

«مقاله پژوهشی»

مطالعه تأثیر قطبش نور لیزر در ضریب شکست غیر خطی کریستال مایع 5CB آلاییده با رنگینه آنتراکینونی در آرایش موازی

کریم میلانچیان^{1*}، زهرا عینی²

1. گروه فیزیک، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

2. گروه فیزیک، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: 1400/07/04 تاریخ پذیرش: 1400/08/30

Study of Laser Light Polarization Effect on the Nonlinear Refractive Index of 5 CB Liquid Crystal Doped with Anthraquinone Dye in Parallel Alignment

K. Milanchian^{*1}, Z. Eyni²

1. Department of Physics, Payame Noor University, Tehran, Iran

2. Department of Physics, Payame Noor University, Tehran, Iran

Received: 2021/09/26

Accepted: 2021/11/21

Abstract

In this experimental work, we have studied light polarization effects on the nonlinear refractive of dyed liquid crystal. Therefore, homogenously aligned Solvent Green 3 dye doped 5CB liquid crystal cells with 50 micrometer thickness were used and their nonlinearity were investigated using linear polarized He-Ne laser at 632 nm with polarization 0-90 degree with the director of cells. It was observed that in the parallel and orthogonal polarization of light relative of director the nonlinear refractive of samples is negative and positive respectively.

Keywords

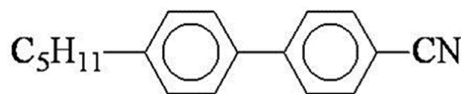
Nonlinear Refractive Index, Liquid Crystal, Anthraquinone Dye

چکیده

در این کار تجربی اثر قطبش نور در ضریب شکست غیر خطی کریستال مایع آلاییده با رنگینه مطالعه شده است. بدین منظور از سلول‌های کریستال مایع 5CB، آلاییده با رنگینه حلال سبز 3 با آرایش موازی و با ضخامت 50 میکرون استفاده شد و غیر خطیت آنها با لیزر هلیوم نئون در طول موج 632 نانومتر و با قطبش خطی با زوایای 0 تا 90 درجه نسبت به دایرکتور سلول‌ها بررسی گردید. مشاهده شد که ضریب شکست غیر خطی (n₂) نمونه‌ها در تابش با قطبش موازی با دایرکتور منفی و با قطبش عمودی با دایرکتور مثبت است.

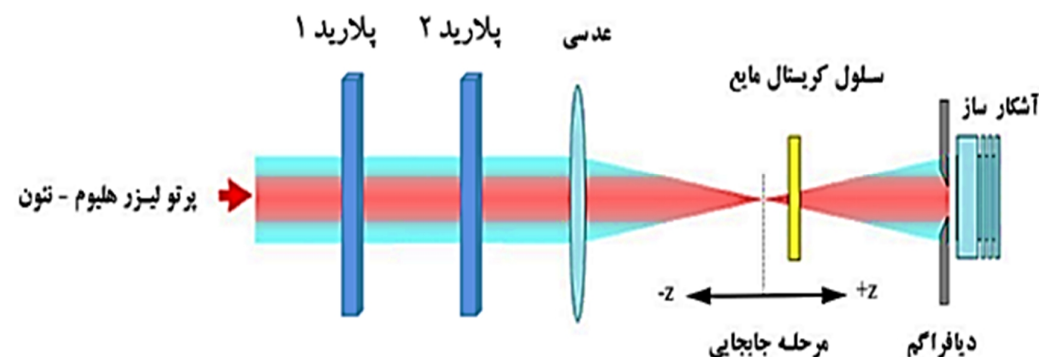
واژه‌های کلیدی

ضریب شکست غیر خطی، کریستال مایع، رنگینه آنتراکینونی



شکل 1. ساختار مولکولی بلور مایع 5CB

برای جهت‌دهی اولیه بلور مایع از سلول‌های خاصی استفاده می‌شود. چنین سلول‌هایی شامل دو صفحه شیشه‌ای موازی دارای لایه الکتروود شفاف هستند که توسط فضا‌سازهای خاص به فاصله چند میکرون به هم چسبانده



