

مطالعه تاثیر نانو ذرات مغناطیسی و غیر مغناطیسی بروی بهبود خواص ترمودینامیکی و الکتریکی بلورهای مایع قابل استفاده بعنوان صفحات نمایشگر

سهیلا جوادیان* و نیما دلیر

گروه شیمی فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۵/۰۲

تاریخ تصحیح: ۹۶/۰۴/۱۲

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۹/۰۳

چکیده

در مطالعه حاضر ۱٪ درصد وزنی از نانو ذرات TiO_2 و Fe_3O_4 به عنوان عامل آلائیده به مخلوط یوتکتیک بلور مایع ۵۵٪ درصد وزنی پنتیل سیانو بی فنیل 5CB و ۴۵٪ درصد وزنی هپتیل سیانو بی فنیل 7CB یا E_{5CN7} اضافه شد و انتقال فاز ترکیب مذکور با استفاده از روش گرما سنجی تفاضلی DSC مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که دمای انتقال فاز نماتیک به مایع به اندازه ۱/۰۴ و ۱/۴۱ به ترتیب برای نانو ذرات TiO_2 و Fe_3O_4 کاهش پیدا کرده است. بمنظور درک بهتر و عوامل موثر بروی جابجایی انتقال فاز نماتیک از نظریه نیروی میدان میانگین بهره گرفته شده تا عوامل موثر بروی جابجایی دمای انتقال فاز محاسبه گردد. نتایج نظریه بدست آمده همخوانی خوبی با نتایج تجربی حاصل شده از روش DSC دارد. در بخش دوم رفتار الکتریکی بلور مایع E_{5CN7} در حضور نانو ذرات مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان می داد که مقدار تحرک یونی و نفوذ بلورمایع در حضور نانو ذرات بوئزه اکسید آهن بدلیل خاصیت مغناطیسی بالاتر بسیار کاهش پیدا کرده است. مقدار مقاومت نیز کاهش پیدا کرده و رسانایی بیشتر شده است.

کلمات کلیدی: بلورمایع، نانو ذره، تیتانیوم دی اکسید، اکسید آهن، انتقال فاز، برهمکنش و خواص الکتریکی.

۱- مقدمه

دلیل کاربرد وسیع بلورهای مایع^۱ در ساخت انواع صفحات نمایشگر، مدارهای الکتریکی و نوری، مواد مذکور یکی از جذابترین زمینه های مطالعه در حوزه علوم پایه و مواد است. [۱]. بلورهای مایع را می توان به گروههای ترموتروپیک، لیوتروپیک و متالوتروپیک تقسیم بندی نمود. بلورهای مایع ترموتروپیک و لیوتروپیک شامل مولکولهای آلی می باشند در حالیکه بلورمایع متالوتروپیک شامل ترکیبات آلی فلزی هستند. بلور مایعهای ترموتروپیک، با تغییر دما انتقال را نشان می دهند و بلور مایع لیوتروپیک با تغییر غلظت انتقال فاز را نشان می دهند. [۲، ۳].

Javadian_s@modares.ac.ir

* نویسنده مسئول: دانشیار شیمی فیزیک، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

¹ Liquid crystal

بلورهای مایع شامل سه فاز اصلی تشکیل دهنده به نام های نماتیک^۱، اسمتیک^۲ و فاز کایرال (دست سان) است [۳، ۴]. یکی از مشکلات بلورهای مایع متداول خاصیت همسانگردی مثبت آنها است که باعث می شود. حساسیت کمی در میدان های نوری و الکتریکی داشته باشند [۵، ۶]. براین اساس در حوزه مطالعاتی بلورهای مایع دو رویکرد وجود دارد یکی سنتز مواد جدید با خواص بهتر و دیگری استفاده از یک عامل خارجی برای بهبود خواص مواد موجود، این حوزه دوم باتوجه به هزینه کمتر و سهولت انجام پذیری با شتاب بیشتری نسبت به حوزه اول در مراکز تحقیقاتی دنیا در حال پژوهش است [۷-۱۱]. از نانو ذرات نقاط کوانتومی اکسید آهن به عنوان عامل آلائیده بمنظور افزایش حساسیت مغناطیس پذیری بلورهای مایع تک محوری استفاده شده است [۶]. تاثیر نانو ذرات نقاط کوانتومی کلسترویک با خاصیت فلورسانسی روی خواص نوری بلورهای مایع مورد بررسی قرار گرفت نتایج نشان می دهد، جریان نانو ذرات مذکور به درون لایه های بلورهای مایع باعث ایجاد یک سطح انرژی جدید زمان آسایش فلورسانس شده و در نتیجه خاصیت نوری بلورهای مایع افزایش پیدا میکند [۱۲]. همچنین پندی^۳ به بررسی تاثیر نانو ذرات $BaTiO_3$ روی خواص نوری-الکتریکی و اندازه گیری ضریب الکتریک بلورهای مایع پرداخت، نتایج حاکی از آن بود که نانو ذرات باعث تغییر همسانگردی از مثبت به منفی شده که این امر منجر به افزایش حساسیت و پاسخ پذیری در میدان های الکتریکی و مغناطیسی میشود [۱۳]. در پژوهشی دیگر، به مطالعه تاثیر اکسید روی ZnO و اکسید سیلیس SiO_2 روی تغییر همسانگردی بلورهای مایع بر پایه سیانو بی فنیل پرداخته شد نتایج حاکی از تاثیر بیشتر نانو ذرات ZnO روی تغییر همسانگردی بلورهای مایع بود [۱۴]. بررسیها نشان میدهد که مطالعات محدودی بروی خواص مخلوط یوتیکتیک بلورهای مایع با استفاده از نانو ذرات TiO_2 یا نانو ذرات Fe_3O_4 صورت پذیرفته است. که میتوان به بررسی گذار، تغییر ولتاژ فاز فریدریکز با استفاده از نانو ذرات TiO_2 نام برد [۱۵]. همچنین با استفاده از نانو ذرات TiO_2 ناهمسانگردی بلورهای مایع بر پایه بی فنیل از مثبت به منفی تغییر یافت که برای ساخت صفحات نوری با مصرف پائین انرژی بسیار مناسب است [۱۶].

