



مقایسه تجربی خطی بودن پاسخ دز نانوکامپوزیت‌های پلی استایرن-اکسید گرافن (PS/GO) و پلی استایرن-نانو صفحه گرافن (PS/GNP) تحت پرتودهی گاما

شهریار ملکی، آرمین مسیبی*، فرهود ضیائی

پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده کاربرد پرتوها

چکیده

در این کار تجربی، پاسخ دزیمترهای پلی استایرن-اکسید گرافن (PS/GO) و پلی استایرن-نانو صفحه گرافن (PS/GNP) به پرتوهای گاما در محدوده آهنگ دز $48-159 \text{ mGy/min}$ مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که حساسیت پذیری دزیمتر PS/GNP در آهنگ‌های دز پایین در محدوده $48-98 \text{ mGy/min}$ نسبت به ماده دیگر یعنی PS/GO بیشتر است. همچنین پاسخ دزیمتر نانوکامپوزیت PS/GO در محدوده آهنگ دز $98-159 \text{ mGy/min}$ کاملاً به صورت خطی است؛ لذا این مواد قابلیت به کارگیری به عنوان دزیمتر برخط در سطح رادیولوژی تشخیصی و همچنین در زمانی را دارا هستند. کلمات کلیدی: دزیمتری، آهنگ دز، پرتوهای گاما، گرافن، نانوکامپوزیت.

مقدمه

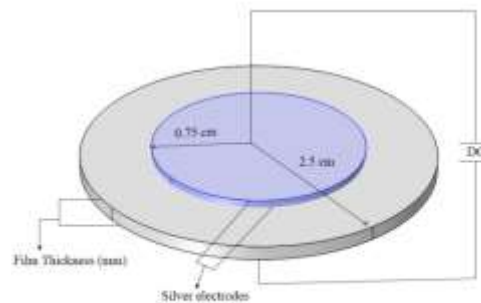
اخیراً نانو کامپوزیت‌های پلیمری به خاطر کاربرد در حسگرها و دزیمترهای تابشی توجه پژوهشگران را به خود معطوف نموده است. نانوکامپوزیت‌های پلیمری به خاطر سبکی، دارا بودن چگالی معادل بافت بدن، سهولت در فرآوری و هزینه نسبتاً پایین، قابلیت بهره‌گیری در سیستم‌های آشکارسازی و دزیمتری را دارا هستند. ایده اصلی در این نوع دزیمتر، تغییر جریان الکتریکی در اثر جذب پرتو است. لذا این تغییر جریان یا به اصطلاح جریان تابشی توسط الکترومتر اندازه‌گیری و قرائت می‌شود. فرآیند رسانش الکترون در کامپوزیت پلیمر-گرافن اصولاً از سه طریق صورت می‌گیرد: رسانش ذاتی نانوذرات گرافن، انتقال از طریق تماس مستقیم نانو ذرات گرافن با یکدیگر، رسانندگی از طریق تونل‌زنی کوانتومی^۲ یا تراپرد جهشی^۳ الکترون‌ها بین نانوغرافنهایی که به اندازه کافی به هم نزدیکند [۱]. نویسندگان در پژوهش‌های پیشین، اثر پرتو گاما بر خواص الکتریکی دزیمتر مبتنی بر ماده نانوکامپوزیت پلیمر-نانوساختار کربنی را بررسی نمودند [۲-۱۲]. در این پژوهش تجربی، پاسخ دز نمونه‌های نانوکامپوزیت 0.1wt% GO-PS و 0.1wt% GNP-PS در محدوده آهنگ دز $48-159 \text{ mGy/min}$ و خطی بودن پاسخ دز در محدوده مذکور بررسی شده است.

