بررسی ارتباط میزان چرخش اپتیکی القا شده با ناهمسانگردی القایی در لایه های نازک حساس به نور

کیاست فر ، عذرا[1] ؛ نهال، ارشمید[2]
آزمایشگاه پژوهشی مواد فوتونیکی،دانشکده علوم،دانشگاه تهران، تهران

چکیده

در این مقاله به بررسی ارتباط میزان چرخش اپتیکی القا شده با ناهمسانگردی القایی در دو دسته نانوساختارهای ضربدری ساخته شده در لایه های نازک کلرید نقره- نقره با ۱)دوره تناوب یکسان ۲)دوره تناوب دوگانه در زاویه $\alpha = ۴۵$ درجه(زاویه بین بردارهای قطبش میدانهای الکتریکی باریکه لیزر در تابش اول و دوم)پرداخته ایم.ذرات نقره به دلیل گسسته بودن در هر دو دسته از نانوساختارها روی خطوط توری کاملا یکدست نیستند ودر محل تلاقی خطوط دو توری به یکدیگر متصل نخواهند بود. بنابراین علاوه بر ایجاد ناهمسانگردی ناشی از تشکیل توریها میتوان نانوساختارهایی دارای خاصیت کایرالیتی در لایه نازک کلرید نقره- نقره القا کرد. مقدار دوفامی دایره ای و فاکتور بی تقارنی g معیاری از میزان ناهمسانگردی محیط هستند. با اندازه گیری دوفامی دایره ای و فاکتور بی تقارنی برای هر دو دسته از توریها و با مقایسه ی تغییرات آنها و همچنین تغییرات چرخش نوری القایی نشان داده ایم در نانوساختارهای ضربدری با دوره تناوب دوگانه ناهمسانگردی محیط نسبت به نانوساختارهای ضربدری با دوره تناوب یکسان بیشتر است. اندازه گیری چرخش نوری برای هر دو مورد از نمونه ها ، چرخش بیشتری را برای نانوساختارها با دوره تناوب دوگانه نشان می دهد.به این معنا که کایرالیته القایی در نانوساختارهای دوره ای دوگانه که دارای مرتبه ناهمسانگردی بالاتری هستند در مقایسه با نانوساختارها با دوره تناوب یکسان افزایش می یابد.

Investigating the relationship between induced optical rotation and induced anisotropy in light-sensitive thin films

Kiasatfar, Ozra [1]; Nahal, Arashmid [2]

Photonic laboratory. Department of Physics, University of Tehran, Tehran

Abstract

In this article, we investigate the relationship between the induced anisotropy (due to the formation of laser-induced gratings) and the induced optical rotation in two groups of crossed nanostructures formed in AgCl-Ag light-sensitive thin films: (1) crossed nanostructures (CNS) with the same period (called co-periodic) and (2) CNS with two different periods (called: bi-periodic), with the angle α=45 o (the angle between the vectors of two crisscrossed grating). As silver nanoparticles are discrete in both types of nanostructures, they have complex forms at crossing points of the gratings' grid lines. Therefore, in addition to the induction of anisotropy caused by the formation of gratings, optical chirality can be induced in the AgCl-Ag thin layers. Circular dichroism and dissymmetry factor (g) are measured as the anisotropy orders of the medium. By measuring the circular dichroism and the dissymmetry factor for both types of gratings and comparing their changes and also induced optical rotation changes, we observed that in crossed bi-periodic nanostructures, the anisotropy of the medium is higher than in the co-periodic case. Optical rotation measurement for two cases shows more rotation for bi-periodic CNS. That is, the induced chirality in bi-periodic CNS, which has a higher order of anisotropy, is enhanced in comparison to the co-periodic one.

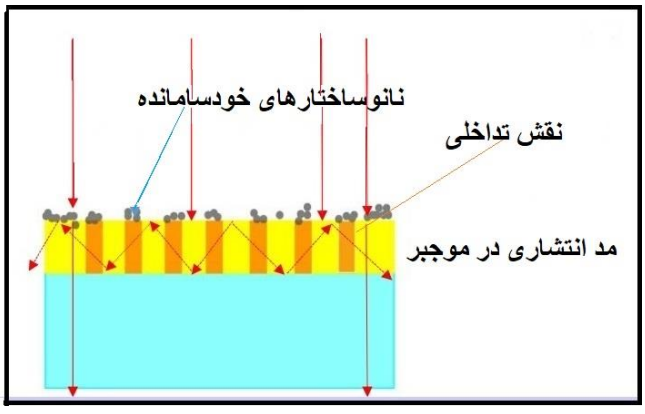
مقدمه

تشکیل نانوساختارهای دوره ای خود سامانده در لایه های نازک موجبرمسطح حساس به نور، در سالهای اخیر به طور مفصل مورد مطالعه قرار گرفته است .نانو ساختارهای دوره ای خودسامانده متشکل از نانوذرات نقره، ابزاری مناسب جهت ثبت اطلاعات نوری از جمله ضریب شکست ، طول موج ، قطبش و زاویه فرود نور برخوردی می باشند.همچنین با استفاده از این سیستم ، میتوان برهمکنش نور با نانوساختارهای فلزی را مطالعه نمود [۲-۱]. شکل گیری نانوساختارهای خود سامانده در نتیجه تداخل بین پرتو قطبیده لیزر و مدهای

