

بررسی ضریب شکست غیرخطی بلور مایع 8CB آلائیده شده با نانوصفحات گرافن

سپیده ناصربخت، علی ملکی و محمدحسین مجلس آرا

دانشکده فیزیک، دانشگاه خوارزمی، تهران (خیابان شهید مفتاح نرسیده به انقلاب، پلاک ۴۹، کدپستی ۱۴۹۱۱-۱۵۷۱۹)

چکیده - در این مقاله به بررسی ضریب شکست غیرخطی بلور مایع 8CB و تاثیر آرایش نانوصفحات گرافن در آن به کمک روش جاروب Z پرداخته ایم. لیزر استفاده شده در این چیدمان لیزر هلیم نئون است و ترکیبات آماده شده شامل بلور مایع خالص و دو غلظت متفاوت از نانوصفحات گرافن هستند که در دو آرایش موازی و متعامد مورد بررسی قرار گرفته اند. پس از انجام مراحل تجربی و مقایسه اطلاعات بدست آمده از روش جاروب Z دریافتیم که افزودن نانوصفحات گرافن و بالابردن غلظت ترکیبی موجب افزایش ضریب شکست غیر خطی نمونه های ترکیبی نسبت به نمونه خالص بلور مایع می شود. همچنین نمودارهای بدست آمده حاکی از آن بودند که تمامی نمونه ها دارای ضریب شکست غیرخطی مثبت هستند.

کلید واژه- بلور مایع، جاروب Z، ضریب شکست غیر خطی، گرافن.

Study on the nonlinear refractive index of graphene doped in 8CB liquid crystal

Sepideh Naserbakht, Ali Maleki, and Mohammad Hossein Majles Ara

Department of Physics, Kharazmi University, Tehran (South Shahid Mofateh Street, No49)

Abstract- In this article it has been tried to study on the effects of graphene nanoplates doped in 8CB host liquid crystal system on its nonlinear refractive index by Z-Scan setup. The laser which is used in this setup is He:Ne laser and the samples consist of different compositional percentage of graphene nanoplates in 8CB. Research results have shown that doping graphene in 8CB host system led to increase the nonlinear refractive index of the guest-host system in comparison with the pure sample.

Keywords: graphene, liquid crystals, nonlinear refractive index, z-scan setup

۱- مقدمه

$$n_2 = \frac{IDT_{p-v}}{2pL_{eff}(0.406)(1-s)^{0.27}I_0} \quad (1)$$

که L_{eff} و s به ترتیب طول موثر نمونه و گذار خطی در پیچه هستند.

همان طور که اشاره شد، با استفاده از نمودار بدست آمده از طریق این روش قادر به مشخص نمودن علامت ضریب شکست غیرخطی ماده نیز هستیم. شکل دره-قله در نمودار نشان دهنده علامت مثبت و شکل قله-دره در آن نیز نشان دهنده علامت منفی ضریب شکست غیرخطی ماده است [۱۰].

۳- تجربی

۳-۱- مواد

بلور مایع میزبان به کار رفته 8CB از شرکت مرک خریداری شده است که در دمای اتاق در فاز اسمکتیک و در دمای بالای ۳۰۶ درجه کلونین در فاز نماتیک قرار دارد.

ناخالصی میهمان نانوصفحات گرافنی هستند که در پژوهشکده مواد و انرژی سنتز شده اند.

نمونه های مورد آزمایش شامل نانوصفحات گرافن با غلظت $w/w/0$ ، $w/w/1$ و $w/w/5$ هستند که به صورت مجزا در سلول هایی با آرایش مولکولی موازی و متعامد با دیواره سلول که به ترتیب توسط پوشش پلی وینیل الکل و لسیتین انجام گرفته اند، مورد بررسی قرار می گیرند. در نهایت اطلاعات بدست آمده از نمونه های حاوی ناخالصی را با نمونه خالص با همان آرایش مقایسه می کنیم.

