بیست و هشتمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و چهاردهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه شهید چمران اهواز،
خوزستان، ایران.
۱۴-۱۲ بهمن ۱۴۰۰

بررسی رفتار الکترواپتیکی بلورمایع نماتیک آلائیده به مواد کایرال

مهسا خادم صدیق

مهندسی اپتیک و لیزر، دانشگاه بناب، بناب، ایران

mahsa.sadigh@yahoo.com

چکیده – در طی سالهای اخیر، بلور مایع ها به دلیل کاربردهای متعدد و ویژگی های ساختاری منحصر به فرد در ابزارهای الکترواپتیکی و فوتونیکی توجهات زیادی را به خود جلب نموده اند. در این کار تجربی، به منظور افزایش و بهبود ویژگیهای الکترواپتیکی بلور مایع نماتیک خالص از دوپانت های کایرال استفاده گردید. نتایج بدست آمده نشان می دهند پذیرفتاری غیر خطی مرتبه سوم و ثابت کر بلور مایع های آلاییده با نسبت های وزنی متفاوت کایرال های دوپانت بیشتر از بلور مایع خالص می باشد. از اینرو، بررسی روشهای ساده، ارزان و موثر می تواند به عنوان قدمی موثر برای گسترش کاربردهای اپتوالکترونیکی بلورهای مایع تلقی گردد.

کلید واژه– الکترواپتیک، بلور مایع، پذیرفتاری غیرخطی مرتبه سوم، ثابت کر، دوپانت کایرال.

Investigation of electrooptical behavior of doped nematic liquid crystals with chiral dopant

Mahsa Khadem Sadigh

Department of Laser and Optical Engineering, University of Bonab, Bonab, Iran

mahsa.sadigh@yahoo.com

Abstract- In recent years, liquid crystals have attracted much attention due to their various applications and unique structural properties in electro-optical and photonic devices. In this experimental work, chiral dopants were used to increase the electro-optical properties of pure nematic liquid crystal. The results show that third order nonlinear susceptibility and kerr constant of doped liquid crystals with different weight percent of chiral dopant are higher than pure liquid crystal. Therefore, the studies on the simple, inexpensive, and effective methods can be considered as an effective step to expend the optoelectronic applications of liquid crystals.

Keywords: Chiral dopant, Electro-optic, Kerr Constant, Liquid Crystal, Third order nonlinear susceptibility.

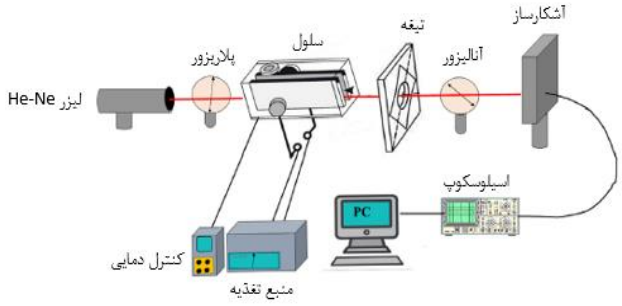
[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]

