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 فرکانس میدان الکتریکی اعمالی به ناهمسانگردی دی الکتریکی بلور مایع خالص و آلائیده با نانو ذرات سیلیکا

رامین خلیل سرباز[۱]، محمدصادق ذاکرحمیدی[۱]، حبیب خوش سیما[۱]

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

چکیده – در این مقاله، ما اثر فرکانس میدان الکتریکی اعمالی را بر روی ناهمسانگردی دی الکتریک بلور مایع نماتیک خالص و بلورمایع نماتیک آلاییده با نانو ذرات را آزمودیم. جزئیات مطالعه بر روی ثابت دی الکتریک برای مولفه موازی ثابت دی الکتریک نشان می دهد که برای غلظت ۱ درصد وزنی از نانو ذره ثابت دی الکتریک افزایش پیدا کرده است. مولفه عمودی ثابت دی الکتریک برای تمامی نمونه های آلاییده نسبت به نمونه خالص کاهش می یابد. مشاهده شد که افزایش فرکانس تاثیری بر روی ناهمسانگردی دی الکتریک نمی گذارد. همچنین مشاهده شد که برای غلظت های بسیار بالا از نانوذرات ناهمسانگردی دی الکتریک منفی می شود.

کلید واژه- بلور مایع نماتیک ، نانو ذره ، ثابت دی الکتریک ، فرکانس

Investigation Effect of the Applied Electric Field Frequency on Dielectric Anisotropy of Liquid Crystal Pure and Doped Silica Nanoparticles

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 paper, we investigate the effect of frequency of the applied electric field on the dielectric anisotropy nematic liquid crystal doped with nanoparticles of pure nematic examined. Detailed study of the dielectric constant for the parallel component of the dielectric constant shows that the concentration of 1%(wt/wt) of nanoparticles has increased dielectric constant. Perpendicular component of the dielectric constant for all doped samples decrease compared to the pure sample. It was observed that increasing the frequency does not affect the dielectric anisotropy.it was also observed that for very high concentrations of nanoparticles the dielectric anisotropy becomes negative.

Keywords: Nematic Liquid Crystal , Nano Particle , Dielectric constant , Frequency

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

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-13]

۱- مقدمه

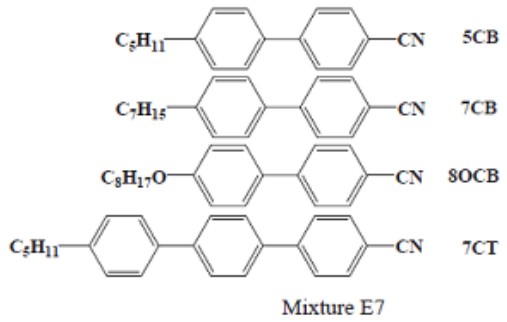
امروزه بلور مایع ها به خاطر خواص نوری مناسبی که در کاربردهای مختلف علوم و فناوری دارند دارای اهمیت فراوانی شده اند به همین دلیل به طور قابل توجهی مورد مطالعه گروههای تحقیقاتی مختلفی قرار گرفته اند، در این میان خواص الکترواپتیکی این مواد در کاربردهای متعددی نظیر نمایشگرهای بلور مایع (LCDs) ، کلیدزنی نوری، مدولاتورهای الکترواپتیکی و غیره مورد توجه بوده است. بلور مایع ها به عنوان مواد آلی در مقابل مواد معدنی که ساخت آنها زمان و هزینه بالایی را می طلبد، قابلیت تولید انبوه و ارزانتر را دارند، با وجود حساسیت بالای این مواد به شرایط محیط، کاربردهای وسیع این مواد نشانگر قابلیت های این فاز از ماده است. از بین انواع مختلف بلور مایع ها ،بلور مایع نماتیک تنوعی از ویژگی های اپتیکی را از خود به نمایش می گذارد که از آنها در ساخت صفحات نمایشگرهای مختلف و همچنین مدولاتورهای فازی و دیگر ابزارهای فوتونیکی که در آنها اثرات الکترواپتیکی کاربرد دارند، استفاده می شود.

