

ساخت نانوکامپوزیت SnS₂/RGO با غلظت‌های متفاوت اکسید گرافن و بررسی خواص

ساختاری و اپتیکی آن‌ها

رحیمی، عاطفه؛ کاظمی‌نژاد، ایرج؛ موسوی قهفرخی، سید ابراهیم

گروه فیزیک، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز

چکیده

در این تحقیق، از اکسید گرافن تولید شده به روش هامرز به‌عنوان پیش‌ماده برای تهیه نانوکامپوزیت SnS₂/RGO به روش آبی-حرارتی استفاده شد. نتایج حاصل از بررسی نمونه‌ها به وسیله XRD، تشکیل موفقیت‌آمیز اکسید گرافن و تولید نانوکامپوزیت‌های SnS₂/RGO را نشان دادند. همچنین احیاء اکسید گرافن با استفاده از FT-IR مورد تأیید قرار گرفت. با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، مشاهده گردید، نانوصفحه‌های شش‌ضلعی دی‌سولفید قلع روی سطح نانو ورقه‌های اکسید گرافن به‌طور یکنواختی پخش شدند. خواص اپتیکی نمونه‌ها به وسیله UV-vis مطالعه گردید.

Synthesis of SnS₂/RGO nanocomposite with different concentrations graphene oxide and investigation of their structural and optical properties

Rahimi, Atefeh; Kazeminezhad, Iraj; Mousavi Ghahfarokhi, Seyed Ebrahim

Department of Physics, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz

Abstract

In this study, graphene oxide produced by Hummer's method was used as a precursor for the production of SnS₂/RGO nanocomposites by hydrothermal method. XRD results showed the formation of graphene oxide and the production of SnS₂/RGO nanocomposite. The revival of graphene oxide was also confirmed using FT-IR. Using scanning electron microscope (SEM) it was observed that hexagonal tin disulfide nanoplates were dispersed on the surface of graphene oxide nanosheets uniformly. Optical properties of the samples were examined by UV-vis.

PACS No.

نانوساختارهای کربنی است که اگر بر روی هم قرار بگیرند توده سه بعدی گرافیت را تشکیل می‌دهند، این ماده دو بعدی به‌خاطر داشتن رسانندگی الکتریکی و گرمایی بالا و تحرک‌پذیری حامل‌های بار، به ماده‌ای منحصر به فرد تبدیل شده است [۳-۵]. نانوکامپوزیت‌های گرافنی برای ذخیره‌سازی و تبدیل انرژی در ابرخازن‌ها، سلول‌های خورشیدی و باتری‌ها به‌کار می‌روند [۶].

روش تجربی

به‌منظور ساخت نانوکامپوزیت، مقدار مشخصی از مخلوط اکسید گرافن (GO) که به روش هامرز ساخته شده است به‌همراه آب یون‌زدایی شده را در حمام فراصوتی گذاشته تا کاملاً پخش