در این پژوهش با استفاده نظریه نیروی میدان میانگین تاثیر سهمهای مختلف برهمکنشی بلورمایع- نانو ذره، موثر بروی انتقال فاز نماتیک به ایزوتروپیک در نمونه های آلائیده به ۱٪ درصد وزنی از نانو ذرات TiO_2 و Fe_3O_4 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در ادامه با استفاده طیف سنجی امپدانس خواص مختلفی از جمله نفوذ و تحرک یونی در نمونه های آلائیده به ۱٪ درصد وزنی از نانو ذرات TiO_2 و Fe_3O_4 اندازه گیری شد.

¹ Nematic

² Smectic

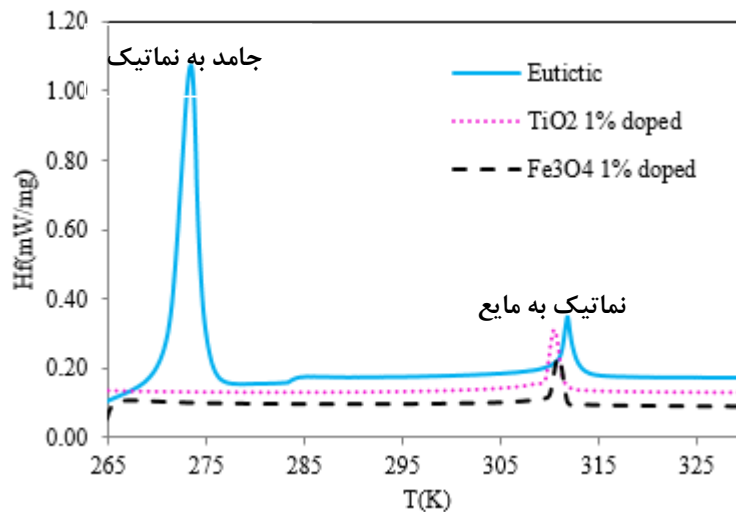
³ Pandey

۲- بحث و نتیجه گیری

۲-۲- انتقال فاز بلورهای مایع نماتیک آلاییده به نانو ذرات مغناطیسی و غیر مغناطیسی

در شکل ۱ انتقال فاز نماتیک- مایع مخلوط اتوتیکتیک E_{5CN7} از بلورهای مایع در نمونه های آلاییده به ۱٪ وزنی نانو ذرات TiO₂ و Fe₃O₄ نشان داده شده است. نانو ذرات تیتانیوم و آهن هر دو با اندازه ۲۵ نانو متر و ساختار کروی خریداری شده است.

ما در مطالعه قبلی خود رفتار انتقال فاز نماتیک به مایع در نمونه های آلاییده به نانو ذرات TiO₂ و Fe₃O₄ مورد بررسی قرار داده بودیم [۱۷]، در پژوهش حاضر با استفاده از نظریه نیروی میانگین به بررسی سهمهای موثر در جابجایی انتقال فاز پرداخته شده است.



شکل ۱- نمودار تغییر فاز بلور مایع بصورت خالص و در حضور نانو نانو ذرات

مشاهده میشود که در حضور نانو ذره انتقال فاز جامد به نماتیک از بین میرود که این امر بدلیل ایجاد بی نظمی بیشتر در فاز جامد است، و تفاوت مرتبه نظم بین دو فاز جامد و نماتیک کم شده و روبش دمایی به صورت یکنواخت قابلیت شناسایی این انتقال فاز را ندارد. برای مشاهده انتقال فاز مذکور باید گرم شدن ناگهانی صورت بگیرد [۱۷].

