

بررسی تأثیر ذرات نانوالومینا بر خواص الکترواپتیکی بلور مایع 5CB

کریم میلانچیان*

استادیار، فیزیک، دانشگاه پیام نور

تاریخ پذیرش: 1395/06/14

تاریخ دریافت: 1395/05/07

Study of Alumina Nano - Particles Effect on the Electro Optical Properties of 5CB Liquid Crystal

K. Milanchian*

Assistatnt Professor, Physocs, Payame Noor University

Received: 2016/07/28

Accepted: 2016/09/04

Abstract

In this experimental work, electro-optical properties of Al_2O_3 nanoparticles doped 5CB liquid crystal was investigated. Therefore, Alumina nano powder was synthesized using precipitation method then homogenously oriented samples with different percentage of nanoparticles prepared and birefringence and threshold voltage of them were measured. Also, rise and relaxation time of samples were studied.

It was seen that birefringence of samples with 0.1 and 0.3 percent nanoparticles considerably increase respect to undoped liquid crystal.

Keywords

Alumina Nano - Particles, Liquid Crystal, Electro - Optical Properties.

چکیده

در این کار تجربی خواص الکترواپتیکی بلور مایع 5CB آلاینیده با نانو ذرات آلومینا (اکسید آلومینوم) بررسی شد. بدین منظور ابتدا نانو پودر آلومینا بروش رسوبدهی سنتز شد و به کمک میکروسکوپ الکترونی روشی اندازه و شکل ذرات مورد بررسی قرار گرفت؛ سپس سلول‌های با آرایش موازی با درصدهای متفاوتی از نانوذرات آماده گردید و دو شکستی آنها اندازه‌گیری شد؛ همچنین خواص سوپوزنی نمونه‌ها برای اندازه‌گیری ولتاژ آستانه و زمان خیزش و واهلش آنها بررسی گردید. مشاهده گردید مقدار دوشکستی بلورهای مایع با 0/1 و 0/3 درصد وزنی نانو ذرات نسبت به بلور مایع خالص افزایش قابل ملاحظه‌ای پیدا می‌کند.

واژگان کلیدی

نانو ذرات آلومینا، بلور مایع، خواص الکترو اپتیکی.

* نویسنده مسئول: کریم میلانچیان

ایمیل نویسنده مسئول:

*Corresponding Author: kmilanchian@gmail.com

مقدمه

اخیراً مطالعه خواص نوری و الکترواپتیکی بلورهای مایع آلانید با نانو ذرات توجه محققان زیادی را به خود جلب کرده است [1-2].

بلورهای مایع به خاطر اینکه دارای ناهمسان‌گردی ضریب شکست بالا و ولتاژ کاری خیلی پایین هستند، کاربردهایی فراوانی در طراحی ادوات اپتیکی و فتونیک پیدا کرده‌اند.

در دو دهه اخیر مشخص شده است که آلایش آنها با نانو ذرات می‌تواند خواص نوری و مکانیکی آنها را بهبود بخشد. در این کار تجربی تغییر دوشکستی بلور مایع 5CB با آلایش نانو ذرات آلومینا (اکسید آلومینیوم) بررسی شده است. آلومینا به دلیل خواص ویژه مکانیکی، فیزیکی، الکتریکی و نوری دارای کاربردهای زیادی در صنایع شیشه، سیمان، عایق‌های الکتریکی، پوشش‌های حرارتی و کاتالیست‌ها است [3].

برای بررسی اثر نانو ذرات آلومینا بر خواص الکترواپتیکی بلور مایع درصدهای وزنی مختلفی از نانو ذرات در بلور مایع وارد و دوشکستی و خواص الکترواپتیکی آنها بررسی گردید.

تئوری

مولکول‌های بلور مایع نماتیک به خاطر شکل فیزیکی خاصی که دارند دارای خواص مکانیکی و نوری غیر همسانگرد هستند؛ همچنین این مولکول‌ها به خاطر ساختار مولکولی میله‌ای شکلشان دارای قابلیت جهت‌گیری هستند. وقتی مولکول‌های بلور مایع نماتیک در سلول‌های خاصی جهت داده شوند، شبیه بلورهای معمولی خاصیت دوشکستی از خود نشان می‌دهند [4].

