خواص نوری غیرخطی و محدودسازی نوری محلول کلوئیدی اکسید گرافن در آب و اتانول

عبدالناصر ذاکری[۱]، مجتبی ابراهیمی رزگله[۱]

۱- بخش فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

چکیده – در این مقاله خواص نوری غیرخطی و محدودسازی نوری نانو ذرات اکسید گرافن در دو محیط آب و اتانول مورد بررسی قرار گرفته است. با استفاده از یک لیزر دیودی در طول موج ۵۳۲ نانومتر خواص جذب غیرخطی با تکنیک جاروب **z** روزنه باز بررسی شد. نتایج نشان داد که اکسید گرافن در آب در رژیم پیوسته خواص جذب غیرخطی قابل ملاحضه‌ای از خود نشان نمی‌دهد. این در حالی است که اکسید گرافن پراکنده شده در اتانول خواص جذب غیرخطی بزرگی نشان می‌دهد. خواص محدودسازی نوری نمونه‌ها همچنین با استفاده از هارمونیک دوم لیزر پالسی ***Nd-YAG*** در طول موج ۵۳۲ نانومتر بررسی شد. همانطور که از نتایج در رژیم پیوسته پیش‌بینی می‌شد اکسید گرافن پراکنده شده در اتانول خواص محدودسازی بیشتری نسبت به اکسید گرافن پراکنده شده در آب داشت.

کلید واژه- محدودسازی نوری، جذب غیرخطی، اکسید گرافن، جاروب Z.

Nonlinear Optical And Optical Limiting Properties Of Suspensions Of GO In Ethanol And Water

Abdolnaser Zakery[1], Mojtaba Ebrahimi[1]

1- Department of Physics, College of Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran

Abstract- In this paper we have investigated the nonlinear optical and optical limiting properties of suspensions of Graphene oxide nanoparticles in both water and ethanol environments. Using a low power laser diode at a 532 nm wavelength, the nonlinear absorption was determined by an open aperture Z-scan technique. Results showed that graphene oxide dispersed in water and in continuous regime does not exhibit significant nonlinear absorption properties. While on the other hand, graphene oxide dispersed in ethanol shows high nonlinear absorption properties. The optical limiting effect of these samples were also investigated using the 2nd harmonics of a pulsed Nd-YAG laser at 532 nm. As it was predictable from our results in continuous regime, Graphene oxide nanoparticles that were dispersed in ethanol had higher limiting properties compared to the other sample which was dispersed in water.

Keywords: Optical limiting, Nonlinear absorption, Graphene oxide, Z scan

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]

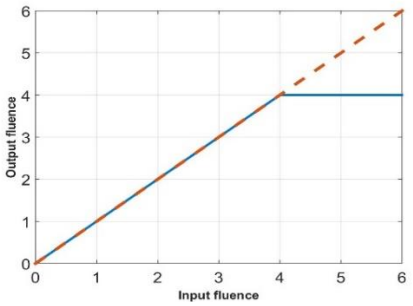
مقدمه

امروزه خواص غیرخطی نوری مواد، کاربردهای بسیار متنوع و پیشرفته‌ای در صنعت، از جمله سوئیچ‌های نوری، حفاظت از سنسورها و ... دارد و دانستن این خواص به ما این امکان را می‌دهد که مواد ارزان‌تر و باکیفیت‌تری (به عبارت دیگر مناسب‌تری) برای این کاربردها پیدا کنیم. ازجمله پارامترهای اپتیک غیرخطی می‌توان به ضریب شکست غیر-خطی (n_2) و ضریب جذب غیرخطی (β) اشاره کرد که مطابق با روابط زیر به پذیرفتاری اپتیکی مرتبه سوم مرتبط می-شود[۱]:

$$\mathrm{Im}(\chi^{(3)})(esu) = \frac{10^{-2}\varepsilon_0 c^2 {n_0}^2 \lambda\beta(\mathrm{Cm/W})}{4\pi^2} \qquad (۱)$$

$$\mathrm{Re}(\chi^{(3)})(esu) = \frac{10^{-4}\varepsilon_0 c^2 {n_0}^2 n_2(\mathrm{Cm^2/W})}{\pi}$$

