بررسی خواص اپتیکی ترکیب $GO_Fe_2O_3$ با استفاده از روش تجربی انحراف‌سنجی‌ماره

احمدی، فاطمه[۱] ؛ جمال، فاطمه[۲]؛ خان زاده، محمد[۲]
[۱]گروه فیزیک،دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرضا
[۲] گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه ولی عصر رفسنجان

چکیده- با توجه به اینکه نانوذرات اکسید گرافن(GO) و اکسید آهن(Fe_2O_3) خواص اپتیکی غیرخطی خوبی دارند، در این پژوهش به بررسی خواص اپتیکی غیرخطی محلول ترکیبی آن‌ها پرداخته شده است. بنابراین با استفاده از روش تجربی انحراف‌سنجی ماره‌ای چرخشی، توسط یک لیزر پرتوان، میزان انحرافات و تغییرات ضریب شکست غیرخطی محلول $GO_Fe_2O_3$، در توان‌های مختلف مورد بررسی قرارگرفت. در مطالعات پیشین از یک عدسی به منظور متمرکز نمودن نور لیزر پمپ استفاده می‌شد، در حالی که در پژوهش پیش رو این عدسی حذف شد و تغییرات ضریب شکست از کمترین توان بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد، تغییرات ضریب شکست غیرخطی در توان۶mW/ ۴۲برابر با $۳/۵\times۱۰^{-۴}$و در توان ۶ mW ، $۱/۹۷\times۱۰^{-۵}$بوده است.

کلید واژه: اکسید گرافن/اکسیدآهن، انحراف سنجی ماره، تغییرات ضریب شکست غیرخطی

Investigating the Optical Properties of $GO_Fe_2O_3$ Combination by Using Experimental Moiré Deflectometry

Fatemeh Ahmadi[1], Fatemeh Jamal[2], Mohammad Khanzadeh[2]
[1] Department of Physics, Shahreza Branch, Islamic Azad University, Shahreza, Iran,
[2] Department of Physics, University of Vali-e-Asr rafsanjan, Rafsanjan, Iran

Abstract- According to the fact that Graphene oxide (GO) and Iron oxide (Fe_2O_3) nanoparticles exhibit good nonlinear optical properties, in this context, the nonlinear optical properties of their combined solution have been investigated. So, by using the experimental method of rotation moiré deflectometry, by using a high power laser, the deflection and variations in the nonlinear refractive index of the $GO_Fe_2O_3$ solution; in different powers, were investigated. In previous researches, for focusing pump laser light, a lens was used, while in this study, this lens was removed and totally the changing of refractive index, from the lowest power were studied. The results show that the nonlinear refractive index variations at 42.6 mW power; 3.5×10^{-4} and at of 6 mW power was equal to 1.97×10^{-5}.

Keywords: Graphen oxide / Iron oxide, Moiré deflectometry, Nonlinear refractive index

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-05]

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

۱- مقدمه

برای طراحی دستگاه‌ها و سیستم‌های نوری آگاهی از ویژگی‌های ذاتی مواد مانند ضریب شکست و ضریب جذب غیرخطی اهمیت فراوانی دارد. یکی از شیوه‌های اندازه‌گیری این پارامترها استفاده از روش نوری انحراف‌سنجی ماره است که ساده، ارزان و البته بسیار دقیق می‌باشد و به کمک آن می‌توان حتی کمترین تغییرات را در ثابت های اپتیکی مشاهده کرد [۱،۲].

هدف از انجام این پژوهش بررسی ضریب شکست و ضریب جذب غیرخطی ترکیب اکسیدگرافن/ اکسیدآهن می‌باشد. گرافن به دلیل انرژی سطحی بالایی که دارد بسیار فعال بوده و باعث می شود ظرفیت جذب آن بالا رود. از این ویژگی می‌توان برای جذب و حذف آلاینده‌های آبی استفاده کرد. امروزه با افزایش انحلال‌پذیری گرافن و اکسیدگرافن و استفاده از پلیمرهای عامل‌دار و یا ایجاد هیبرید اکسیدگرافن، از آنها جهت دارورسانی استفاده می‌شود[۳]. نانوذرات اکسیدآهن نیز به دلیل اندازه‌ی مناسب، خواص فیزیکی و شیمیایی و همچنین قدرت پراکندگی و پخش مناسب، بسیار مورد توجه قرار گرفته است. ترکیب این دو نانوذره باعث بهبود خواص اپتیکی غیرخطی اکسید گرافن می‌شود [۴،۵].

