بیست و هفتمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و سیزدهمین
کنفرانس مهندسی و فناوری
فوتونیک ایران،
دانشگاه سیستان و بلوچستان،
زاهدان، ایران.
۱۴-۱۶ بهمن ۱۳۹۹

کد مقاله : A-۱۰-۲۵۲۵-۱

بررسی اثر ضخامت لایه¬های کلریدنقره بر ویژگی¬های اپتیکی لایه¬های نازک نقره-کلریدنقره

مهتاب عظیم‌زاده[۱]، راضیه طالبی[۱و۲]

[۱] دانشکده فیزیک، دانشگاه اصفهان ، خیابان هزار جریب ،اصفهان

[۲] گروه اپتیک کوانتومی، دانشکده فیزیک، دانشگاه اصفهان، خیابان هزار جریب ،اصفهان

چکیده - در این مقاله، اثر ضخامت لایه¬ی کلریدنقره بر ویژگی¬های نوری لایه¬های نازک کلریدنقره بارگذاری شده با نانوذرات نقره که تحت تابش پرتو عمودی لیزر Nd:YAG با طول موج ۵۳۲ نانومتر قرار گرفته¬اند، بررسی می¬شود. دراین لایه¬ها با تابش پرتو لیزر کم توان با قطبش خطی، ناهمسانگردی القاء می¬شود. ناهمسانگردی القاء شده در این لایه¬ها ناشی از تشکیل نانوساختارهای دوره¬ای است که خطوط آن در جهت قطبش نور فرودی است. مدهای انتشاری در لایه¬ی موجبری کلریدنقره و ویژگی¬های ساختاری و نوری نانوساختارهای دوره¬ای القاءشده، وابسته به ضخامت لایه¬ی کلریدنقره است. با افزایش ضخامت لایه¬ی کلرید نقره، مدهای مرتبه¬ی بالاتر در موجبر کلریدنقره منتشر می¬شوند. بنابراین، با تغییر ضخامت لایه¬ی کلریدنقره، ناهمسانگردی القاء شده بر سطح نمونه و ویژگی¬های اپتیکی آن مانند دوفامی خطی، قابل کنترل است. دوفامی خطی القاء شده در این نانوساختارها توسط پرتو آزمون با طول موج¬های مختلف اندازه¬گیری شده است که نتایج نشان می¬دهد بیشترین مقدار دوفامی خطی در طول موج ۵۳۲ نانومتر که طول موج پرتو فرودی است، مشاهده می¬شود.

کلید واژه-موجبر تخت کلریدنقره، نانوذرات نقره، دوفامی خطی، ناهمسانگردی

Investigating the thickness effect of AgCl on the optical properties of Ag-AgCl thin film

M. Azimzadeh[1], R. Talebi[1,2]

[1]Department of Physics, University of Isfahan, Isfahan

[2] Quantum optics group, Department of Physics, University of Isfahan, Isfahan

Abstract- In this report, the effect of the thickness of AgCl thin fimon the optical properties of AgCl thin films loaded by silver nanoparticles, irradiated by Nd:YAG laser beam at wavelength 532 nm, is investigated. Anisotropy is induced in these films by irradiating linearly polarized low power laser beam. The induced anisotropy in these thin films is due to the formation of periodic nanostructures. The structural and optical properties of induced periodic nanostructures, depend on the thickness of the AgCl film. By increasing the thickness of AgCl film, the higher-order modes propagate in AgCl waveguide. Therefore, changing the thickness of AgCl thin film, the induced anisotropy formed on surface of the sample and its optical properties such as linear dichroism can be manipulated. The induced linear dichroism of these nanostructures is measured by probe beams with different wavelengths, which the results show the highest amount of linear dichroism is seen at wavelength 532 nm, the same wavelength of incident beam.

