بیست و یکمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و هفتمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۲۳ تا ۲۵ دی ماه ۱۳۹۳، دانشگاه شهید بهشتی

بررسی تأثیر توان پرتو کاوش در اندازه‌گیری میزان دوشکستی لایه‌های پلیمری شامل رنگینه‌ی آزو به‌روش تشدید پلاسمون سطحی

آی‌ناز غفاری اقدم، علی جندقیان، محمدرضا شریفی‌مهر، محسن کوهکن و عزالدین مهاجرانی

آزمایشگاه فوتونیک مواد آلی و پلیمرها، پژوهشکده لیزر، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

چکیده- غالباً در انجام آزمایش‌ها به‌روش تشدید پلاسمون سطحی، از پرتو لیزر هلیوم-نئون با طول موج ۶۳۲*nm* به عنوان پرتو کاوش استفاده می‌شود با این فرض بدیهی که این پرتو، هیچ تأثیری در عملکرد سیستم مورد نظر ندارد ولی در بررسی حاضر نشان داده می‌شود که در هنگام استفاده از این طول موج به عنوان پرتو کاوش، باید محدودیت‌هایی در نظر گرفته شود. برای بررسی دمش تمام اپتیکی لایه‌ی پلیمری شامل رنگینه‌ی آزو از روش پلاسمون سطحی استفاده شده و میزان دو شکستی القایی در دو رنگینه‌ی متفاوت، اندازه‌گیری و مقایسه شده است.

کلمات کلیدی: پرتوی کاوش، تشدید پلاسمون سطحی، دوشکستی القایی، رنگینه آزو، سوئیچ تمام اپتیکی

Investigation of power of probe on birefringence measurement of polymeric thin fims containing Azo dye using surface plasmon resonsnce method

A. Ghafary, A. Jandaghian, M.R. Sharifimehr , M. Kouhkan and E. Mohajerani

Laser Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Abstract: Quit often Helium neon lasers with ۶۳۲ nm wavelength are used in experiments in surface plasmon resonance technic as probe light, with this obvious assumption that the probe beam has no effect on system's performance, But present investigation shows that using these wavelengths probe beam, requires some limitations. To examine all optical pumping polymer layer that possess Azo dyes, surface plasmon and induced birefringence in two different dyes have been measured and compared.

Keywords: all optical switching, azo dye,birefringence,probe beam,surface plasmon resonance

[Downloaded from opsi.ir on 2026-07-02]

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

۱- مقدمه

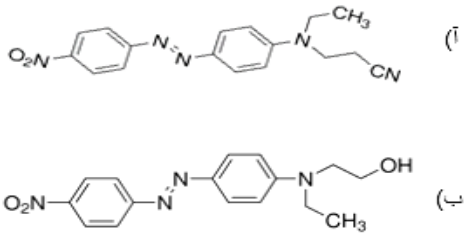
رنگینه‌های آزو به واسطه‌ی پایداری محیطی، سهولت آماده‌سازی و خواص اپتیکی و الکترونیکی، بسیار مورد توجه هستند[۱]. در سال ۱۹۳۷ اولین گزارش در مورد اثر نور بر تغییر آرایش فضایی در باند دو گانه آزو N=N توسط هارتلی[۱] منتشر شد.

این رنگینه‌ها دارای ویژگی بارز فوتوایزومریزاسیون ترنس-سیس-ترنس هستند که در اثر آن رنگینه تحت تابش باریکه‌ی قطبیده خطی، چرخش پیدا می‌کند و با تغییر شکل، ناهمسانگردی در ماده القا شده و ضریب شکست در دو راستای هم جهت با میدان الکتریکی نور و عمود بر جهت میدان نوری با هم متفاوت می‌شود که این ویژگی برای ایجاد کلیدزنی[۲] تمام اپتیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۳و۲].

۲- بخش تجربی

۲-۱ آماده سازی نمونه

رنگینه‌های مورد استفاده در این تحقیق Disperse Orange ۲۵(DO۲۵) و Disperse Red ۱(DR۱) هستند که ساختار شیمیایی آنها در شکل ۱ نشان داده شده و با درصد جرمی ۵٪ در پلیمر PMMA به روش میهمان میزبان توزیع می‌شوند، حلال مورد استفاده در تهیه‌ی این محلول‌ها دی کلرومتان است که حلال مشترک هر سه آنها به حساب می‌آید .

