بیست و سومین کنفرانس اپتیک و فوتونیک و نهمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
دانشگاه تربیت مدرس
۱۲-۱۴ بهمن ۱۳۹۵
23rd Iranian Conference on Optics and Photonics and 9th Conference on Photonics Engineering and Technology
Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
January 31- February 2, 2017

اثر بازپخت بر رفتار حسگر نوری فیلم نانوکامپوزیت اکسیدگرافن/طلا

زهره فیض‌آبادی، سعید جعفری، مجید طاهری و نسترن منصور

گروه فیزیک، دانشگاه شهید بهشتی، اوین، تهران

چکیده- در این کار، رفتار حسگر نوری نانوکامپوزیت اکسیدگرافن/طلا ساخته شده به روش بازپخت حرارتی بررسی شده‌است. فیلم اکسیدگرافن و نانوکامپوزیت اکسیدگرافن/طلا به روش لایه‌نشانی سانتریفیوژ از محلول تهیه شده‌است. مشخصه‌یابی نمونه‌ها با دستگاه طیف‌سنج فرابنفش- مرئی و ساختار کریستالی فیلم‌ها با دستگاه پراش پرتو ایکس انجام شده‌است. با استفاده از نتایج طیف فرابنفش- مرئی پیک جذبی در ناحیه طول موجی ۵۳۰ تا ۵۴۰ نانومتر نشان دهنده‌ی تشکیل نانوکامپوزیت اکسیدگرافن/طلا می‌باشد. نتایج طرح پراش پرتو ایکس بیانگر این است که در فیلم نانوکامپوزیتی بازپخت شده، نانوذرات طلا در بین صفحات اکسیدگرافن قرار گرفته و نظم ساختاری اکسیدگرافن را بر هم زده‌است. پاسخ زمانی فیلم نانوکامپوزیت اکسیدگرافن/طلا نسبت به فیلم اکسیدگرافن بیانگر بهبود خواص حسگر نوری در اثر افزایش نانوذرات طلا تحت تابش پرتو لیزری با طول موج ۵۳۲ نانومتر می‌باشد.

کلید واژه- اکسیدگرافن، نانوذرات طلا، فیلم نانوکامپوزیت و بهبود حسگر نوری.

Thermal Effect on Optical Sensing Behavior of Graphene Oxide/Au Nanocomposite Film

Zohreh Feizabadi, Saeed Jafari, Majid Taheri and Nastaran Mansour

Department of Physics, Shahid Beheshti University, Evin, Tehran

Abstract- In this work, the optical sensing behavior of graphene oxide/Au nanocomposite films before and after thermal annealing are investigated. These films are prepared by depositing graphene oxide and gold nanoparticles from a colloidal solution on glass substrates using centrifuge deposition technique. The films are characterized using the UV-visible absorption spectroscopy and X-ray diffraction analysis. The behavior of UV-visible absorption spectra of the films in the wavelength range 530-540 nm clearly shows formation of the nanocomposite. The films' X-ray diffraction patterns indicate that the gold nanoparticles are distributed between graphene oxide planes and the graphene oxide structural properties are modified. The optical sensing behavior of the film is studied under cw laser irradiation at 532 nm. The results show that the optical sensing response of the annealed film is improved in compared to the unannealed film due to presence gold nanoparticles in the nanocomposite.

Keywords: Graphene Oxide, Au Nanoparticles, Nanocomposite Film, Enhanced Optical Sensing

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-13]

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

۱- مقدمه

اکسیدگرافن نانوصفحه دو بعدی متشکل از گروه‌های عاملی اکسیژن‌دار است. گروه‌های اپوکسی و هیدروکسیل به‌صورت نامنظم در سطح هر لایه گرافن توزیع شده‌اند و گروه‌های کربوکسیل و کربونیل در لبه‌ها قرار دارند. چگالی گروه‌های اکسیژنی، ساختار الکتریکی لایه اکسیدگرافن را تحت تاثیر قرار می‌دهد به صورتی که با حذف این گروه‌های عاملی فضای بین لایه‌ای در ساختار اکسیدگرافن کاهش می‌یابد. افزایش نقاط اتصال صفحات کربنی به دلیل کاهش فضای بین لایه‌ای می‌تواند در رسانندگی سطحی لایه اکسیدگرافن بسیار موثر باشد. رهیافت‌های بسیاری برای کاهش گروه‌های عاملی از سطح اکسیدگرافن وجود دارد که از بین آنها احیای حرارتی اکسیدگرافن به عنوان یک روش ارزان بسیار مورد توجه قرار گرفته‌است [۱]. صفحات کربنی در اکسیدگرافن کاهش یافته (rGO) به علت برهمکنش واندروالس روی هم انباشته می‌شوند و امکان استفاده کامل از سطح موثر آن را محدود می‌سازند. یکی از روش‌های افزایش فاصله بین صفحات کربنی استفاده از نانوذرات فلزی می‌باشد. در واقع rGO به عنوان زیر لایه برای قرارگرفتن نانوذرات توسط برهمکنش الکتروستاتیکی یا پیوند شیمیایی قرار می‌گیرد.

