بیست و سومین کنفرانس اپتیک و فوتونیک و نهمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
دانشگاه تربیت مدرس
۱۲-۱۴ بهمن ۱۳۹۵
23rd Iranian Conference on Optics and Photonics and 9th Conference on Photonics Engineering and Technology
Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
January 31- February 2, 2017

امکان استفاده از لایه‌ی نازک نقره-کلرید نقره به عنوان حافظه‌ی تجدیدپذیر

راضیه طالبی

گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، خیابان هزارجریب، اصفهان
E-mail: r.talebi@sci.ui.ac.ir

چکیده - در این مقاله نشان داده‌ایم که لایه‌ی نازک نقره-کلریدنقره قابلیت ذخیره‌سازی طول‌موج‌های مختلف پرتوهای لیزر را دارد، صرفنظر از اینکه پرتوهای فرودی به این لایه قطبیده یا ناقطبیده باشد. در واقع، تغییر اندازه و فاصله نسبی بین نانوذرات نقره در سطح این لایه‌ی نازک تحت تابش نور، ذخیره‌سازی طول‌موج‌های مختلف را امکان‌پذیر می‌کند. نکته جالب توجه در لایه نازک نقره-کلریدنقره این است که تا زمانی که این لایه در فضای تاریک نگهداری می‌شود، اطلاعات ذخیره شده پایدار خواهند ماند؛ ولی هنگامی که این نمونه تحت تابش نور سفید مانند نور خورشید قرار می‌گیرد، اطلاعات ثبت شده از بین خواهند رفت. این واقعیت، ساخت حافظه‌های تجدیدپذیر به وسیله‌ی لایه‌ی نازک نقره-کلریدنقره را امکان‌پذیر می‌کند.

کلید واژه- حافظه‌ی تجدیدپذیر، لایه‌های نازک، نانوذرات نقره، نقره-کلریدنقره.

The Possibility of Using Ag-AgCl Thin Film as Reversible Memory

Razieh Talebi

Department of Physics, Faculty of Science, University of Isfahan, Hezar Jerib, Isfahan
E-mail: r.talebi@sci.ui.ac.ir

Abstract-In this paper we trired to describe the possibility of different wavelengths storage in Ag-AgCl thin film by irradiating laser beams, regardless the incident beam is polarized or nonpolarized. Indeed, the changes in the size and interparticle spacing of silver nanoparticles, which are on the surface of this irradiated thin film, makes it possible to store different wavelengths in this thin films. The outstanding point about Ag-AgCl thin films is that, as long as these thin films are kept in dark space, stored information are stable; but whenever the samples are irradiated by white light, like sunlight, the recorded information would vanish. This fact makes it possible to construct reversible memories by Ag-AgCl thin films.

Keywords: reversible memory, thin films, silver nanoparticles, Ag-AgCl.

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from opsi.ir on 2024-03-29]

۱- مقدمه

لایه‌ی نازک نقره-کلریدنقره (Ag-AgCl)، یک لایه‌ی حساس به نور است که قادر است ویژگی‌های پرتو تابش شده به این لایه‌ها مانند طول‌موج [۱] و قطبش [۲] را ذخیره کند. اطلاعات ذخیره شده در این لایه‌ی نازک تا زمانی که در محیط تاریک نگهداری می‌شود، پایدار باقی می‌ماند. در حالتی که بتوان اطلاعات ذخیره شده در این لایه‌ها را پاکسازی و به طور مجدد روی آن اطلاعات ذخیره کرد، این لایه‌ها گزینه‌ی مناسبی برای ساخت حافظه‌های تجدیدپذیر هستند [۳].

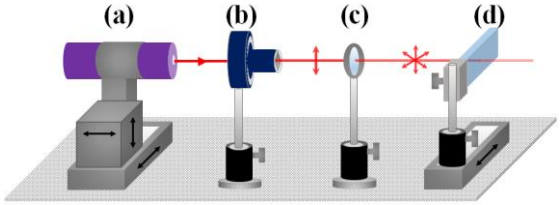
در این مقاله، نشان می‌دهیم که لایه‌ی نازک Ag-AgCl بر زیرلایه‌ی شیشه‌ای، در ناحیه مرئی توانایی ذخیره‌سازی طول‌موج‌های مختلف پرتو لیزرهای کم توان که به طور عمود بر سطح این لایه تابیده می‌شوند را دارد، مستقل از اینکه پرتو فرودی قطبیده یا ناقطبیده باشد.