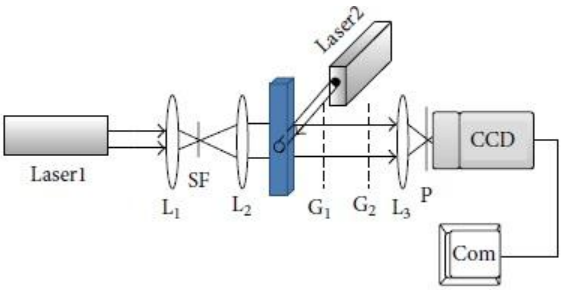
۲- مبانی نظری:

در این پژوهش از یک لیزر دیودی با طول موج ۶۵۷/۷ نانومتر با توان ۲۵ میلی وات برای مشاهده فریزهای ماره و برای ایجاد اثر غیرخطی در ماده ی مورد نظر، از یک لیزر سبز قابل تنظیم با توان ۵۰میلی وات و طوح موج ۵۳۲ نانومتر استفاده شده است. چیدمان مورد استفاده مطابق شکل(۱) می باشد.

طبق فرمول زیر می توان میزان ضریب شکست غیرخطی ماده را محاسبه کرد:

$$\Delta n(r,z) = -\frac{n_f}{\pi}\int_{r}^{r_f}\left(\frac{\alpha(y,z)}{\sqrt{y^2-r^2}}\right)dy \qquad (۱)$$

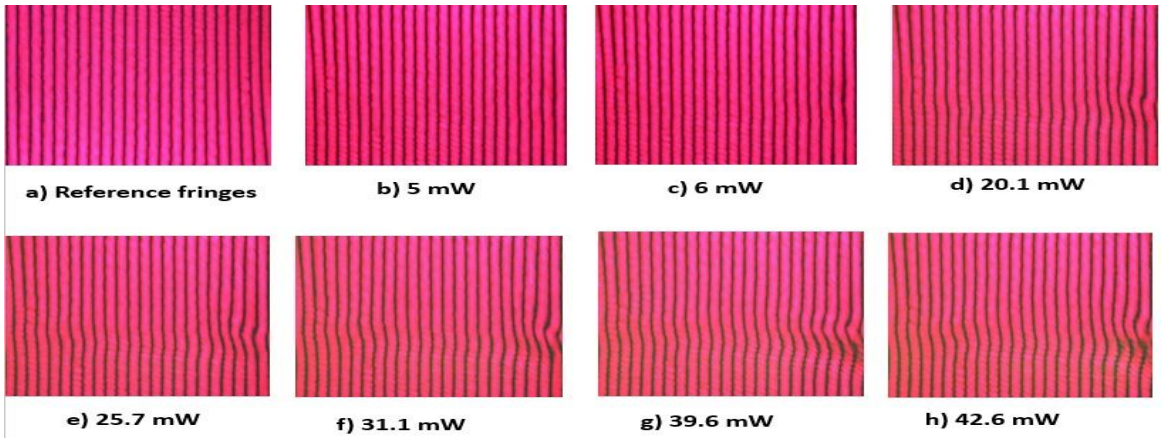
دراین رابطه $\Delta n(r,z)$ تغییرات توزیع ضریب شکست غیرخطی می باشد که برابر با $n(r,z)-n_f$ است، n_f ضریب شکست محیط و $\alpha(y,z)$ میزان انحراف فریزهای ماره نسبت به حالت مرجع است که با استفاده از پردازش تصویر و نرم افزار متلب محاسبه می‌شود. با حل عددی این انتگرال توزیع شعاعی ضریب شکست نمونه مشخص می‌شود.



شکل۱: چیدمان انحراف سنجی ماره. L_1، L_2، L_3، P ، G_1، G_2 به ترتیب عدسی کانونی کننده، عدسی موازی ساز، عدسی تبدیل فوریه، روزنه، توری اول و دوم[۶]

۳- مبانی تجربی:

برای تهیه ی محلول اکسید گرافن، مقدار ۱۰ میلی‌گرم از پودر اکسیدگرافن را در ۱۰۰ میلی‌لیتر اتانول ریخته و محلول حاصل به وسیله‌ی اولتراسونیک پراکنده شد. نمونه‌ی اکسید آهن نیز به همین روش تهیه شد.