مواد و روشها

در ابتدا PS با گرید 1540 و چگالی 1.05 g/cm^3 از پتروشیمی تبریز به صورت گرانول تهیه شد. سپس GNP و GO با درصد خلوص بیش از 98 wt% از شرکت US-Nano خریداری شده، تولوئن و دی کلرومتان به عنوان حلالهای مناسب برای پلی استایرن و پخش کننده خوب برای نانو صفحه گرافن و اکسید گرافن، از شرکت Merck آلمان تهیه شد و همچنین به منظور ساخت الکتروود روی فیلم نازک، چسب نقره از شرکت امریکایی Chemtronics تهیه شد. در مرحله اول GNP و GO بصورت مجزا در محلول دی کلرومتان پخش شده، با دستگاه همزن اولتراسونیک UP200H به مدت دو ساعت فراصوت دهی شد. همزمان در ظرف دیگری PS به مدت 30 min در محلول تولوئن، به کمک همزن مغناطیسی همزده شد، تا اینکه کاملاً در محلول حل گردید. در نهایت این دو محلول بصورت مجزا با محلول پلی استایرن ترکیب شده و درون پتری دیش ریخته شد، سپس در قالبهای سیلیکونی به مدت دو ساعت قرار گرفت تا حلال کاملاً خارج شده، پس از آن نمونه های نانوکامپوزیت ساخته شده و آماده اندازه گیری می باشد. در مرحله ساخت نمونه ها از آزمایشگاه دزیمتری و کالیبراسیون مرجع واقع در مرکز SSDL ایران-کرج، استفاده گردید. ضخامت فیلم دزیمترهای ساخته شده برابر با ۱/۲ میلیمتر و مقدار ابعاد آنها در شکل ۱-الف نشان داده شده است. در مرحله پرتو دهی نانوکامپوزیت های ساخته شده، جهت خوانش جریان تابشی و مقایسه نتایج دزیمتری، از چشمه Picker V9 واقع در آزمایشگاه دزیمتری استاندارد ثانویه سازمان انرژی اتمی، کرج بهره گیری شد که در SSD³، ۸۰cm آهنگ دز پرتوهای گاما برابر ۷۵ mGy/min است. نمایی از سیستم پرتو دهی گاما با استفاده از دستگاه Picker V9 در شکل ۱-ب نمایش داده شده است.



(ب)



(الف)

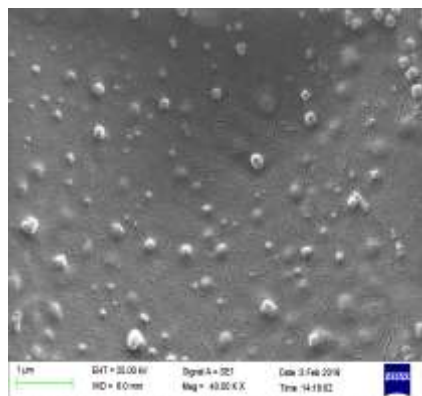
شکل ۱: الف) تصویر نمونه نانوکامپوزیت طراحی شده به ضخامت 1.2 mm و ب) سیستم پرتو دهی گاما مورد استفاده در این پژوهش.

³Secondary Standard Dosimetry Laboratory

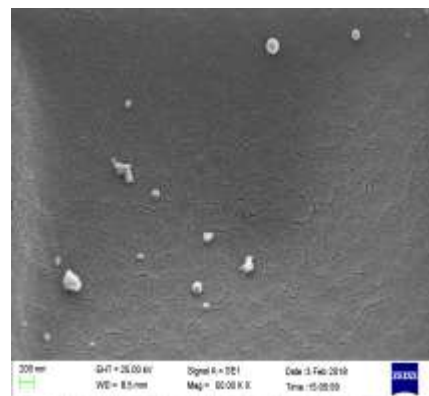
³Source to Surface Distance

نتایج

پس از ساخت نانوکامپوزیت PS/GNP و PS/GO، به منظور اطمینان از پخش و توزیع مناسب و یکنواخت نانوذرات در بستر پلیمری، مطابق شکل ۲ از آزمون^۴ SEM بهره‌گیری شد. پس از ساخت نانوکامپوزیت‌های PS/GO و PS/GNP و اطمینان از پخش یکنواخت نانولوله‌های کربن در بستر پلیمری، پرتودهی نمونه‌ها انجام شد. محدوده آهنگ دز مورد استفاده در این کار تجربی جهت مقایسه پاسخ دزیمترها تحت پرتودهی گاما، ۴۸-۱۵۹ mGy/min می‌باشد. در مرحله اول هر یک از دزیمترهای نانوکامپوزیت در برابر یک آهنگ دز مشخص به مدت ۱ دقیقه مورد پرتودهی قرار گرفتند و هر ۱۵ ثانیه یکبار پاسخ دزیمتر اندازه‌گیری شد. شکل ۳ نمونه نانوکامپوزیت PS/GO پرتودهی شده در محدوده آهنگ دز ۴۸-۱۵۹ mGy/min را نشان می‌دهد. همانگونه که از شکل ۳ پیداست، در مدت یک دقیقه پرتودهی چهار بار خوانش جریان تابشی در هر آهنگ دز ثبت شده و نشان داده شده است. شکل ۴ نمونه نانوکامپوزیت PS/GO پرتودهی شده در محدوده آهنگ دز ۴۸-۱۵۹ mGy/min را نشان می‌دهد.