مقدمه

در طی سالهای اخیر، بلور مایع ها به دلیل کاربردهای متعدد و ویژگیهای ساختاری منحصر به فرد در ابزارهای الکترواپتیکی و فوتونیکی توجهات زیادی را به خود جلب نموده اند [۱]. به منظور افزایش ویژگیهای الکترواپتیکی و بهبود عملکرد در بسیاری از ادوات اپتیکی و فوتونیکی، انواع مختلفی از سیستمهای میزبان-مهمان مورد استفاده قرار می گیرند [۲]. در این حالت، افزودن یک مقدار اندک از مولکول میهمان می تواند با بلور مایع میزبان برهمکنش و ویژگیهای اپتیکی خطی و غیرخطی آن را بطور قابل توجهی تحت تاثیر قرار دهد. از دیدگاه ویژگیهای اپتیکی، آلائیدن بلور مایع ها با انواع و غلظتهای مختلف ماده حل شونده، به وضوح توجهات خاصی را می طلبد [۳]. بنابراین به نظر می رسد که یک بررسی دقیقتر تأثیر انواع برهمکنشها و غلظت دوپانتها ضروری است. با وجود برخی از تلاش ها در طی سالیان اخیر، مطالعات به منظور یافتن پاسخ بسیاری از سوالات در این زمینه همچنان ادامه دارد. لازم به ذکر است که از میان انواع مختلف دوپانت ها ، رنگینه های آزو با ساختاری مشابه به مولکولهای بلورهای مایع میزبان بطور گسترده توجه محققین را به خود جلب نموده است. این گروه از رنگینه ها با حلالیت بالا، پارامتر نظم، گشتاور دوقطبی دائمی و ویژگیهای دوفامی در نمایشگرهای بلور مایع LCD بطور گسترده مورد استفاده قرار می گیرند[۴]. از آنجایی که نوع برهم کنش بین مولکولی بین رنگینه های آزو و محیط بلور مایع به برهمکنش های عمومی (دوقطبی-دوقطبی) و برهمکنش های خاص (پیوند هیدروژنی) وابسته است، بنابراین بررسی تأثیر گروههای عاملی دوپانت های میهمان به عنوان فاکتوری مهم در رفتار بلورمایع میزبان تلقی می گردد. از آنجایی که آلائیدن بلور مایع، عمدتاً به منظور بهبود عملکرد مولکول میزبان می باشد، اندازه گیری دقیق ویژگیهای نوری خطی و غیرخطی القایی بر اساس دوپانت ها از اهمیت ویژه ای برخوردار است. از میان انواع مختلف دوپانت های مورد مطالعه در محیط های همسانگرد، تعداد محدودی از مطالعات به بررسی اثرات ناشی از دوپانت های کایرال برروی رفتار نوری خطی و غیرخطی محیط های ناهمسانگرد پرداخته است. هدف از این کار تجربی، ارائه یک روش ساده به منظور افزایش و بهبود پاسخ الکترواپتیکی بلورهای مایع مورد مطالعه تحت شرایط مختلف آزمایش می باشد. به همین منظور با استفاده از یک روش تجربی ساده و دقیق، پاسخ نوری بلورهای مایع آلائیده به مواد کایرال تحت تاثیر میدان های خارجی و دماهای مختلف مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

مواد و روش ها

در این پژوهش بعد از تهیه نمونه های مورد آزمایش یک چیدمان تجربی به منظور بررسی پاسخ الکترواپتیکی نمونه های مورد مطالعه استفاده خواهد شد. بلور مایع نماتیک E7 و دوپانت کایرال مورد مطالعه از شرکت Merck خریداری و مورد استفاده قرار می گیرند. این گروه از مواد با ساختارهای ویژه و گروه های استخلافی متصل به آنها می توانند منجر به پاسخ اپتیکی و الکترواپتیکی قابل توجهی شوند.



شکل ۱: چیدمان تجربی

برای اندازه گیری ثابت الکترواپتیکی کر نمونه های مورد مطالعه در این کار تجربی، از روش تجربی شدت خنثی استفاده می شود. اساس این روش بر پایه خنثی کردن پاسخ نوری حاصل از اعمال میدان الکتریکی خارجی به سلول کر مورد مطالعه بوسیله چرخش آنالیزور بکار رفته در آرایش تجربی مربوطه است. شکل زیر این آرایش تجربی را به طور شماتیک نشان می دهد. در این آرایش تجربی، سلول کر که

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]

حاوی بلور مایع مورد مطالعه است بین دوقطبشگر عمود بر هم قرار می گیرد بطوریکه امتداد میدان الکتریکی اعمالی به نمونه در درون سلول تحت زاویه ۴۵ درجه نسبت به امتداد قطبشی هرکدام از قطبشگرها باشد. نور لیزر کاوشگر، که در اینجا یک لیزر هلیوم نئون ۵ میلی وات است، پس از عبور از پلاریزور و سلول کر، از یک تیغه ربع موج عبور می نماید. سپس نور خروجی از تیغه ربع موج از قطبشگر آنالیزور عبور کرده و به آشکارسازمی رسد. امتداد عبوری آنالیزور توسط یک موتور پله ای و سیستم رایانه ای متصل به آن کنترل می شود. چنانچه دمای نمونه مورد مطالعه را بالاتر از دمای گذار مربوطه تنظیم کنیم و هیچ میدان الکتریکی نیز به نمونه اعمال نشده باشد، هیچ نوری از آنالیزور خارج و به آشکارساز نمی رسد. اما چنانچه میدان خارجی اعمال شود، به واسطه گشتاور نیرویی که به مولکولها وارد می شود، جهتگیری معینی در مولکولها القاء شده و محیط نظمی شبه نماتیکی بخود می گیرد که سبب ایجاد ناهمسانگردی و در نتیجه دوشکستی در محیط می شود. بدین ترتیب قطبش نور عبوری از محیط بلور مایع تحت تأثیر این محیط دوشکستی قرار گرفته و شدت نور رسیده به آشکار ساز تغییر می کند. در این حالت چرخش آنالیزور توسط سیستم کنترل کننده آن در جهتی انجام می شود که سبب کاهش شدت نور رسیده به آشکارساز شده و پاسخ نوری محیط به این میدان خارجی را کاملاً خنثی نماید.