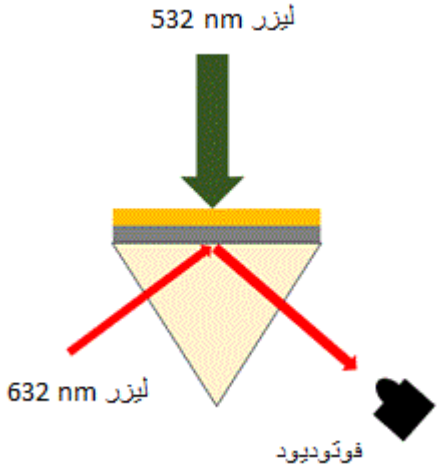


شکل۱: ساختار شیمیایی رنگینه‌های مورد استفاده. آ)رنگینه DO۲۵، ب)رنگینه DR۱

در اینجا از یک منشور ۶۰ درجه که روی یک قاعده‌ی آن لایه نشانی صورت گرفته، استفاده می‌شود. بعد از شستن منشور با محلول آب، صابون و استون و سپس خشک کردن آن با دستمال اپتیکی، ابتدا لایه نقره به روش لایه نشانی تبخیری به ضخامت ۴۷ نانومتر ودر لایه بعدی محلول پلیمر و رنگینه در سیستم میهمان میزبان به روش لایه نشانی چرخشی به ضخامت تقریبی ۲۰۰ نانومتر و در نهایت لایه نازکی از نقره به روش تبخیری به ضخامت ۴۷ نانومتر لایه نشانی شده است.

۲-۲ چیدمان آزمایش

چیدمان استفاده شده در این اینجا چیدمان کرشمن[۳] [۴] است که در شکل ۲ نشان داده شده است.

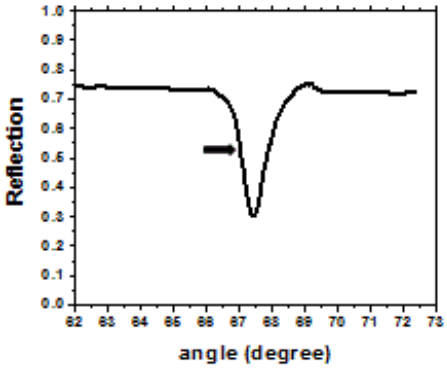


شکل ۲: چیدمان اندازه‌گیری به روش تشدید پلازمون سطحی

در این چیدمان از لیزر سبز ۵۳۲nm به عنوان پرتوی لیزر دمش و از لیزر قرمز۶۳۲nm به عنوان پرتوی لیزر کاوش استفاده می‌شود.

به منظور دمش تمام اپتیکی از روش تشدید پلاسمون[۴] سطحی استفاده می‌شود به طوریکه پرتوی لیزر دمش به داخل منشور و روی قاعده ای که لایه نشانی شده فرود می‌آید و میزان تغییرات بازتاب پرتوی کاوش توسط فوتودیود اندازگیری می‌شود. ابتدا میزان بازتاب برای تمام زوایا اندازگیری و نمودار شدت بازتاب بر حسب زاویه رسم شده که در شکل ۳ نشان داده شده است[۴]. نمودار حاصل دارای دو بخش است و در آن زاویه‌ای وجود دارد که میزان بازتاب به مقدار کمینه‌ی خود می‌رسد، در این زاویه تشدید پلازمون سطحی رخ می دهد. نقطه‌ی وسط سمت چپ نمودار به عنوان زاویه کاری انتخاب شده و در تمام آزمایش‌ها این زاویه تغییر نخواهد کرد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-07-02]



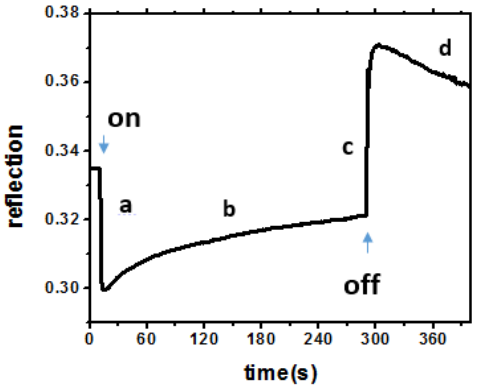
شکل ۳: نمودار بازتاب از سطح داخلی منشور برای زوایای مختلف

۳- بررسی و تحلیل نتایج

دربخش اول آزمایش، تاثیر توان پرتوی لیزر کاوش بر نتایج آزمایش دو شکستی مورد بررسی قرار گرفته است به این صورت که ابتدا با اعمال باریکه لیزر دمش با طول موج ۵۳۲ نانومتر که در ناحیه‌ی طیف جذبی رنگینه قرار دارد، تعداد زیادی از مولکول‌های رنگینه آزو به دلیل فرآیند فوتوایزومریزاسیون به طور ناگهانی و سریع در جهت عمود بر قطبش باریکه‌ی دمش اعمال شده به نمونه جهت‌گیری می‌کنند که این فرآیند در قسمت a نمودار شکل ۴ نشان داده شده است. این مورد، معادل جابه‌جایی نمودار نشان داده شده در شکل ۳ به سمت چپ می‌باشد که از نمونه‌ی DO۲۵ گرفته شده است و بیانگر کاهش ضریب شکست محیط و در نتیجه افت ناگهانی بازتاب از سطح داخلی منشور می‌باشد بنابراین در این حالت پرتوی لیزر کاوش به درون لایه‌ای که در سطح خارجی قاعده‌ی منشور لایه نشانی شده، نفوذ کرده و تشدید پلازمون سطحی افزایش می‌یابد.

