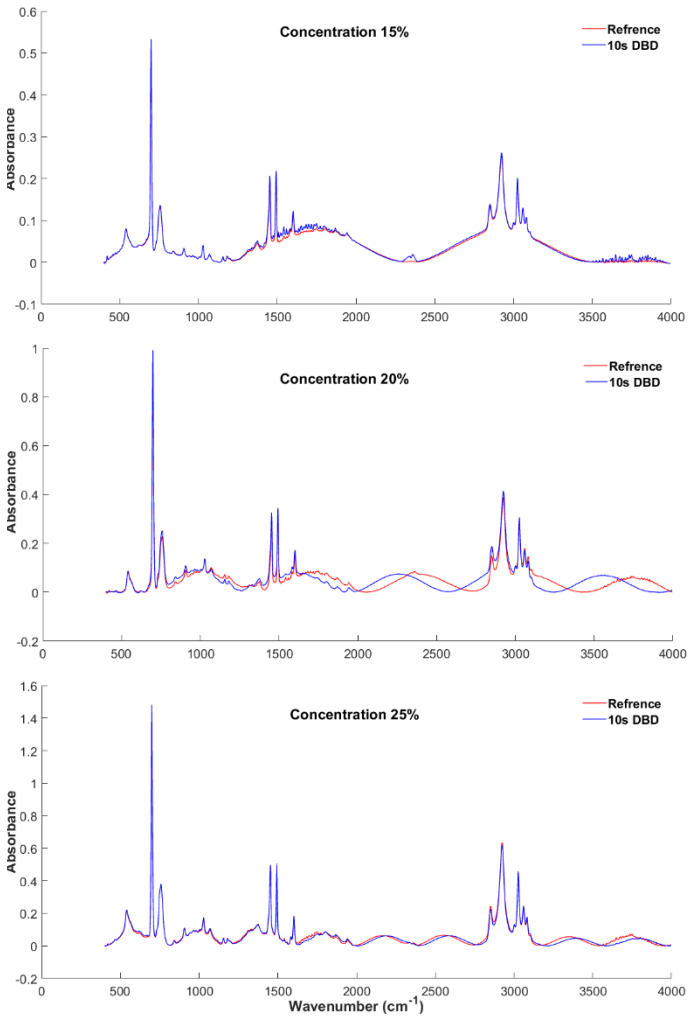
در شکل شماره ۳ تصویری از زاویه تماس قطره آب با سطح فیلم پلی‌استارین در یک نمونه شاهد و یک نمونه با بیشترین میزان آبدوستی (غلظت ۱۵ درصد) نشان داده شده است.

شکل ۳: تصویر زاویه تماس قطره آب با سطوح فیلم نازک پلی‌استایرن در دو حالت شاهد و بیشترین میزان آبدوستی

به منظور بررسی گروه‌های عاملی احتمالی اضافه شده به سطوح فیلم‌های پلی‌استارین، از نمونه‌ها طیف جذبی FT-IR گرفته شد. این طیف شامل باندهایی با عدد موج ۳۰۸۲، ۳۰۶۰ و ۳۰۲۶، مربوط به پیوند C-H آروماتیک، ۲۹۲۲ مربوط به گروه عاملی CH_3، ۲۸۴۸ مربوط به گروه عاملی CH_2، ۱۶۰۱، ۱۵۸۳ ، ۱۴۹۳ و ۱۴۵۲ مربوط به پیوند C=C، و ۱۰۶۹ و ۱۰۲۸ مربوط به پیوند C-H در حلقه فنیل است. این باندها هم در نمونه شاهد و هم در نمونه اصلاح شده توسط پلاسما دیده می‌شوند و هیچ‌گونه جابجایی در پیک‌های مذکورنسبت به هم در هر یک از جفت نمونه‌های مورد بررسی دیده نمی‌شود، به عبارتی شواهدی برای عامل‌دار شدن سطح بدست نیامد.