نتایج و بحث

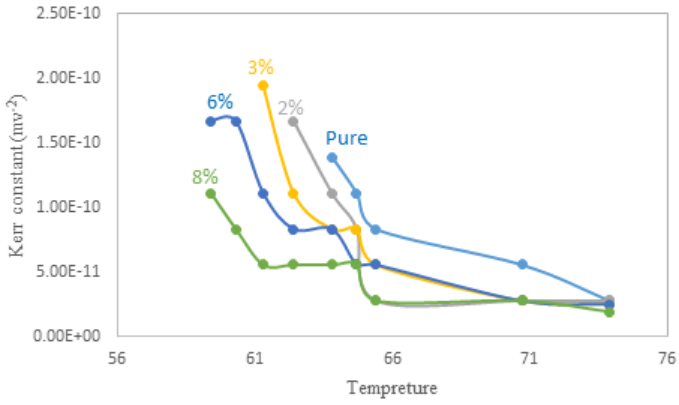
در این بلور مایع ناهمسانکرد آلائیده با مواد کایرال با درصدهای وزنی مختلف به منظور بررسی ویژگی های الکترواپتیکی مرتبه دوم آنها در چیدمات تجربی کر (شکل (۱)) قرار گرفتند. در این حالت بلورمایع E7 خالص و آلائیده شده با دوپانت های کایرال S811 با درصد های وزنی ۲، ۳، ۶ و ۸ تحت تاثیر دماهای مختلف مورد آزمایش قرار گرفته و ثابت کر و پذیرفتاری غیرخطی مرتبه سوم آنها بدست آمد. در این حالت ثابت کر بلور مایع E7 خالص و آلاییده شده به دوپانت های کایرال از شیب منحنی تغییرات فاز القایی بر حسب مربع میدان الکتریکی در فاز همسانگرد محاسبه گردید و با استفاده از این پارامتر و رابطه (۱) مقادیر پذیرفتاری غیرخطی مرتبه سوم بدست آمد. نتایج حاصل بطور خلاصه در جدول ۱ نشان داده شده است.

$$B=\frac{24\pi}{n\lambda}\chi^{(3)} \qquad (۱)$$

جدول ۱: مقادیر ثابت کر بلورهای مایع آلائیده به دوپانت های کایرال با درصدهای وزنی مختلف در دماهای متفاوت

	$B(m/v^2) \times 10^{-10}$				
T (K)	Pure	2%	3%	6%	8%
332.55	1.11	1.67	---	---	---
333.45	0.83	1.67	---	---	---
334.45	0.55	1.11	1.94	---	---
335.55	0.55	0.83	1.11	1.67	---
336.95	0.55	0.83	0.83	1.11	1.39
337.85	0.55	0.55	0.83	0.83	1.11
338.55	0.27	0.55	0.55	0.27	0.83
343.85	0.27	0.27	0.27	0.27	0.55
347.05	0.19	0.25	0.25	0.27	0.27

همانطوریکه در شکل (۲) نشان داده شده است، در دماهای بالاتر از دمای گذار تغییرات حاصل در مقادیر ثابت کر کوچک و به تدریج با نزدیک شدن به دمای گذار این

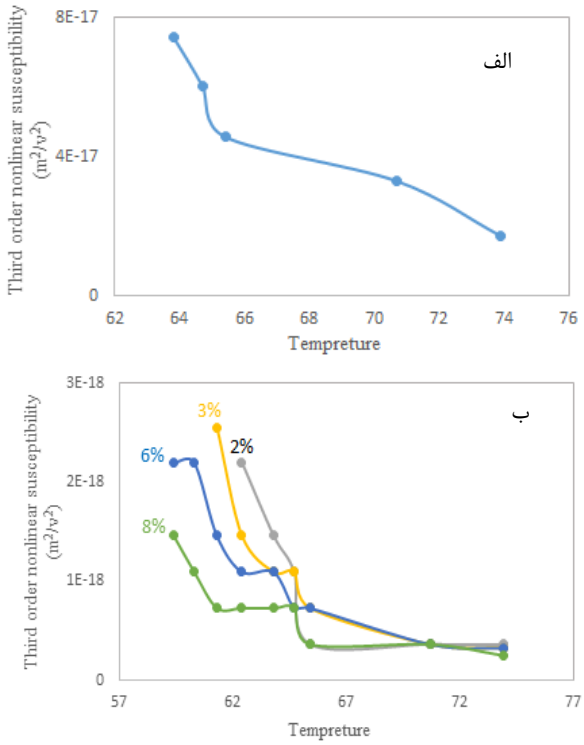


شکل ۲: تغییرات ثابت کر بلور مایع خالص و آلاییده شده به دوپانت های کایرال با درصدهای وزنی مختلف بر حسب دما