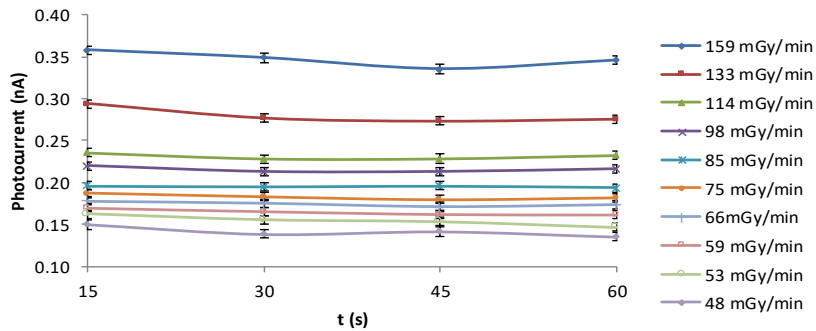
(ب)



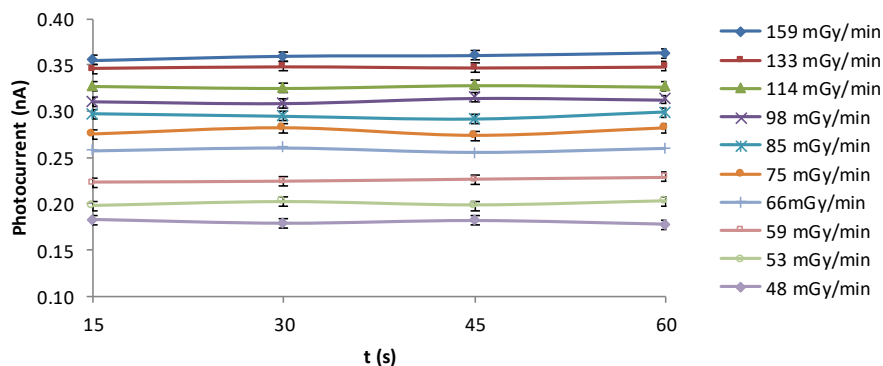
(الف)

شکل ۲- تصویر SEM مربوط به (الف) نانوکامپوزیت PS/GNP و (ب) نانوکامپوزیت PS/GO.

^۴Scanning Electron Microscopy



شکل ۳- نمونه نانوکامپوزیت PS/GO پرتودهی شده در محدوده آهنگ دز ۴۸-۱۵۹ mGy/min که در آن مقدار انحراف معیار برابر 0.5% برآورد شده است.

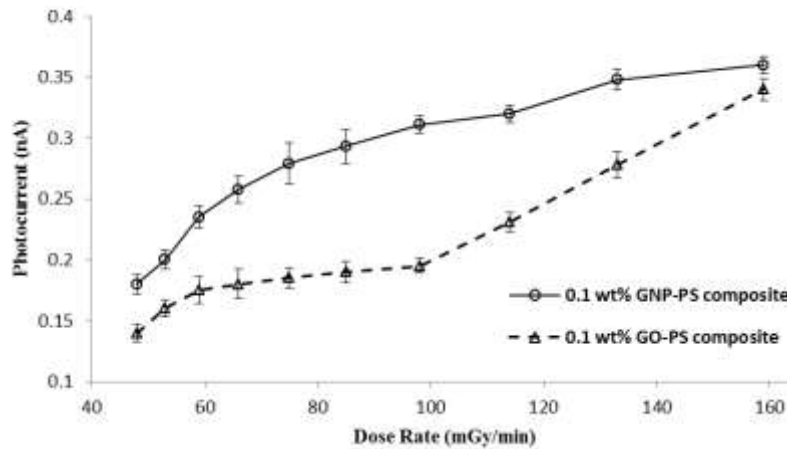


شکل ۴- نمونه نانوکامپوزیت PS/GNP پرتودهی شده در محدوده آهنگ دز ۴۸-۱۵۹ mGy/min که در آن مقدار انحراف معیار برابر 0.5% برآورد شده است.

