بیست و ششمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک
ایران و دوازدهمین کنفرانس مهندسی و فناوری
فوتونیک ایران،
دانشگاه خوارزمی،
تهران، ایران.
۱۶-۱۵ بهمن ۱۳۹۸

بررسی تغییرات ضریب شکست غیرخطی مرتبه سوم بلور مایع QYPDLC-142 آلاییده به نانولوله کربن تک لایه با غلظت های مختلف

فرشته.شفیع پور*، سمیه.سلمانی شیک، محمدحسین.مجلس آرا

دانشکده فیزیک،دانشگاه خوارزمی،تهران،ایران

چکیده – در این مقاله بلور مایع نماتیک *QYPDLC-142* آلاییده با درصدهای مختلف ۱٪ ، ۲٪ ،۳٪ وزنی نانولوله کربن تک لایه تهیه شد. ضریب شکست غیرخطی مرتبه ی سوم n_2 برای سل های تهیه شده با درصدهای مختلف با استفاده از چیدمان اپتیکی روبش z با دریچه بسته ، مورد برر سی قرار گرفت.لیزر مورد ا ستفاده در این مطالعه ، لیزر *Nd:YAG* با طول موج ۵۳۲ نانومتر و توان ۵ میلی وات بود.نتایج حاکی از آن ا ست که ا ضافه شدن نانولوله تک لایه ضریب شکست غیرخطی بلور مایع *QYPDLC-142* را به صورت قابل ملاحظه ای افزایش میدهد.برای سلول بلور مایع آلاییده با ۱٪ وزنی از نانولوله کربن،بیشترین مقدار ضریب شکست نسبت به سایر غلظت ها به دست آمد .

کلید واژه- اپتیک غیرخطی، بلور مایع نماتیک، روبش Z، مواد کامپوزیت، نانولوله کربن تک لایه

Investigation of changes of third-order nonlinear refractive index of QYPDLC-142 liquid crystal doped with single-wall carbon nanotube at different concentrations

Fereshteh.Shafipour, Somaye.Salmani.Shik ,M.H. Majles Ara*

Physics Department,Kharazmi University,Tehran,Iran

Abstract- ***In this paper ,QYPDLC-142 Nematic Liquid Crystal (NLC) doped with different percentages of 1%, 2%, 3%, of Single-Wall Carbon Nanotube(SWCNT) was prepared. The third order nonlinear refractive index of cells (n_2) prepared by different percentages was investigated using close z-scan technique. The laser used in this study was the Nd:YAG laser at 532 nm and power 5 mw. The results indicate that addition of a single-wall carbon nanotube significantly increases the nonlinear refractive index of the nematic liquid crystal QYPDLC-142. For the doped liquid crystal cell with 1% of carbon nanotube obtained the highest refractive index than other concentrations.***

Keywords: Composite materials, Close z-scan technique , Nematic liquid crystal, Nonlinear optics, Single-wall Carbon nanotubes

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]

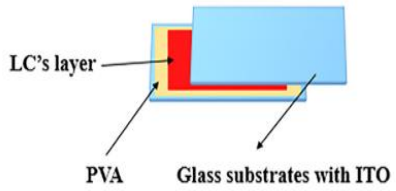
۱ مقدمه

بلورهای مایع (LC) بطور گسترده ای به عنوان مواد نوری مورد استفاده قرار می گیرند زیرا دارای چندین ویژگی جذاب ازجمله دوشکستی بزرگ، وابستگی دما واثرمهمان – میزبان هستند[۱] توانایی آنها برای تغییر جهت گیری مولکول ها تحت اعمال یک میدان الکتریکی خارجی به همراه خواص ناهمسانگردی آنها ، نه تنها انقلابی در صنعت صفحه نمایش ایجاد کرد بلکه مرز جدیدی را در توسعه دستگاه های قابل تنظیم برای برنامه های غیر نمایش باز کرد. [۲-۳] فعل و انفعالات میزبان-مهمان دربلور مایع به عنوان یک روش برای بالابردن خواص الکترواپتیکی و فیزیکی بلور مایع است. [۴] بلور مایع های نماتیک به طور قابل ملاحظه ای مواد ناهمسانگردی در میزان ناهمسانگردی بزرگ مولکولی و نظم بین مولکولیشان هستند. [۵] بعنوان نمونه ،آلاینده شدن بلور مایع نماتیک $6CHBT$ با نانولوله های کربنی موجب اتصال موثر بین دوقطبی الکتریکی و مغناطیسی نانولوله ها شد. [۶] همچنین مشاهده شد که نانولوله های کربنی در حضور Fe_3O_4 آلاییده شده به بلور مایع نماتیک دمای انتقال فاز از نماتیک به همسانگرد را نسبت به نانولوله های کربنی غیرفعال آلاییده شده،کاهش میدهد.به طور کلی الاییده کردن بلورهای مایع با نانوذرات معدنی متفاوت به طور قابل توجهی خواص الکترواپتیکی و مغناطیسی مواد بلورمایع میزبان را افزایش می دهد. [۷]