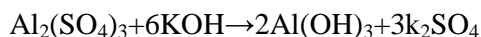
برای سلول‌های بلور مایع نماتیکی که به صورت موازی جهت داده شوند، راستای منظم شدن مولکول‌ها که بدان بردار راهنمای سلول نیز گفته می‌شود، محور نوری سلول خواهد بود؛ چنین سیستمی دارای ضریب شکست عادی و غیر عادی خواهد شد و غیر همسانگردی ضریب شکست در آنها وابسته به دما هم خواهد بود.

چنین سلولی شبیه به بلورهای معمولی همانند تیغه تاخیر فاز عمل می‌کنند و برای نور با قطبش موازی و عمود با محور نوریشان تغییر فازی متناسب با دوشکستی خود ایجاد می‌کنند؛ لذا با اندازه‌گیری تغییر فاز ایجاد شده در آنها می‌توان مقدار دوشکستی آنها را اندازه گرفت.

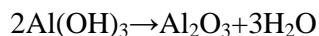
مواد و روش‌های تجربی

برای سنتز آلومینا از محلول مولار هیدروکسید پتاسیم و مولار سولفات آلومینیوم استفاده شد [5].

بدین منظور محلول پتاس با سرعت حدود 100 سی سی در دقیقه به محلول آلومینیوم سولفات اضافه شد و در دمای اتاق واکنش انجام گرفت. معادله واکنش انجام یافته به صورت زیر است:



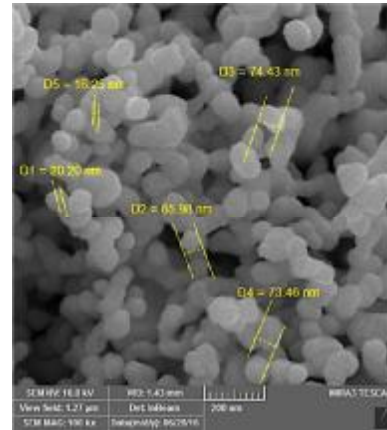
بعد از تشکیل رسوب هیدروکسید آلومینیوم، رسوب ایجاد شده پس از فیلتر شدن دو بار با آب مقطر و یک بار با اتانول شسته شد و یک روز در دمای اتاق قرار گرفت تا خشک شود، سپس دو ساعت در کوره با دمای 550 تا 600 درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا پودر نانوالومینا ایجاد شود.



برای تعیین شکل و اندازه نانوذرات، از اسکن میکروسکوپ الکترونی استفاده شد تا اندازه ذرات آن مشخص گردد. شکل (1)

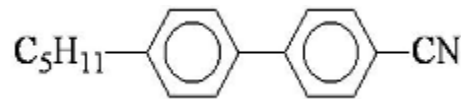
در این کار تجربی از سلول‌ها آماده با آرایش موازی و با ضخامت حدود 6 میکرون و 50 میکرون استفاده گردید. برای اطمینان از ضخامت سلول‌ها از روش شمارش قله در طیف عبوری سلول‌های خالی که با دستگاه اسپکتروفوتومتر Shimadzu گرفته می‌شد استفاده شد.

نمونه‌هایی از آرایش بلور مایع خالص و آلییده با درصد‌های وزنی 1%، 3/0% و 1/0% با نانوذرات اکسید آلومینیم با اندازه کمتر از 100 نانومتر تهیه گردیدند و به کمک خاصیت مویبگی در فاز ایزوتروپیک در سلول‌ها پر شدند. و سلول‌ها تحت زاویه 45 درجه نسبت به جهت قطبش‌گرهای عمود برهم در آرایش تجربی شکل 4 قرار داده شد.