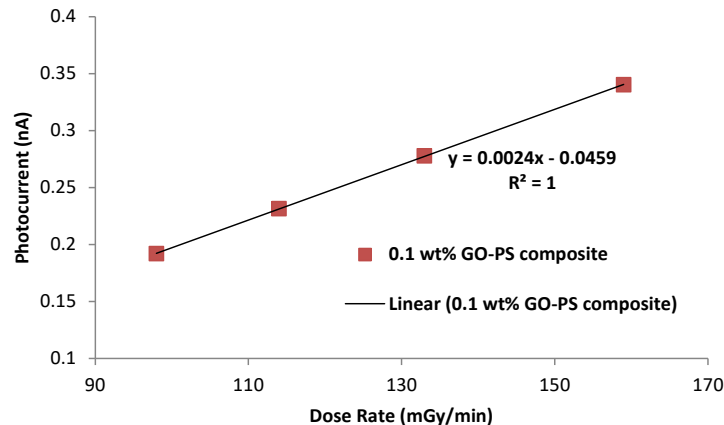
همانگونه که از شکل ۴ پیداست، در محدوده آهنگ دز ۴۸-۱۵۹ mGy/min، چهار بار خوانش در مدت یک دقیقه در هر آهنگ دز انجام شده است. شکل ۵ پاسخ دزیتر دو نانوکامپوزیت PS/GO و PS/GNP را نشان می‌دهد و جریان تابشی قرائت شده توسط هر دزیتر را در محدوده آهنگ دز ۴۸-۱۵۹ mGy/min با یکدیگر مقایسه می‌کند. همانگونه که از شکل ۵ پیداست، پاسخ دزیتر PS/GNP برای آهنگ های دز پایین تا 100 mGy/min مناسب بوده که برای دزهای بالا اشباع می‌شود. اما با توجه به پاسخ دزیتر PS/GO این دزیتر برای آهنگ های دز بالاتر از 98 mGy/min مناسب بوده و بصورت کاملاً خطی با افزایش آهنگ دز، جریان تابشی افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد وجود اکسیژن درون اکسیدگرافن باعث افزایش گاف باند این ماده شده و

این امر موجب شده تا اینکه انرژی بالایی جهت تحریک الکترون‌ها بکار گرفته شود. لذا وجود اکسیژن در گرافن باعث می‌شود که این ترکیب وقتی به عنوان نانوکامپوزیت در دزیمتری بکار گرفته شود، در آهنگ‌های دز بالا مورد استفاده قرار گیرد. در این پژوهش معیار خطی بودن پاسخ دزیمتر با توجه به مقدار ضریب همبستگی (R^2) مشخص می‌شود، لذا هر چه مقدار ضریب همبستگی به مقدار ۱ نزدیکتر باشد، پاسخ دزیمتر به همان اندازه خطی می‌باشد. لازم به ذکر است که خطی بودن پاسخ دزیمتر در یک محدوده مشخص، نشان دهنده حساسیت دزیمتر در آن محدوده نیست، بلکه شیب خط هر چه بیشتر باشد، به معنای حساسیت پذیری بالاتری برای این دزیمتر می‌باشد. نویسندگان در یک کار تجربی نحوه اندازه‌گیری حساسیت پذیری دزیمتر بر پایه پلیمر-نانولوله کربن را بررسی نموده‌اند [۹].

از شکل ۶ پیداست که پاسخ دزیمتر نانوکامپوزیت PS/GO در محدوده آهنگ دز ۹۸-۱۵۹ mGy/min با $R^2=1$ کاملاً به صورت خطی است. نکته جالب توجه اینکه برای دزیمتر PS/GO در دزهای بالا اشباعی صورت نگرفته و تعیین پاسخ دزیمتر در آهنگ‌های دز بالاتر از ۱۵۹ mGy/min به دلیل محدودیت در سیستم پرتودهی حاضر انجام نشده، اما نشان می‌دهد برای آهنگ‌های دز بالاتر از این مقدار هم جای تحقیق و پژوهش وجود دارد.