در حالیکه در انتقال فاز نماتیک به مایع نانو ذره TiO₂ باعث میشود که دمای انتقال فاز از دمای ۳۱۱/۸۹ کلوین به دمای ۳۱۰/۸۲ کاهش پیدا کند. یعنی به اندازه ۱/۰۴ کلوین دمای انتقال فاز کاهش پیدا کند. در حالیکه در حضور نانو ذرات اکسید آهن Fe₃O₄ دمای انتقال فاز را از ۳۱۱/۸۹ کلوین به دمای ۳۱۰/۴۸ کلوین یعنی به اندازه ۱/۴۱ کلوین کاهش پیدا میکند. علت وقوع چنین پدیده ای برهمکنش نانو ذره با بلورمایع است. برطبق نظریه نیروی میدان میانگین سهم های مختلفی میتواند

بروی برهمکنش بین بلور مایع و نانو ذره تاثیر بگذارد [۱۸]. که عبارتند از: اثر قطبش پذیری دائمی نانو ذره، اثر ناخالص یونی بلور مایع و اثر لنگر^۱.

در ادامه کار به محاسبه مقدار همه اثرات یاد شده بروی تغییر دمای انتقال فاز توسط نانو ذره خواهیم پرداخت. در مخلوط کلونیدی بلور مایع نانو ذرات میتوانند از طریق جفت شدگی قطبش پذیری دائمی خود PNP با بردار نظم بلور SLC موجب جابجایی دمای انتقال فاز شوند. برای این منظور ابتدا قدرت برهمکنش را توسط رابطه زیر تعیین می شود [۱۹]:

$$K_{NP} = \frac{4\pi\epsilon_0\Delta\epsilon P^2 R^3}{405\epsilon_0^2\epsilon^2} \quad (1)$$

در رابطه یک R مقدار میانگین شعاع نانو ذره برای نانو ذره تیتانیم برابر با 12.5nm و برای نانو ذره اکسید آهن 12.5nm ، $\epsilon = (2\epsilon_{\perp} + \epsilon_{\parallel})/3 = 6.9$ و $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$ است. اگر مقدار K_{NP} بزرگتر از $k_B T$ که $k_B = 1.38 \times 10^{-23}$ JK⁻¹ و T دمای انتقال فاز است (اگر نسبت ثابت برهمکنش نانو ذره به ثابت بولتزمن در دمای انتقال فاز بزرگتر باشد، برهمکنش بین بلور مایع با نانو ذره قوی خواهد بود). در این صورت برهمکنش قوی خواهد بود. در نتیجه جابجایی دمای انتقال فاز در اثر حضور نانو ذره با استفاده از رابطه زیر محاسبه خواهد شد [۱۹].

$$\Delta T_{N-I} = 1.03 \frac{\Delta\epsilon\phi_{NP}P^2}{135k_B\rho_{LC}\epsilon_0\epsilon^2} \quad (2)$$

در رابطه بالا $\rho_{LC} = 1.97 \times 10^{27} \text{ m}^{-3}$ چگالی مولکولی بلور مایع ، P قطبش پذیری دائمی^۲ (خاصیتی ذاتی مربوط به هر ترکیب است) نانو ذره تیتانیم و آهن به ترتیب برابر با $10 \mu\text{F.cm}^{-2}$ و $14 \mu\text{F.cm}^{-2}$ است. در حالیکه ϕ_{NP} کسر وزنی نانو ذره است. با توجه این اینکه مقدار K_{NP} برای دو نانو ذره به ترتیب برابر با 2.37×10^{-20} و 3.54×10^{-19} بدست آمده و در هر دو حالت بزرگتر از ثابت $k_B T$ است و بیانگر برهمکنش قوی می باشد [۱۹]. مقدار جابجایی دمای انتقال فاز نماتیک به مایع با استفاده از رابطه (۲) برابر با ۱/۱۶ + کلون برای نانو ذره تیتانیم دی اکسید در حالیکه برای نانو ذره اکسید آهن ۱/۲۰ + کلون بدست آمده است. در ادامه به محاسبه اثر ناخالصی یونی روی جابجایی انتقال فاز مورد بررسی قرار می گیرد. منشاء وجودی این پدیده به ناخالصی یونهای موجود در بلور مایع برمیگردد. به عبارت دیگر هر بلور مایع مقداری یونهای آزاد مثبت و منفی وجود دارد. که یک میدان الکتریکی ضعیفی را ایجاد میکند. میدان ایجاد شده مذکور میتواند با میدان الکتریکی نانو ذره برهمکنش ایجاد کند و در نتیجه این برهمکنش جابجایی انتقال فاز رخ میدهد. با استفاده از معادله ۳ میتوان تاثیر این عامل را روی جابجایی دمای انتقال فاز بصورت زیر بیان کرد:

¹ Anchoring

² permanent polarization

$$\Delta T_{N-I} = 1.03 \left(\frac{\Delta \varepsilon \varphi_{NP} P^2}{135 k_B \rho_{LC} \varepsilon_0 \varepsilon^2} \right) \cdot e^{-2\kappa R} (1 + 2\kappa R + \kappa^2 R^2 + \kappa^3 R^3) \quad (3)$$

که κ^{-1} طول دمای است و بصورت زیر بیان میشود:

$$\kappa^{-1} = \left(\frac{\varepsilon \varepsilon_0 k_B T_{N-I}^0}{2nq^2} \right)^2 \quad (4)$$

که n برابر با یک و q نیز بار الکتریکی پایه است، مقدار طول دمای برای خانواده بلورهای مایع سیانو بی فنیل برابر با ۲۶۰ نانومتر است [۱۹]. با استفاده از معادله (۳) مقدار جابجایی دمای انتقال فاز در اثر این سهم به ترتیب برابر با ۰/۹۷ و ۰/۵۴ و ۰/۰۰۱ برای نانوذرات تیتانیم دی اکسید و آهن بدست آمده است. و در نهایت به بررسی اثر آخرین عامل یعنی اثر لنگر میپردازیم [۲۰].

بر اساس نظریه نیروی میدان میانگین برهمکنش بین بلورمایع با نانو ذره بصورت زیر میتواند دمای انتقال فاز را جابجا کند [۲۰].

$$\Delta T_{N-I} = -(1 - A + A\varphi_{NP}) \varphi_{NP} T_{N-I}^0 \quad (5)$$

در رابطه Δ ، A متناسب با مرتبه دوم برهمکنش بلورمایع با نانو ذره متناسب است. مقدار کمیت A برای نانو ذرات کروی برابر با صفر است [۲۰]. با استفاده از رابطه بالا مقدار جابجایی دمای انتقال فاز در اثر برهمکنش لنگر برابر با $-3/12$ و کلوین برای هر دو نانو ذره بدست خواهد آمد. بر اساس تئوری نیروی میدان میانگین اثر لنگر با $\omega = w_0/k_B T$ متناسب است که ω پارامتر برهمکنش بدون بُعد بین بلور مایع با نانو ذرات است. زمانیکه $\omega > 0$ برهمکنش دافعه نانو ذرات با بلور مایع باعث مختل شدن سامانه نظمی بلورمایع میشوند. اما زمانی که $\omega < 0$ برهمکنش جاذبه بین نانو ذرات و بلور مایع باعث منظم شدن سامانه بلور مایع میشوند. بر اساس استدلال فوق هرگاه جاذبه حاکم باشد دمای انتقال فاز افزایش می یابد. و هرگاه دافعه وجود داشته باشد دمای انتقال فاز کاهش پیدا میکند [۲۱، ۲۲]. در شکل ۲ اثر تمامی سهم ها به همراه مجموع جبری آنها دیده میشود.

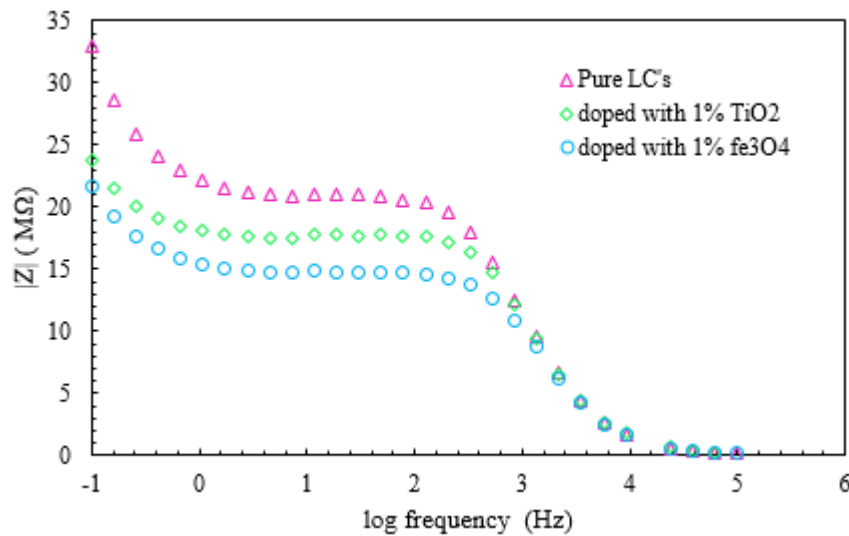


شکل ۲- اثر سهم های مختلف در جابجایی دمای انتقال فاز در حضور نانو ذرات اکسید آهن و تیتانیم دی اکسید

