بیست و ششمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و دوازدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه خوارزمی،
تهران، ایران.
۱۶-۱۵ بهمن ۱۳۹۸

بررسی خواص اپتیکی- الکتریکی بلورمایع های کلستریک و کلستریک تثبیت شده در پلیمر برای کاربرد در پنجره هوشمند

پوریا نذیری[۱*]،مهسا خادم صدیق[۲]،محمدصادق ذاکرحمیدی[۱و۳]،عمید رنجکش[۴] و تای هون یون[۴]

۱.پژوهشکده فیزیک کاربردی و ستاره شناسی ، دانشگاه تبریز،تبریز،ایران
۲. مهندسی لیزر واپتیک ،دانشگاه بناب ، بناب ، ایران
۳.دانشکده فیزیک،دانشگاه تبریز ،تبریز،ایران
۴.دانشکده مهندسی الکترونیک ، دانشگاه بین المللی پوسان ، پوسان ، کره

در این مقاله ،ما نمونه های متشکل از بلورمایع های کلستریک و کلستریک تثبیت شده در پلیمر را که پاسخ های متفاوتی در حضور میدان الکتریکی خارجی می دهند برای کاربرد در پنجره هوشمند پیشنهاد دادیم.نمونه ی بلورمایع کلستریک می تواند با اعمال ولتاژ بین فاز کلستریک و فاز همسانگرد به راحتی سویچ کندو نمونه ی بلورمایع کلستریک تثبیت شده در پلیمر به علت پایداری ساختار درپلیمر می تواند تا ولتاژهای بسیار بزرگتر هم در فاز کلستریک باقی بماند.

کلید واژه- بلورمایع کلستریک ،بلورمایع کلستریک تثبیت شده در پلیمر ، بازتاب براگ ، مارپیچ ، پنجره هوشمند

Study of optical- electrical properties of cholesteric and polymer-stabilized cholesteric Liquid crystals for smart window application

Pouriya Naziri[1*], Mahsa Khadem sadigh[2], Mohammad sadegh Zakerhamidi[1] Amid Ranjkesh[3] and Tae Hoon yoon[4]

1. Research Institute for Applied Physics and Astronomy, University of Tabriz, Tabriz, Iran
2.Laser and optical engineering ,university of Bonab,Bonab,Iran
3.*Faculty of physics,university of Tabriz,Tabriz,Iran*
4. Department of Electronics Engineering, Pusan National University, Busan 46241, Republic of Korea.
Pouriyanaziri@gmail.com , mahsa.sadigh@yahoo.com , zakerhamidi@yahoo.com , amidranjkesh@pusan.ac.kr , thyoon@pusan.ac.kr

Abstract- In this paper, we propose cholesteric and polymer-stabilized cholesteric liquid crystals (LCs) samples which give different responses in the presence of external electric field for smart windows application. the cholesteric LC sample can easily switch between cholesteric and isotropic phases by applying a voltage and, the polymer-stabilized cholesteric LC sample due to the stability of the structure in the polymer can remain in the cholesteric phase for much larger voltages.
Keywords:Bragg reflection,Cholesteric liquid crystal,Helical,Polymer-stabilized cholesteric liquid crystal,Smart window

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

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-06-19]

مقدمه

بلورمایع های کلستریک یا (نماتیک های دستوار) موادی هستند که با اضافه کردن یک مولکول دستوار به داخل بلورمایع نماتیک حاصل می شوند.[۱] بلورمایع های کلستریک ساختاری مارپیچ دارند و این مارپیچ بسته به طبیعت مولکول های دستوار ممکن است راستگرد یا چپگرد باشد.[۲]این بلورمایع ها به دلیل ساختارمارپیچ شان قادر به بازتاب نور می باشند.تغییر پای پیچ منجر به نمایش خواص اپتیکی منحصر به فردی که بر پایه ی بازتاب براگ میباشد می شود.انعکاس انتخابی بلورمایع کلستریک با طول موج مرکزی (λ) برابر است با :