همچنین نشان می‌دهیم که اطلاعات مربوط به طول-موج‌های مختلف لیزری که در لایه نازک Ag-AgCl ذخیره شده است، پس از قرارگیری تحت تابش نور سفید، پاک-سازی می‌شود. به این ترتیب، می‌توان از این لایه‌ها برای ذخیره‌سازی مجدد اطلاعات استفاده کرد.

۲- آماده‌سازی نمونه‌های اولیه

پس از شستشو و تمیز کردن تعدادی لام شیشه‌ای، لایه‌ی نازک Ag-AgCl در دو مرحله به روش تبخیر حرارتی بر روی لام‌ها لایه‌نشانی می‌شود. در فشار خلاء حدود 4×10^{-5} mbar و دمای اتاق، ابتدا یک لایه‌ی کلریدنقره با ضخامت 50nm روی لام شیشه‌ای نشانده می‌شود. سپس نقره با ضخامت 12nm بر روی لایه‌ی کلریدنقره نشانده می-شود. با توجه به ضخامت کم لایه‌ی نقره و فرآیند آهسته‌ی لایه‌نشانی، ذرات نقره به حالت دانه‌ای روی سطح کلریدنقره قرار می‌گیرد و حالت لایه‌ی پیوسته ندارند.

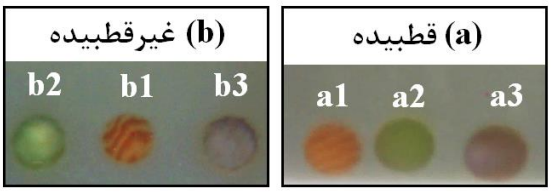
پس از آماده شدن لایه‌ی نازک Ag-AgCl بر زیرلایه‌ی شیشه‌ای، مطابق چیدمان شکل ۱ این لایه تحت تابش پرتو لیزر قرار می‌گیرد. نوردهی توسط سه لیزر مختلف، لیزر هلیوم-نئون با طول موج 632.8nm، لیزر Nd:YAG با طول موج 532nm و لیزر دیودی بنفش با طول موج 405nm انجام می‌شود. توان پرتو لیزرهای تابش 3mW و مدت زمان نوردهی دو ساعت است.



شکل ۱- طرحواره‌ای از چیدمان نوردهی نمونه Ag-AgCl، (a) لیزر و نگهدارنده آن، (b) قطبشگر گلان-تیلور، (c) دی‌پلاریزور و (d) نمونه.

نوردهی نمونه در دو مرحله انجام می‌شود. در مرحله اول، بدون حضور دی‌پلاریزور (c)، پرتو نور قطبیده به نمونه تابش می‌شود. در مرحله دیگر، دی‌پلاریزور به چیدمان اضافه می-شود و پرتو ناقطبیده به نمونه تابش می‌شود.

شکل ۲ نشان می‌دهد که نمونه‌ها بعد از نوردهی، تغییر رنگی متناسب با طول‌موج پرتو فرودی می‌دهند، صرف‌نظر از اینکه پرتو قطبیده (a) یا ناقطبیده (b) باشد.



شکل ۲- لایه‌ی Ag-AgCl بعد از نوردهی با پرتوهای (a) قطبیده و (b) غیرقطبیده، لیزر هلیوم-نئون (a1 , b1)، لیزر Nd:YAG (a2 , b2) و لیزر دیودی بنفش (a3 , b3).

چنانچه در شکل ۲ نشان داده شده است، پرتو قرمز رنگ لیزر هلیوم-نئون، سبب ایجاد لکه‌های قرمز روی نمونه‌ی Ag-AgCl می‌شود (a1, b1). قرمز دیده شدن این لکه بعد از نوردهی، به دلیل عدم جذب طول‌موج قرمز و جذب طول-موج‌های دیگر در ناحیه مرئی است.

همچنین پس از نوردهی نمونه با پرتو سبز رنگ لیزر Nd:YAG، لکه‌های سبز رنگ بر جای می‌ماند (a2, b2). نهایتاً، با تابش پرتو لیزر بنفش به نمونه، مکان نوردهی، بنفش دیده می‌شود. گویا طول‌موج پرتوهای لیزری در نمونه‌های Ag-AgCl ثبت و ذخیره می‌شود، مستقل از اینکه پرتو فرودی قطبیده یا ناقطبیده باشد.

