



بیست و پنجمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و یازدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه شیراز،
شیراز، ایران.
۱۳۹۷ بهمن ۹-۱۱



مشاهده و بررسی توری شدتی هولوگرافی برگشت پذیر در فیلم پلیمری حاوی رنگینه DR1

حامد قامت، عزالدین مهاجرانی

گروه حسگرهای فضایی، پژوهشکده مکانیک، پژوهشگاه فضایی ایران
ایران، تهران، دانشگاه شهید بهشتی، پژوهشکده لیزر و پلاسما، آزمایشگاه فوتونیک مواد آلی و پلیمر

چکیده - در این مقاله قصد داریم با استفاده از لیزر Nd:YVO4 که طول موج آن در ناحیه ی جذب رنگینه است، یک طرح تداخلی به روش تداخل دو پرتویی بر روی یک نمونه ی لایه نشانی شده از پلیمر ایجاد کنیم. این نمونه حاوی یک لایه ی رنگینه DR1، که در پلیمر PMMA به روش میهمان- میزبان دوپ شده است. پس از آن با تابش لیزر He-Ne، طرح پراشی ناشی از آن را مشاهده خواهیم کرد. در پایان نشان خواهیم داد که با قطع لیزر Nd:YVO4 و از بین رفتن طرح تداخلی، اثر پراش لیزر He-Ne حذف می شود.

کلید واژه- طرح تداخلی، تداخل دو پرتویی، طرح پراشی، ناحیه ی جذب، دوپ کردن

Observation and Investigation the Switchable Holographic Intensity Grating in Dye Dopped Polymer Film

Hamed Ghamat(hamedghamat@gmail.com), Ezeddin Mohajerani(e-mohajerani@sbu.ac.ir)

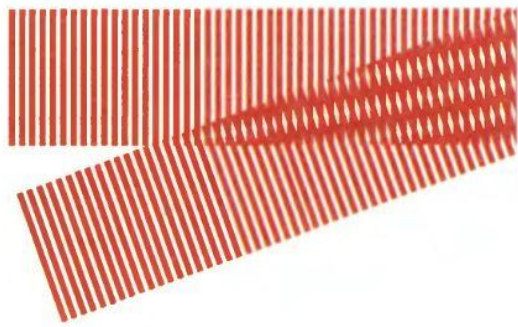
Space Sensor Group, Institute of Mechanics, Iranian Space Research Center
Organic Materials & Polymers Photonics Laboratory, Laser & Plasma Research Institute, Shahid Beheshti
University, Tehran, Iran.

Abstract- In this paper, we intend to use a Nd: YVO4 laser, whose wavelength is in the dye absorption region, to create a double-beam interference scheme on a polymer-bearing layer sample. This sample contains a dye layer of DR1, doped in PMMA polymer, in the guest-host method. Afterwards, with He-Ne laser radiation, we will see the diffraction caused by it. In the end, we will show that, by disconnecting the Nd: YVO4 laser and eliminating the interference pattern, the He-Ne dispersion laser effect is eliminated.

Keywords: Interference pattern, Dual-beam interference, Diffraction pattern, Absorption region, Dopped

$$I = 2I_0 [1 + \cos(k \sin \theta x)] \quad (3)$$

این الگو نسبت به x با تناوب $2\pi/k \sin \theta = \lambda/\sin \theta$ تغییر می کند. برای مثال، اگر $\theta = 30^\circ$ باشد تناوب برابر 2λ است. از این رو تداخل دو موج صفحه ای مایل می تواند به عنوان روشی برای چاپ الگوی متناوب با دقت بالا، برای استفاده به عنوان توری پراش به کار گرفته شود. همچنین روشی برای سنجش زاویه θ یک موج از طریق مخلوط کردن آن با یک موج مرجع و ثبت توزیع شدت حاصله است که اساس کار هولوگرافی می باشد.



شکل ۱: تداخل دو موج صفحه ای که تحت زاویه θ نسبت به یکدیگر حرکت می کنند.