$$\lambda = \bar{n}p\cos\theta \quad (۱)$$

که در آن $\bar{n} = ((n_e + n_0)/2)$ ضریب شکست میانگین بلورمایع نماتیک میباشد (n_e و n_o به ترتیب ضرایب شکست غیرعادی و عادی هستند).P پای پیچ کلستریک و θ زاویه نور فرودی است.علاوه براین ، پهنای باند نور منعکس شده توسط بلورمایع کلستریک که مرتبط با دوشکستی بلورمایع و پای پیچ کلستریک است با رابطه ی زیر تعیین می شود [۳] :

$$\Delta\lambda = \Delta n.p = (n_e - n_o) \quad (۲)$$

کنترل الکتریکی انعکاس انتخابی براگ بلورمایع های کلستریک مبحث جالبی برای گسترش کاربرد های آن ها است.تثبیت سازی(پایدارسازی) بلورمایع های کلستریک در پلیمر یک روش آسان برای پهن یا باریک کردن پهنای باند نور بازتابیده قابل توجه است.[۴و۵]بلورمایع های کلستریک تثبیت شده در پلیمر با باند پهن برای کاربرد های متنوعی مانند : قطبشگرهای باند پهن ، ذخیره سازی نوری اطلاعات و همچنین پنجره های هوشمند دارند و باند انعکاسی باریک نیز برای کاربرد هایی از جمله : قطبشگرها و فیلترهای باند باریک ، ترموگرافی و سنسورها مورد استفاده قرار می گیرد. [۶]

در این کار تجربی ، ما پاسخ نمونه هایی متشکل از یک بلورمایع نماتیک و آلاینده ی دستوار شناخته شده ، تحت عنوان بلورمایع کلستریک و بلورمایع کلستریک تثبیت شده در پلیمر را در حضور میدان الکتریکی خارجی بررسی کردیم که برای کاربرد در پنجره های هوشمند برای کنترل دمای محیط داخلی در ساختمان ها ،اتومبیل ها و گلخانه ها حائز اهمیت می باشد.

مواد و روش کار

مواد: بلور مایع نماتیک E7 ($\Delta\varepsilon$=14.3 و T_C=57^{0C})،آلاینده ی دستوار R-811، مونومرهای واکنشی RM-82 و Photoinitiator-184 به عنوان جاذب نوری ماورابنفش (UV) و آغازگر فرایند پلیمری استفاده کردیم (همه ی مواد از شرکت مرک تهیه شده اند).

روش کار :از شیشه هایی که در یک سمت آنها لایه ای از اکسید قلع ایندیم(ITO)لایه نشانی شده است برای اعمال ولتاژ استفاده کردیم.شیشه های(ITO)را با استفاده از پلی آمید به عنوان ماده ی جهت دهنده توسط دستگاه اسپین کوتینگ لایه نشانی چرخشی کردیم.و در نهایت شیارهای موازی روی شیشه ها ایجاد کردیم.لازم به ذکر است از فاصله انداز های سیلیکونی کروی به ضخامت ۱۰ میکرون برای سلول های ساخته شده در این تحقیق استفاده کردیم.

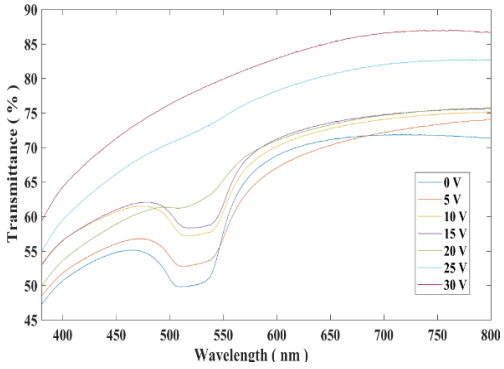
بحث و نتایج

میدان الکتریکی یکی از محرک های اساسی برای بلورمایع های کلستریک است.با اعمال ولتاژ جابجایی طیفی در هر دو نمونه ی مورد آزمایش قابل کنترل است ،علاوه براین باتوجه به ولتاژ اعمالی میزان انعکاس نور نیز محاسبه شده است. شکل ۱.تغییر در میزان عبور نور برای نمونه ی