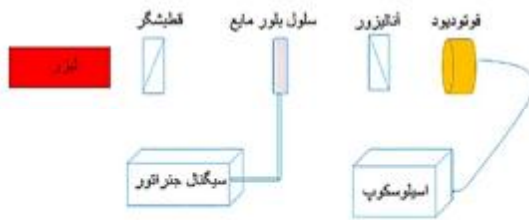


شکل 1. تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از ذرات سنتز شده

بلور مایع استفاده شده در این کار تجربی بلور مایع ترموتروپیک 5CB خریداری شده از شرکت AWAT PPW است (شکل 2).



شکل 2. ساختار مولکولی بلور مایع 5CB



شکل 4. آرایش تجربی اندازه‌گیری دو شکستی و ولتاژ آستانه.

میدان الکتریکی ورودی از اولین قطبش‌گر در شکل فوق به صورت زیر نوشته می‌شود:

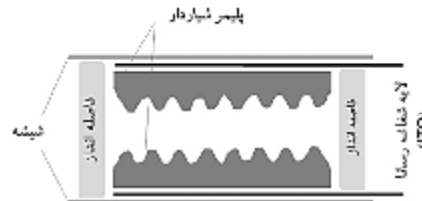
$$E_{in} = E_0 e^{-i\omega t} e^{ikz} \hat{i}$$

رابطه مالوس شدت خروجی را به صورت رابطه زیر به اختلاف فاز ایجاد شده در نمونه ربط می‌دهد:

$$I_{out} = I_0 \sin^2 2a \sin^2 \frac{Dj}{2}$$

بین بردار راهنما سلول بلور مایع و قطبش نور لیزر تابانده و $\Delta\varphi$ اختلاف فاز ایجاد شده برای دو راستای قطبش موجود در محیط دو شکستی بلور مایع است.

برای جهت‌دهی اولیه بلور مایع از سلول‌های خاصی استفاده می‌شود چنین سلول‌هایی شامل دو صفحه شیشه‌ای موازی دارای لایه الکتروود شفاف هستند که به وسیله فضا‌سازهای خاص به فاصله چند میکرون به هم چسبانده شده‌اند، بر روی سطح داخلی این شیشه‌ها به روش‌های خاص از قبیل مالش لایه پلیمری که روی آنها نشانده شده است، شیارهای میکرونی ایجاد می‌شود تا مولکول‌های بلور مایع موازی آنها منظم شوند.



شکل 3. ساختار سلول‌های بلور مایع 5CB

با اعمال ولتاژ مربعی 10 کیلوهرتز به الکترودهای شفاف سلول‌ها به خاطر باز آرایشی مولکول‌های بلور مایع شدت خروجی تغییر می‌کند که شدت خروجی بر حسب ولتاژ اعمالی شدت آشکارسازی شده به‌زای اختلاف فازهای خاص هنگامی بیشینه خواهد بود که زاویه مابین محور نوری ماده و قطبش‌گر در آرایش شکل (4) به مقدار 45 درجه تنظیم شود.

از روی منحنی‌های شکل 5 ولتاژ آستانه و اختلاف فاز ایجاد شده در نمونه‌ها اندازه‌گیری شده و به کمک رابطه زیر دوشکستی (Δn) نمونه‌ها محاسبه گردید:

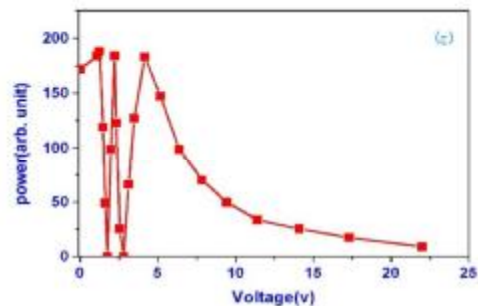
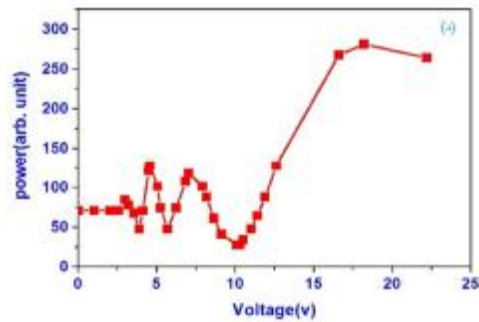
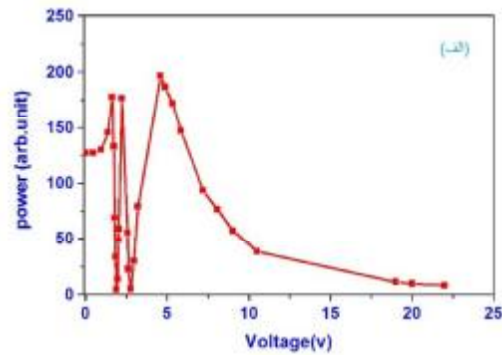
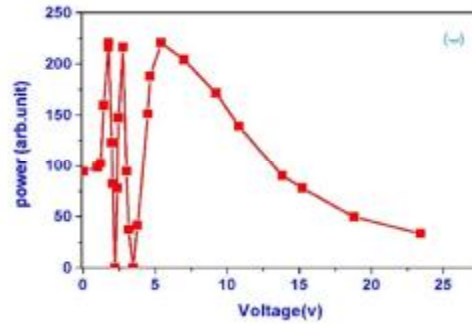
$$D_n = \frac{I_{Dj}}{2pd}$$

در رابطه فوق d ضخامت نمونه‌ها و λ طول موج لیزر دیدودی مورد استفاده می‌باشد نتایج به‌دست آمده که در جدول 1 آورده شده است.

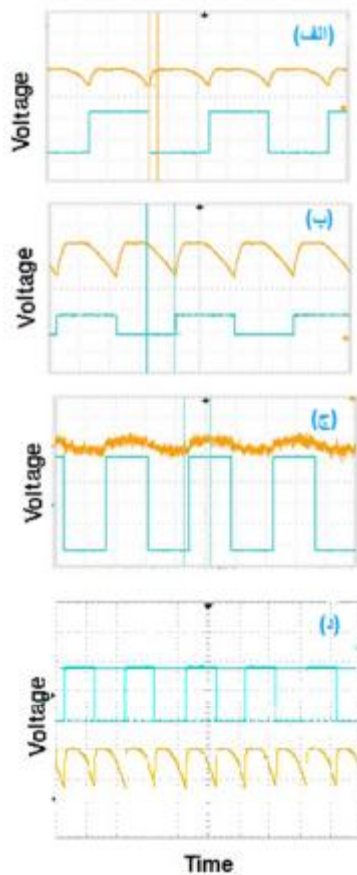
جدول 1. نتایج به‌دست آمده برای دوشکستی و ولتاژ آستانه نمونه‌ها برای نمونه‌ها ثبت گردید (شکل 5)

ولتاژ آستانه	$\Delta\phi$	Δn	نمونه
2.96	~ 0.033	$\sim 7\pi$	5CB+1% (50 μm)
0.98	0.223	5.836π	5CB+0.3% (6.2 μm)
1.09	0.195	5.45π	5CB+0.1% (6.6 μm)
0.96	0.183	5.35π	5CB (6.9 μm)

با توجه به اینکه دو شکستی (Δn) بلور مایع 5cb خالص در دمای 25 درجه نزدیک 0/18 گزارش شده است [6] مشاهده می‌شود مقدار آن برای بلور مایع با آرایش نانو ذرات در درصدهای پایین 0/1 و 0/3 درصد افزایش قابل



شکل 5. منحنی تغییر شدت نور بر حسب ولتاژ اعمالی بر بلور مایع آلاینده با نانوذرات اکسید آلومینیوم با درصدهای وزنی الف) بلور مایع خاص ب) 0/1% ج) 0/3% د) 1%