شکل 2. چیدمان استفاده شده برای جاروب Z

شده‌اند. بر روی سطح داخلی این شیشه‌ها به روش‌های خاص از قبیل مالش لایه پلیمری که روی آنها نشانده شده است، شیپ‌های میکرونی ایجاد می‌شود تا مولکول‌های بلور مایع موازی آنها منظم شوند. در این کار تجربی از سلول‌های آماده با آرایش موازی و با ضخامت 50 میکرون استفاده گردید. نمونه‌هایی از آرایش بلور مایع با درصد‌های وزنی 1%، از رنگینه حلال سبز 3 تهیه گردید و به کمک خاصیت مویبندی در فاز ایزوتروپیک در سلول‌ها پر شدند و سلول‌ها تحت زوایای مختلف نسبت به جهت قطبش‌گر استفاده شده آرایش تجربی مربوط جاروب Z قرار داده شد.

برای بررسی ضریب شکست غیرخطی از تکنیک تک پرتوی جاروب Z که توسط شیخ بهائی و همکارانش توسعه یافت، استفاده گردید [8]. اساس این تکنیک بر تغییر نیمرخ عرضی نور لیزر هنگام عبور از محیط غیرخطی است. ضریب شکست محیط غیرخطی به صورت رابطه زیر نوشته می‌شود:

$$n = n_0 + n_2 I \quad (1)$$

که در آن به ضریب شکست غیرخطی موسوم است. از روش جاروب Z برای تعیین همزمان مقدار و علامت می‌توان استفاده کرد. چیدمانی که ما بدین منظور به کار

مقدمه

امروزه بررسی خواص نوری غیر خطی مواد مختلف به خاطر تقاضای زیاد برای ساخت ابزار فوتونیک و مخابرات نوری توجه زیادی را به خود جلب کرده است [1]. در این میان کریستال‌های مایع به عنوان مواد آلی با غیر خطیت نوری بالا و قابل کنترل دارای اهمیت زیادی هستند [2]. یکی از راه‌های کنترل خواص نوری غیر خطی کریستال‌های مایع آرایش آنها با رنگینه‌ها [3]، نانو ذرات [4]، نقاط کوانتومی

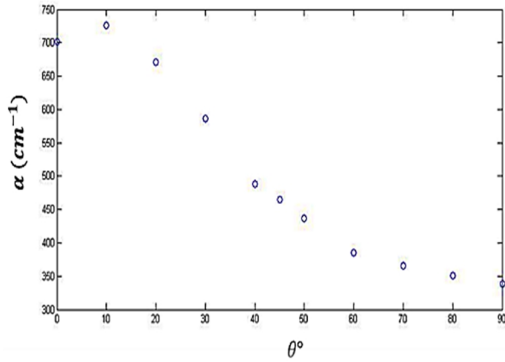
[5]، نانولوله‌های کربنی [6] و... است. در بررسی‌های انجام شده توسط دانشمندان مشاهده گردیده است که افزودن مولکول‌های رنگینه به کریستال‌های مایع باعث افزایش زیاد غیر خط نوری آنها حتی تا دو مرتبه مقداری می‌گردد [7].

در این کار تجربی اثر قطبش نور در ضریب شکست غیر خطی کریستال‌های مایع آلیئده با رنگینه مطالعه شده است. بدین منظور از روش جاروب Z استفاده شده است. روش‌های مختلفی برای تعیین غیرخطیت در مواد وجود دارد. در این میان روش جاروب Z- یکی از ساده‌ترین و مقبول‌ترین روش‌ها است. این روش ابزاری مؤثر و ساده برای تعیین همزمان مقدار و علامت ضریب شکست غیرخطی در نمونه‌ها است [8].

مواد و روش‌های تجربی

بلور مایع استفاده شده در این کار تجربی بلور مایع ترموتروپیک CB5 خریداری شده از شرکت AWAT PPW است (شکل 1).

همچنین جذب خطی نمونه کریستال مایع آلاییده تحت زوایای مختلف دایرکتور نسبت به قطبش نور لیزر اندازه‌گیری شده و در شکل 4 نشان داده شده است.