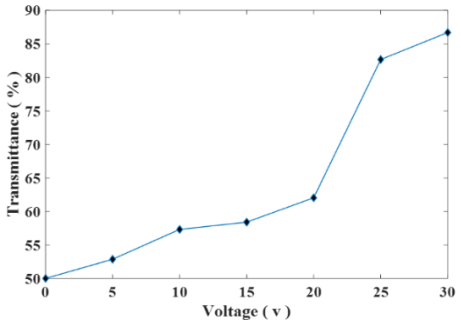
این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-06-19]

بلورمایع کلستریک (نمونه ی ۱) با دستواری راستگرد را در ولتاژ های مختلف نشان می دهد.علاوه براین جابجایی طیفی انعکاس انتخابی براگ به سمت طول موج های بزرگتر (جابجایی قرمز) نیز مشهود است. شکل ۲.تغییرات میزان انعکاس نور را به عنوان تابعی از ولتاژ در ولتاژ های متفاوت را نشان می دهد .تغییرات پهنای باندانعکاسی با ولتاژ برای این نمونه در جدول (۱)آورده شده است.باتوجه به جدول پهنای های باندانعکاسی برای نمونه ی ۱از ۰تا ۱۵ ولت اندازه گیری شده است که نشان می دهد افزایش ولتاژ منجر به بازشدن پای پیچ بلورمایع کلستریک میشود و در نهایت افزایش پهنای باند انعکاسی را در پی دارد.



شکل (۱): جابجایی بازتاب براگ و تغییرات عبور نور برای نمونه ی بلورمایع کلسترریک در حضور میدان الکتریکی خارجی

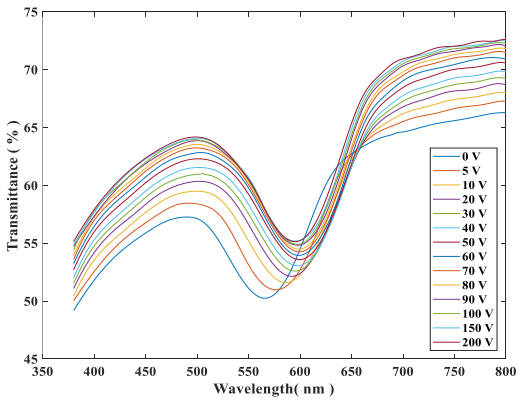


شکل(۲) . تغییرات میزان انعکاس نور برای نمونه ی بلورمایع کلستریک به عنوان تابعی از ولتاژ

ولتاژ (ولت)	پهنای باند انعکاسی (نانومتر)
۰	۳۹,۳۱۷۵
۵	۴۱,۰۴۰۰
۱۰	۴۴,۵۸۴۸
۱۵	۴۵,۳۱۰۲

جدول۱ : تغییرات پهنای باند انعکاسی با ولتاژ برای نمونه ی بلورمایع کلستریک

تغییرات عبور نور و همچنین جابجایی طیفی برای نمونه ی بلورمایع کلستریک تثبیت شده در پلیمر (نمونه ی ۲) در ولتاژ های مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است. جابجایی بازتاب براگ به سمت طول موج های بزرگتر در این حالت بیشتر از حالت قبلی است.میزان تغییرات انعکاس نور به عنوان تابعی از ولتاژ برای نمونه ی ۲ در شکل ۴ نشان داده شده است.تغییرات پهنای باندانعکاسی با ولتاژ برای این نمونه در جدول (۲)آورده شده است. باتوجه به جدول پهنای های باندانعکاسی برای نمونه ی ۲از ۰تا ۲۰۰ ولت اندازه گیری شده است که نشان می دهد همانند نمونه ی ۱ افزایش ولتاژ منجر به بازشدن پای پیچ بلورمایع کلستریک میشود و در نهایت افزایش پهنای باند انعکاسی را در پی دارد که به دلیل پایدارسازی پلیمرها افزایش پهنا در این حالت بیشتر از حالت قبلی است.