استفاده از نانوذرات طلا به عنوان فلزی نجیب در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته‌است. به دلیل اندازه کوچک نانوذرات طلا در مقایسه با طول موج فرمی الکترون‌ها ترازهای انرژی این نانوذرات گسسته است و به همین دلیل دارای ویژگی‌های جذبی و فلوئورسانسی شبه مولکول می‌باشد. گذارهای الکترونی مشاهده شده در نانوذرات طلا باعث شده که آن‌ها را به عنوان پایه نانوکامپوزیت‌ها در نظر بگیرند. نانوکامپوزیت اکسیدگرافن/طلا که حاصل ترکیب این دو ماده می‌باشد ویژگی‌های منحصر به فرد الکتریکی، شیمیایی، اپتیکی، زیست سازگاری بسیار بالا و نیز واکنش‌پذیری بالا دارد. بنابراین کاربردهای فراوانی در سیستم‌های الکترونیکی، کاتالیزگرها، حسگرهای گازی، داروها و آشکارسازهای نوری دارد [۲].

در این پژوهش، نانوذرات طلا را به روش کاهش شیمیایی از نمک طلا تولید کرده و پس از کاهش گرمایی صفحات اکسیدگرافن، جایگاه مناسب برای آرایش این صفحات با نانو ذرات ایجاد شده‌است. مشخصه‌یابی فیلم‌ها با داده‌های طیف فرابنفش- مرئی و ساختار کریستالی با الگوی پراش پرتو ایکس بررسی شده‌است. همچنین پاسخ حسگر نوری فیلم‌ها تحت تابش پرتو لیزر با طول موج ۵۳۲ نانومتر اندازه‌گیری شده‌است.

۲- بخش تجربی

در این کار، ابتدا محلول اکسیدگرافن با غلظت ۰/۲ گرم بر لیتر در آب دوبار مقطر تهیه شده‌است. همچنین کلوئید نانوذرات طلا با غلظت ۰/۱ گرم بر لیتر به روش شیمیایی با کاهش از نمک طلا بدست آمده‌است [۳]. برای تهیه نانوکامپوزیت اکسیدگرافن/طلا کلوئید نانوذرات طلا را به کلوئید اکسیدگرافن اضافه می‌کنیم. محلول تهیه شده به مدت ۳۰ دقیقه در دستگاه اولتراسونیک قرار داده می‌شود تا نانوکامپوزیت اکسیدگرافن/طلا حاصل شود.

با استفاده از روش سانتریفیوژ هر یک از کلوئیدهای اکسیدگرافن و نانوکامپوزیت اکسیدگرافن/طلا را بر روی زیر لایه شیشه لایه‌نشانی می‌کنیم. در نهایت فیلم‌های اکسیدگرافن و نانوکامپوزیت اکسیدگرافن/طلا در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت تحت عمل حرارتی قرار داده می‌شوند.

مشخصه‌یابی نمونه‌ها با استفاده از طیف‌سنجی فرابنفش- مرئی (PerkinElmer LAMBDA 25) در گستره‌ی طول موجی ۴۰۰ تا ۸۰۰ نانومتر انجام گرفته‌است. ساختار کریستالی فیلم‌های حاصل با استفاده از طرح پراش پرتو ایکس (Stoe-Stadv X-ray diffractometer) بررسی شده‌است. پاسخ زمانی نمونه‌ها تحت تابش پرتو لیزر پیوسته با طول موج ۵۳۲ نانومتر و شدت نور خروجی ۵۰ میلی وات در ولتاژ ثابت ۳۸ V، مطالعه شده‌است. زمان پاسخ جریان عبوری از فیلم در حالت لیزر روشن و خاموش با استفاده از دستگاه Keithley Source Meter 2450 با یک سیستم پروب دو نقطه‌ای در دمای اتاق ثبت شده‌است.