شکل 6. منحنی تغییر شدت نور بر حسب ولتاژ اعمالی مربعی 5 هرتز بر بلور مایع آلاینده با نانو ذرات آلومینا با درصدهای وزنی الف) 0/1% ولتاژ اعمالی قله به قله 2 ولت ب) 0/3% ولتاژ اعمالی 2 ولت قله به قله ج) 1% ولتاژ اعمالی 22 ولت د) بلور مایع خالص با ولتاژ 2 ولت

بحث و نتیجه گیری

در این کار تجربی خواص الکترواپتیکی بلور مایع 5CB آلاینده با نانوذرات آلومینا بررسی شد مشاهده گردید. در درصدهای وزنی پایین خواص دو شکستی نمونه نسبت به نمونه خالص افزایش قابل ملاحظه‌ای پیدا می‌کنند و زمان پاسخدهی نمونه بهبود می‌یابد.

ملاحظه‌ای می‌یابد. ولی در درصدهای بالا (1%) نانوذرات اکسید آلومینیوم تقریباً باعث از بین رفتن خاصیت دو شکستی بلور مایع می‌شوند.

برای بررسی زمان خیزش و واهلش نمونه‌ها از اعمال ولتاژ مربعی با فرکانس 5 هرتز و ثبت تغییر شدت نور توسط فتودیود متصل به اسیلوسکوپ استفاده شد. برای تعیین زمان خیزش از قاعده صفر تا نود درصد ماگزیمم و برای تعیین زمان واهلش زمان رسیدن به ده درصد استفاده شد [7].

همان‌طور که از شکل 6 مشاهده می‌شود با اعمال ولتاژ مربعی با دستگاه نوسان‌ساز دیجیتال کریستال مایع با دو برابر فرکانس آن به نوسان در می‌آید دلیل این امر متناوب بودن پالس‌های نوسان‌ساز دیجیتال می‌باشد با تغییر جهت ولتاژ جهت نیروی اعمالی تغییر یافته و جهت گردش مولکول‌های بلور مایع تغییر می‌کند ولی این تغییر جهت در خروجی فتودیود فقط با دو برابر شدن بسامد نوسانات سیگنال خود را نشان می‌دهد.

جدول 2. نتایج به دست آمده برای زمان پاسخدهی

نمونه	نمونه‌ها	
	Rise time (ms)	Rel. time (ms)
5cb+1%	>50	>70
5cb+0.3%	12.4	43.1
5cb+0.1%	12.8	44.2
5cb	15.6	55.4

نتایج به دست آمده در جدول 2 آورده شده است. در این مورد هم مشاهده شد زمان پاسخدهی نمونه‌ها با افزایش نانو ذرات بهبود می‌یابد.

منابع

[1] H. Eskalen, S. Ozgan, U. Alverand S. Kerli, Electro-Optical Properties of Liquid Crystals Composite with Zinc Oxide Nanoparticles, Acta Physica Polonica. 3 (2015) 757-760.

[2] YS. Ha, HJ. Kim, HG. Park, DS. Seo, Enhancement of electro-optic properties in liquid crystal devices via titanium nanoparticle doping, Optics Express. 20 (2012) 6448-6455.

- [3] Z. Khoshkhan, M. Salehi, New Method for Preparation of Nano Alumina Powder Using Aluminum(III) Complexes by combustion Synthesis Without Fuel, *J. Nanostructure*. 4(2014)443-448.
- [4] Lev M. Blinov, *Structure and Properties of Liquid Crystals*, Springer. 2010.
- [5] B. Ki Park, J. M. Jin, Effect of the H₂O/Al₂(SO₄)₃ ratio on physical properties in the synthesis of porous AlO(OH) nano gel by homogeneous precipitation, *J. of Ceramic Process. Res.* 2(2008) 204~208.
- [6] J. Li, S. Gauza, and S. T. Wu, Temperature effect on liquid crystal refractive indices, *J. of App. Phys.* 96 (2004) 19-24.
- [7] S. P. Yadav, K.Kr. Pandey, A. K. Kr. Misra and R. Manohar, Electro-Optical Behavior of Dye Doped Nematic Liquid crystal, *Acta Physica Polonica*. 119 (2011) 824-828).