Keywords- AgCl plane waveguide, Silver nanoparticles, Linear dichroism, Anisotropy

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

۱-مقدمه

تشکیل نانو ساختارهای دوره‌ای در لایه‌های نازک نقره-کلریدنقره باتابش پرتو نور قطبیده خطی، درسال ۱۹۹۵ میلادی برای اولین بار توسط آگه‌یفومیلواسلاوسکی مطالعه شد [۱]. اساس تشکیل نانوساختارهای دوره‌ای در لایه‌های نازک نقره-کلریدنقره، تداخل موج فرودی و موج منتشر شده در لایه موجبری کلریدنقره است [۱]. دوره‌ی تناوب ساختارهای نظم‌یافته‌ی نقره-کلریدنقره به طول موج پرتو لیزر فرودی [۲]، زاویه‌ی تابش لیزر فرودی [۳] و ضخامت لایه‌ی کلرید نقره [۴]، وابسته است.

مدهای انتشاری در لایه‌ی موجبری کلریدنقره و ویژگی-های ساختاری و اپتیکی نانوساختارهای دوره‌ای ایجاد شده، وابسته به ضخامت لایه‌ی کلریدنقره است؛ به گونه‌ای که با افزایش ضخامت لایه‌ی موجبری کلرید نقره، انتشار مدهای مرتبه‌ی بالاتر در موجبر امکان‌پذیر می‌شود [۱]. نانو ذرات نقره تمایل دارند در نقاط تاریک طرح تداخلی جای بگیرند.

ساختارهای توری‌مانند در سطح لایه‌ی نازک نقره-کلریدنقره، به دلیل عدم تقارن نسبت به محور عمود بر این سطح، یک ساختار ناهمسانگرد است [۱]. ناهمسانگردی این نمونه‌ها سبب چرخش قطبش نور فرودی می‌شود که اصطلاحاً آن را چرخش نوری می‌نامیم [۲]. چرخش نوری در محیط‌های ناهمسانگرد متناسب با اختلاف جذب دو پرتو با قطبش‌های خطی عمود بر هم است که اصطلاحاً آن را دوفامی خطی می‌نامند [۵].

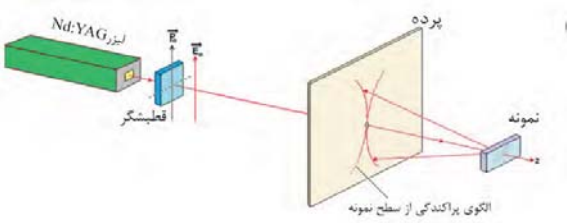
در این مقاله، اثر تغییر ضخامت لایه‌ی کلرید نقره بر دوره-ی تناوب نانوساختارهای القاء شده بر سطح نقره-کلریدنقره، تحت تابش پرتو عمودی لیزرNd:YAG با قطبش خطی و طول موج ۵۳۲ نانومتر بررسی شده است.

۲- روش ساخت لایه‌ی نازک نقره-کلریدنقره

لایه‌ی کلریدنقره و لایه‌ی نازک نقره در دو مرحله‌ی مجزا به روش تبخیر حرارتی در دمای اتاق و فشار خلاء 5×10^{-5} میلی بار بر روی لام شیشه‌ای قرار می‌گیرد [۱]. کلرید نقره با سه ضخامت ۴۸±۲ نانومتر،۲۳۰±۲ نانومتر و ۴۲۸±۲ نانومتر به روش تبخیر حرارتی بر زیر لایه‌ی شیشه‌ای لایه‌نشانی می‌شود. این ضخامت‌ها به گونه‌ای تعیین شده‌اند که در ضخامت ۴۸ نانومتر تنها مد صفر (TE_0) عبور کند، در ضخامت ۲۳۰ نانومتر مد صفر (TE_0) و مد اول (TE_1) عبور کند و در ضخامت ۴۲۸ نانومتر مدصفر (TE_0)، مد اول (TE_1) و مد دوم (TE_2) عبور کند.در مرحله‌ی دوم، لایه‌ی نازکی از نقره با ضخامت ۱۰±۱ نانومتر روی لایه‌ی کلریدنقره لایه‌نشانی می‌شود. هنگامی‌که لایه‌ی نقره را روی لایه‌ی نازک کلریدنقره لایه-نشانی کنیم، نانوخوشه‌های نقره را روی سطح ایجاد می-کنند.