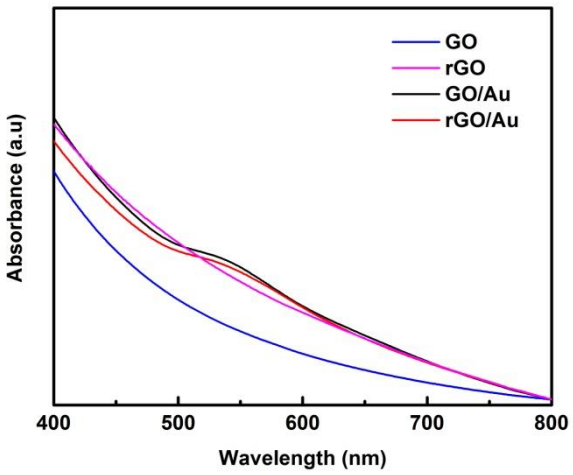
۳- نتایج تجربی و بحث

شکل۱ طیف جذبی فرابنفش- مرئی فیلم اکسیدگرافن و نانوکامپوزیت اکسیدگرافن/طلا را به ترتیب قبل و بعد از بازپخت نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود فیلم اکسیدگرافن قبل و بعد از بازپخت در ناحیه طول موجی ۵۰۰ تا ۶۰۰ نانومتر هیچ‌گونه پیک جذبی ندارد. در حالی‌که

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-13]

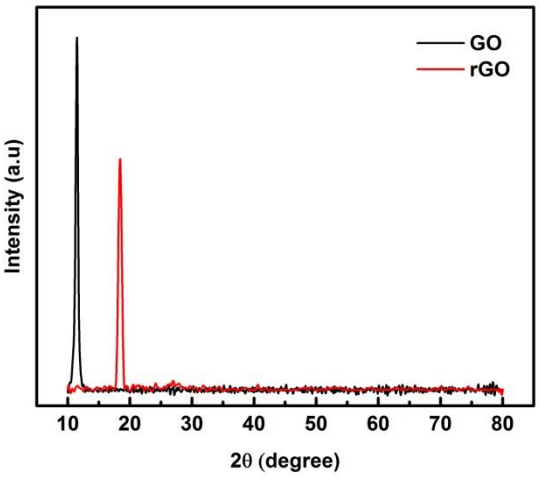
فیلم نانوکامپوزیت اکسیدگرافن/طلا قبل و بعد از بازپخت دارای یک پیک جذبی در ناحیه طول موجی ۵۳۰ تا ۵۴۰ نانومتر می‌باشد. این پیک جذبی نانوذرات طلا، نشان می‌دهد که نانوکامپوزیت اکسیدگرافن/طلا تشکیل شده‌است.



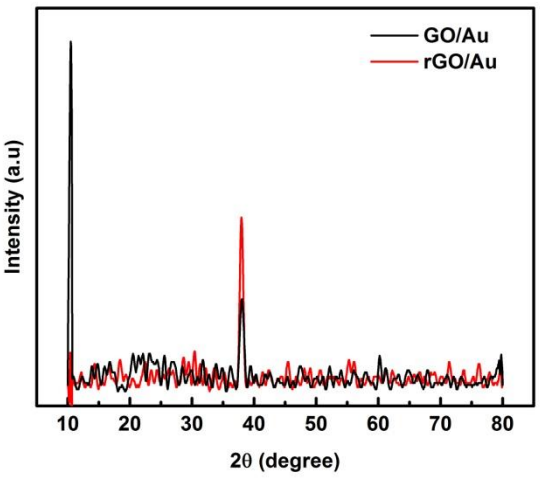
شکل ۱: طیف جذبی فرابنفش- مرئی فیلم اکسیدگرافن، نانوکامپوزیت اکسیدگرافن/طلا به ترتیب قبل و بعد از بازپخت.