مقدمه

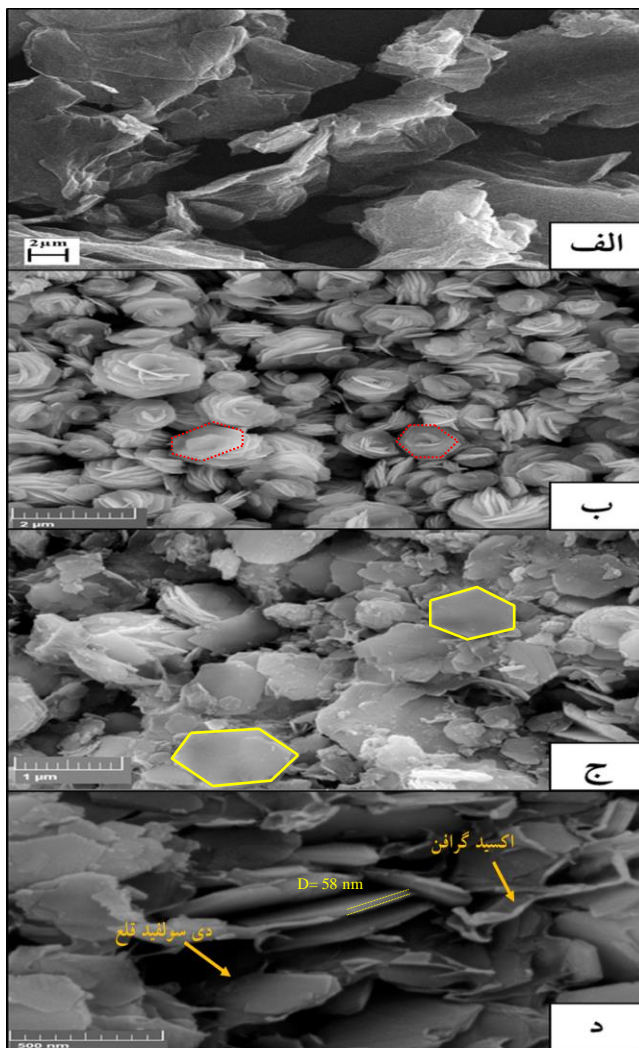
دی‌سولفید قلع (SnS₂) نیم‌رسانایی از نوع n با ساختار CdI₂ و گاف نواری مستقیم ۲/۵-۲/۲ eV می‌باشد، به‌دلیل قیمت ارزان، غیر سمی بودن و پایداری خوب در محلول‌های خنثی و اسیدی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۱]. دی‌سولفید قلع با داشتن خواص الکتریکی و نوری مطلوب در ساخت وسایل اپتوالکترونیکی و سلول‌های فوتوولتائیک مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲].

گرافن، تک لایه‌ای است متشکل از اتم‌های کربنی که در یک شبکه لانه زنبوری قرار گرفته‌اند، پایه‌ای برای ساخت

در طول واکنش آبی-حرارتی احیاء شده‌اند و تورق کامل صورت گرفته است.

نتایج میکروسکوپ الکترونی روبشی

شکل ۲ (الف) تصویر اکسید گرافن که به صورت ورقه‌های چروکیده‌ای است را نشان می‌دهد. شکل ۲ (ب) تصویر مربوط به



شکل ۲: تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (الف) اکسید گرافن، (ب) نانو ساختارهای شبه گل SnS₂ خالص، (ج) نانوکامپوزیت SnS₂/RGO 1mg/ml، (د) SnS₂/RGO 2mg/ml.

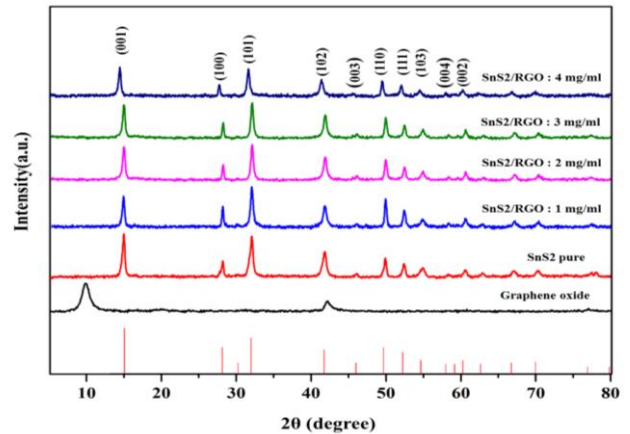
نانوساختارهای شبه گل SnS₂ می‌باشد و نشان می‌دهد که این نانو ساختارها به صورت سه‌بعدی هستند که اجزاء تشکیل دهنده آن‌ها نانو صفحه‌هایی به شکل شش ضلعی می‌باشند. شکل ۲ (ج و د)

گردد. سپس کلرید قلع ۵ آبه را به محلول اضافه کرده و در دمای اتاق با همزن مغناطیسی هم‌زده می‌شود، بعد از آن تیواوره را به عنوان منبع سولفید کننده می‌افزاییم، سپس محلول به دست آمده را به درون اتوکلاو منتقل می‌کنیم و آن را به مدت زمان معین در آن با دمای مشخص قرار می‌دهیم. در نهایت رسوبات توسط سانتریفیوژ جمع‌آوری شده و چندین مرتبه با آب شست‌وشو می‌دهیم و در آن خشک می‌کنیم، پودر به دست آمده، نانوکامپوزیت SnS₂/RGO می‌باشد.