۲ روش های تجربی:

۲-۱ آماده سازی سل های بلور مایع $QYPDLC\text{-}142$ الاییده به غلظت های مختلف نانولوله کربنی تک لایه

به منظور جهت دهی موازی مولکول های بلور مایع از پلی ونیل الکل استفاده نموده ایم و سطح شیشه های رسانای ایندیم تین اکسید(ITO) را با ان پوشش دادیم.سپس محلول نانولوله کربن را در حلال اتانول تهیه کرده و با غلظت های مختلف ۱ و ۲ و ۳ درصدوزنی به بلور مایع اضافه کردیم و سلول ها را به روش ساندویچی بستیم. سلول ها شامل دو لایه شیشه ی رسانای ایندیم تین اکسید هستند که با استفاده از یک لایه با ضخامت ۴ میکرومتر بین انها شکافی ایجاد شده است .(شکل ۱)



شکل ۱: طرح شماتیکی از سلول بلور مایع نماتیک با پوشش پلی ونیل الکل مابین دولایه شیشه ITO [۹]

۲-۲ اساس فیزیکی روش روبش z با دریچه بسته :

در روش روبش z با دریچه بسته، نور در سراسر نمونه که در امتداد محور z در مجاورت صفحه کانونی لنز حرکت می کند منتقل می شود (جهت z + جهت انتشار لیزر است) از تک پرتو لیزر گاوسی که کانون کوچکی از نظر هندسی دارد، استفاده میشود و روزنه ای قبل از آشکارساز قرار گرفته تا مقدار محدودی از نور را عبور دهد. دامنه و فاز پرتوی منتقل شده به عنوان تابعی از محل نمونه در جهت انتشار لیزر با توجه به صفحه کانونی اندازه گیری می شود درنهایت با استفاده از اطلاعات بدست آمده در این روش می توانیم مقدار ضریب شکست غیرخطی و علامت آن را دریابیم [۸] چیدمان این روش در شکل ۲ نشان داده شده است.در وضعیت دریچه بسته انتقال نرمال توسط رابطه ی (۱) بیان میشود [۹]:

$$\Delta T_{p-v} = 0.406(1-S)^{0.25}|\Delta\varphi_0| \qquad (۱)$$

که ΔT_{p-v} اختلاف بین گذار بهنجار بیشینه و کمینه ، S گذردهی خطی دریچه و حاصل تقسیم شدت با روزنه به شدت بدون روزنه است ، $\Delta\varphi_0$ اختلاف فاز ایجاد شده در $z=0$ و رابطه آن با ضریب شکست غیرخطی مرتبه دوم به صورت زیر است:

$$\Delta\varphi_0 = \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right) n_2 I_0 L_{eff} \qquad (۲)$$

$$L_{eff} = \frac{|1-e^{-\alpha l}|}{\alpha} \qquad (۳)$$

L_{eff} ضخامت موثر نمونه ، α ضریب جذب خطی ،λ طول موج پرتو لیزر و l ضخامت نمونه است.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]

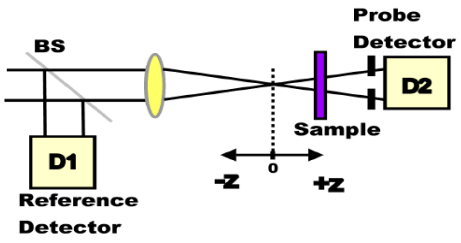
$$I_0 = \frac{2P_{in}}{\pi\omega_0^2} \qquad (۴)$$