TE تحریک شده در فیلم نازک کلرید نقره است. نانوذرات نقره در اثر گرادیان نور به سمت مینیمم نقش تداخلی برای کمینه کردن انرژی خود حرکت می کنند.توریهای تشکیل شده توسط نانوذرات نقره میتوانند به عنوان درب ورودی نور ورودی عمل کنند و باعث تقویت مدهای پراکنده شوند.در نتیجه اختلاف شدت دو نور تداخل کننده کمتر میشود،کنتراست نقش تداخلی بیشتر شده و گرادیان نور بین ماکزیمم و مینیمم افزایش پیدا کرده و نقره ها سریع تر به سمت مینیمم نقش تداخلی میروند. این چرخه بارها تکرار میشود و بر کیفیت توریها می افزاید. وجود این پدیده دلیل نام گذاری خودسامانده بر این نوع نانوساختارها است.

طبق نتایج تجربی، دو عامل سبب ایجاد فعالیت نوری در لایه های نازک حساس به نور کلرید نقره- نقره می شود:
۱)ناهمسانگردی القایی در نمونه[۲].
۲)کایرالیتی القایی در نانوساختارها[۱].

افزایش ناهمسانگردی باعث تقویت خواص کایراپتیکال می شود[۲].تصاویر AFM ، شکل۲، نقش هندسه و ناهمسانگردی نانوساختارها را در فعالیت نوری آنها نشان می دهد.

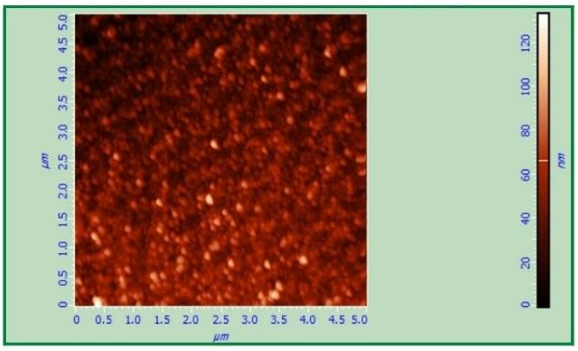


شکل1: سازوکار تشکیل نانوساختارهای حساس به نور.

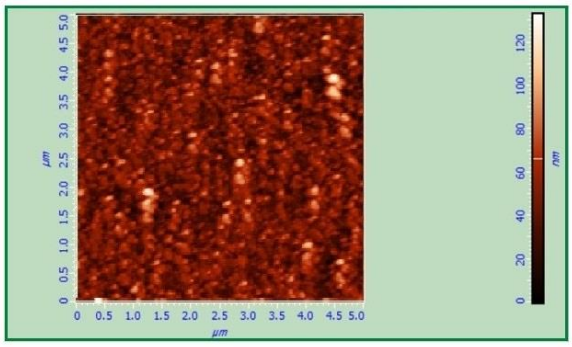
روشهای آزمایش

در مرحله اول لایه کلرید نقره- نقره با استفاده از روش تبخیر در خلا لایه نشانی می شود. نمونه های آماده شده طبق چیدمان شکل (۳) ، در معرض تابش لیزر هلیوم-نئون قرار می گیرند. بعد از چرخاندن نمونه به اندازه زاویه α، تابش دوم توسط لیزر $He-Ne$ با طول موج ۶۳۲٫۸ نانومتر و یا لیزر$Nd-YAG$، با طول موج ۵۳۲ نانومتر انجام میشود. نمونه هایی که تحت تابش متوالی لیزر $He-Ne$ قرار گرفته اند، نانوساختارهای با دوره تناوب یکسان هستند و نمونه هایی که تحت تابش اولیه لیزر $He-Ne$ و تحت تابش ثانویه لیزر $Nd-YAG$ قرار گرفته اند نانوساختارهای با دوره تناوب دوگانه هستند.