بحث و نتایج

بررسی الگوی پراش پرتو ایکس

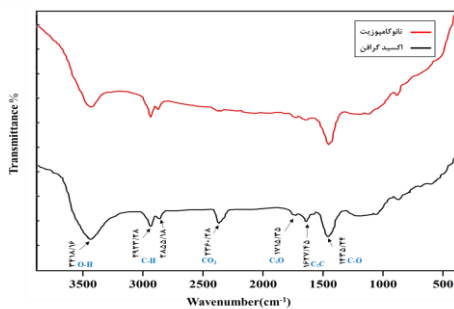
به منظور تعیین ساختار بلوری نمونه‌ها، از دستگاه XRD استفاده شد. شکل ۱ الگوی پراش پرتو ایکس نمونه‌های تهیه شده را نشان می‌دهد. در الگوی پراش پرتو ایکس اکسید گرافن قله نسبتاً شدیدی در زاویه ۹/۹۳ درجه ظاهر شده است که نشان‌دهنده اکسیدشدگی گرافیت و افزایش فاصله بین صفحه‌های ۸٫۹Å است.



شکل ۱: الگوی پراش اشعه‌ی ایکس مربوط به اکسید گرافن، SnS₂ خالص و نانوکامپوزیت‌های SnS₂/RGO با غلظت‌های مختلف اکسید گرافن.

همچنین با مقایسه الگوی پراش مربوط به دی‌سولفید قلع و نانوکامپوزیت‌های تهیه شده و اطلاعات کارت استاندارد (JCPDS Card No. 23-0677) نشان‌دهنده تشکیل فاز SnS₂ با ساختار هگزاگونال است و هیچ‌گونه ناخالصی مربوط به S، SnS و SnO₂ مشاهده نگردید. عدم ظهور قله پراش اکسید گرافن در الگوی پراش نانوکامپوزیت ناشی از آن است که ورقه‌های اکسید گرافن

O-H روی سطح اکسید گرافن می‌باشد و قله‌هایی در cm^{-1} ۱۷۱۵، 1627 cm^{-1} ، به ترتیب مربوط به ارتعاشات کششی C=O، ارتعاشات خمشی O-H و ارتعاشات اسکلت آروماتیک C=C می‌باشد، همچنین قله 1435 cm^{-1} مربوط به ارتعاشات کششی C-O است. در طیف نانوکامپوزیت مشاهده می‌کنیم که پس از انجام واکنش آبی-حرارتی، شدت قله جذب مربوط به گروه‌های عاملی حاوی اکسیژن کاهش یافته که نشان‌دهنده احیاء اکسید گرافن می‌باشد.



شکل ۴: طیف FT-IR مربوط به اکسید گرافن و SnS_2/RGO 2mg/ml.

نتایج حاصل از طیف‌سنج فرابنفش-مرئی

به منظور مطالعه خواص اپتیکی نانو ساختارهای ساخته شده از دستگاه طیف‌سنج فرابنفش-مرئی استفاده شد. با داشتن مقدار جذب، می‌توان انرژی گاف را از رابطه Tauc بدست آورد (رابطه ۱).

$$\alpha h\nu = A(h\nu - E_g)^{n/2} \quad (1)$$

که در این رابطه α ضریب جذب نوری، $h\nu$ انرژی فوتون-های فرودی، A ثابت و E_g مقدار گاف اپتیکی است. مقدار n بستگی به نوع انتقال اپتیکی دارد. برای نیم‌رساناها با گاف انرژی مستقیم و غیرمستقیم مقدار n به ترتیب ۱ و ۴ می‌باشد. با داشتن n و رسم نمودار $(\alpha h\nu)^{1/n}$ بر حسب $h\nu$ می‌توان با برون‌یابی منحنی تا $(\alpha h\nu)^{1/n} = 0$ مقدار گاف انرژی E_g را به دست آورد [۸].

شکل ۴ طیف جذبی نمونه‌های تهیه شده را نشان می‌دهد. مشاهده شد اکسید گرافن دارای گاف غیرمستقیم 2.23 eV می‌باشد.