شکل 3. منحنی‌های جاروب Z به‌دست آمده برای نمونه کریستال مایع آلاییده با زوایای مختلف دایرکتور سلول نسبت به قطبش نور لیزر
شکل 4. منحنی‌های جذب خطی به‌دست آمده برای نمونه کریستال مایع آلاییده با زوایای مختلف (0-90 درجه) دایرکتور سلول نسبت به قطبش نور لیزر

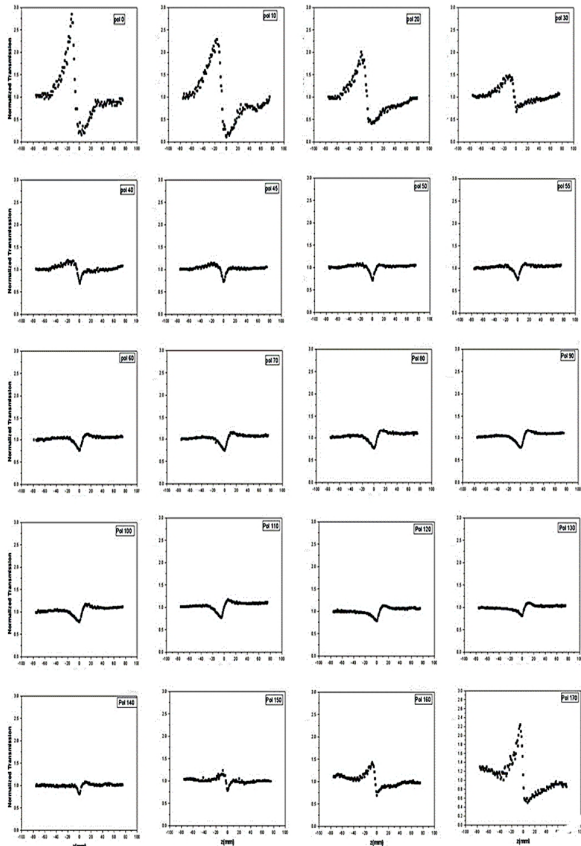
همان طور که مشاهده می‌شود ضریب شکست غیر خطی نمونه‌ها با تغییر زاویه بین دایرکتور و قطبش نور لیزر تغییر می‌کند. در حالتی که قطبش نور موازی دایرکتور سلول‌ها باشد، ضریب شکست غیر خطی اندازه‌گیری شده دارای علامت منفی است و با افزایش این زاویه مقدار ضریب شکست کاهش می‌یابد تا در زوایای بین 45 تا 55 درجه نمونه‌ها همزمان حالت ضریب شکست منفی و مثبت را در یک منحنی نشان دهند. در زوایای بزرگ‌تر از

جدول 1. نتایج به‌دست آمده برای ضریب شکست غیر خطی نمونه تحت زوایای مختلف دایرکتور نمونه با قطبش لیزر

θ	$\alpha (cm^{-1})$	$n_2 (\times 10^{-4} \frac{cm^2}{Watt})$
0	701.8	-3/574
10	726/1	-3/002
20	670/7	-2/035
30	586/7	-0/918
40	488/2	-0/499
60	384/9	0/305
70	365/9	0/319
80	350/4	0/334
90	338/2	0/303

60 درجه ضریب شکست غیر خطی مثبت می‌گردد.

بردییم شامل لیزر هلیوم نئون پیوسته کار با طول موج 6328 آنگستروم با توان ماگزیمم 17 میلی وات بود که با کمک دو پلاریزود توان لیزر برای مقادیر مورد نیاز کاهش می‌یافت. نور لیزر به وسیله عدسی محدب با فاصله کانونی +10 سانتیمتر متمرکز می‌شد. نمونه ساخته شده به وسیله کامپیوتر روی نقاله میکرومتری جابه جا و موجب تغییر در پروفایل گوسی نور لیزر می‌گردید. این تغییرات با عبور از یک روزنه به‌صورت تغییر در شدت لیزر، توسط آشکارساز، آشکار و سپس به کامپیوتر منتقل و ثبت می‌شد. سلول‌های کریستال مایع 5CB، آلاییده با رنگینه حلال سبز 3 با آرایش موازی و با ضخامت 50 میکرون استفاده شد و غیر خطیت آنها با چرخش سلول از 0 تا 90 نسبت به قطبش خطی لیزر



بررسی گردید (برای اطمینان از نتایج به‌دست آمده زوایای چرخش سلول بالاتر از 90 درجه تا 170 درجه نیز بررسی گردید).