وجود یونهای ناخالصی بدونه توجه به سرچشمه آنها باعث بروز مشکلات فراوانی در صنایع تولید صفحات نمایشگر می شود. یونهای ناخالصی یک میدان برهم کنشی داخلی اضافی تحت اعمال ولتاژ خارجی در سلول بلور مایع ایجاد می کنند که باعث بروز مشکلات زیادی از جمله کاهش در اندازه ولتاژ در دسترس و افزایش در ولتاژ آستانه، ایجاد دوتصویری، شیفت سطح خاکستری، تصویر پرپرزن و پایین آمدن پاسخ کلید زنی می شود. به منظور حل این پیامدهای ناخواسته ناشی از وجود ناخالصی در بلور مایع ها بعضی از گروههای تحقیقاتی یک دیدگاه پسا ترکیبی در نظر گرفته اند و نشان داده اند که آلایش بلور مایع با مقدار قابل قبولی از نانو ذرات می تواند به از بین بردن این اثرات ناخواسته کمک کند[۱] گروههای تحقیقاتی مختلف نانوذرات مختلفی از جمله، ZnO ، $BaTiO_3$، MgO و نانوذرات طلا ، نانو ذرات نقره، نانو ذرات کربن (CNTs) و نانوذرات الماس و غیره را برای آلاییدن بلور مایع ها برای چیره شدن بر محدودیت های ناشی از ویژگی های بلور مایع ها پیشنهاد داده اند[۲] آلایش بلور مایع ها با نانو ذرات منجر به اصلاح و تغییر ویژه گی های سیستم های مختلف، مفید در کاربردهای اپتیکی و الکترونیکی و زیست پزشکی شده است همچنین آلایش مواد آلی و نانوذرات باعث بهبود مشخصات دی الکتریک و الکترواپتیکی بلور مایع ها شده است[۳] آلایش بلور مایع ها با مقادیر قابل قبولی از نانو ذرات می تواند به از بین بردن اثرات ناخواسته میدان بر روی صفحه نمایش کمک کند، این یک واقعیت است که یونهای ناخالصی بوسیله انتقال قابل توجهی بار به تله می افتند و کیفیت الکترواپتیکی یک وسیله ساخته شده از بلورمایع را ارتقاء می دهند[۱]

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد

بلورمایع E7 مورد استفاده در این کار تجربی از شرکت AWAT PPW لهستان خریداری شده و ساختار شیمیایی اجزایی 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. بلورمایع نماتیک با نانو ذرات سیلیکا (باقطر ۱۵ نانومتر) آلاییده شده، 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

سلولهای بلورمایع با ساندویچ کردن محلولهای بلورمایع بین دو صفحه شیشه ای که با لایه ای از اکسید ایندیوم قلع(ITO) ،که به عنوان الکترود شفاف بکاربرده می

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-13]

شود، پوشانده می شود ، ساخته می شوند. هم خطی موازی[1] (جهت گیری همگن) سلولهای نمونه با لایه نشانی کردن پلیمری مانند پلی ونیل الکل (PVA) بر روی شیشه و مالش این سطح پس از خشک شدن با کاغذ یا پارچه ایجاد می شود. نظم دهی عمودی نیز از طریق پوشاندن یک لایه نازک از لیسیتین بر روی روی سطح سلول انجام می شود در این حالت راستای بلورمایع عمود بر دیواره سلول قرار خواهد گرفت [۴و۵] ضخامت سلولها با استفاده از روش تداخل سنجی [2] اندازه گیری می شود. طیف عبوری سلولهای خالی با استفاده از دستگاه طیف سنجی Shimadzo UV-250 اندازه گیری می شود. که ضخامت سلولهای ساخته شده به این روش حدود ۳۵ میکرومتر اندازه گیری شد. سلولهای آماده شده را با بلور مایع خالص و آلاییده با غلظت های ۰,۵ و۱ و۵ درصد وزنی ازمخلوط 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 را داشته باشند.

۳-۲- اندازه گیری دی الکتریک

اندازه گیری دی الکتریک بوسیله دستگاه LCR متر که دارای دقت ۰,۰۰۵ است انجام می گیرد(I nstek LCR-819) که شامل یک کنترل کننده دماست (دما دارای ثباتی با دقت ۰,۰۱ درجه سانتی گراد است).