۳-۲- چیدمان جاروب z

در این روش از یک لیزر He-Ne با قطبش خطی و طول موج ۶۳۲ نانومتر استفاده شده است که توان لیزر را با استفاده از فیلتر مناسب به ۱۰ میکرووات کاهش داده ایم. کاهش شدت لیزر و انجام سریع فرآیند برای جلوگیری از اثرات گرمایی در نمونه، ضروری است [۱].

نمونه را حول کمر باریکه، کانون عدسی در ۸ سانتی متر است، جا به جا می کنیم و اطلاعات پرتو خروجی توسط شناساگری که در پشت در پیچه قرار داده شده است ثبت می شود. چیدمان این روش در تصویر (۱) نشان داده شده

در طی سالیان اخیر، بلورهای مایع توجه بسیاری از محققان به سمت خود جلب کردند که دلیل این امر غیرخطیت اپتیکی شکل گرفته به خاطر ناهمسانگردی ضریب شکست در این مواد است [۱]. ناهمسانگردی قابل ملاحظه و نظم بین مولکولی در این مواد منجر به دوشکستی بالایی شده است [۲، ۱]. ساختار مولکولی، طول موج کاربردی و دما از جمله متغیرهایی هستند که ضرایب شکست بلور مایع را تعیین می کنند [۳].

با توجه به مطالعات انجام شده [۴-۶]، ورود ناخالصی

مناسب به سیستم میزبان می تواند راهکار مفیدی برای بهبود ضریب شکست غیرخطی بلور مایع باشد. افزودن ذرات میهمان باعث به وجود آمدن آرایشی جدید می شود که اندرکنش بین ذرات میهمان و میزبان در این آرایش بسیار تاثیر گذارند [۷].

ارتقای ضریب شکست غیرخطی بلورمایع به اندازه، نوع، غلظت و خصوصیات ذاتی نانوذرات آلائیده شده وابسته است. نانوذرات باید در اندازه ای باشند که قادر به برهم زنی آرایش مولکول های بلورهای مایع باشند [۸].

در نتایج ارائه شده در این مقاله تلاش شده است تا اثرگذاری آلائیدن ناخالصی گرافن به بلور مایع 8CB بر ضریب شکست غیرخطی آن مطالعه شود.

۲- تئوری

۲-۱- تئوری جاروب Z با در پیچه بسته

در این روش از یک پرتو لیزر گاوسی که کانون کوچکی از نظر هندسی دارد، استفاده می شود. با جابه جایی نمونه، که ماده ای غیرخطی است، در اطراف نقطه کانون و اطلاعات بدست آمده از شناساگر می توانیم مقدار ضریب شکست غیرخطی و علامت آن را دریابیم [۹].

با استفاده از رابطه (۱) می توان ضریب شکست غیر خطی n_2 را به کمک ارتفاع قله-دره (ΔT_{p-v}) منحنی جاروب Z با در پیچه بسته بدست آورد:

است.

توجه به رابطه (۱) و همچنین در نظر گرفتن حرکت براونی مولکول ها می توان انتظار داشت که به تناسب میزان ناخالص آلاینده شده، مقدار n_2 نیز افزایش یابد. زیرا با آلایندن نانوصفحات گرافن، حرکت براونی مولکول های ماده میزبان کاهش و تراکم الکترونی در نمونه در یک جهت خاص افزایش می یابد که این امر خود باعث افزایش ضریب شکست می شود. تغییر ارتفاع مذکور ابتدا در نمودار نمونه های ۱٪ W/W نانوصفحات گرافن در هر دو آرایش موازی و متعامد رخ می دهد و سپس با افزایش مقدار ناخالصی و رسیدن به ۵٪ W/W شاهد بیشترین حد این ارتفاع هستیم.

در تمامی نمودار های نشان داده شده در تصاویر (۲) و (۳) شکل نمودار به صورت دره-قله است و این نشان از مثبت بودن علامت ضریب شکست غیرخطی و در واقع پدیده خودکانونی در نمونه ها است.

