بیست و یکمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و هفتمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۲۳ تا ۲۵ دی ماه ۱۳۹۳، دانشگاه شهید بهشتی

بررسی اثر نانو ذرات سیلیکا بر روی خواص دی الکتریکی بلور مایع نماتیک E۷

رامین خلیل سرباز[۱] ، محمد صادق ذاکرحمیدی[۱]، حبیب خوش سیما[۱]

[۱]گروه فوتونیک، پژوهشکده فیزیک کاربردی و ستاره شناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

چکیده – در این تحقیق بلور مایع نماتیک $E7$ با مقادیر مختلفی از نانو ذرات سیلیکا (SiO_2) آلاییده شده و خواص دی الکتریکی بلور مایع خالص و آلاییده شده که به صورت ویژه ای نظم دهی (جهت دهی موازی و عمود بر سطح الکترود) شده اند در دماهای مختلف و فرکانس ۲۰ کیلو هرتز مورد مطالعه قرار گرفت. بررسی داده های حاصل نشان می دهند که ثابت دی الکتریک بلور مایع نماتیک آلاییده شده با درصد پایین از نانو ذرات سیلیکا با افزایش دما افزایش می یابد در حالی که با افزایش غلظت نانو ذرات ثابت دی الکتریک کاهش می یابد.

کلید واژه- بلور مایع نماتیک ، ثابت دی الکتریک ، نانو ذرات

Investigation Effect of Silica Nano Particle on Dielectric Properties of E7 Nematic Liquid Crystal

Ramin Khalil Sarbaz[1], Mohammad Sadegh Zakerhamidi[1], Habib khoshsima[1]

[1] Photonics Group, Research Institute For Applied Physics And Astronomy, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Abstract- In this study, E7 liquid crystal doped with different amounts of SiO_2 nanoparticles was studied and dielectric properties of pure and doped NLC with special ordering (homogeneous and homeotropic orientations) in different temperature an 20 kHz frequency were analyzed. Obtained data exhibits that dielectric constant of NLC doped with low percent of nanoparticles by increasing temperature increases but for high percent of nanoparticles decrease the dielectric constant.

Keywords: Dielectric Constant , Nematic Liquid Crystal , Silica Nanoparticle

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

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-15]

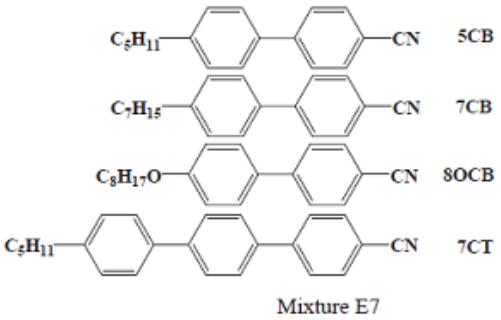
۱- مقدمه

بلورهای مایع خواص بسیار جالب و مفیدی برای کاربردهای عملی در بسیاری از ابزارها دارند. استفاده از بلورهای مایع در دستگاههای مختلف به ویژه گی های مختلف این مواد از جمله گذردهی دی الکتریک، غیر خطیت اپتیکی، پارامتر نظم، رفتار دو شکستی و ناهمسانگردی دی الکتریکی و اپتیکی، بستگی دارد. با توجه به ویژه گی های توصیف شده بلورهای مایع یکی از موضوعات مورد توجه گروههای مختلفی از محققین قرار گرفته که بر روی توسعه و بهبود خواص این مواد برای کاربردهای عملی به تحقیق پرداخته و ویژه گی های مختلفی از بلور مایع های گوناگون را گزارش کرده اند[۱] بخاطر تقارن استوانه ای مولکولهای بلور مایع نماتیک، گذردهی دی الکتریک بلورهای مایع به دو مولفه ی موازی و عمودی ($\varepsilon_{\parallel}$و$\varepsilon_{\perp}$) مجزا می شوند. مطالعه بر روی خواص اپتیکی و دی الکتریکی اطلاعات مفیدی مانند پاسخ الکترو-اپتیکی مولکولی، ناهمسانگردی مولکولی و دینامیکی مولکولی را فراهم می آورد [۲] ضریب دی الکتریک پارامتری منحصر به فرد و ارزشمند برای بلورهای مایع است که همه پاسخ های الکترو - اپتیکی مولکولها ، ناهمسانگردی و دینامیک مولکولی و فازهای احتمالیی که مولکولهای بلور مایع می توانند از خود نشان دهند را کنترل می کند[۳] ضریب دی الکتریک یک کمیت فیزیکی است که نشان می دهد میدان الکتریکی چگونه بر روی محیط های دی الکتریک تاثیر می گذارد و تعیین کننده توانایی قطبش مواد در پاسخ به میدان الکتریکی بکار برده شده بر روی مواد است[۴]