پرتوی لیزر دمشی سعی در افزایش جهت‌گیری و ایجاد نظم در رنگینه‌ها دارد ولی در مقابل، به دلیل وجود جذب اندک رنگینه در طول موج پرتوی کاوش و نیز امکان جذب باریکه لیزر کاوش توسط لایه فلزی،در نتیجه دمای محیط کمی افزایش یافته که باعث جهت‌گیری تصادفی رنگینه‌ها در شبکه‌ی پلیمری می شود و با فرآیند ناشی از اعمال پرتوی دمش در ایجاد نظم که باعث کاهش ضریب شکست و جابه جایی نمودار شکل ۳ به سمت چپ یعنی کاهش بازتاب از سطح منشور رقابت می‌کند و افزایش بازتاب از سطح منشور را درپی دارد و نمودار شکل۴ بعد از مدتی به جای پائین رفتن،بالا می رود. افزایش بازتاب پرتوی کاوش، به‌معنی کاهش تشدید پلازمون سطحی و انتقال نمودار شکل ۳ به سمت راست می‌باشد.

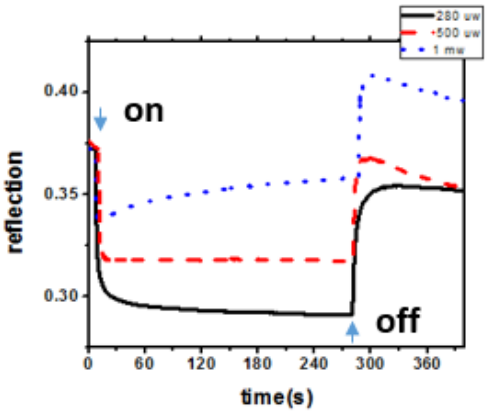
در نتیجه این فرآیند، بازتاب به تدریج و به کندی افزاش می‌یابد و سعی در نامنظم کردن رنگینه‌ها دارد که در شکل ۴ قسمت b نمودار نشان داده شده است. با قطع پرتوی لیزر دمش و عدم وجود عامل ایجاد نظم برای مولکولهای رنگینه، به دلیل افزایش ضریب شکست محیط در راستای مورد نظر و انتقال نمودار شکل ۳ به سمت راست، میزان بازتاب پرتوی کاوش به طور ناگهانی افزایش یافته و تشدید پلازمون سطحی کاهش می‌یابد که این فرآیند در قسمت c نمودارشکل ۴ نشان داده شده است. پس از قطع شدن پرتوی پمپ و به تعادل رسیدن دمای محیط و همچنین جهت‌گیری کاملاً تصادفی رنگینه‌ها، ضریب شکست محیط به آهستگی کاهش یافته و در نتیجه کاهش بازتاب پرتوی کاوش نیز به کندی شروع به کاهش می‌نماید که این فرآیند در قسمت d نمودارشکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴: نمودار بازتاب برحسب زمان برای رنگینه‌ی DO۲۵ با اعمال نور لیزر دمشی با توان ۲میلی وات.

در شکل ۵، نمودارهای حاصل از انجام فرآیند آزمایش برای سه توان مختلف پرتوی کاوش آورده شده است. چون پلاسمون سطحی بسیار به تغییر دما حساس است باتوجه به شکل زیر با افزایش توان باریکه پراب،افزایش دمای ایجاد شده بیشتر شده و در نامنظم تر شدن رنگینه ها در محیط پلیمری تاثیر بیشتری دارد. با توجه به این نمودارها، واضح است که انجام آزمایش با توان نامناسب پرتوی کاوش، علاوه بر کاهش سطح سیگنال، باعث تغییر شکل نامناسب سیگنال نیز می‌شود.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-07-02]

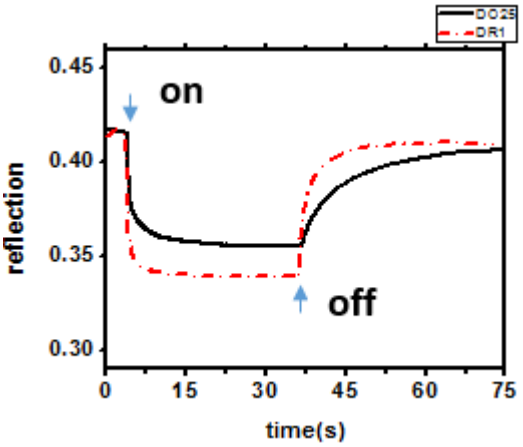


شکل۵: نمودار بازتاب برحسب زمان برای رنگینه ی DO۲۵ در توان های ۲۸۰ و ۵۰۰ میکرو وات و ۱میلی وات.