I_0 مقدار شدت ورودی در نقطه ی کانون و P_{in} توان لیزر و ω_0 شعاع پرتو در کانون است. جذب کل چنین محیطی به صورت رابطه ۵ خواهد بود:

$$\alpha_t = \alpha + \beta I \qquad (۵)$$

که α جذب خطی و β جذب غیرخطی است .به منظور بدست آوردن ضریب جذب خطی ابتدا قطبشگری را پس از لیزر قرار می دهیم تا قادر به تغییر شدت ورودی باشیم و پس از آن برای اندازه گیری α هر نمونه ابتدا شدت خروجی را بدون حضور نمونه و سپس با قرار دادن نمونه در جلوی نور لیزر و در یک فاصله ثابت، شدت خروجی را در حضور نمونه نیز ثبت کنیم، نهایتا شیب نمودار حاصل از تمام این داده ها با استفاده از رابطه ۶ به ما ضریب جذب خطی را خواهد داد.

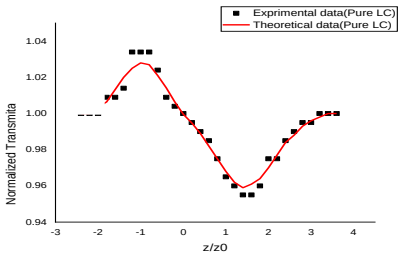
$$\alpha = \frac{-1}{l} ln \frac{I}{I_0} \qquad (۶)$$



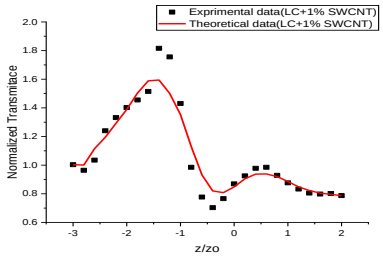
شکل ۲: طرح شماتیک روبش z با دریچه بسته[۱۰]

۳ بحث و نتایج :

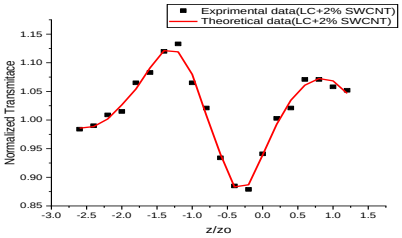
فرایندهای مختلفی منجر به تغییر غیرخطییت مواد میشود.در نانوکمپوزیت های بلور مایع نماتیک تغییرات بالا در شاخص های غیرخطی به دلیل اثر *Janossy* است. [۱۱] برطبق این اثر ابتدا جذب نور به وسیله ی مولکول های ناهمسانگرد رخ میدهد و سپس مولکول های میهمان برهم کنش متقابل مولکولی متفاوتی با مولکول های میزبان خواهند داشت. شکل ۳ نمودار گذار نرمال نمونه ی بلور مایع خالص را نشان میدهد..مشخص است که بلور مایع بیان شده داری ضریب شکست غیرخطی منفی است.شکل ۴ و ۵ و ۶ به ترتیب نمودارهای بلورمایع آلاییده به ۱٪ ، ۲٪ و ۳٪ وزنی نانولوله میباشند.



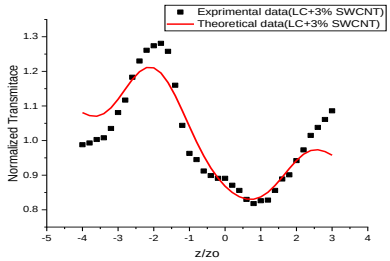
شکل ۳: نمودار روبش z با دریچه بسته برای سل بلورمایع خالص



شکل ۴: نمودار روبش z با دریچه بسته برای سل بلور مایع + ۱٪ نانولوله کربن



شکل ۵: نمودار روبش z با دریچه بسته برای سل بلورمایع + ۲٪ نانولوله کربن



شکل ۶: نمودار روبش z با دریچه بسته برای سل بلورمایع + ۳٪ نانولوله کربن

با استفاده از نمودارهای گذار نرمال برحسب فاصله ، مقادیر ضریب شکست غیرخطی مرتبه سوم برای نمونه های مختلف به صورت نتایج جدول ۲ بیان میشود.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]