شکل ۵- مقایسه پاسخ دزیمترهای ۲ نانوکامپوزیت PS/GO و PS/GNP در محدوده آهنگ دز ۱۵۹-۴۸ mGy/min.



شکل ۶-خطی بودن پاسخ دزیومتر نانوکامپوزیت PS/GO در محدوده آهنگ دز ۹۸-۱۵۹ mGy/min.

بحث و نتیجه گیری

در این کار پژوهش تجربی، پاسخ دزیومتر دو نانوکامپوزیت PS/GO و PS/GNP به پرتوهای گامای چشمه کبالت-۶۰ در سطح درمانی واقع در آزمایشگاه SSDL کشور-کرج به کمک دستگاه الکترومتر تعیین شد. نتایج نشان داد که حساسیت پذیری دزیومتر PS/GNP در آهنگ های دز پایین و در محدوده ۴۸-۹۸ mGy/min نسبت به ماده دیگر یعنی PS/GO بیشتر است. همچنین نتایج نشان داد که پاسخ دزیومتر نانوکامپوزیت PS/GO در محدوده آهنگ دز ۹۸-۱۵۹ mGy/min کاملاً به صورت خطی است.

مراجع

- [1] W.S. Bao, S.A. Meguid, Z.H. Zhu, Y. Pan, G.J. Wengc, A novel approach to predict the electrical conductivity of multifunctional nanocomposites, *Mechanics of Materials*, 46 (2012) 129-138.
- [2] S. Malekie, F. Ziaie, Study on a novel dosimeter based on polyethylene-carbon nanotube composite, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 791 (2015) 1-5.
- [3] S. Malekie, F. Ziaie, A. Esmaeli, Study on dosimetry characteristics of polymer-CNT nanocomposites: Effect of polymer matrix, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 816 (2016) 101-105.
- [4] S. Malekie, F. Ziaie, S. Feizi, A. Esmaeli, Dosimetry characteristics of HDPE-SWCNT nanocomposite for real time application, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 833 (2016) 127-133.



- [5] A. Mosayebi, S. Malekie, F. Ziaie, A feasibility study of polystyrene/CNT nano-composite as a dosimeter for diagnostic and therapeutic purposes, *Journal of Instrumentation*, 12 (2017) P05012.
- [6] A. Mosayebi, S. Malekie, A. Rahimi, F. Ziaie, Experimental study on polystyrene-MWCNT nanocomposite as a radiation dosimeter, *Radiation Physics and Chemistry*, (2019) 108362.
- [7] A. Mosayebi, S. Malekie, F. Ziaie, H. Daneshvar, Experimental evaluation of thermal stability of PS- MWCNT nanocomposite as a real-time dosimeter *Iranian Journal of Medical Physics*, 15 (2018) 14-14.
- [8] A. Mosayebi, S. Malekie, F. Ziaie, H. Daneshvar, Linearity response characterization of Polystyrene/ Graphene oxide nanocomposite as real-time dosimeter for therapeutic purposes, *Iranian Journal of Medical Physics*, 15 (2018) 391-391.
- [9] A. Mosayebi, S. Malekie, F. Ziaie, M. Ataee Naeini, Experimental investigation of dosimetry response of nanocomposite of polystyrene-multiwall carbon nanotube in gamma radiation field %J *Iranian Journal of Radiation Safety and Measurement*, 7 (2019) 21-26.
- [10] F. Ziaie, S. Malekie, Study of electrical properties of a novel dosimeter based on polymer-carbon nanotube nano-composite, *Iranian Journal of Radiation Safety and Measurement*, 2 (2014) 17-20.
- [11] S. Maleki, F. Ziaie, M.M. Larijani, Simulation of a novel dosimeter based on electrical characteristics of polymethyl Methacrylate-Carbon nanotube composite, *Nuclear Science and Technology*, 79 (2017) 53-62.
- [12] S. Malekie, F. Ziaie, M.A. Naeini, Simulation of polycarbonate-CNT nanocomposite dosimeter based on electrical characteristics, *Kerntechnik*, 81 (2016) 647-650.