برای محاسبه این ضرایب روش‌های گوناگونی وجود دارد از جمله این روش‌ها می‌توان به روش جاروب z که توسط شیخ‌بهایی[۲] و همکارانش در سال ۱۹۸۹ابداع شد اشاره کرد. از جمله کاربردهای این خواص غیرخطی می‌توان به محدودکننده‌های نوری اشاره کرد، که برای حفاظت از سنسورها مورد استفاده قرار می‌گیرند. یک محدودکننده نوری موفق، دستگاهی است که همانند شکل ۱ در شدت‌های کم (کمتر از یک مقدار آستانه) با افزایش شدت ورودی میزان شدت نور خروجی نیز زیاد می‌شود ولی در شدت‌های بالا (شدت‌های که از یک مقدار آستانه بیشتراند)، با افزایش شدت ورودی، شدت خروجی تغییر نمی‌کند و در یک مقدار ثابت می‌ماند. بنابراین از چنین دستگاه‌هایی می‌توان برای محافظت از چشم انسان در برابر شدت‌های بالا استفاده کرد



شکل ۱ : نمودار محدود کنندگی نوری، خط پیوسته رفتار یک ماده با خاصیت محدودکنندگی نوری را نشان می‌دهد

محدودکننده‌های نوری، از پاسخ خصوصیات نوری غیر-خطی[۲]وابسته به شدت نور ورودی نتیجه می‌شوند، به این صورت که شدت نور ورودی جذب و ضریب شکست ماده را تغییر می‌دهد که نتیجه آن کاهش بسیار خوب شدت نور عبوری می‌باشد، پس بنابراین تعیین اندازه این اثرهای غیر-خطی[۳]از مواد، بسیار مهم است، زیرا با استفاده از آنها می‌توان مواد مناسبی برای استفاده در محدود کننده‌های نوری انتخاب کرد[۳].

اکسیدگرافن و گرافن یکی از این مواد هستند که خواص غیرخطی و محدودکنندگی خوبی از خود نمایش می‌دهند[۴-۵] و از این رو کاربردهای زیادی در صنعت پیدا کرده‌اند. در اینجا ما با استفاده از تکنیک جاروب Z به بررسی خواص غیرخطی اکسید گرافن و محدود کنندگی نوری در دو محیط آب و اتانول پرداختیم.

روش تجربی

نانو ذرات اکسید گرافن با استفاده از پودر گرافیت و با روش هامر[۴] تهیه شده است. برای تهیه نمونه‌ها مقدار ۰،۰۳ گرم پودر اکسید گرافن با ۴۰ میلی‌لیتر آب (GO-W) و ۴۰ میلی-لیتر اتانول ۹۹٪ (GO-E) مخلوط شده و سپس با استفاده از دستگاه آلتراسونیک پراکنده شده است.

[1] - Optical limiting
[2] - Nonlinear optical properties
[3] - Nonlinearity

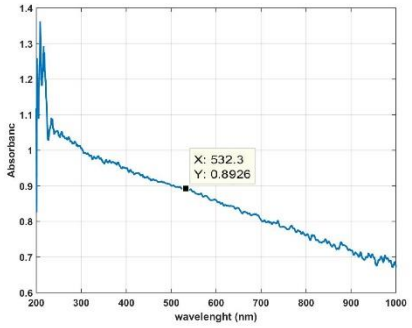
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]

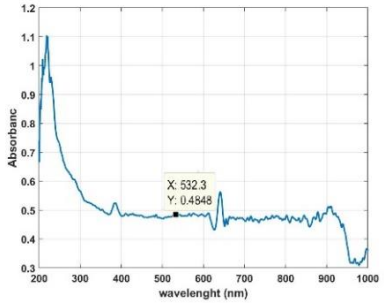
با استفاده از لیزر پیوسته دیودی در طول موج ۵۳۲ نانومتر اندازه و علامت ضریب جذب غیرخطی نمونه‌ها با استفاده از روش جاروب Z و مدل عدسی گرمایی بررسی شد[۴]. فاصله کانونی عدسی استفاده شده در این آزمایش ۶,۲۹ سانتی‌متر و نمونه‌ها در یک سلول کوارتز با ضخامت یک سانتی‌متر قرار داده شدند. اندازه کمر لیزر با استفاده از تکنیک اندازه‌گیری لبه چاقو[۴] ۱۹,۳میکرومتر بدست آمد. علاوه بر آن، با استفاده از لیزر پالسی Nd-YAG با طول موج ۵۳۲ نانومتر و پهنای پالس۶ نانو ثانیه خواص محدود سازی نوری نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

۱-۲- بحث و نتیجه‌گیری

شکل‌های ۲ و ۳ به ترتیب طیف جذب نمونه GO-W و GO-E را نشان می‌دهد. همان‌طور که از شکل مشخص است طیف جذبی شامل یک قله در ۲۲۵ نانومتر و یک قله کوچکتر در ۳۰۰ نانومتر است که به پیوندهای π-π^* و n-π^* مربوط می‌شوند[۴].