ساختار کریستالی فیلم اکسیدگرافن قبل و بعد از بازپخت در شکل۲ نشان داده شده‌است. براساس الگوی پراش پرتو ایکس، پیک پراش اکسیدگرافن در زاویه $2\theta=10,5^{\circ}$ منطبق بر صفحه (۰۰۱) است. پس از بازپخت فیلم اکسیدگرافن در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد پیک پراش در زاویه $2\theta=18,5^{\circ}$ قرار می‌گیرد که منطبق بر صفحه کریستالی (۰۰۲) از اکسید گرافن احیا شده می‌باشد [۴].

شکل۳ طرح پراش پرتو ایکس از فیلم نانوکامپوزیت اکسیدگرافن/طلا را قبل و بعد از بازپخت نشان می‌دهد. با توجه به شکل فیلم نانوکامپوزیت اکسیدگرافن/طلا دارای دو پیک پراش در زوایای $2\theta=10,5^{\circ}$ و $2\theta=37,96^{\circ}$ می‌باشد که به ترتیب مربوط به صفحات کریستالی از اکسیدگرافن و نانوذرات طلا است. پس از بازپخت پیک مربوط به صفحه کریستالی اکسیدگرافن کاملاً حذف شده و پیک طلا بدون تغییر مانده-است. با توجه به تغییرات ساختاری مشاهده شده در الگوی پراش پرتو ایکس و حذف پیک پراش اکسیدگرافن در فیلم نانوکامپوزیتی بازپخت شده، نانوذرات طلا در بین صفحات اکسیدگرافن قرار گرفته و نظم ساختاری اکسیدگرافن را بر هم زده‌است.



شکل ۲: طرح پراش پرتو ایکس از فیلم اکسیدگرافن و فیلم اکسیدگرافن احیا شده در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد.



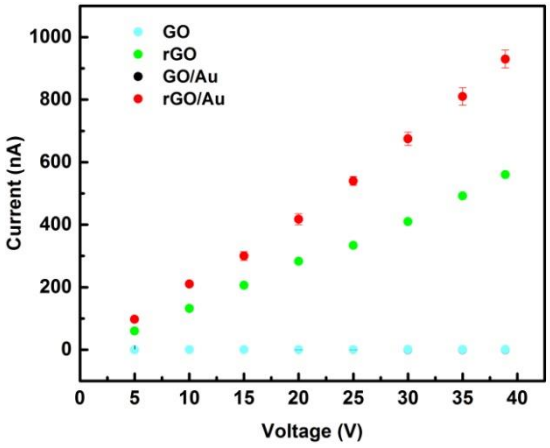
شکل ۳: طرح پراش پرتو ایکس از فیلم نانوکامپوزیت اکسیدگرافن/طلا قبل و بعد از بازپخت.

در شکل۴ نمودارهای اندازه‌گیری جریان بر حسب ولتاژ از فیلم‌های اکسیدگرافن و نانوکامپوزیت اکسیدگرافن/طلا به ترتیب قبل و بعد از بازپخت نشان داده شده‌است. همان‌طور که از نمودارها مشاهده می‌شود جریان عبوری از فیلم اکسیدگرافن و نانوکامپوزیت اکسیدگرافن/طلا بسیار کم (از مرتبه نانو) است، در حالی‌که فیلم‌های بازپخت شده در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد جریانی از مرتبه‌ی میکروآمپر دارند. این افزایش جریان به دلیل حذف گروه‌های عاملی اکسیژنی در سطح هر لایه گرافن و کاهش فضای بین لایه‌ای در اکسیدگرافن می‌باشد. کاهش فضای بین لایه‌ای در اثر حذف گروه‌های عاملی باعث افزایش نقاط اتصال بین صفحات گرافن

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

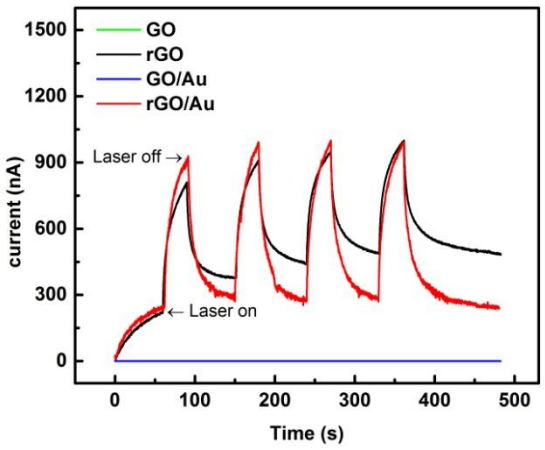
[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-13]

و بهبود خواص الکتریکی اکسیدگرافن می‌شود. همچنین افزایش جریان در فیلم نانوکامپوزیتی به علت تراکم نانوذرات طلا بر روی صفحات اکسیدگرافن است، که منجر به تشکیل میدان مغناطیسی جفت شده و برهم‌کنش‌های الکترونیکی قوی بین نانوذرات طلا و صفحات اکسیدگرافن می‌شود.