تغییرات بزرگتر می شود. مطابق نتایج بدست آمده در نزدیکی دمای گذار با اضافه کردن دوپانت های کایرال در ابتدا یک افزایش در مقادیر ثابت کر و سپس به تدریج

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]

مقادیر ذکر شده کاهش می یابد. در حالت کلی، بلورهای مایع دارای نظم جهتی می باشند که با افزایش دما این نظم کاهش یافته و به نوبه خود بر روی مقادیر ثابت کر تاثیر گذار خواهد بود. بنابراین کاهش ثوابت کر با افزایش دوپانت های کایرال می تواند ناشی از تحت تاثیر قرار گرفتن پارامتر نظم باشد. از آنجایی که مطابق با رابطه (۱)، مقادیر پذیرفتاری غیرخطی مرتبه سوم وابسته به مقدار ثابت کر می باشد، مطابق شکل (۳) نتایجی مشابه برای پذیرفتاری غیرخطی مرتبه سوم بلورهای مایع آلائیده به دوپانت های کایرال مشاهده می شود. بدین ترتیب با اضافه کردن دوپانت های کایرال به بلورهای مایع می توان ویژگی های الکترواپتیکی آنها را کنترل نمود.



شکل ۳: تغییرات پذیرفتاری غیرخطی مرتبه سوم الف- بلور مایع خالص و ب- آلاییده شده به دوپانت های کایرال با درصدهای وزنی مختلف بر حسب دما

البته یک مقایسه بین نتایج بدست آمده از این آزمایش و نتایج گزارش شده برای رفتار الکترواپتیکی صورت گرفته توسط گروههای مختلف تحقیقاتی نشان می دهد، بلورهای مایع آلاییده شده به دوپانت های کایرال دارای پاسخ الکترواپتیکی بزرگتری نسبت به بلورهای مایع خالص با ساختارهای مولکولی متفاوت می باشند.

جدول۲: مقادیر پذیرفتاری غیرخطی مرتبه سوم بلورهای مایع آلائیده به دوپانت های کایرال با درصدهای وزنی مختلف در دماهای متفاوت

	$\chi^{(3)}(m/v^2) \times 10^{-17}$				
T (K)	Pure	2%	3%	6%	8%
332.55	0.146	0.032	---	---	---
333.45	0.109	0.036	---	---	---
334.45	0.073	0.073	0.255		---
335.55	0.073	0.073	0.146	0.220	---
336.95	0.073	0.109	0.109	0.146	7.450
337.85	0.073	0.109	0.109	0.109	6.030
338.55	0.036	0.145	0.073	0.036	4.574
343.85	0.036	0.219	0.036	0.036	3.300
347.05	0.025	0.219	0.032	0.036	1.725

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می دهند، افزودن دوپانت های کایرال به محیط های ناهمسانگرد بلورمایع رفتار الکترواپتیکی آنها نسبت به حالت خالص تحت تاثیر قرار می گیرد. بنابراین با توجه به پژوهش های صورت گرفته در این کار تجربی ، می توان روش های مختلفی برای بهبود و کنترل رفتار اپتیکی و الکترواپتیکی نمونه های مورد مطالعه ارائه و کاربرد اپتیکی و الکترواپتیکی آنها را افزایش داد.

مرجع‌ها

[1] T. Devi, B. Choudhury, A. Bhattacharjee, and R. Dabrowski, Opto-Electronics Rev., 22 (2014) 24–30.

[2] T. Martyński, E. Mykowska, R. Stolarski, and D. Bauman, Dye. Pigment., 25 (1994) 115–129.

[3] D. Bauman, E. Mykowska, A. Zieba, E. Chrzumnicka, G. Czechiwski, J. Hadzyn, Phase Transitions (2010) 599-613.

[4] N. Aziz, S. M. Kelly, W. Duffy, and M. Goulding, Rod-shaped dopants for flexoelectric nematic mixtures, Liq. Cryst., 36 (2009) 503–520.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]