برای توجیه این رفتار لایه‌های نازک Ag-AgCl پس از نوردهی توسط لیزر، می‌توان از مفهوم تشدید پلاسمونی سطحی[۱] (SPR) و بیناب جذب نانوذرات نقره استفاده کرد [۴] که در زیربخش بعدی به بررسی آن خواهیم پرداخت.

[۱] Surface plasmon resonance

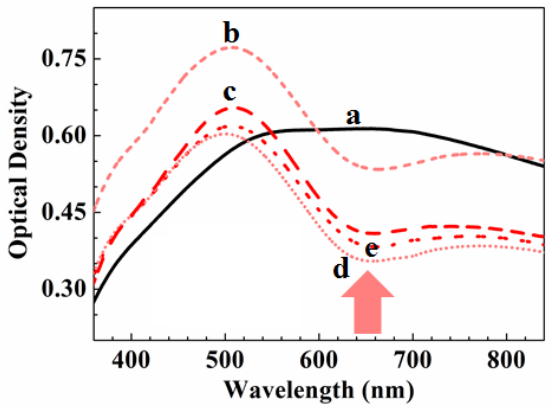
این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from opsi.ir on 2024-03-29]

۱-۲- بیناب‌های جذبی لایه‌ی نازک Ag-AgCl

تشدید پلاسمون سطحی نانوذرات نقره که سبب جذب پرتو نور می‌شود، تابعی از شکل، اندازه و فاصله نسبی بین نانوذات نقره است. ضریب شکست محیط اطراف نانوذرات نیز بر طول‌موج جذب نانوذرات اثر می‌گذارد.

در شکل ۳، بیناب جذب نمونه‌ی Ag-AgCl قبل و پس از نوردهی با پرتوهای قطبیده و ناقطبیده لیزر هلیوم-نئون ($\lambda_r = 632.8nm$) نشان داده شده است.

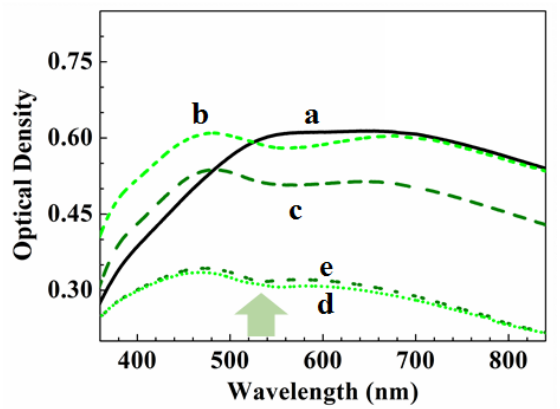


شکل ۳- بیناب جذبی Ag-AgCl، (a) قبل، (b و c) پس از نوردهی با پرتوهای قطبیده، (d و e) پرتوهای ناقطبیده لیزر هلیوم-نئون.

لایه‌ی نازک Ag-AgCl قبل از نوردهی (a)، دارای بیناب جذبی ناهمگن پهن است که نشان دهنده‌ی وجود نانوذرات نقره با توزیع اندازه نسبتاً پهنی است. با تابش لیزر هلیوم-نئون چال‌سوزی نوری رخ می‌دهد و حفره در نزدیکی طول-موج لیزر ایجاد می‌شود. مرکز حفره نسبت به طول‌موج پرتو لیزری ($\lambda_r = 632.8nm$) کمی جابجایی به سمت قرمز دارد که دلیل آن ضریب شکست بالای بستر نانوذرات نقره ($n_{AgCl}=2.06$) است.

همچنین در شکل ۳ نشان داده‌ایم، هنگامی که نوردهی با پرتو قطبیده‌ی لیزری انجام می‌شود، میزان جذب نمونه در راستای افقی (b) و عمودی (c) متفاوت است. جذب در راستای افقی نمونه بیشتر است. از سوی دیگر، هنگامی که نمونه تحت تابش پرتو ناقطبیده‌ی لیزری قرار می‌گیرد، جذب در دو راستای افقی (d) و عمودی (e) نمونه یکسان است. بنابراین، ضمن ذخیره‌سازی طول‌موج پرتو لیزر در لایه‌ی نازک Ag-AgCl، قطبش پرتو فرودی را نیز می‌توان ذخیره کرد.