اگر سهم تمام برهمکنشها را با هم جمع جبری شود مقدار جابجایی برابر با $1/01$ - کلون برای نانو ذره اکسید تیتانیم خواهد شد، مقدار جمع جبری برای نانو ذره اکسید آهن $1/38$ - کلون بدست آمده است. در حالیکه داده های بدست آمده از روش DSC مقدار جابجایی را در اثر حضور نانو ذره برابر با $1/04$ - و $1/41$ - به ترتیب برای نانو ذره اکسید تیتانیم و اکسید آهن را نشان داده، همانطور که مشاهده می گردد، همخوانی خوبی بین نتایج پیش بینی شده از مدل نیروی میدان میانگین با داده های تجربی بدست آمده است، بطوریکه مقدار خطا کمتر از ۹ درصد است این مقدار خطا را میتوان به فرضهای مربوط به نظریه دانست. به عبارت دیگر دو سهم اثر قطبش پذیری دائمی و اثر ناخالصی یونی موجب افزایش دمای انتقال فاز و برهمکنش لنگر موجب کاهش دمای انتقال فاز شده و برابند برهمکنشها نشان می دهد که دمای انتقال فاز کاهش خواهد یافت که در تطابق کامل با داده های تجربی بدست آمده است.

۲-۳- تاثیر نانو ذرات TiO_2 و Fe_3O_4 روی خواص الکتریکی بلورهای مایع

با استفاده از طیف سنجی امپدانس مقاومت الکتریکی بلورهای مایع در حضور و عدم حضور نانو ذرات مورد بررسی قراردادده بودیم [۱۷] و در تحقیق حاضر به بررسی عوامل موثر روی انتقال یونی و نفوذ انجام شده است [۲۳]، نمودار مقاومت کل نشان داده شده در شکل ۳ مشخص میکند که در حضور نانو ذرات مقدار مقاومت به مقدار قابل توجهی کاهش پیدا کرده است.



شکل ۳- نمودار تغییرات مربوط مقاومت کل به بلورهای مایع در حضور و عدم حضور ذرات تیتانیوم دی اکسید و اکسید آهن جهت گیری بلورهای مایع تحت تاثیر میدان الکتریکی تولید توسط ذرات نانو ذرات بهتر شده و در نتیجه رسانایی افزایش پیدا میکند. که نشان دهنده بهبود خاصیت الکتریکی بلورمایع در حضور نانو ذرات تیتانیوم دی اکسید و اکسید آهن است. اکنون به منظور درک بهتر از تاثیر نانو ذرات روی خواص الکتریکی بلورهای مایع کمیتهای مختلفی از جمله نفوذ و تحرک یونی در حضور و عدم حضور نانو ذره محاسبه خواهیم کرد.

در ابتدا با استفاده از نمودار بد^۱ نشان داده شده در شکل ۴ ماکزیمم فرکانس (f_{peak}) را برای هر یک از سامانه های تیتانیوم دی اکسید و اکسید آهن به ترتیب برابر با $11/72$ و $18/87$ می باشد، و سپس با استفاده از رابطه زیر مقدار تحرک یونی (μ) را محاسبه می کنیم [۲۴]:

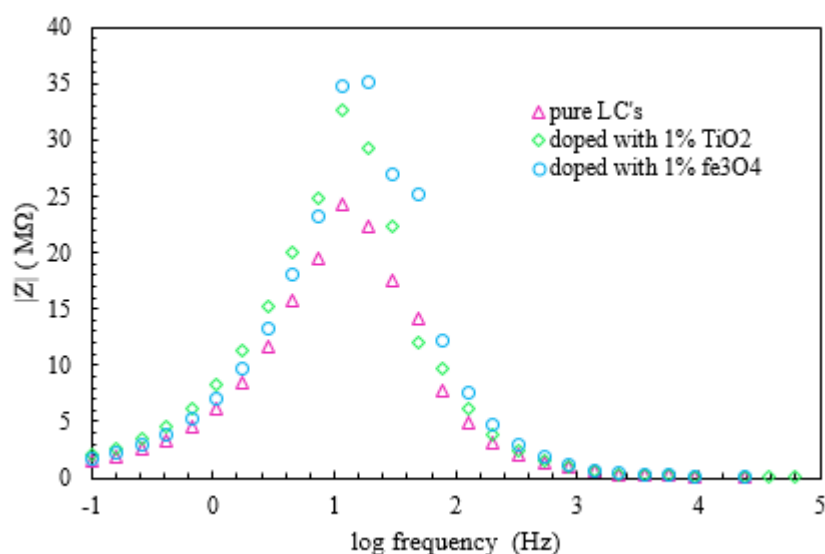
$$\mu = \frac{2f_{peak}d^2}{\alpha V_0} \quad (6)$$