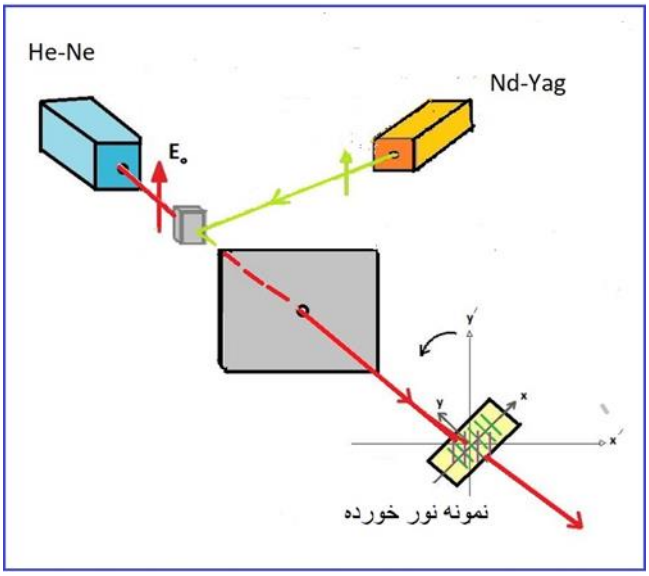
الف



ب



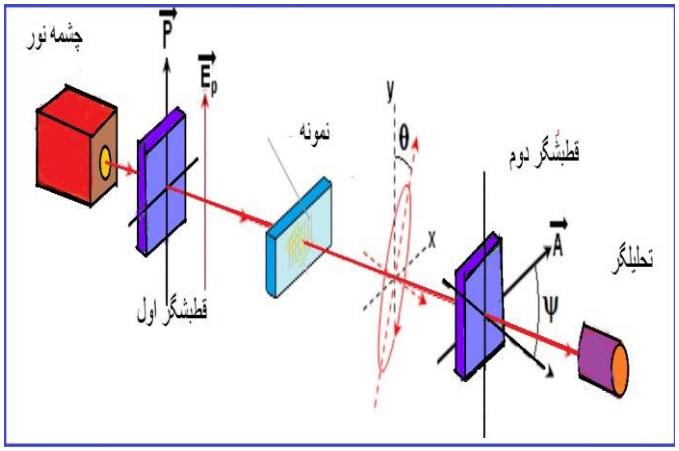
شکل۲ : تصاویر AFM، الف) نانوساختار با دوره تناوب دوگانه ب) نانوساختار با دوره تناوب یکسان.



شکل۳ : چیدمان آزمایشگاهی نوردهی لایه نازک حساس به نور کلرید نقره-نقره.

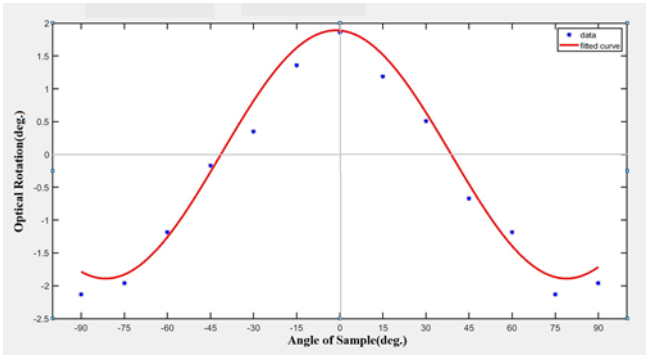
چرخش اپتیکی

چرخش اپتیکی طبق چیدمان شکل ۴، که یک روش استاندارد است [۱]، اندازه گیری شده است. به دلیل حساس به نور بودن نانوساختارها، از نور LED، به عنوان چشمه نور استفاده شده است. ابتدا با چرخاندن قطبشگر اول، محور عبور آن را در حالت عمود بر محور عبور قطبشگر دوم قرار می دهیم تا وضعیت خاموشی ایجاد شود. سپس با قرار دادن نمونه دای فعالیت نوری ما بین دو قطبشگر، تحلیلگر در وضعیت خاموش نخواهد بود. با چرخاندن قطبشگر دوم و رسیدن به وضعیت خاموشی مجدد، میزان چرخش نوری برابر با مقدار چرخش قطبشگر دوم است. چرخش نوری برای نمونه ای که نوردهی دوم آن با لیزر He-Ne و نمونه ای که نوردهی دوم آن توسط لیزر Nd-YAG با زاویه بین بردار قطبش باریکه لیزر اول و دوم $\alpha = ۴۵$ درجه، انجام شده، اندازه گیری شده است.