جدول ۲: نتایج حاصل برای بلورمایع با غلظت های مختلف

cell	$\alpha(^1/_{mm})$	$\Delta\varphi 0$	$n_2(\frac{cm^2}{\omega})$
Pure LC	43.2	0.202	2.65×10^{-5}
LC+1%SWCNT	172.3	2.853	49.55×10^{-5}
LC+2% SWCNT	180.1	0.651	11.3×10^{-5}
LC+3% SWCNT	135.9	1.187	18.79×10^{-5}

نتایج حاکی از آن است که ضریب شکست غیرخطی با افزایش نانولوله کربن به بلورمایع برای تمامی نمونه ها نسبت به بلور مایع خالص، افزایش میابد.

۴ نتیجه گیری

در این تحقیق ضریب شکست غیرخطی بلور مایع خالص *QYPDLC-142* و آلاییده به درصدهای مختلف نانولوله کربن تک لایه بررسی شد. بر طبق این بررسی دیده شد که ضریب شکست غیرخطی با افزایش نانولوله کربن به بلورمایع برای تمامی نمونه ها نسبت به بلور مایع خالص، افزایش میابد.زیرا با افزودن ناخالصی ، حرکت براونی مولکول های ماده میزبان کاهش یافته و تراکم الکترونی افزایش میابد که افزایش تراکم الکترونی باعث افزایش ضریب شکست میشود.اما برای نمونه ی بلور مایع آلاییده با ۱ ٪ وزنی نانولوله کربن بیشترین میزان ضریب شکست را نسبت به سایر نمونه ها داریم.

۵ مراجع

[1] Sakamoto, Moritsugu,Bannai, Kenta,Noda, Kohei,Sasaki, Tomoyuki,Ono, Hiroshi.Applied voltage response of a cholesteric liquid crystal cell observed by simultaneous measurement of phase and reflection changes based on optical interferometry. Jpn. J. Appl. Phys. 2018. 57 .091701

[2] V.C.L.C. Devices, Physics and Applications, Artech House. Boston, London, 1999

[3] D. Vinayakumara, M. Kumar, P. Sreekanth, R. Philip, S. Kumar, Synthesis, characterization and nonlinear optical studies ofnovel blue-light emitting room temperature truxene discotic liquid crystals, RSC Adv. 5 (2015) 26596–26603

[4] A.C. Edrington, A.M. Urbas, P. DeRege, C.X. Chen, T.M. Swager, N. Hadjichristidis, M. Xenidou, L.J. Fetters, J.D. Joannopoulos, Y. Fink, E.L. Thomas, Polymer-Based Photonic Crystals, Adv. Mat. 13, (2001) 421-425

[5] A. Maleki Z. Seidali M.S. Zakerhamidi M.H. Majles. Dichroic ratio and order parameters of some sudan dyes doped in nematic liquid crystalline matrix. Optik - International Journal for Light and Electron Optics. 2015. S0030-4026(15)01169-9

[6] ABury, Peter,Vevericik, Marek,Kopcansky, Peter,Timko, Milan,Mitroova, Zuzan. SAW Study of Structural Changes in Liquid Crystals Doped with Carbon Nanotubes Induced by Electric and Magnetic Fields. IEEE International Ultrasonics Symposium, IUS.2017.0-4

[7] Majles Ara, M. H.Dehghani, Z. Improvement of the third order nonlinear optical properties of nematic liquid crystal under the influence of different compositional percentage of doped SWCNT and the external electric field. Journal of Molecular Liquids.2019.275.281-289

[8] H. Motiei, A. Jafari, R. Naderali, Third-order nonlinear optical properties of organic azo dyes by using strength of nonlinearity parameter and Z-scan technique, Opt. Laser Technol. 88 (2017) 68–74.

[9] Dalir, Nima.Javadian, Soheila.Dehghani, Zahra. High optical nonlinearity of nematic liquid crystal doped with graphen oxide. Journal of Molecular Liquids.2017.244.103-109

[10] N. Pieter, "Determining non-linear optical properties using the Z-scan echnique by Pieter Neethling Master of Science," Stellenbosch, 2005

[11] I. Janossy, Optical reorientation in dye-doped liquid crystals, J. Nonlinear Opt. Phys. Mater. 8 (1999) 361–377

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]