حال یک توری پراش شفاف که ضریب شکست آن با متناوب Λ تغییر میکند را در نظر بگیرید. این توری امواج نور تختی، با طول موج $\lambda \ll \Lambda$ را که تحت زاویه θ ی محور عمود بر توری تابیده شود را به صورت زیر پراشیده می کند. [۳]

$$\theta_q = \theta + \frac{q\lambda}{\Lambda} \quad (4)$$

۳ مواد و چیدمان آزمایش

برای درست کردن نمونه از فرآیند میهمان-میزبان PMMA-DR1 (۵٪) استفاده شد که حلال آن دی کلرو متان است. پلیمر PMMA نقش میزبان را داشت. این پلیمر دارای ضریب شکست 1.52 و دمای گذار شیشه ای 125 درجه است. تمام این مواد از شرکت آلدریج خریداری

۱ مقدمه

مواد ناهمسانگرد نوری برای کاربردهایی مانند ذخیره سازی اطلاعات و پردازش مورد توجه قرار دارند. در میان این مواد پلیمرهای حاوی رنگینه به علت داشتن دوشکستی القایی بالا از اهمیت ویژه ای برخوردارند. این پلیمرها از زمان های بسیار دور به خاطر امکان ضبط توری هولوگرافیک مورد توجه بوده اند [۲۱]. هر موج نوری را می توان به عنوان یک میدان برداری به وسیله شدت و قطبش آن توصیف کرد. هنگامی که دو پرتو با شدت و قطبش مشخص با هم تلاقی می کنند، یک میدان برداری کل در ناحیه تلاقی ایجاد می شود که می تواند شدت و یا قطبشی متفاوت از شدت، و یا قطبش هر یک از پرتوهای تلاقی کننده داشته باشد.

۲ تئوری آزمایش

در روش تداخل دو پرتویی پرتوی لیزر به دو قسمت مساوی تقسیم شده و بر روی نمونه با هم تلاقی داده می شوند. از آنجا که نمونه، نسبت به طول موج فرودی حساس است، طرح تداخلی ایجاد شده، نمونه را تحت تاثیر قرار داده و ضریب شکست آن به طور متناوب تغییر می دهد. حال تداخل دو موج صفحه ای را در اینجا بررسی می کنیم. تداخل دو موج صفحه ای با شدت های مساوی را در نظر بگیرید: یکی در جهت Z ها،

$$U_1 = \sqrt{I_0} \exp(-jkz) \quad (1)$$

و دیگری تحت زاویه θ نسبت به Z در صفحه $X-Z$

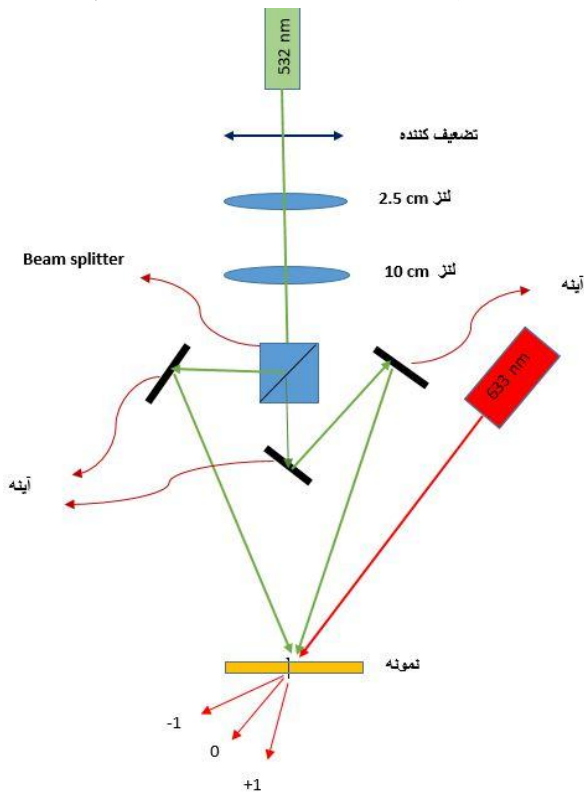
$$U_2 = \sqrt{I_0} \exp(-j(k \cos \theta z + \quad (2)$$

$$k \sin \theta x)$$

همان طور که در شکل ۰ ترسیم شده منتشر می شود.

در صفحه $z=0$ دو موج دارای اختلاف فاز $\varphi = kx \sin \theta$ هستند که از آن معادله تداخل شدت کل زیر بدست می آید.