با وجود آنکه انتظار می‌رفت توان پرتوی کاوش، تأثیری بر نتایج آزمایش نداشته باشد و این امر همواره به صورت یک فرض بدیهی در نظر گرفته می‌شود، با توجه به بررسی انجام شده مشخص گردید که عدم توجه به ویژگی‌های پرتوی کاوش-مخصوصاً توان مناسب- می‌تواند نتایج حاصل از انجام آزمایش را تحت تأثیر قرار دهد.

در بخش دوم آزمایش، دوشکستی القایی دو رنگینه‌ی آزو تحت تابش نور لیزر دمش با مدت زمان و توان یکسان مورد مقایسه قرار گرفته است. در نمودار شکل ۶ میزان بازتاب پرتوی کاوش ناشی از دوشکستی القایی برای دو رنگینه‌ی DO۲۵ و DR۱ نشان داده شده است. پس از گذشت مدت زمان یکسان ۳۳ ثانیه از تابش پرتوی لیزر دمش، سطح سیگنال رنگینه‌ی DO۲۵ کمتر است ولی بازگشت به حالت تعادل برای این رنگینه با شیب کمتری نسبت به رنگینه‌ی DR۱ روی می‌دهد که نشان دهنده‌ی وجود حافظه‌ی اپتیکی بهتری در سیستم است و مدت زمان طولانی‌تری را نسبت به رنگینه‌ی DR۱ برای رسیدن به حالت تعادل نیاز دارد.

این دو رنگینه دارای گروه‌های مشترک کشنده‌ی قوی NO_2 در سمت چپ و یک گروه دهنده‌ی CH_3 در سمت راست خودشان هستند؛ علاوه بر این، دارای یک گروه عاملی غیر مشترک هستند،DR۱ در سمت راست خود دارای یک گروه دهنده‌ی OH و DO۲۵ نیز دارای یک گروه دهنده‌ی CN است و گروه عاملی OH نسبت به CN گروه دهنده‌ی الکترون قوی تری است و اختلاف میزان دو شکستی القا شده در این دو رنگینه به این دلیل است.



شکل۶ : نمودار بازتاب پرتوی کاوش بر حسب زمان برای دو رنگینه در هنگام روشن و خاموش کردن پرتوی لیزر دمش.

۴- نتیجه‌گیری

در هنگام انجام آزمایش‌های دقیق و استفاده از چیدمان‌های با حساسیت بالا، مانند چیدمان کرشمن که روش تشدید پلازمون سطحی را مورد استفاده قرار می‌دهد، به‌منظور اجتناب از بروز نتایج نامناسب، توان پرتوی کاوش باید با دقت تنظیم گردد. در بررسی انجام شده، دو شکستی القایی لایه‌های پلیمری حاوی رنگینه‌های DO۲۵ و DR۱ مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. همچنین پاسخ دو رنگینه‌ی فوق در توان مناسب پرتوی کاوش مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت و مشخص شد که رنگینه‌ی DO۲۵ با وجود داشتن سطح سیگنال کمتر، حافظه‌ی اپتیکی بهتری نسبت به رنگینه‌ی DR۱ می‌باشد.

۵- مراجع

[۱] R. Tabone and M. Barra, “Dyes and Pigments Thermal cis-to-trans isomerisation of triazene dyes in doped polymer films,” *Dye. Pigment.*, vol. ۸۸, no. ۲, pp. ۱۸۰–۱۸٦, ۲۰۱۱

[۲] حسین نتاج ناهید،مهاجرانی عزالدین،*بررسی اثر دما بر دو شکستی القایی در فیلم های پلیمری آلایئده با رنگینه آزو*،کنفرانس اپتیک وفوتونیک ایران،شیراز ۸۴۰

[۳] R. Alicante, *Photoinduced Modifications of the Nonlinear Optical Response in Liquid Crystalline Azopolymers*, Springer Theses, Springer-Verlag Berlin Heidelberg ۲۰۱۳

[٤] S.A.Maier, *Plasmonics Fundamentals and Applications*,Springer ,university of bath,UK,۲۰۰۷

[Downloaded from opsi.ir on 2026-07-02]