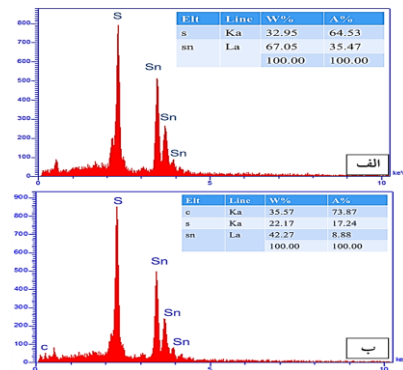
تصویر نانوکامپوزیت SnS_2/RGO می‌باشد و نشان می‌دهد که نانوصفحه‌های شش‌ضلعی SnS_2 بر روی نانورقه‌های اکسید گرافن قرار گرفته‌اند. این تغییر شکل به اثر مهم گروه‌های سطحی اکسید گرافن بر روی رشد بلور SnS_2 نسبت داده می‌شود [۷]. با استفاده از نرم‌افزار Digimizer، متوسط اندازه عرضی نانوصفحه‌های دی‌سولفید قلع اندازه‌گیری شد (جدول ۱). نتایج نشان می‌دهد که با افزایش غلظت اکسید گرافن تا 3 mg/ml اندازه نانوصفحه‌های SnS_2 کاهش یافته است.

جدول ۱: متوسط اندازه عرضی نانوصفحه‌های دی‌سولفید قلع.

غلظت اکسید گرافن در نانوکامپوزیت	متوسط سائز
1mg/ml	۵۶۰nm
2mg/ml	۲۴۳nm
3mg/ml	۱۹۵nm
4mg/ml	۲۵۰nm

آنالیز EDAX

شکل ۳ (الف و ب) آنالیز EDAX مربوط به SnS_2 خالص و نانوکامپوزیت را نمایش می‌دهد، نتایج این آنالیز نشان می‌دهد که نمونه فاقد هرگونه ناخالصی است.



شکل ۳: آنالیز EDAX (الف) SnS_2 خالص و (ب) SnS_2/RGO 2mg/ml.

طیف‌سنجی مادون‌قرمز تبدیل فوریه

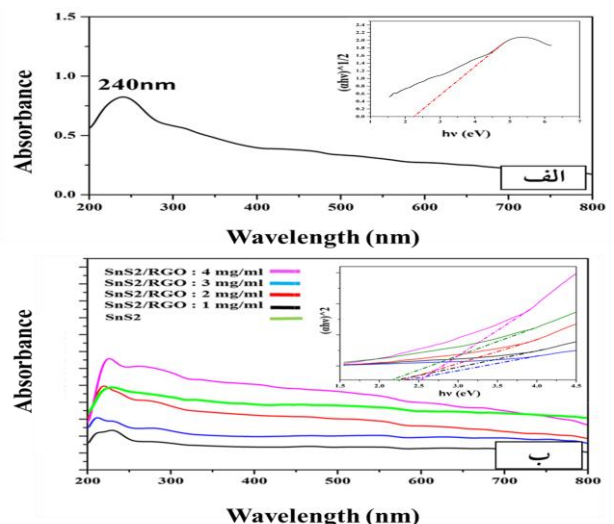
شکل ۴ طیف مادون‌قرمز تبدیل فوریه (FT-IR) اکسید گرافن و نانوکامپوزیت می‌باشد، طیف FT-IR اکسید گرافن جذب قوی در اطراف 3418 cm^{-1} را نشان می‌دهد که متناظر با ارتعاشات کششی

میکروسکوپ الکترونی روبشی مشاهده گردید که با اضافه شدن اکسید گرافن به دی سولفید قلع خالص ریخت شناسی آن‌ها از نانوساختارهای شبه گل به نانوصفحه‌های ششی ضلعی تغییر کرده و مشاهده شد، با افزایش غلظت اکسید گرافن متوسط اندازه عرضی این نانوصفحه‌ها کاهش می‌یابد. با بررسی نتایج طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه، احیاء اکسید گرافن بعد از فرآیند آبی-حرارتی تأیید شد. همچنین با بررسی نتایج حاصل از طیف‌سنج فرابنفش-مرئی و محاسبه گاف اپتیکی نمونه‌ها مشاهده شد با اضافه شدن اکسید گرافن به SnS_2 گاف اپتیکی نمونه‌ها روند افزایشی داشته است. افزودن اکسید گرافن به SnS_2 موجب بهبود بخشیدن خواص آن شده، از جمله این خواص می‌توان به خاصیت فوتوکاتالیستی اشاره کرد به طوری که با کنترل اندازه و گاف اپتیکی می‌توان به یک نمونه بهینه جهت مطالعه خواص فوتوکاتالیستی دست یافت [۹ و ۷].