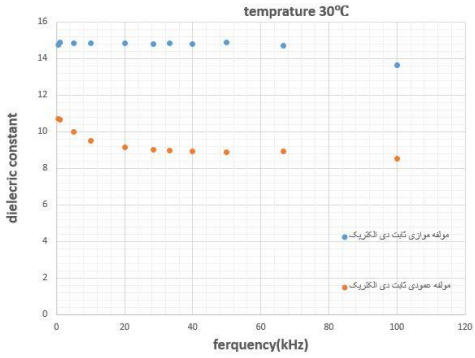
اندازه گیری در دو جهت موازی و عمودی انجام می گیرد، هر سلول دارای یک ظرفیت خازنی است، مقدار ظرفیت نمونه ها در هر دو حالت خالی و پر در دماهای مختلف اندازه گیری می شود. با نادیده گرفتن اثرات رسانش، لایه ITO ، وهم خطی لایه پلیمری، تغییر در ظرفیت خازنی مقدار حقیقی ثابت دی الکتریک را می دهد که از رابطه (۱) بدست می آیند

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

که در آن $C_{\parallel}$و$C_{\perp}$ ظرفیت مربوط به بلور مایع جهت دهی شده در راستای موازی و عمود برسطح الکترود هستند،C_0 ظرفیت مربوط به سلول خالی است[۴] ظرفیت سلولهای خالی و پر در دمایی ثابت ۳۰ درجه سانتیگراد و گستره فرکانسی ۰,۵ تا ۱۰۰کیلو هرتز اندازه گیری شده است

۳- نتایج و بحث

چگونگی وابستگی مولفه های موازی و عمودی ($\varepsilon_{\parallel}$و$\varepsilon_{\perp}$)ثابت دی الکتریک به فرکانس در دمای ثابت ۳۰ درجه سانتیگراد برای نمونه خالص در شکل.۲ نشان داده شده است.



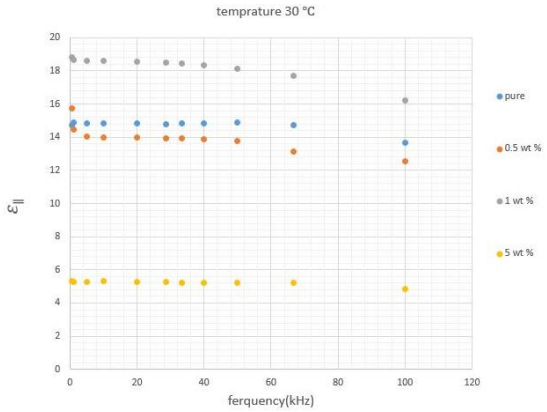
شکل ۲: وابستگی ثابت دی الکتریک بلورمایع خالص به فرکانس

همان گونه که مشاهده می شود مولفه موازی و عمودی با افزایش فرکانس در محدوده ۰,۵ <f(kHz)< ۱۰۰ تغییرات محسوسی به چشم نمی خورد. شکل.۳ بیانگر اثر آلایش نانو ذره سیلیکا بر روی مولفه موازی($\varepsilon_{\parallel}$) ثابت دی الکتریک است مشاهده می شود که با آلایش بلور مایع خالص E7 با مقادیر مختلفی از نانو ذرات سیلیکا ثابت دی الکتریک در مقایسه با نمونه خالص برای نمونه با غلظت۰,۵ درصد وزنی از نانو ذره کاهش پیدا می کند ولی برای غلظت ۱درصد وزنی نانو ذره افزایش پیدا می کندو برای غلظت های بالاتر ثابت دی الکتریک نمونه آلاییده شده به شدت کاهش پیدا می کند که می توان آن را مربوط به این دانست که نانو ذرات بطور قابل ملاحظه ای نظم بلور مایع نماتیک را هنگامی که یک نانو ذره به بلورمایع نماتیک افزوده می شود را بر هم می زنند در نتیجه نظم جهتی سیستم بر هم می خورد .همچنین نانو ذرات با ضریب دی الکتریک بالا می تواند باعث تغییر ثابت دی الکتریک بلورمایع در فازهای مختلف شود. با