برای بررسی مورفولوژی سطوح نمونه ها، از تصویربرداری AFM استفاده شد. بدین منظور، از هر غلظت، یک نمونه شاهد و یک نمونه پلاسمادهی شده طی زمان ۱۰ ثانیه مورد بررسی قرار گرفتند. در شکل ۵ تصاویر سطوح نمونه‌های شاهد و پلاسمادهی شده در ابعاد میکرومتری نشان داده شده اند. با توجه به تصاویر، پُرزهایی در ابعاد نانومتری در سطوح نمونه‌های پلاسمادهی شده ایجاد شده‌اند و زبری و ناهمواری سطوح در نمونه‌های پلاسمادهی شده بسیار بیشتر از نمونه‌های شاهد است. میزان زبری و ناهمواری سطوح، برای نمونه‌های پلاسمادهی شده با غلظت ۱۵ درصد بیشترین و برای

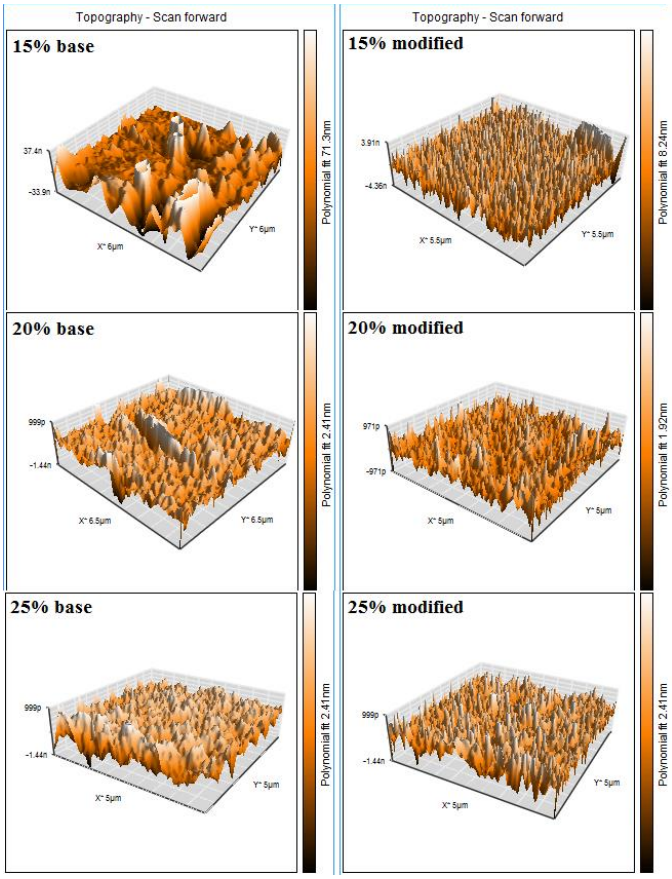
نمونه‌های مشابه با غلظت ۲۵ درصد، کمترین مقدار را از خود نشان می‌دهند.



شکل ٤: نمودار FT-IR فیلم‌های پلی استایرن با غلظت ۲۰،۱۵ و ۲۵ درصد جرمی

نتیجه‌گیری

مهمترین نتیجه‌ی حاصل از این پژوهش، تعیین نقش غلظت در میزان آبدوستی فیلم‌های نازک پلی استایرن است، به گونه‌ای که افزایش درصد غلظت فیلم سنتز شده، در شرایط یکسان پلاسمادهی، باعث کاهش میزان آبدوستی آن می‌شود. نتایج حاصل از طیف سنجی FT-IR حاکی از این است که این تغییر در میزان آبدوستی، ناشی از اضافه شدن گروه‌های عاملی به سطوح نمونه‌ها نبوده و علت ا صلی آن تغییر در میزان زبری و ناهمواری سطح در اثر برخورد گونه‌های سنگین موجود در پلاسما است.



شکل ٥: تصاویر AFM از نمونه‌های شاهد و پلاسمادهی شده

مرجع ها

[1] P. Favia, L.C. Lopez, E. Sardella, R. Gristina, M. Nardulli, R. d'Agostino, Low temperature plasma processes for biomedical applications and membrane processing, Desalination 199 (2006) 268–270

[2] Schwarz, M. (2011). Implantable or insertable medical devices for controlled delivery of a therapeutic agent. Patent US 7,901,702 B2.

[3] Frey, M. E., Prowans, P., Puskas, J. E., & Altstädt, V. Biocompatibility and fatigue properties of polystyrene polyisobutylene-polystyrene, an emerging thermoplastic elastomeric biomaterial. Biomacromolecules (2006) 844-850