منحنی‌های جاروب Z به‌دست آمده برای نمونه در شکل 3 آورده شده است.

وارد شده به مولکول‌ها از طرف میدان الکتریکی به آن زاویه، انتظار می‌رود ضریب شکست غیر خطی به دست آمده نیز وابسته به زاویه قطبش نور لیزر با امتداد دایرکتور سلول کریستال مایع باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

در این کار تجربی تأثیر قطبش نور روی ضریب شکست غیر خطی کریستال مایع آلانئید با رنگینه آنتراکینونی با آرایش موازی بررسی شد و مشاهده گردید که ضریب شکست غیر خطی به شدت تابع زاویه بین قطبش نور لیزر و دایرکتور سلول‌های کریستال مایع با آرایش موازی است.

ضریب شکست غیر خطی به شدت تابع زاویه بین قطبش نور لیزر و دایرکتور سلول‌های کریستال مایع با آرایش موازی است.

همان طور که قبلاً بررسی شده است، طبق نظریه جانوسی افزایش رنگینه باعث افزایش مقدار ضریب شکست غیر خطی تا دو مرتبه مقداری می‌شود که این امر به خاطر اندرکنش مولکول‌های رنگینه با مولکول‌های کریستال مایع است. رنگینه آنتراکینونی مورد استفاد دارای دو رنگ‌نمایی جذبی بزرگ است که به کمک منحنی جذب به دست آمده در شکل 4 قابل مشاهده است. لذا با توجه به اینکه ممان دو قطبی مولکولی این رنگینه در امتداد محور بزرگ مولکولی از مقدار آن در محور کوتاه مولکولی بزرگ‌تر است تحت میدان الکتریکی نور چرخیده و محور بلند آن در راستای قطبش نور لیزر جهت‌گیری مجدد می‌کند و به تبع آن مولکول‌های کریستال مایع هم به خاطر گشتاور وارد شده از طرف مولکول‌های رنگینه چرخیده و جهت‌گیری مجدد می‌نمایند. لذا با توجه به وابستگی نحوه بازآرایی مولکول‌های رنگینه به زاویه امتداد محور بلند مولکولی آنها با امتداد جهت قطبش نور لیزر به خاطر وابستگی گشتاور

- [5] K.P. Praseetha, E.aShiju K. Chandra-sekharan, V. Soney, Intense nonlinear optical properties of ZnS quantum dot doped nematic liquid crystal compounds. *J. of Mol. Liq.* 328 (2021) 115347.
- [6] M.H.Majles Ara, Z.Deighani. 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. *J. of Mol. Liq.* 275 (2019) 281-289.
- [7] I. Janossy and T. Kosa, Influence of anthraquinone dyes on optical reorientation of nematic liquid crystals. *Opt. Lett.* 17 (1992) 1183.
- [8] M Sheik-Bahae, AA Said, EW Van Stryland, High-sensitivity, single-beam n 2 measurements. *Optics letters* 14 (1989) 955-957

References

- [1] Khoo, I. C. and, Wu, S. T., *Optics and Nonlinear Optics of Liquid Crystals.* World Scientific Publishing Co. Pte. Lid (1993).
- [2] K. Milanchian, E. Abdi, H. Tajalli, S. Ahmadi K., and M. S. Zakerhamidi, Nonlinear refractive index of some anthraquinone dyes in 1294-1b liquid crystal. *Opt. Commun.* 5 (2012) 761-765.
- [3] E.A.Tikhonov, Igor P.Ilchishin, Resonance nonlinear optical properties of dye-doped liquid crystals under pulse excitation: Insight into early experiments. *J. of Mol. Liq.* 267 (2018) 73-80.
- [4] E.S.Iranizad, Z.Deighani, M.Nadafan, Nonlinear optical properties of nematic liquid crystal doped with different compositional percentage of synthesis of Fe₃O₄ nanoparticles. *J. of Mol. Liq.* 190 (2014) 6-9.

COPYRIGHTS



© 2022 by the authors Licensee PNU, Tehran, Iran This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)