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد

بلور مایع E7 مورد استفاده در این کار تجربی از شرکت AWAT PPW لهستان، که ساختار شیمیایی اجزای تشکیل دهنده آن مطابق با شکل۱. است



شکل۱: ساختار مولکولی بلورمایع E7

که دمای گذار آن از فاز نماتیک به فاز همسانگرد ۶۴,۹ سانتیگراد است. بلور مایع نماتیک با نانو ذرات سیلیکا (باقطر ۱۵ نانو متر) آلاییده شد. برای آلاییدن بلور مایع با نانو ذره ابتدا دمای بلور مایع را تا بالای دمای گذار آن بالا بردیم تا به فاز همسانگرد برود تا نانو ذرات به خوبی در لابه لای مولکولهای بلور مایع جای گیرند.

۲-۲- ساخت سلول بلور مایع

برای ساخت سلولهای مورد استفاده در این کار تجربی از دو لایه شیشه اپتیکی که سطح آنها با یک لایه نازک از ایندیم قلع اکسید (ITO) پوشانده شده بود به عنوان الکترود شفاف استفاده شده است برای نظم دهی مولکولهای بلور مایع درون سلولها و ایجاد جهت دهی موازی و عمودی، سطح الکترودها را برای جهت دهی موازی با لایه ای از محلول پلیمری پلی ونیل الکل پوشاندیم پس از خشک شدن لایه پلیمری روی الکترودها آن ها را از طرفی که لایه رسانا قرار داشت به آرامی بر روی کاغذ تمیز مالیدیم تا روی سطح آن شیارهایی ایجاد شود. همچنین برای ایجاد جهت دهی عمودی سطح الکترودها را با محلول لیسیتین پوشاندیم در نهایت بین دو لایه الکترود از نوار نازکی به ضخامت حدود ۳۵ میکرومتر فاصله انداختیم سپس دو الکترود را با چسب اپوکسی به خوبی بهم چسباندیم. سپس سلولهای آماده شده را با بلور مایع خالص و آلاییده با غلظت های ۰,۵ و۱ و ۵ درصد وزنی از مخلوط بلورمایع و نانو ذره سیلیکا با استفاده از خاصیت مویینگی پر کردیم برای اینکه مولکولهای بلور مایع راحت تر از فضای بین دو الکترود بالا بروند دمای مخلوط ها را تا بالای دمای گذار بلورمایع بالا بردیم سپس دمای سلولها را به آرامی پایین آوردیم تا مولکولها زمان کافی برای جهت گیری های مورد نظر

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-15]

داشته باشند.