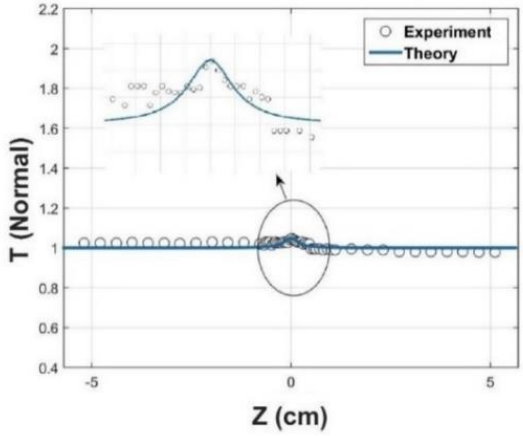


شکل ۲: طیف جذب نمونه اکسید گرافن در آب



شکل ۳: طیف جذب اکسید گرافن در اتانول

شکل‌های ۴ و ۵ به ترتیب نمودار جاروب Z روزنه باز را برای دو نمونه GO-W و GO-E را نشان می‌دهد. مقدار ضریب جذب‌غیرخطی $-2.547 \times 10^{-6}\ {}^{Cm}/_{W}$ و $6.077 \times 10^{-4}\ {}^{Cm}/_{W}$ به ترتیب برای نمونه GO-W و GO-E نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که اکسید گرافن در آب در رژیم پیوسته و در شدت‌های کم (KW/Cm^2) از خود جذب غیرخطی قابل ملاحضه ای نشان نمی‌دهد. این در حالی است که نمونه اکسید گرافن در محیط اتانول در شدت-های کم خواص جذب غیرخطی بزرگی در مقایسه با نمونه GO-W نشان می‌دهد. علت امر این است که وقتی نانو ذرات اکسید گرافن تحت تابش نور شدید قرار می‌گیرند جذب غیرخطی در اکسید گرافن صورت می‌گیرد و این امر سبب تولید نقاط داغ در اطراف اکسید گرافن می‌شود سپس این حرارت سریعا به محیط اطراف نانو ذرات منتقل شده و سبب می‌شود که حلال تبخیر شده و میکرو حباب هایی در اطراف نانو ذرات ایجاد شود. این میکرو حباب‌ها خود به مانند مراکز پراکندگی عمل می‌کنند. این امر موجب افزایش خواص غیرخطی می‌شود مشابه این فرآیند در نمونه C_{60} مشاهده شده است[۶]. بررسی‌ها نشان داده‌اند که GO-E در شدت‌های پایین خواص جذب اشباع و در شدت های بالاتر خواص جذب اشباع معکوس از خود به نمایش می‌گذارد[۵].

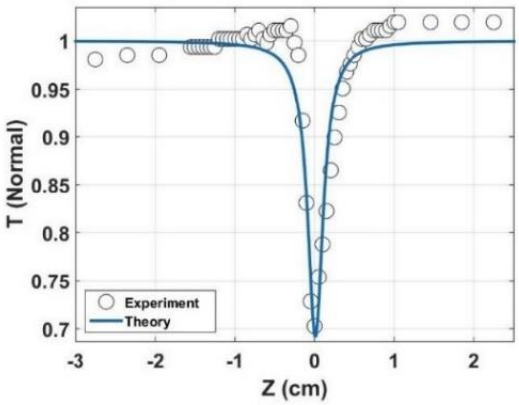


شکل ۴: جذب غیرخطی نمونه اکسید گرافن حل شده در آب

۴- Knife Edge

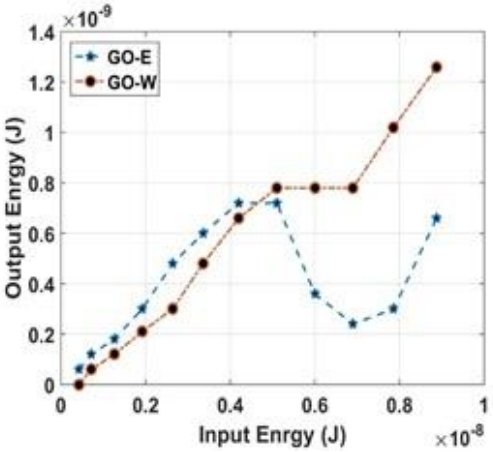
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]