[1] Parallel alignment
[2] Interferometric method

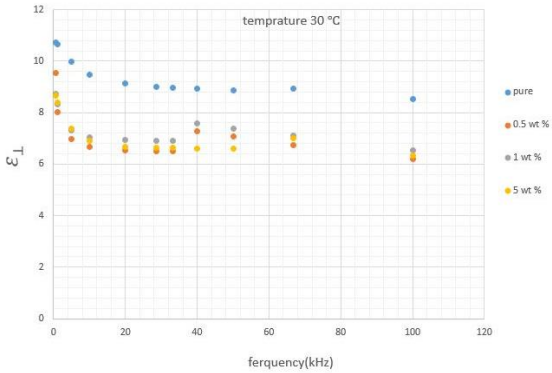
[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-13]

افزایش فرکانس تغییر محسوسی در ثابت دی الکتریک مشاهده نمی شود.



شکل۳:وابستگی مولفه موازی ثابت دی الکتریک به فرکانس و غلظت نانو ذرات سیلیکا

شکل.۴ نشان دهنده تغییرات مولفه عمودی ($\varepsilon_{\perp}$) ثابت دی الکتریک است که با افزایش غلظت نانو ذرات ثابت دی الکتریک کاهش می یابد ، حال آن که افزایش فرکانس اعمالی در محدوده ۱۰۰ >f(kHz)> ۰,۵ تاثیر محسوسی بر ثابت دی الکتریک ندارد.

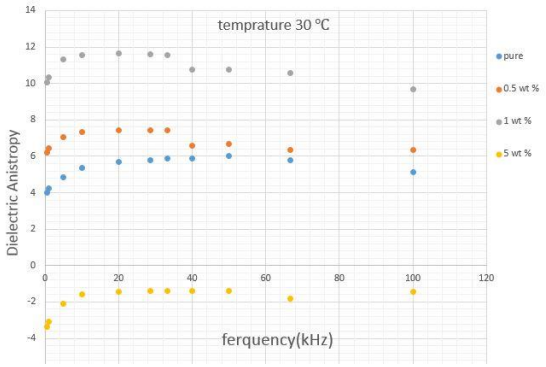


شکل۴: وابستگی مولفه عمودی ثابت دی الکتریک به فرکانس و غلظت نانو ذرات

همان گونه که از شکل.۵ بر می آید ناهمسانگردی دی الکتریک که با رابطه (۲) مشخص می شود.

$$\Delta\varepsilon = \varepsilon_{\parallel} - \varepsilon_{\perp} \qquad (۲)$$

ناهمسانگردی دی الکتریک نمونه با غلظت ۱درصد وزنی از نانو ذرات سیلیکا نسبت به نمونه خالص افزایش محسوسی را از خود نشان می دهد در حالی که نمونه با درصد وزنی ۰,۵ نسبت به نمونه خالص کاهش ناهمسانگردی دی الکتریک را از خود نشان می دهد. با افزایش غلظت نانو ذرات به ۵ درصد وزنی نانو ذره ناهمسانگردی دی الکتریک به شدت کاهش یافته و منفی می شود. با این وجود در هیچ یک از نمونه ها ناهمسانگردی دی الکتریک با افزایش فرکانس در محدوده فرکانسی ۵تا ۱۰۰ کیلو هرتز تغییر چشم گیری را از خود نشان نمی دهند.



شکل۵: وابستگی ناهمسانگردی دی الکتریک به فرکانس و غلظت نانو ذرات

مراجع

[1] Lin, F.-C., et al., *Dopant Effect and Cell-Configuration-Dependent Dielectric Properties of Nematic Liquid Crystals.* **Advances in Condensed Matter Physics**, 2013.

[2] Jeon, S.Y., et al., *Effects of carbon nanotubes on electro-optical characteristics of liquid crystal cell driven by in-plane field.* **Applied physics letters**, 2007. 90(12): p. 121901-121901-3.

[3] Singh, D.P., et al., *Ferroelectric liquid crystal matrix dispersed with Cu doped ZnO nanoparticles.* **Journal of Non-Crystalline Solids**, 2013. 363: p. 178-186.

[4] 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.

[5] Takatoh, K., et al., *Alignment Technology and Applications of Liquid Crystal Devices*. 2005: **CRC Press.**

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-13]