۲-۳- اندازه گیری دی الکتریک

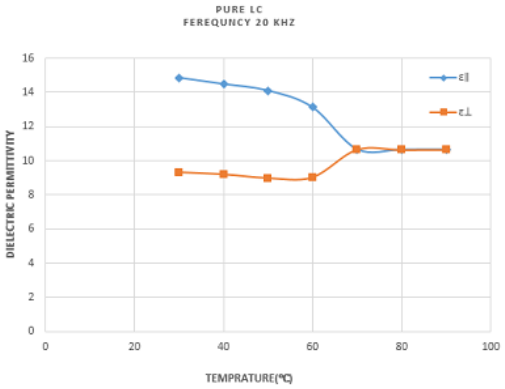
اندازه گیری دی الکتریک بوسیله دستگاه LCR متر مدل (Instek LCR-819) که داری دقت ۰٫۰۰۵ است انجام گرفت که شامل یک کنترل کننده دمای سلول (دارای ثبات ۰٫۰۱ °C) است. ظرفیت نمونه شامل یک لایه پلیمیری است که برای جهت دهی به مولکولهای بلور مایع بکاربرده شده است. اندازه گیری دی الکتریک در دو جهت موازی و عمودی انجام گرفته است. ظرفیت سلولها در دو حالت خالی و پر در دماهای مختلف و فرکانس kHz ۲۰ انجام گرفت. تغییر در ظرفیت بخش حقیقی ثابت دی الکتریک را بعد از نادیده گرفتن اثرات رسانش لایه ITO و لایه پلیمری با استفاده از معادله (۱) تعیین می شود[۵]

$$\varepsilon_{\parallel} = \frac{C_{\perp}}{C_0} \qquad \varepsilon_{\perp} = \frac{C_{\parallel}}{C_0} \qquad (۱)$$

که در آن $C_{\parallel}$ و $C_{\perp}$ ظرفیت مربوط به بلور مایع جهت دهی شده در راستای موازی و عمود بر سطح الکترود هستند، C_0 ظرفیت مربوط به سلول خالی است.

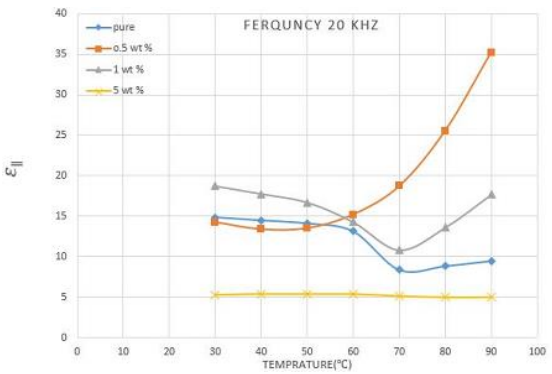
۳- نتایج و بحث

شکل۲. نشان دهنده چگونگی وابستگی گذردهی دی الکتریک (ε) برای بلور مایع خالص E7 در دماهای مختلف است همان گونه که مشاهده می شود با افزایش دما مولفه ی موازی($\varepsilon_{\parallel}$) ثابت دی الکتریک کاهش می یابد و بعد از دمای گذار با یک الگوی ثابت تغییر می کند که ناشی از همسانگرد شدن محیط بلور مایع بعد از گذار دمایی است ، برعکس مولفه عمودی ثابت دی الکتریک بلور مایع ($\varepsilon_{\perp}$) با افزایش دما تا دمای گذار افزایش و بعد از دمای گذار با یک الگوی ثابت تغییر می کند که ناشی از همسانگرد شدن محیط است.



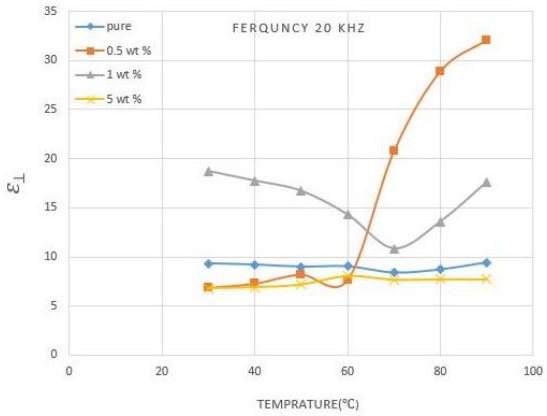
شکل۲: وابستگی گذردهی دی الکتریک بلور مایع خالص E7 به دما