DR1 در جهت قطبش جهت گیری کرده و ضریب شکست در این نواحی تغییر می کند. توان کل باریکه های پمپ $1/5\text{mW}$ و توان باریکه پروب 3mW بوده است. از آنجا که زمان تشکیل توری به زاویه ی بین دو پرتو بستگی ندارد، نتایج این آزمایش تنها به ازای زاویه ی 15° درجه گزارش شد. برای مطالعه ی خصوصیات توری تشکیل شده از یک باریکه ی لیزر هلیوم-نئون با طول موج 633 nm استفاده شد. بدین صورت که مرتبه ی اول باریکه لیزر پروب پراشیده شده از توری در هر آزمایش به اشکارساز، و سپس به پاورمتر می رسید تا منحنی تغییرات شدت باریکه پراشیده از توری برحسب زمان رسم شود.



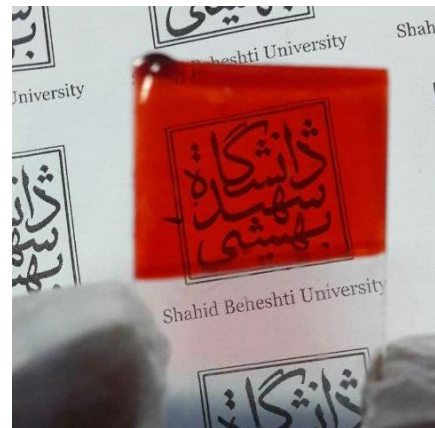
شکل ۳: چیدمان تشکیل توری به روش تداخل دوپرتویی و پراش لیزر He:Ne از آن

۴ نتایج تجربی

پس از چیدن ستاپ توری هولوگرافی، ابتدا پرتو لیزر هلیوم-نئون از آن پراشیده می شود. شکل ۴ مربوط به پراش پرتو این لیزر از توری است. همان طور که در شکل مشاهده می شود، بیشتر توان لیزر در مرکز متمرکز شده است. دلیل آن به خاطر کوتاه بودن گام توری و همچنین

شده بود. در این آزمایش از 5% درصد جرمی رنگینه در پلیمر، در حلال دیکلرومتان به حجم 20 ml میلی لیتر رسانده بودیم، استفاده شد. بعد از وزن کردن، پلیمر میزبان را در یک ظرف در پوشیده ریخته و به وسیله ی همزمن مغناطیسی آنقدر آن را هم میزنیم تا تمامی پلیمر در داخل حلال حل شود. سپس آن را به مدت دو ساعت در داخل اولتراسونیک قرار می دهیم تا مطمئن شویم تمامی پلیمر در داخل حلال حل شده است.

برای لایه نشانی نمونه از روش لایه نشانی فرورودنی استفاده شد. زیرا می خواستیم نمونه نسبتاً یکنواخت شود. در این روش محلول حاوی پلیمر و رنگینه DR1 را در یک ظرف به حجم 25 ml میلی لیتر ریخته و توسط یک نگهدارنده که توسط یک موتور بالا و پایین می رود نمونه را داخل محلول کرده و بسته به ضخامت مورد نیاز، با ولتاژ مناسب آن را خارج می کنیم. بدین ترتیب لایه ای به ضخامت $4/7\text{ }\mu\text{m}$ میکرون بر روی لایه ی پوسته ایجاد شد.



شکل ۲: نمونه ساخته شده برای آزمایش

همان طور که در چیدمان آزمایش در شکل دیده می شود، از تداخل دو باریکه لیزر Nd:YVO4 با طول موج 532 nm (پرتوهای پمپ) برای ایجاد توری استفاده شده است زیرا ناحیه جذبی نمونه در ناحیه ی طول موجی 500 nm می باشد. در این حالت در نقاط تاریک ضریب شکست تغییر نمی کند اما در نقاط روشن به علت فرآیند فوتوایزومریزاسیون ترانس-سیس-ترانس ملکول های

نتیجه‌گیری

در این مقاله ساخت توری آنی برگشت پذیر بر روی فیلم تشکیل شده از پلیمر و رنگینه DR1 با کمک اثر فوتوایزومریزاسیون ترنس-سیس انجام شد. در اثر تابش نور لیزری در محدوده‌ی جذب فیلم پلیمری، ضریب شکست ناحیه‌ای که تحت تابش لیزر قرار گرفت نسبت به نواحی که تحت تابش نور قرار نگرفت تغییر کرد. روش استفاده شده برای ایجاد توری روش ساخت توری هولوگرافی بود. این روش قابلیت ساخت توری‌هایی با گام‌های متغیر با ابعاد بسیار کوتاه را داراست به طوری که با تغییر زاویه‌ی بین دو پرتو تداخلی و در نتیجه‌ی آن تغییر گام توری می‌توانیم میزان پراش را تغییر دهیم.