۳-نوردهی لایه‌های نازک نقره-کلریدنقره

در لایه‌ی نقره-کلریدنقره تحت تابش پرتو قطبیده‌ی لیزر، به دلیل تداخل پرتو نور فرودی با مد یا مدهای انتشاری نانوساختارهای نظم‌یافته روی سطح تشکیل می‌شوند. در شکل ۱، چیدمان نوردهی نمونه نشان داده شده است.



شکل ۱)چیدمان نوردهی به نمونه و ایجاد نانوساختارهای نظم-یافته‌یدوره‌ای.

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

نمونه‌ها تحت تابش عمودی نور لیزر Nd:YAG با توان خروجی ۵۰ میلی وات به مدت ۱۵ دقیقه قرار می‌گیرد. لیزر Nd:YAG در طول موج هارمونیک دوم(۵۳۲ نانومتر) در بخش سبز رنگ طیف مرئی کار می‌کند. از یک قطبشگر برای ایجاد پرتو قطبیده خطی، استفاده می‌شود.

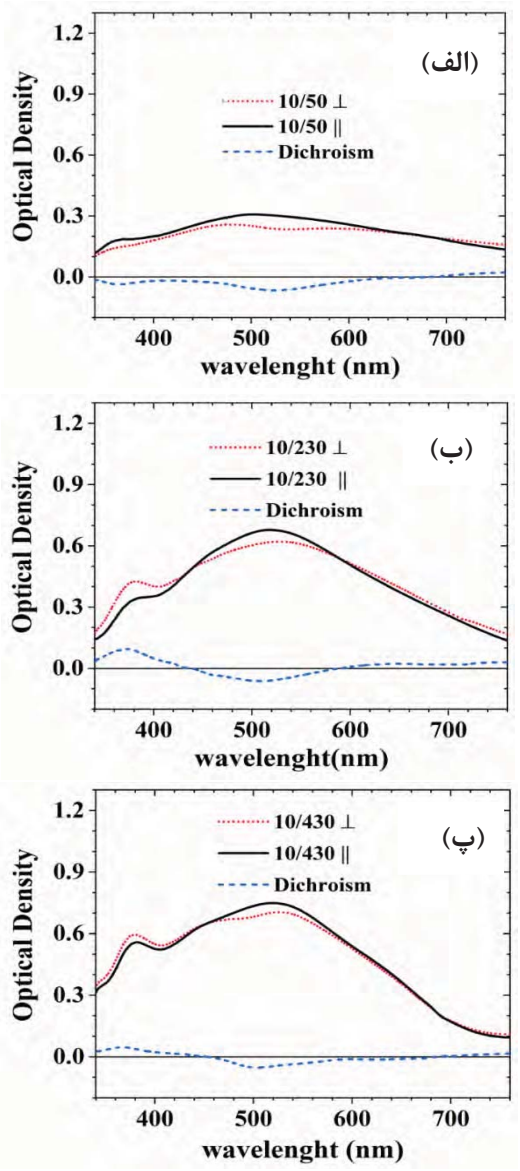
۴- بیناب جذب نمونه‌ها

بیناب‌های جذب نمونه‌های نقره-کلریدنقره پس از تابش پرتو لیزر، توسطدستگاه بیناب‌سنج نوری UV/VIS/NIR JASCO V-670 اندازه‌گیری می‌شود. بیناب جذب توسط پرتو آزمون قطبیده‌ی عمودی در دو جهت‌گیری از نمونه اندازه‌گیری می‌شود. حالت اول، قطبش پرتو آزمون در امتداد خطوط توری (∥)و حالت دوم، قطبش پرتو آزمون عمود بر خطوط توری (⊥) است. بیناب جذب محیط ناهمسانگرد در دو جهت متعامد از نمونه، به دلیل تفاوت بخش موهومی تابع دی‌الکتریک برای دو جهت متعامد در محیط ناهمسانگرد، پاسخ تشدید پلاسمونی متفاوتی دارد است. بنابراین، اختلاف جذب با ویژگی دوفامی خطی نانوساختارها رابطه دارد[۶].