شکل های (۳و۴) وابستگی دمایی ثابت دی الکتریک را در جهت گیری های موازی و عمودی سلولهای خالص و آلاییده را در فرکانس ۲۰kHz نشان می دهد. همان گونه که از شکل ها بر می آید تغییرات هر دو مولفه موازی و عمودی ثابت دی الکتریک ($\varepsilon_{\parallel}$و$\varepsilon_{\perp}$) برای نمونه های آلاییده تا قبل از دمای گذار ، مشابه با نمونه خاص است ولی بعد از دمای گذار از فاز نماتیک به فاز همسانگرد مشاهده می شود که مولفه های موازی و عمودی ثابت دی الکتریک سلول آلاییده شده با ۰٫۵ و ۱ درصد وزنی از نانو ذره سیلیکا به خصوص برای سلول با غلظت ۰٫۵٪ نانو ذره به طور چشم گیری افزایش پیدا کرده است. با افزایش غلظت نانو ذره مشاهده می شود که ثابت دی الکتریک کاهش پیدا می کند همان گونه که مشاهده می شود برای غلظت ۵ درصد نانو ذره، ثابت دی الکتریک به شدت کاهش پیدا می کند همچنین با افزایش دما نیز تغییری در آن مشاهده نمی شود. در نمونه ۱درصد وزنی مشاهده می شود که ثابت دی الکتریک نسبت به نمونه خالص کمی افزایش پیدا کرده است.



شکل۳. وابستگی مولفه موازی ثابت دی الکتریک به دما

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-15]



شکل۴. وابستگی مولفه عمودی ثابت دی الکتریک به دما

افزایش ثابت دی الکتریک هنگامی که نانو ذرات به نمونه بلور مایع خالص افزوده می شود را می توان با دو فاکتور توصیف کرد.

۱-یک تغییر جزئی در جهت گیری مولکولهای بلور مایع.

۲-نانو ذرات آلاینده با ضریب دی الکتریک بالا.

به عبارت دیگر جهت گیری دوقطبی مولکولهای بلور مایع آلاییده شده با یک درصد وزنی از نانو ذرات سیلیکا می تواند ثابت دی الکتریک را در فازهای بلور مایع افزایش دهد. با این وجود افزایش درصد نانو ذره جهت گیری مولکولی و جهت گیری دوقطبی القا شده را کاهش می دهد بنابراین ثابت دی الکتریک برای غلظت های بالاتر کاهش می یابد[۵]

سپاسگزاری

جا دارد در این جا کامل تشکر و قدردانی خود را از آقای قنبر زاده مسول آزمایشگاههای پژوهشکده فیزیک و ستاره شناسی دانشگاه تبریز ابراز دارم.

مراجع

[1] Yaegashi, M., et al., *Effect of ester moieties in dye structures on photoinduced reorientation of dye-doped liquid crystals.* **Chemistry of materials**, 2005. **17**(17): p. 4304-4309.

[2] Philip, J. and T.P. Rao, *Kerr-effect investigations in a nematic liquid crystal.* ***Physical Review A***, 1992. 46(4): p. 2163.

[3] Zakerhamidi, M., M. Ara, and A. Maleki, *Dielectric anisotropy, refractive indices and order parameter of W-1680 nematic liquid crystal*. **Journal of Molecular Liquids**, 2013. 181: p. 77-81.

[4] Hill, N.E., et al., *Dielectric properties and molecular behaviour*. Vol. 53. 1969: **Van Nostrand Reinhold London.**

[5] Zakerhamidi, M.S., S. Shoarinejad, and S. Mohammadpour, *Fe3O4 nanoparticle effect on dielectric and ordering behavior of nematic liquid crystal host*. **Journal of Molecular Liquids**, 2014. 191(0): p. 16-19.

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-15]