ساخت توری با روش تداخل دو پرتوی، می‌تواند از لحاظ زمان، هزینه و مصرف مواد نسبت به سایر روش‌ها به صرفه‌تر باشد. از طرفی این توری را می‌توان بر روی موجبرها و حتی فیبرهای نوری تکرار کرد و از آن در ساخت سنسورها، شتاب دهنده‌ها و غیره استفاده کرد [۴]. از مزیت‌های دیگر این توری‌ها کاهش میزان پراکندگی و همچنین یکنواخت بودن سطوح ناشی از تغییرات ضریب شکست است.

مرجع‌ها

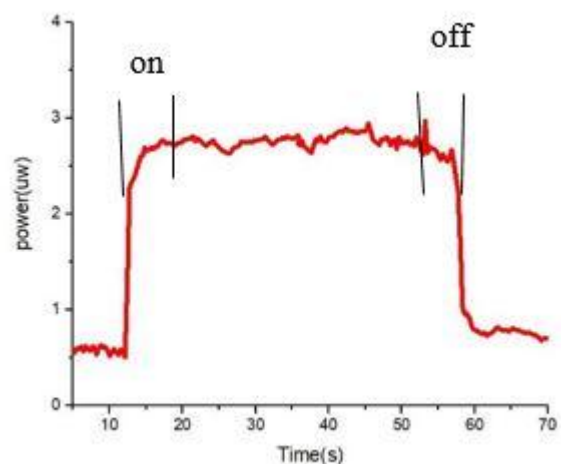
- [1] Sh.Kakichashvili, Opt.Spectrosc.33,17-174(1972).
- [2] P.S.Ramanujam,..."Erasable holographic storage in azobenzene polyesters and peptides", SPIE Proceedings, Vol.3011, San Jose, 1997, pp.319-326
- [3] Teich, Malvin Carl, and B. Saleh "Fundamentals of photonics Canada. Wiley Interscience 3 2007
- [4] حامد، قامت، عزالدین مهاجرانی " ساخت توری براگ برگشت پذیر بر روی موجبر پلیمری دوپ شده به رنگینه DR1 با استفاده از روش تداخل دوپرتویی "، بیست و چهارمین کنفرانس فوتونیک ایران

کم بودن تغییرات ضریب شکست در هر دوره است که در نتیجه کم بودن تغییرات فاز در هر گام ناشی می‌شود. با تغییر زاویه‌ی پرتوهای تشکیل دهنده توری، می‌توان میزان پراکندگی را تغییر داد. در شکل زیر پراش مرتبه اول لیزر به ازای زاویه‌ی ۱۵ درجه دیده می‌شود. با توجه به مباحث گفته شده در تئوری گام توری معادل تقریباً ۲/۵ میکرون می‌باشد.



شکل ۴: طرح پراشی مرتبه اول لیزر هلیوم-نئون ناشی از توری هولوگرافی ایجاد شده بر روی نمونه پلیمری

برای این که یک ارزیابی مختصر از زمان تشکیل و از بین رفتن توری با وصل و قطع کردن لیزر پمپ بدست آید، اشکار ساز پاورمتر را در محل مرتبه اول پراکندگی توری قرار داده تا میزان تغییرات این توان، به ازای وصل و قطع لیزر پمپ برحسب توان بدست آید. زمان تغییرات توان برابر با زمان از بین رفتن یا تشکیل توری می‌باشد که با توجه به نمودار این مقدار در حدود ۵ ثانیه است. نمودار مربوط به تغییرات توان مطابق شکل زیر است.



نمودار ۱: نمودار تغییرات توان پرتو پراشیده شده توسط توری به ازای قطع و وصل لیزر Nd:YVO4