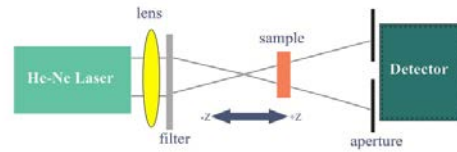
داده های بدست آمده از طریق روش جاروب Z در جداول (۱) و (۲) ثبت شده اند. با بهره گیری از اطلاعات این جداول درمی یابیم که با افزودن گرافن به بلورمایع 8CB، همان طور که انتظار می رفت شاهد کاهش طول موثر، افزایش جذب خطی (α) و در نتیجه افزایش ضریب شکست غیرخطی نسبت به نمونه خالص در هر دو آرایش هستیم. همچنین مقادیر n_2 محاسبه شده برای تمامی نمونه های از مرتبه 10^{-5} هستند.

جدول ۱: اطلاعات بدست آمده از روش جاروب Z با درجه بسته برای نمونه های با آرایش متعامد

نمونه ها	$L_{eff}(\mu m)$	$\alpha(cm^{-1})$	$n_2(cm^2/w) * 10^{-5}$
Pure 8CB	9.27	130.86	0.50
8CB+1% W/W	9.20	168.10	1.43
8CB+5% W/W	9.14	182	3.92

جدول ۲: اطلاعات بدست آمده از روش جاروب Z با درجه بسته برای نمونه های با آرایش موازی

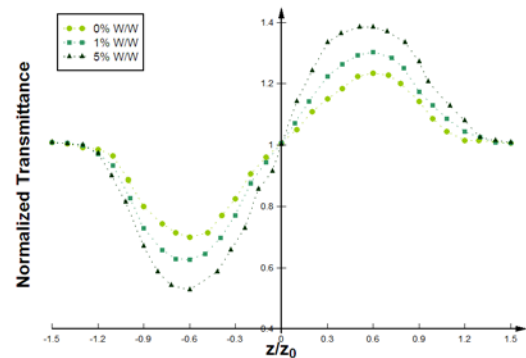
نمونه ها	$L_{eff}(\mu m)$	$\alpha(cm^{-1})$	$n_2(cm^2/w) * 10^{-5}$
Pure 8CB	9.37	152.7	2.38
8CB+1% W/W	9.22	164.25	3.83



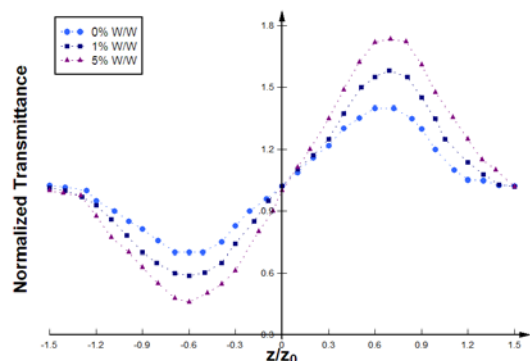
شکل ۱: چیدمان جاروب Z با درجه بسته

۴- بحث و تفسیر بر روی داده ها

در نهایت با انجام مراحل تجربی به نمودارهای رسم شده در تصاویر (۲) و (۳) می رسیم که با تفکیک نوع آرایش نمونه ها سعی بر آن شده است تا مقایسه ای بین منحنی های جاروب Z با درجه بسته، انجام گیرد.



شکل ۲: منحنی بدست آمده نمونه های حاوی گرافن با آرایش متعامد از طریق روش جاروب Z با درجه بسته



شکل ۳: منحنی بدست آمده نمونه های حاوی گرافن با آرایش موازی از طریق روش جاروب Z با درجه بسته

ارتفاع مشهود میانه دره و قله در هر یک از منحنی ها با آرایش گرافن و بالابردن غلظت، افزایش می یابد که با

benzoate nematic liquid crystals with high transition temperatures," *J. Mol. Liq.*, vol. 172, pp. 41–45, 2012.