مراجع

- [1] H. Liu, L. Deng, Z. Zhang, J. Guan, Y. Yang, and Z. Zhu; "One-step in-situ hydrothermal synthesis of SnS_2 /reduced graphene oxide nanocomposites with high performance in visible light-driven photocatalytic reduction of aqueous Cr (VI)"; *Journal of Materials Science* **50** (8), (2015) 3207-3211.
- [2] N. G. Deshpande, A. A. Sagade, Y. G. Gudage, C. D. Lokhande, and R. Sharma; "Growth and characterization of tin disulfide (SnS_2) thin film deposited by successive ionic layer adsorption and reaction (SILAR) technique"; *Journal of Alloys and Compounds* **436**, (2007) 421-424.
- [3] A. K. Geim and K. S. Novoselov; "The rise of graphene"; *Nature materials* **6** (3), (2007) 183-191.
- [4] D. Li, M. B. Mueller, S. Gilje, R. B. Kaner and G. G. Wallace; "Processable aqueous dispersions of graphene nanosheets"; *Nature nanotechnology* **3** (2), (2008) 101-105.
- [5] A. A. Balandin; "Thermal properties of graphene and nanostructured carbon materials"; *Nature materials* **10** (8), (2011) 569-581.
- [6] J. Liu, Y. Xue, M. Zhang and L. Dai; "Graphene-based materials for energy applications"; *MRS bulletin* **37** (12), (2012) 1265-1272.
- [7] P. Chen, Y. Su, H. Liu and Y. Wang; "Interconnected Tin Disulfide Nanosheets Grown on Graphene for Li-Ion Storage and Photocatalytic Applications"; *ACS Applied Matererial Interfaces* **5**, (2013) 12073-12082.
- [8] Y. Jing, X. Cheng-Yan, M. Fei-Xiang, H. Sheng-Peng, Z.Y. Wei, Z. Liang; "Monodisperse SnS_2 Nanosheets for High-Performance Photocatalytic Hydrogen Generation"; *ACS Applied Matererial Interfaces* **6**, (2014) 22370-22377.
- [9] M. Li, E. Liu, H. Hu, S. Ouyang, H. Xu and D. Wang; "Surfactant-Free Synthesis of Single Crystalline SnS_2 and Effect of Surface Atomic Structure on the Photocatalytic Property"; *International Journal of Photoenergy* **7** (2014).

باشد و همچنین بیشینه طول موج جذب همه نمونه‌ها در حضور اکسید گرافن به جز نانوکامپوزیت SnS_2/RGO 4mg/ml به سمت طول موج‌های کوچک‌تر جابه‌جا شده است که تأییدکننده کاهش اندازه ذرات و افزایش گاف اپتیکی می‌باشد. گاف اپتیکی در همه نمونه‌ها با روند منظمی افزایش یافته است. نتایج محاسبه گاف اپتیکی نمونه‌ها در جدول ۲ بیان شده است.



شکل ۵: طیف فرابنفش-مرئی (الف) اکسید گرافن و (ب) نانوکامپوزیت‌های SnS_2/RGO با غلظت‌های مختلف اکسید گرافن.

جدول ۲: گاف نواری نمونه‌های تهیه شده در این تحقیق.

گاف اپتیکی (eV)	نمونه
۲٫۲۳	اکسید گرافن
۲٫۱۹	SnS_2 خالص
۲٫۲۶	SnS_2/RGO 1mg/ml
۲٫۳۳	SnS_2/RGO 2mg/ml
۲٫۳۶	SnS_2/RGO 3mg/ml
۲٫۵۱	SnS_2/RGO 4mg/ml

نتیجه‌گیری

در این تحقیق نانوکامپوزیت‌های SnS_2/RGO به روش آبی-حرارتی با غلظت‌های مختلف اکسید گرافن ساخته شد. با بررسی الگوی پراش نانوکامپوزیت، تشکیل فاز دی سولفید قلع با ساختار هگزاگونال برای تمامی نمونه‌ها نشان داده شد. با توجه به نتایج