شکل ۴: نمودار I-V از فیلم‌های اکسیدگرافن و نانوکامپوزیت اکسیدگرافن/طلا به ترتیب قبل و بعد از بازپخت.

پاسخ زمانی نمونه‌ها تحت تابش پرتو لیزر سبز با طول موج ۵۳۲ نانومتر در شکل۵ نشان داده شده‌است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود فیلم اکسیدگرافن و نانوکامپوزیت اکسیدگرافن/طلا تحت تابش پرتو لیزر هیچ‌گونه پاسخی را نشان نمی‌دهند. در حالی‌که جریان عبوری تحت تابش لیزر از فیلم‌های بازپخت شده، به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته‌است. جریان فیلم‌های بازپخت شده در ولتاژ ثابت با لیزر روشن تقریباً ۳ برابر زمانی است که لیزر خاموش می‌باشد. همانطور که مشاهده می‌شود اندازه‌گیری‌ها طی چندین مرحله نتایج تقریباً یکسانی را نشان داده‌است. پاسخ نوری فیلم نانوکامپوزیت اکسیدگرافن/طلا بازپخت شده نسبت به فیلم اکسیدگرافن احیا شده بهبود یافته‌است. همچنین جریان عبوری پس از خاموش کردن لیزر در هر ۴ مرحله دارای افت سریع‌تری بوده و به حالت پایدار خود می‌رسد. در نانوکامپوزیت مبتنی بر اکسیدگرافن، نانوذرات طلا باعث می‌شوند تا حرکت الکترون‌ها بین صفحات بزرگ و دو بعدی کربنی افزایش یافته و در نتیجه باعث بهبود خواص حسگری این لایه‌ها می‌شود.



شکل ۵: پاسخ زمانی تحت تابش لیزر ۵۳۲ نانومتر از فیلم اکسیدگرافن و نانوکامپوزیت اکسیدگرافن/طلا به ترتیب قبل و بعد از بازپخت.

۴- نتیجه‌گیری

در این مطالعه، نحوه شکل‌گیری نانوکامپوزیت اکسیدگرافن/طلا به روش کاهش گرمایی بررسی شده‌است. مشخصات طیف‌سنجی فرابنفش- مرئی و الگوی طرح پراش پرتو ایکس نشان می‌دهد که نانوکامپوزیت اکسیدگرافن/طلا به خوبی تشکیل شده‌است. بهبود پاسخ زمانی فیلم نانوکامپوزیتی اکسیدگرافن/طلا بعداز بازپخت نشان دهنده حضور نانوذرات طلا روی صفحات گرافنی می‌باشد، که منجر به عبور آسان‌تر و سریع‌تر الکترون بین صفحات بزرگ و دو بعدی کربن sp^2 توسط پیوند نانوذرات فلزی با سطح گرافن می‌شود.

مراجع

[۱] M.J. McAllister, et al, “Single sheet functionalized graphene by oxidation and thermal expansion of graphite”, Chemistry of Materials, Vol. 19, No. 18, pp. 4396-4404, 2007.
[۲] A.R. Sadrolhosseini, et al, “Optical nonlinear refractive index of laser-ablated gold nanoparticles graphene oxide composite”, Journal of Nanomaterials, Vol. 2014, No. 200, pp. 1-8, 2014.
[۳] G. Frens, “Controlled nucleation for the regulation of the particle size in monodisperse gold suspensions”, Nature, Vol. 241, No. 105, pp. 20-22, 1973.
[۴] M. Govindhan, M. Amiri, A. Chen, “Au nanoparticle/graphene nanocomposite as a platform for the sensitive detection of NADH in human urine”, Biosensors and Bioelectronics, Vol. 66, No. 1, pp. 474-480, 2015.

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-13]