در رابطه (۶)، d مقدار ضخامت بلورمایع روی سطح الکتروود است، V_0 مقدار ولتاژ اعمالی در حالت اندازه گیری مقاومت بوده α نیز ضریب لایه دوگانه است که در جدول ۱ گزارش شده است. پس از بدست آوردن تحرک یونی میتوانیم مقدار نفوذ (D) را بدست بر اساس رابطه ۷ بدست آوریم [۲۴]:

$$D = \frac{\mu k_B T}{q} \quad (7)$$

در رابطه بالا q بار الکتریکی پایه است و T نیز مقدار دمای مطلق برحسب کلوین بوده و چون اندازه گیری در دمای اتاق صورت پذیرفته است برابر با 298 کلوین است.

¹ Bode



شکل ۵- تغییرات نمودار بده مربوط به عدم حضور نانو ذرات و حضور نانو ذرات

مقدار مشاهده میشود که مقدار تحرک یونی در حضور هر دو نانو ذرات کاهش پیدا میکند (جدول ۱). اما مقدار کاهش در حضور نانو ذره اکسید آهن نسبت به نانو ذره تیتانیوم بیشتر است این امر حاکی از برهمکنش بیشتر نانو ذرات اکسید آهن بدلیل خاصیت مغناطیسی با بلورهای مایع است که تحرک یونی مولکولهای E5CN7 بیشتر کاهش پیدا میکند.

جدول ۱. نتایج حاصل کمیتهای الکتریکی محاسبه شده در حضور و عدم حضور نانو ذرات TiO₂ و Fe₃O₄

Sample	$\alpha (10^4)$	$\mu (m^2 \cdot s^{-1} \cdot V^{-1} * 10^{-12})$	$D (m^2 \cdot s^{-1} * 10^{-13})$	$f_{peak}(Hz)$
عدم حضور نانو ذره	۱/۹۳	۰/۷۵	۰/۱۹۲	۱۱/۷۲
در حضور TiO ₂	۱/۳۲	۰/۵۱	۰/۱۷۵	۱۲/۰۵
در حضور Fe ₃ O ₄	۰/۶۶	۰/۲۵	۰/۱۳۲	۱۸/۷۹

مقدار نفوذ برای حالت خالص بدست آمده در تطابق با نتایج ذکر شده در مقالات است [۲۴]. روند مشابهی برای تغییرات نفوذ بلورهای مایع دیده میشود. کاهش نفوذ در حضور نانو ذرات Fe₃O₄ بیشتر از TiO₂ است یعنی اینک میدان الکتریکی تولید شده توسط نانو ذرات اکسید آهن باعث میشود بلورهای مایع بیشتر نسبت به نانو ذرات جهت گیری پیدا کنند. و در این صورت نفوذ بلورهای مایع به سطح کاهش پیدا میکند. نتایج حاصل از DSC نیز نشان میداد که کاهش دمای انتقال فاز در حضور نانو ذرات Fe₃O₄ بیشتر از نانو ذرات TiO₂ بوده و برهمکنش بین بلورهای مایع و نانو ذره اکسید آهن بیشتر است به عبارت دیگر میتوان یک همخوانی قابل لمس بین نتایج ترمودینامیکی و الکتریکی مشاهده کرد به این صورت که هرچه برهمکنش بین عامل میزبان بلورهای مایع با مولکول میهمان نانو ذره بیشتر باشد جابجایی دمای انتقال فاز بیشتر بوده و مقدار تغییر در خواص الکتریکی نیز بیشتر است. همانطور که نتایج نشان میدهد در حضور نانو ذرات اکسید آهن تغییر خواص الکتریکی بیشتر و بهتر است که این امر به دلیل خاصیت مغناطیسی نانو ذره اکسید آهن نسبت به اکسید تیتانیوم است [۲۵].

۳- بخش تجربی

۳-۱- مواد شیمیایی

بلور مایع پنتیل سیانو بی فنیل 5CB و هپتیل سیانو بی فنیل 7CB از شرکت در این تحقیق از شرکت آلدریچ خریداری شده و بدون خالص سازی مجدد مورد استفاده قرار گرفته اند، هم چنین نانو ذرات اکسید آهن و اکسید تیتانیم از شرکت آلدریچ خریداری شده است. الکترودهای ITO^۱ به منظور سل سازی بلورهای مایع در ابعاد ۱ سانتی متر در ۲ سانتی متر در ابتدا برش داده شد و سپس به منظور جهت دهی بلورمایع از محلول پلی ونیل الکل PVA استفاده شد و پس از خشک شدن الکترودهای ITO سل های بلور مایع ساخته شد. دی کلرو متان به عنوان حلال و PVA از شرکت آلدریچ خریداری شده است.