8CB+5%W/W	9.02	208.98	4.62
-----------	------	--------	------

- [6] E. Saievar Iranizad, Z. Dehghani, and M. Nadafan, "Nonlinear optical properties of nematic liquid crystal doped with different compositional percentage of synthesis of Fe₃O₄ nanoparticles," *J. Mol. Liq.*, vol. 190, pp. 6–9, 2014.
- [7] A. Glushchenko, C. Il Cheon, J. West, F. Li, E. Büyüktanir, Y. Reznikov, and A. Buchnev, "Ferroelectric Particles in Liquid Crystals: Recent Frontiers," *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, vol. 453, no. 1, pp. 227–237, 2006.
- [8] H. Liang and J. Lee, "Enhanced Electro-Optical Properties of Liquid Crystals Devices by Doping with Ferroelectric Nanoparticles," *Ferroelectr. - Mater. Asp.*, pp. 1–31, 2012.
- [9] N. Pieter, "Determining non-linear optical properties using the Z-scan technique," Stellenbosch, 2005.
- [10] M. H. Majles Ara, Z. Dehghani, R. Sahraei, and G. Nabiyoumi, "Non-linear optical properties of silver nanoparticles prepared by hydrogen reduction method," *Opt. Commun.*, vol. 283, no. 8, pp. 1650–1653, 2010.

۵- نتیجه گیری

نمونه خالص 8CB خود را دارای ضریب شکست غیرخطی است که با توجه به آن چه در این مقاله نشان داده شد، می توان با افزودن نانوصفحات گرافن، صرف نظر از آرایش مولکول ها نسبت به دیواره سلول، این خاصیت را ارتقا بخشید.

تمامی نمونه ها دارای ضریب شکست غیرخطی از مرتبه 10^{-5} هستند. آلاپیدن نانوصفحات گرافن باعث کمتر شدن حرکت براونی مولکول های ماده میزبان شده و با آرایش مجدد مولکول ها در یک جهت ترجیحی منجر به افزایش تراکم الکترونی در همان راستا می شود. این امر سه پیامد مهم را در پی دارد که شامل کاهش طول موثر، افزایش جذب خطی و در نتیجه آن افزایش ضریب شکست غیرخطی ماده می شود. به همین خاطر نمونه های شامل ۱٪ W/W نانوصفحات گرافن دارای ضریب شکست غیرخطی بیشتری نسبت به نمونه خالص و به دنبال آن نمونه هایی با ۵٪ W/W نانوصفحات گرافن دارای بیشترین میزان ضریب شکست غیرخطی می شوند.

با بررسی تمامی نمودار ها و وجود شکل دره-قله، پی به مثبت بودن ضریب شکست غیرخطی در تمامی موارد می بریم که نشان از خصوصیت خودکانونی ماده دارد.

مراجع

- [1] M. H. Majles Ara, S. H. Mousavi, E. Koushki, S. Salmani, A. Gharibi, and A. Ghanadzadeh, "Nonlinear optical responses of Sudan IV doped liquid crystal by z-scan and moiré deflectometry techniques," *J. Mol. Liq.*, vol. 142, no. 1–3, pp. 29–31, 2008.
- [2] L. Lucchetti, F. Simoni, and Y. Reznikov, "Fast optical recording in dye-doped liquid crystals," *Opt. Lett.*, vol. 24, no. 15, pp. 1062–1064, 1999.
- [3] M. S. Zakerhamidi, M. . Majles Ara, and A. Maleki, "Dielectric anisotropy, refractive indices and order parameter of W-1680 nematic liquid crystal," *J. Mol. Liq.*, vol. 181, pp. 77–81, 2013.
- [4] J.-F. Blach, S. Saitzek, C. Legrand, L. Dupont, J.-F. Henninot, and M. Warengem, "BaTiO₃ ferroelectric nanoparticles dispersed in 5CB nematic liquid crystal: Synthesis and electro-optical characterization," *J. Appl. Phys.*, vol. 107, no. 7, p. 074102, 2010.
- [5] M. S. Zakerhamidi and H. Rahimzadeh, "Order parameters and refractive indices of some cyano-