در شکل ۲، بیناب جذب نمونه‌هایبا ضخامت‌های متفاوت کلریدنقره، نشان داده شده است. یک فرورفتگی در نزدیکی طول موج نور فرودی در بیناب جذب تمام نمونه دیده می‌شود. با مقایسه‌ی بیناب جذب عمودی و افقی نمونه‌های نوردهی شده در شکل ۲، یک جابجایی طیفی واضح از قله‌های تشدید را برای هر دوجهت‌گیری نمونه می‌توان مشاهده کرد.بنابراین، باتابش پرتو لیزر به نمونه‌ها، ناهمسانگردی ایجاد می‌شود.

اختلاف جذب در دوجهت متعامد در یک محیط را دوفامی خطی می‌گویند که با $\Delta A = A_{\square} - A_{\perp}$ نشان داده می‌شود. مطابق شکل ۲، بیشترین مقدار دوفامی خطی در نزدیکی طول موج فرودی است.

دربیناب جذب نمونه با ضخامت ۵۰ نانومتر کلریدنقره، بیشترین مقدار دوفامی خطی در طول موج ۵۳۲ نانومتر است. با افزایش ضخامت کلرید نقره به ۲۳۰ نانومتر و ۴۳۰ نانومتر،مقدار دوفامی خطی کمی به سمت طول موج‌های کوتاه‌تر جابجا می‌شود.



شکل ۲- بیناب جذب اندازه-گیریشدهباپرتوآزمونعمودیدردوجهتبراینمونه-هاینوردهیشدهباطولموج ۵۳۲ نانومتردرضخامت‌هایالف) ۵۰ نانومتر کلریدنقره و ۱۰ نانومتر نقره، ب) ۲۳۰ نانومتر کلریدنقره و ۱۰ نانومتر نقره و پ) ۴۳۰ نانومتر کلریدنقره و

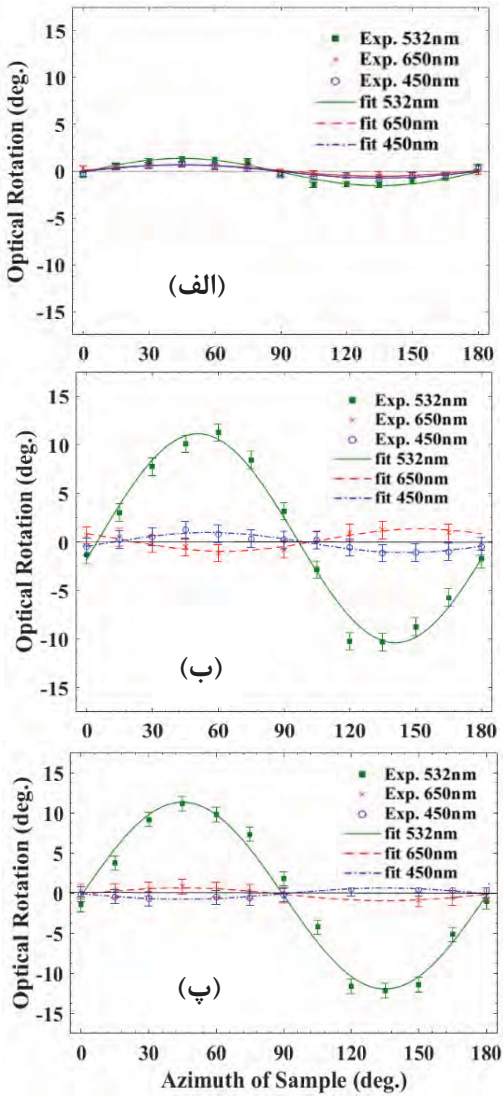
۵- بررسی نمودارهای تجربی چرخش نوری

زاویه‌ی چرخش نوری بر حسب زاویه‌ی سمت‌گیری نمونه از یک تابع سینوسی به صورت a[sin(-2 (pi/180))