۳-۲- آماده سازی محلول آلاییده به نانو ذرات

ابتدا ۱۰۰ میلی گرم از نانو ذرات به طور جداگانه در ۱۰ میلی لیتر دی کلرومتان به مدت ۳۰ دقیقه در حمام الکتروسونیک پراکنده شد و سپس به مقدار ۱٪ وزنی از هر یک از نانو ذرات بصورت جداگانه به مخلوط یوتیکتیک بلورمایع E5CN7 اضافه شد و به مدت ۱ ساعت در داخل اون خلاء برای از بین بردن رطوبت و حلال دی کلرومتان در دمای ۵۵ درجه سانتی گراد قرار داده شد و ادامه ۱ ساعت محلول فوق در حمام الکتروسونیک قرار گرفت و پس از آن محلول آلاییده شده در داخل الکترودهای تهیه شده قرار گرفت آنالیزهای ذکر شده انجام پذیرفت.

۳-۳- دستگاه ها

بررسی انتقال فاز از دستگاه DSC مدل NETZSCH DSC 200F3 و نیز پنسهای آلومینیومی با ابعاد ۸ میلی متر در ۵ میلی متر به منظور قرار گیری نمونه ها مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت خواص الکتریکی بلورهای مایع با استفاده از دستگاه طیف سنجی امپدانس مدل EG & G model 273 در محدوده فرکانسی 1mHz-1MHz مورد مطالعه قرار گرفتند.

خلاصه

در مطالعه حاضر ۱٪ درصد وزنی از نانو ذرات TiO_2 و Fe_3O_4 به عنوان عامل آلاییده به بلور مایع E5CN7 اضافه شد و انتقال فاز ترکیب مذکور مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که به مقدار جزئی دمای انتقال فاز نماتیک به مایع در هر دو سامانه کاهش پیدا کرده است. به منظور درک عوامل موثر در کاهش دمای انتقال فاز از نظریه نیروی میانگین بهره گرفته شد تا اثر تمامی سهمهای موثر در برهمکنش نانو ذره با بلورمایع محاسبه شود. نتایج بدست آمده حاکی از این امر بود که اثر قطبش دائمی و اثر ناخالصی یونی موجب افزایش دمای انتقال فاز خواهد شد و اثر لنگر موجب کاهش دمای انتقال خواهد شد و براینده برهمکنش ها مقدار کاهشی را برای دمای انتقال فاز پیش بینی میکند. تاثیر نانو ذرات کسید آهن به دلیل خاصیت مغناطیسی

¹ Indium tin oxide

روی دمای انتقال فاز بیشتر بوده است. تطابق خوبی بین نتایج نظریه با تجربی بدست آمده با استفاده از روش DSC وجود دارد. در نهایت با استفاده از طیف سنجی امپدانس تغییر خواص الکتریکی و مقدار مقاومت در اثر حضور نانو ذرات مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان می داد که حضور نانو ذرات ظرفیت لایه دوگانه را افزایش داده و مقدار مقاومت را کاهش می دهد. میزان تغییرات تحرک یونی و نفوذ حاکی از برهمکنش موثر بین مولکولهای E_{5CN7} با نانو ذرات بوده است و مقدار بیشتر این برهمکنشها زمانی مشاهده میگردد که خاصیت مغناطیسی نانو ذره بیشتر باشد. مقدار تغییر در خواص الکتریکی در حضور نانو ذره اکسید آهن نسبت به اکسید تیتانیم بدلیل وجود خاصیت مغناطیسی بیشتر و محسوس بوده است.

۴- تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله از حمایت‌های مالی معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه تربیت مدرس صمیمانه تشکر می‌نمایند.