شکل ۲: انحرافات فریزهای ماره با استفاده از CCD

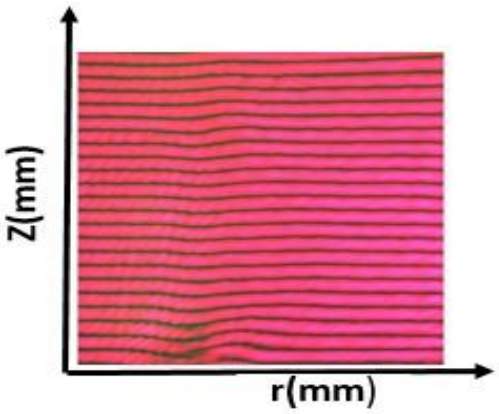
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-05]

نمونه‌ی $GO_Fe_2O_3$ با حل کردن ۲ میلی‌لیتر از محلول نانوذرات Fe_2O_3 در ۲۰ میلی لیتر محلول GO آماده شد. با استفاده از یک سل کوارتز با حجم یک میلی‌لیتر نمونه در سیستم انحراف‌سنجی قرار گرفت. سپس با لیزر سبز، نمونه در راستای افقی مطابق شکل(۱) پمپ شد.

با توجه به شکل (۲) می‌توان شدت آستانه ای که اثرات غیرخطی در نمونه پدیدار می‌شود را مشاهده کرد که با افزایش توان، میزان انحراف فریزهای ماره افزایش پیدا می‌کند به‌طوری که اولین اثرات غیر خطی در توان ۶ میلی‌وات به صورت انحرافات بسیار کوچکی مشاهده می‌شود.

همان طور که در شکل (۳) مشاهده می‌کنید برای انجام محاسبات با استفاده از پردازش تصویر، تصاویر ثبت شده با استفاده از CCD را به اندازه ی ۹۰درجه چرخاندیم و در این حالت r و z را معرفی نمودیم.



شکل ۳: تعیین راستای r وz

مطابق شکل(۴) مشاهده می‌شود توان ۶ میلی وات که با منحنی مشکی در تصویر مشخص شده است دارای کمترین انحراف و توان ۴۲.۶میلی وات که با منحنی سبز مشخص شده دارای بیشترین انحراف می باشد. در این نمودار به دلیل اینکه تصویر فریزهای انحراف یافته با تصویر مرجع در پردازش تصویر مورد مقایسه قرار می‌گیرد، نمودار به دو قسمت منفی و مثبت تقسیم شده است. باتوجه به معادله (۲) ضریب شکست غیرخطی با شدت رابطه ی مستقیم دارد به طوری که با افزایش شدت تغییرات ضریب شکست غیرخطی در یک نقطه به عنوان مثال درr=o افزایش پیدا می کند و انحراف سنجی ماره این مزیت را دارد که ضریب شکست غیرخطی را در تمامی نقاط بررسی کند.

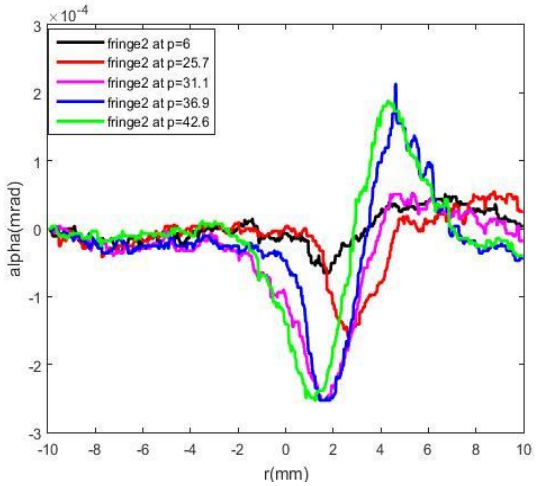
$$n = n_0 + n_2 I = n_0 + \Delta n \qquad (۲)$$

با توجه به تصاویر ضبط شده از CCD بیشترین انحراف در ابتدای سل و از سمتی که پمپ صورت گرفته است، مشاهده می‌شود و پس از عبور نور از سل، به تدریج این میزان کاهش پیدا می‌کند.