شکل ۵: جذب غیرخطی نمونه اکسید گرافن حل شده در اتانول

شکل۶ نمودار محدود سازی نوری نمونه‌ها را که با استفاده از هارمونیک دوم لیزر پالسی Nd-YAG با طول موج ۵۳۲ نانومتر، پهنای پالس ۶ نانو ثانیه و سرعت تکرار ۱۰ هرتز گرفته شده است را نشان می‌دهد. همان‌طور که از نتایج جاروب Z پیش‌بینی می‌شد به علت بالا رفتن خواص جذب غیر خطی در محیط اتانول نسب به آب، خواص محدود سازی GO-E بسیار بهتر از GO-W است. چرا که آستانه محدود سازی در GO-E بسیار پایین تر از GO-W است و همچنین ناحیه محدود سازی نوری بزرگتری نسبت به GO-E مشاهده می‌شود. جالب است که با افزایش میزان غلظت در نمونه اکسید گرافن حل شده در اتانول می‌توان خواص مشابه به سوئیچ‌های نوری را در این ماده مشاهده کرد.



شکل ۶: نمودار محدود سازی نوری نمونه اکسید گرافن در آب و در اتانول

نتیجه‌گیری

خواص نوری غیرخطی و محدودسازی نوری نانو ذرات اکسید گرافن در دو محیط آب و اتانول مورد بررسی قرار گرفت است. نتایج نشان می‌دهد در شدت‌های کم (KW/Cm^2) GO-W از خود جذب غیرخطی قابل ملاحضه ای نشان نمی‌دهد. این در حالی است که نمونه GO-E در شدت‌های کم خواص جذب غیرخطی اشباع و در شدت‌های بالاتر جذب اشباع معکوس از خود نشان می‌دهد. خواص محدودسازی نوری نمونه‌ها همچنین با استفاده از هارمونیک دوم لیزر پالسی Nd-YAG در طول موج ۵۳۲ نانومتر بررسی شد. همانطور که از نتایج در رژیم پیوسته پیش‌بینی می‌شد اکسید گرافن پراکنده شده در اتانول خواص محدودسازی بیشتری نسبت به اکسید گرافن پراکنده شده در آب داشت.

مراجع

[1] N. Liaros, K. Iliopoulos, M. M. Stylianakis, E. Koudoumas, and S. Couris, “Optical limiting action of few layered graphene oxide dispersed in different solvents,” Opt. Mater. (Amst)., vol. 36, pp. 112–117, 2014.

[2] M. Sheik-Bahae, A. A. Said, T.H. Wei, D. J. Hagan, and E. W. Van Stryland, “Sensitive measurement of optical nonlinearities using a single beam,” IEEE J. Quantum Electron., vol. 26, pp. 760–769, 1990.

[3] S. J. Mathews, S. Chaitanya Kumar, L. Giribabu, and S. Venugopal Rao, “Large third-order optical nonlinearity and optical limiting in symmetric and unsymmetrical phthalocyanines studied using Z-scan,” Opt. Commun., vol. 280, pp. 206–212, 2007.

[4] M. Ebrahimi, A. Zakery, M. Karimipour, M. Molaei, “Nonlinear optical properties and optical limiting measurements of graphene Oxide-Ag@TiO2 compounds,” Optical materials, vol.57, pp.146-152, 2016.

[5] J. Zhu, Y. Li, Y. Chen, W. J. Blau, and J. Wang, “Graphene oxide covalently functionalized with zinc phthalocyanine for broadband optical limiting,” Carbon., vol. 49, pp. 1900–1905, 2011.

[6] Y. gao, Q. chang, W. jiao, H. ye, Y. li, Y.wang, Y. song, D. zhu, “Solvent-dependent optical limiting behavior of lead nanowires stabilized by [60] fullerene derivative”, Appl. Phys. B 88 (2007) 89–92.

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]