۵- مراجع

- [1] B.S. Andereck, B.R. Patton, Anisotropic renormalization of thermodynamic quantities above the nematic–smectic-A phase transition, *Physical Review E*, **49** (1994) 1393.
- [2] P. De Gennes, Prost. *The Physics of Liquid Crystals*, Oxford: Clarendon Press, 1993.
- [3] L.M. Blinov, *Structure and properties of liquid crystals*, Springer Science & Business Media 2010.
- [4] P. Bak, How nature works: *the science of self-organized criticality*, *Nature*, **383** (1996) 772.
- [5] R. Chang, P. Keyes, J. Sengers, C. Alley, Dynamics of concentration fluctuations near the critical mixing point of a binary fluid, *Physical Review Letters*, **27** (1971) 1706.
- [6] J.J. Amaral, J. Wan, A.L. Rodarte, C. Ferri, M.T. Quint, R.J. Pandolfi, M. Scheibner, L.S. Hirst, S. Ghosh, Magnetic field induced quantum dot brightening in liquid crystal synergized magnetic and semiconducting nanoparticle composite assemblies, *Soft matter*, **11** (2015) 255.
- [7] T. Hegmann, H. Qi, V.M. Marx, Nanoparticles in liquid crystals: synthesis, self-assembly, defect formation and potential applications, *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, **17** (2007) 483.
- [8] O. Stamatou, J. Mirzaei, X. Feng, T. Hegmann, Nanoparticles in liquid crystals and liquid crystalline nanoparticles, *Liquid Crystals*, Springer 2011, pp. 331.
- [9] J. Mirzaei, M. Reznikov, T. Hegmann, Quantum dots as liquid crystal dopants, *Journal of Materials Chemistry*, **22** (2012) 22350.
- [10] S. Umadevi, X. Feng, T. Hegmann, Bent-core and nematic liquid crystal functionalized gold nanorods, *Ferroelectrics*, **431** (2012) 164.
- [11] V. Ponevchinsky, A. Goncharuk, V. Vasil'ev, N. Lebovka, M. Soskin, Cluster self-organization of nanotubes in a nematic phase: The percolation behavior and appearance of optical singularities, *JETP letters*, **91** (2010) 241.

- [12] L.-J. Chen, J.-D. Lin, C.-R. Lee, An optically stable and tunable quantum dot nanocrystal-embedded cholesteric liquid crystal composite laser, *Journal of Materials Chemistry C*, **2** (2014) 4388.
- [13] U. Singh, R. Dhar, R. Dabrowski, M. Pandey, Enhanced electro-optical properties of a nematic liquid crystals in presence of BaTiO₃ nanoparticles, *Liquid Crystals*, **41** (2014) 953.
- [14] F. Al-Hazmi, A.A. Al-Ghamdi, N. Al-Senany, F. Alnowaiser, F. Yakuphanoglu, Dielectric anisotropy properties of nanostructure metal oxide semiconductor and 4-4'-n-pentylcyanobiphenyl based on nano-nematic composite systems, *Journal of Molecular Liquids*, **190** (2014) 169.
- [15] H. Walton, Influence of TiO₂ Nanoparticle Doping on the Splay and Bend Elastic Constants of the Nematic Liquid Crystal 4'-butyl-4-heptyl-bicyclohexyl-4-carbononitrile, CCN47, *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, **574** (2013) 60.
- [16] S.P. Yadav, R. Manohar, S. Singh, Effect of TiO₂ nanoparticles dispersion on ionic behaviour in nematic liquid crystal, *Liquid Crystals*, **42** (2015) 1095.
- [17] S. Javadian, N. Dalir, A.G. Gilani, J. Kakemam, A. Yousefi, A new approach to study interaction parameters in cyanobiphenyl liquid crystal binary systems, *The Journal of Chemical Thermodynamics*, **80** (2015) 22.
- [18] M.V. Gorkunov, M.A. Osipov, Mean-field theory of a nematic liquid crystal doped with anisotropic nanoparticles, *Soft Matter*, **7** (2011) 4348.
- [19] A. Sawada, Y. Nakazono, K. Tarumi, S. Naemura, Complex dielectric constant of liquid crystal materials containing ionic impurities in low frequency region, *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, **318** (1998) 225.
- [20] Y. Lin, R. Douali, F. Dubois, A. Segovia-Mera, A. Daoudi, On the phase transitions of 8CB/Sn2P2S6 liquid crystal nanocolloids, *The European Physical Journal E*, **38** (2015) 1.
- [21] L.M. Lopatina, J.V. Selinger, Maier-Saupe-type theory of ferroelectric nanoparticles in nematic liquid crystals, *Physical Review E*, **84** (2011) 041703.
- [22] L.M. Lopatina, J.V. Selinger, Theory of ferroelectric nanoparticles in nematic liquid crystals, *Physical review letters*, **102** (2009) 197802.
- [23] N. Dalir, S. Javadian, A.G. Gilani, The ferroelectricity effect of nanoparticles on thermodynamics and electro-optics of novel cyanobiphenyl eutectic binary mixture liquid crystals, *Journal of Molecular Liquids*, **209** (2015) 336.
- [24] B. Belyaev, N. Drokin, Impedance spectroscopy investigation of electrophysical characteristics of the electrode-liquid crystal interface, *Physics of the Solid State*, **57** (2015) 181.

[۲۵] بقایری، مهدی؛ ملکی، بهروز؛ فرهادی، سمانه، دانشگاه سمنان، مجله اندیشه علوم، شماره ۳۸ (۱۳۹۵)، ۱۰۱.