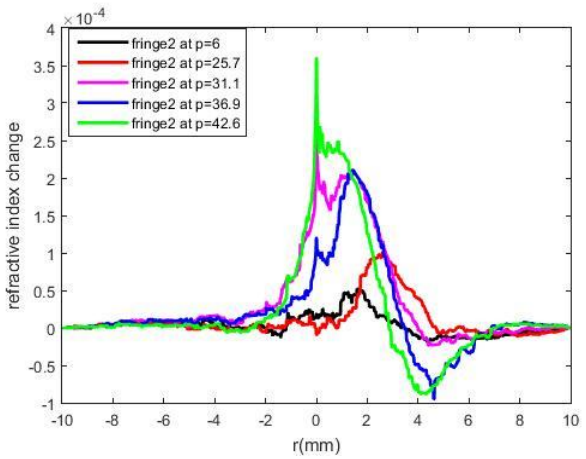
شکل(۵) نمودار تغییرات ضریب شکست غیرخطی را در توان های مختلف لیزر پمپ با استفاده از معادله (۱) و نمودار(۴) نشان می دهد. با توجه به معادله (۳) شدت و توان ارتباط مستقیم دارند که می توان آن را در نمودار(۵) به خوبی مشاهده کرد.

$$I = \frac{2P}{\pi\omega_0} \qquad (۳)$$

در این رابطه I، P و ω_0 به ترتیب شدت، توان ورودی لیزر پمپ و کمرباریکه می باشد.



شکل۴: انحرافات فریزهای ماره در توان‌های مختلف لیزر پمپ



شکل۵: نمودار تغییرات ضریب شکست در توان‌های مختلف برحسب مکان

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-05]

همان‌طور که در شکل (۵) مشاهده می‌کنید تغییرات شعاعی $\Delta n(r,z)$ با توان پمپ رابطه‌ی مستقیم دارد به‌طوریکه با افزایش توان پمپ، تغییرات نیز افزایش پیدا می‌کند، به عنوان مثال منحنی سبز بیانگر تغییرات در بیشترین توان ۴۲.۶ mW و منحنی مشکی برای توان ۶ mW می‌باشد که با توجه به داده‌های متلب در نقطه‌ی r=o به ترتیب مقادیر آن برابر با $۳/۵\times۱۰^{-۴}$و $۱/۹۷\times۱۰^{-۵}$ شده است.

۴-نتیجه گیری:

در این پژوهش از روش اپتیکی ساده و دقیقی به نام انحراف‌سنجی ماره برای اندازه‌گیری خواص اپتیکی محلول حاوی نانوذرات $GO_Fe_2O_3$ استفاده شده است. برخلاف سایر روش‌های اپتیکی که فقط قابلیت اندازه‌گیری در یک نقطه را دارند، با استفاده از انحراف‌سنجی ماره می‌توان در تمام نقاط اندازه‌گیری‌ها را انجام داد و میزان تغییرات را به دست آورد. این روش برای اندازه‌گیری‌های کوچک بسیار مناسب می‌باشد.. بررسی‌ها در این روش با استفاده از تصاویر به دست آمده از CCD و پردازش آنها با استفاده از کدنویسی صورت می‌گیرد که دقت در اندازه‌گیری‌ها را بالا می‌برد همچنین در این روش می‌توان با افزایش فاصله دو توری و کاهش گام توری‌ها دقت اندازه‌گیری را افزایش داد.

۵- مراجع:

[1] Kim, TaeYoung, et al. "Activated graphene-based carbons as supercapacitor electrodes with macro-and mesopores." *Acs Nano* 7. 6899-6905,2013.

[2] Bhushan, Bharat, et al., eds. *Handbook of nanomaterials properties*. Springer Science & Business Media, 2014.

[3]Yang, Xiuzhen, et al. "Adsorption of trivalent antimony from aqueous solution using graphene oxide: Kinetic and thermodynamic studies." *Journal of Chemical & Engineering Data* 60.3 806-813,2015

[4] Chen, Shiao-Shing, Hong-Der Hsu, and Chi-Wang Li. "A new method to produce nanoscale iron for nitrate removal." *Journal of nanoparticle research* 6.6, 639-647,2004

[5] Kassaee, M. Z., et al. "Nitrate removal from water using iron nanoparticles produced by arc discharge vs. reduction." *Chemical Engineering Journal* 166.2 , 490-495,2011

[6] Granmayeh Rad, Adeleh, Khosro Madanipour, and Ata Koohian. "Ag Nanoparticles: Experimental Study of Sign Identification of Nonlinear Refractive Index by Moiré Deflectometry and Z-Scan Methods." *ISRN Nanomaterials* **2013.**

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-05]

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