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

[(x)تابعیت می‌کند. مطابق شکل ۳، زاویه‌ی چرخش نوری برای

پرتوپرتو آزمون سبز با طول موج ۵۳۲ نانومتر که همان طول موج نور فرودی به نمونه‌ها است، در مقایسه با پرتو آزمون قرمز و آبی بیشترین دامنه را دارد.



شکل ۳- چرخش نوری درجهت‌گیری‌های مختلف نمونه برای نمونه نقره-کلرید نقره با ضخامت(الف) ۵۰ نانومتر کلرید نقره و ۱۰ نانومتر نقره(ب) ۲۳۰ نانومتر کلریدنقره و ۱۰ نانومتر نقره (پ) ۴۳۰ نانومتر کلریدنقره و ۱۰ نانومتر نقره.

دامنه‌ی این تابع مقدار دوفامی خطی را مشخص می‌کند. با افزایش ضخامت لایه‌ی کلریدنقره، دوفامی خطی نیز افزایش پیدا کرد. برای پرتو آزمون سبز که طول موج آن با پرتو فرودی به نمونه یکسان است، بیشترین دوفامی خطی را نسبت به سایر پرتوهای آزمون مشاهده می‌کنیم.

۶- نتیجه‌گیری

در این گزارش، اثر ضخامت لایه‌ی کلریدنقره بر ویژگی‌های نوری لایه‌های نازک کلریدنقره بارگذاری شده با نانوذرات نقره که تحت تابش پرتو عمودی لیزر Nd:YAG با طول موج ۵۳۲ نانومتر قرار گرفته‌اند، بررسی شد. زاویه‌ی چرخش نوری و دوفامی خطی در نمونه‌های نقره-کلرید نقره که با ضخامت‌های مختلف از کلرید نقره ساخته شده است، به طور تجربی اندازه‌گیری شده است. نتایج نشان می‌دهد با افزایش ضخامت لایه‌ی کلریدنقره، ناهمسانگردی در نمونه‌ها افزایش می‌یابد و در نتیجه دوفامی خطی نیز افزایش یافته است.

۷- مراجع

1.L. A. Ageev and V. K. Miloslavsky, “photoinduced effects in light-sensitive films,” Opt. Eng. **34**, 960-972 (1995).
2.A. Nahal, and R. Talebi, “Ellipticity-dependent laser-induced optical gyrotropy in AgCl thin films doped by silver nanoparticles,” J. Nanoparticle Res. **16**, 2442-2454 (2014).
3.R. Talebi and S. Izadi, “Investigating surface morphology of Ag-AgCl thin film by scattering pattern at normal and oblique incident angles”, Appl. Opt. **57**, 10355-10363 (2018).
4.A. Nahal, B. Asaakareh and M. Miri, “Temporal evolution of photoinduced optical chirality in nanostructured lightsensitive waveguide thin films: Simultaneous excitation of TE_0 and TE_1 modes,” J. Appl. Phys. **125**, 123101-123113 (2019).
5.M. Ren, E. Plum, J. Xu, and N. I. Zheludev, “Giant nonlinear optical activity in a plasmonic metamaterial,” Nat. commun.**3**, 1-6 (2012).
6.M. Ranjan, M. Bhatnagar, and S. Mukherjee, “Localized surface plasmon resonance anisotropy in template aligned silver nanoparticles: A case of biaxial metal optics,” J. Appl. Phys.**117**, 103106 (2015).

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.