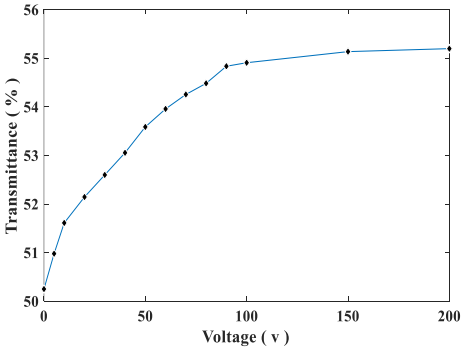


شکل(۳): جابجایی طیفی انعگاس انتخابی براگ برای نمونه ی بلورمایع کلستریک تثبیت شده در پلیمر در حضور میدان الکتریکی

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

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-06-19]

خارجی



شکل(۴) : تغییرات میزان انعکاس نور برای نمونه ی بلورمایع کلستریک تثبیت شده در پلیمر به عنوان تابعی از ولتاژ.

پهنای باند انعکاسی (نانومتر)	ولتاژ (ولت)
۶۵,۷۸۲۰	۰
۶۶,۵۶۵۴	۵
۶۶,۸۹۹۶	۱۰
۷۱,۱۷۱۴	۲۰
۷۶,۴۱۰۲	۳۰
۷۶,۹۶۴۷	۴۰
۷۸,۳۶۴۰	۵۰
۷۹,۳۵۷۸	۶۰
۸۱,۶۰۳۸	۷۰
۸۳,۷۶۶۹	۸۰
۸۵,۳۳۷۵	۹۰
۸۶,۱۰۳۴	۱۰۰
۸۸,۳۸۵۶	۱۵۰
۸۹,۸۸۷۷	۲۰۰

جدول ۲:تغییرات پهنای باند انعکاسی با ولتاژ برای نمونه ی بلورمایع کلستریک تثبیت شده در پلیمر

نتیجه گیری

ما پاسخ نمونه های متشکل از بلورمایع های کلستریک و کلستریک تثبیت شده در پلیمر را در حضور میدان الکتریکی خارجی بررسی کردیم و نشان دادیم که نمونه ی بلورمایع کلستریک می تواند با اعمال ولتاژ خیلی کم نسبت به بلورمایع کلستریک تثبیت شده در پلیمر بین فازهای کلستریک و همسانگرد سویچ کند همچنین بررسی تغییرات پهنای باند انعکاسی با ولتاژ اعمالی نشان داد که افزایش ولتاژ ،افزایش پهنای باند انعکاسی را در بردارد، که برای کاربرد در پنجره های هوشمند پیشنهاد می شود. و همچنین نمونه ی بلورمایع کلستریک تثبیت شده در پلیمر به دلیل پایداری بالا می تواند با اعمال ولتاژ حتی تا ولتاژ ۲۰۰ ولت هم طیف های بازتاب براگ را نشان دهد ، علاوه براین شبکه های پلیمری علاوه بر پایدارسازی بلورمایع های کلستریک منجر به افزایش پهنای باند انعکاسی نیز میشود.

منابع

[1] S. W. Oh, S. H. Kim, and T. H. yoon, “ Thermal control of transmission property by phase transition in cholesteric liquid crystals,” J. Mater. Chem., Vol 6, pp. 6520-6525, 2018.

[2] K. M. Lee, V. P. Tondiglia, and T. J. White, “ Bistable switching of polymer stabilized cholesteric liquid crystals between transparent and scattering modes,” MRS Commun. Vol 5, pp. 223-227, 2015.

[3] H. Khandelwal, A. P. J. Schenning, M. G. Debije, , “ Infrared Regulating Smart Window Based on Organic Materials,” Adv. Energy Mater., Vol 7, pp. 1602209(1-18), 2017.

[4] M. Mitov, “ Cholesteric liquid crystals in living matter,” Soft Matter, Vol 13, pp. 4176-4209, 2017.

[5] M. Mitov, “ Cholesteric Liquid Crystals with a Broad Light Reflection Band,” J. Adv. Mater., Vol 24, pp. 6260-6276, 2012.

[6] L. Yong, L. Dan, Z. Hui, “ Full-color reflective display based on narrow bandwidth template cholesteric liquid crystal film,” Opt. Mater. Express, Vol 7, pp. 16-24, 2017.

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

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-06-19]