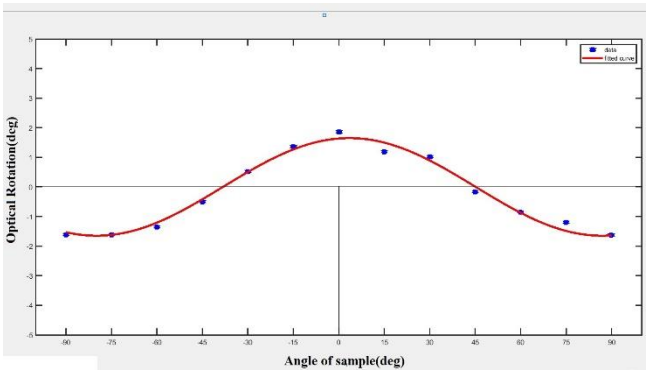


شکل۴: چیدمان آزمایشگاهی اندازه گیری چرخش نوری.

الف



ب



شکل۵ : تغییرات چرخش اپتیکی بر حسب زاویه جهت گیری نمونه، الف) نانوساختار با دوره تناوب دوگانه، ب) نانوساختار با دوره تناوب یکسان. زاویه بین بردارهای قطبش باریکه لیزر در تابش اول و دوم ۴۵ درجه است.

در شکل۵، دامنه منحنی ناهمسانگردی القایی در نمونه را نشان می دهد[۱]. محاسبه فاکتور بی تقارنی g، نشان می دهد، فعالیت نوری القایی در نمونه هایی که نوردهی دوم آنها لیزر $Nd-YAG$ بوده و دوره تناوب توریها در آنها با هم متفاوت است بیشتر از فعالیت توری در نمونه هایی است که نوردهی دوم آنها لیزر $He-Ne$ بوده است، که دوره تناوب توریهای ضربدری یکسان هستند.

$$g=\frac{CD}{\frac{1}{2}(T_R+T_L)} \qquad (۱)$$

$CD=D_R-D_L$، دوفامی دایره ای است که در آن $D_R=-\log T_R$ و $D_L=-\log T_L$ و $T_R=\frac{I_R}{I_0}$ و $T_L=\frac{I_L}{I_0}$ است [۳]. I_R شدت نور قطبیده دایروی راستگرد عبوری و I_L شدت نور قطبیده دایروی چپگرد عبوری باریکه نور آزمون است. I_0 شدت نور باریکه آزمون بدون حضور نمونه است. فاکتور بی تقارنی g، معیاری از ناهمسانگردی القایی در نانوساختارهای خود سامانده حساس به نور کلرید نقره- نقره است [۳]. همان طور که در جدول۱، می بینیم، نمونه هایی که دوره تناوب متفاوت دارند(توریهایی که با دو لیزر متفاوت تشکیل شده اند)دارای دوفامی دایره ای و فاکتور بی تقارنی بیشتر و در نتیجه ناهمسانگردی بیشتری نسبت به نمونه های با دوره تناوب یکسان (توریهایی که با لیزر یکسان تشکیل شده اند) هستند.

جدول۱ : دوفامی دایره ای و فاکتور g اندازه گیری شده برای دو نانوساختار با دوره تناوب متفاوت و یکسان با زاویه ۴۵ درجه بین بردار های قطبش باریکه لیزر در تابش اولیه و ثانویه.

Wavelength (nm)	Sample	CD (a.u.)	Dissymmetry
۵۲۰	bi-periodic	-۰/۶۸۹	-۰/۲۳۱
۵۲۰	co-periodic	-۰/۲۴۸	-۰/۱۰۶

نتیجه گیری

نانوساختارهای ضربدری با دوره تناوب متفاوت که توسط تابش اولیه لیزر هلیوم- نئون و تابش ثانویه لیزر $Nd-YAG$ تشکیل شده اند، بدلیل هندسه ی توریها، ناهمسانگردی و در نتیجه چرخش نوری بیشتری نسبت به نانوساختارهای ضربدری با دوره تناوب یکسان که توسط تابش متوالی لیزر هلیوم- نئون تشکیل شده اند، دارند. افزایش دوفامی دایره ای و فاکتور بی تقارنی g، این موضوع را تایید می کند. با استفاده از کنترل و ایجاد ناهمسانگردی در نانوساختارهای حساس به نور کلرید نقره-نقره میتوان فعالیت نوری را افزایش داد.

مرجع ها

[1] A. Nahal and S. Kashani, “Optical chirality in AgCl-Ag thin films through formation of laser-induced planar crossed-chain nannostructures. *J. Appl. Phys.*۱۲۲ , 103102 (2017).

[2] A. Nahal and R. Talebi, “Ellipticity-dependent laser-induced optical gyrotropy in AgCl thin films doped by silver nanoparticles,” *J. Nanopart. Res.* **16**(6), 1–12(2014).

[3] A. Nahal; B. Assakareh; M. Miri;. , ***125***, 03, (2019) 123101.