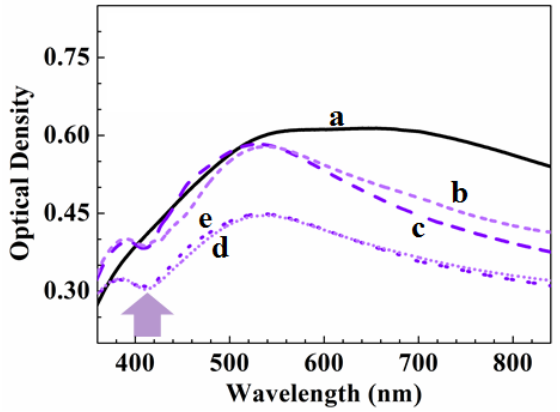
در شکل ۴، بیناب جذب نمونه‌ی Ag-AgCl قبل و پس از نوردهی با پرتوهای قطبیده و غیرقطبیده لیزر Nd:YAG با طول موج $\lambda_g = 532nm$ نشان داده شده است.



شکل ۴- بیناب جذبی Ag-AgCl، (a) قبل، (b و c) پس از نوردهی با پرتوهای قطبیده، (d و e) پرتوهای ناقطبیده لیزر .Nd:YAG.

شکل ۴ نشان می‌دهد که مرکز حفره ایجاد شده در نزدیکی طول‌موج لیزر Nd:YAG است ($\lambda_g = 532nm$) و کمی جابجایی به سمت قرمز دارد.

در شکل ۵، بیناب جذب نمونه‌ی Ag-AgCl قبل و پس از نوردهی با پرتوهای قطبیده و ناقطبیده لیزر بنفش با طول موج $\lambda_v = 405nm$ نشان داده شده است.



شکل ۵- بیناب جذبی Ag-AgCl، (a) قبل، (b و c) پس از نوردهی با پرتوهای قطبیده، (d و e) پرتوهای ناقطبیده لیزر دیودی بنفش.

شکل ۵ نشان می‌دهد که مرکز حفره ایجاد شده در نزدیکی طول‌موج لیزر دیودی بنفش ($\lambda_v = 405nm$) است و کمی جابجایی به سمت قرمز دارد.

می‌توان این گونه نتیجه گرفت که با تابش لیزر، نانوذرات که طول‌موج پلاسمون سطحی آن در تشدید با طول‌موج پرتو لیزر است، در اثر جذب پرتو لیزر تغییر اندازه می‌دهد. در نتیجه نانوذراتی که پلاسمون‌های سطحی آنها در تشدید با طول‌موج پرتو لیزر است، کاهش می‌یابند و نانوذرات با اندازه‌های بزرگتر و کوچکتر تولید می‌شوند.

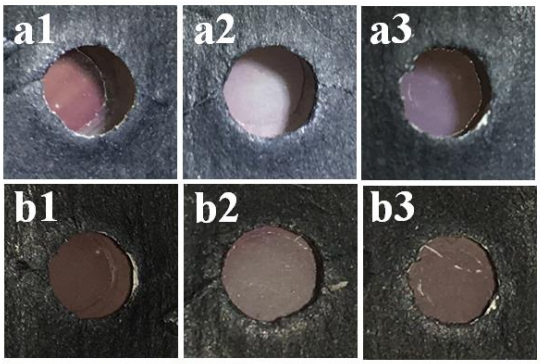
این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from opsi.ir on 2024-03-29]

۲-۲- پاک‌سازی اطلاعات ذخیره شده

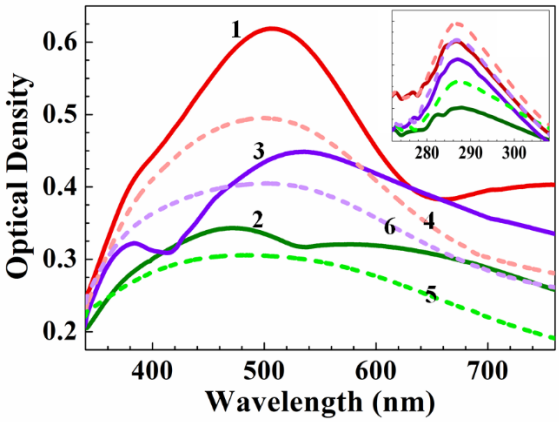
به منظور پاک‌سازی اطلاعات ذخیره شده در لایه‌ی نازک Ag-AgCl که توسط پرتوهای لیزر، نمونه را به مدت هشت ساعت تحت تابش نور سفید (نور خورشید) قرار می‌دهیم.

در شکل ۶، لکه‌های قرمز (a1)، سبز (a2) و بنفش (a3) روی نمونه Ag-AgCl به ترتیب مربوط به نواحی است که توسط لیزرهای هلیوم-نئون، Nd:YAG و دیودی بنفش نوردهی شده است. با تابش هشت ساعتی نور سفید خورشید، این نقاط که به ترتیب با b1، b2 و b3 در شکل ۶ نشان داده شده‌اند، رنگ خود را از دست داده‌اند.



شکل ۶- لایه‌ی Ag-AgCl (a) قبل از تابش نور سفید و (b) بعد از تابش نور سفید. نقاط a1 و b1 با پرتوهای لیزر هلیوم-نئون، a2 و b2 با لیزر Nd:YAG و a3 و b3 با لیزر دیودی بنفش نوردهی شده است.

برای تأیید نتیجه به دست آمده، بیناب جذب نقاط a1، a2، a3، b1، b2 و b3 در شکل ۶ به ترتیب در شکل ۷ با منحنی-های جذب 1، 2، 3، 4، 5 و 6 نشان داده شده است.



شکل ۷- بیناب جذب لایه‌ی نازک Ag-AgCl قبل از اینکه تحت تابش نور سفید قرار گیرد که به ترتیب 1، 2 و 3 با لیزرهای هلیوم نئون، Nd:YAG و دیودی بنفش نوردهی شده است. با همین ترتیب 4، 5 و 6 بیناب جذب نمونه‌ها بعد از تابش نور سفید است.

مطابق شکل ۷ با تابش نور سفید خورشید به نمونه‌ها، اثر چال‌سوزی مربوط به تابش لیزر از بین می‌رود. در واقع، شکل همه نمودار جذب بعد از تابش نور سفید ی یکسان به نظر می‌رسد.

همچنین میزان جذب پس از تابش نور سفید کاهش یافته که دلیل آن تبدیل اتمهای نقره به یون‌های نقره است. بررسی بیناب جذب در طول‌موج 290nm (در گوشه سمت راست شکل ۷) که مربوط به یون‌های نقره است، نشان می-دهد که تعدادی یون‌های نقره پس از تابش نور سفید، افزایش یافته است. به همین دلیل، پس از تابش نور سفید، میزان جذب در طول‌موج 290nm افزایش یافته است. با تابش پرتو UV می‌توان یون‌های نقره را به اتم‌های خنثی نقره تبدیل کرد. بنابراین، می‌توان لایه‌ی نازک Ag-AgCl را بازیابی کرد و به طور مجدد برای ذخیره‌سازی طول‌موج و قطبش از آن استفاده کرد.

۳- نتیجه‌گیری

دراین مقاله نشان دادیم که لایه‌ی نازک Ag-AgCl بر زیرلایه‌ی شیشه‌ای، لایه‌ی حساس به نور است که توانایی ذخیره‌سازی ویژگی‌های پرتوهای لیزری مانند طول‌موج و قطبش را در ناحیه مرئی دارد. ذخیره‌ی طول‌موج‌های مختلف در این لایه‌های نازک، مستقل از این واقعیت است که پرتو لیزر قطبیده یا ناقطبیده باشد.

همچنین نشان دادیم که با تابش نور سفید، می‌توان اطلاعات ذخیره شده را پاک‌سازی و لایه‌ی Ag-AgCl را با تابش پرتو UV بازیابی کرد. بنابراین، این لایه‌های نازک گزینه‌ی مناسبی برای ساخت حافظه‌های تجدیدپذیر هستند.

مراجع

[1] A. Nahal, R. Talebi, “Ellipticity-dependent laser-induced optical gyrotropy in AgCl thin films doped by silver nanoparticles”, Journal of Nanoparticle Reasearch, 16, 2442 (2014).

[2] R. Talebi, A. Nahal, M. Y. Bashouti, S. H. Christiansen, “Optical nano-structuring in light-sensitive AgCl-Ag waveguide thin films: Wavelength effect” Optics Express, 22, 25 (2014).

[3] W. Wang, N. Xie, L. He, Y. Yin, “Photocatalytic colour switching of redox dyes for ink-free light-printable rewritable paper”, Nature Communications, 5:5459 (2014).

[۴] طالبی، راضیه، رساله دکتری، "ویژگی‌های اپتیکی نانوساختارهای نظم یافته‌ی Ag، AgCl-Ag، AgI-Ag با کمک نور قطبیده‌ی لیزر و میدان الکتریکی خارجی DC بر روی بسترهای دی‌الکتریک"، دانشگاه تهران، ۱۳۹۳.

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from opsi.ir on 2024-03-29]