ساخت توری براگ برگشت پذیر بر روی موجبر پلیمری دوپ شده به رنگینه DR1 با استفاده از روش تداخل دو پرتویی

حامد قامت[۱]، عزالدین مهاجرانی[۱]

[۱]ایران،تهران،دانشگاه شهید بهشتی،پژوهشکده لیزر و پلاسما،آزمایشگاه فوتونیک مواد آلی و پلیمرها

چکیده- در این مقاله قصد داریم تا با روش کوپل دو منشوری نور لامپ هالوژن-دوتریوم را در یک موجبر مسطح که از دو لایه پوسته با پلیمر PVA و یک لایه هسته که از دوپ کردن رنگینه ی DR1 با پلیمر PMMA به روش میهمان-میزبان ساخته شده کوپل کنیم. سپس با استفاده از لیزرNd:YVO4 که طول موج آن به ناحیه ی جذب رنگینه نزدیک است را به دو قسمت تقسیم کرده و پس از تلاقی دادن این دو بر روی موجبر, یک توری(تداخل دو پرتویی)در جهت عمود بر موجبر ایجاد کنیم و آن را به یک فیلتر توری براگ موجبری تبدیل کنیم.

کلید واژه- کوپل دو منشوری، موجبر، فیلترتوری براگ، تداخل

Reversible Bragg Grating Construction on DR1 Dye Doped Polymer Waveguide Using Dual-beam Interference Method

Hamed Ghamat[1], Ezzedin Mohajerani[1]

[1]Photonics of Organic Materials & Polymers Laboratory, Laser & Plasma Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

Abstract- In this paper, we intend to use a two-prism coupling method in order to couple deuterium-halogen light in a flat waveguide, consisting of two clads with PVA polymer, and a core layer that the DR1 dye doped in PMMA polymer is in a guest-host system. Then, using a Nd:YVO4 laser, whose wavelength is near the dye-absorbing region of spectrum, is divided into two parts, making a grating from the interference of these two beams on the waveguide,(dual-beam interference) in the direction perpendicular to the waveguide And convert it to a waveguide Bragg Grating Filter.

Keywords: Two-Prism Coupling, Waveguide, Bragg Grating Filter, Interference

[Downloaded from opsi.ir on 2025-08-24]

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

۱- مقدمه

در سه دهه ی گذشته تکنولوژی توری های براگ فیبری به طور پیوسته رشد پیدا کرده، به طوری که جایگاه خود را در میان مولفه های اپتیکی استاندارد در سنسورها، مخابرات و لیزرها پیدا کرده است. از طرفی در مقایسه با مواد سیلیکونی که حساسیت نوری بسیار پایینی دارند، رنگینه های آلی و پلیمرها به طور ذاتی به نور حساس اند که برای اولین بار توسط تاملینسون[1] در سال ۱۹۷۰ گزارش شد[1]. او تغییر ضریب شکست در PMMA وقتی که در معرض تابش نور UV با طول موج ۳۲۵nm قرار گرفت را ثبت کرد. بعد از ۳۰ سال در سال ۱۹۹۹ ژانگ[2] اولین توری براگ در فیبر پلیمری را تولید کرد[2]. در اینجا ما قصد داریم تا یک توری براگ موجبری به روش تداخل دو پرتویی برروی موجبر تخت پلیمری ایجاد کرده و از آن برای عمل فیلتراسیون طول موجی استفاده کنیم. در اینجا طرح تداخلی ناشی از دو پرتو، ضریب شکست های متناوبی را بر روی موجبر ایجاد می کند که سبب فیلتر شدن چند ناحیه ی طول موجی می شود.

۲- بخش تئوری

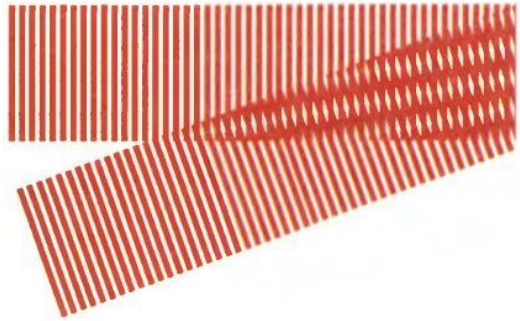
در روش تداخل دو پرتویی پرتوی لیزر به دو قسمت مساوی تقسیم شده و با هم تلاقی داده می‌شود. نمونه را در محل تلاقی قرار می‌دهند تا طرح تداخلی ایجاد شده، هسته‌ی موجبر را تحت‌تاثیر قرار دهد و ضریب شکست آن را به‌طور متوالی تغییر کند. توجه کنید که هسته‌ی موجبر باید نسبت به طول‌موج لیزر فرودی حساس باشد. حال تداخل دو موج تخت را در اینجا بررسی می کنیم. تداخل دو موج تخت با شدت های مساوی را درنظر بگیرید: یکی در جهت zها،

$$U_1 = \sqrt{I_0}\exp(-jkz) \qquad (۱)$$

و دیگری تحت زاویه θ نسبت به z در صفحه ی x-z

$$U_2 = \sqrt{I_0}\exp(-j(kcos\theta\, z + ksin\theta\, x)) \qquad (۲)$$

همان طور که درشکل ۰ ترسیم شده منتشر می شود.



شکل۱: تداخل دو موج تخت که تحت زاویه θ نسبت به یکدیگر حرکت می کنند.

در صفحه ی z=0 دو موج دارای اختلاف فاز $\varphi = kxsin\theta$ هستند که از آن معادله تداخل شدت کل زیر را می دهد.

$$I = 2I_0[1 + cos(ksin\theta\, x)] \qquad (۳)$$

این الگو نسبت به x با تناوب $2\pi/ksin\theta = \lambda/sin\theta$ تغییر می کند[3]. برای مثال ، اگر $\theta = 30$ باشد تناوب برابر 2λ است . از این رو تداخل دو موج تخت مایل می تواند به عنوان روشی برای چاپ الگوی متناوب با دقت بالا برای استفاده به عنوان توری براگ به کار گرفته شود. همچنین روشی برای سنجش زاویه θی یک موج از طریق مخلوط کردن آن با یک موج مرجع و ثبت توزیع شدت حاصله است که اساس کار هولوگرافی می باشد. حال اگر این طرح تداخلی به صورت عمودی بر روی موجبر تخت تابیده شود می تواند به عنوان یک توری براگ موجبری استفاده شود. یک توری براگ موجبری به طور ساده برای یک گستره باریک طول موجی مانند آینه عمل می کند اما برای سایر طول موج ها شفاف است. این طول موج خاص با ایجاد یک تغییر متناوب در ضریب شکست هسته موجبر انجام می شود. اگر طول موج انتشاری در توری براگ موجبری، از مرتبه گام تغییرات ضریب شکست توری براگ باشد همه ی مولفه های انعکاس پیدا کرده، تداخل سازنده خواهند داشت(در حالی که امواج جلو رونده تداخل ویرانگر می کنند) در نتیجه این طول موج انعکاس می یابد.(شکل۲) برای مدولاسیون شاخص دوره ای ثابت، تداخل سازنده

---

[1] Tomlinson

[2] Xiong

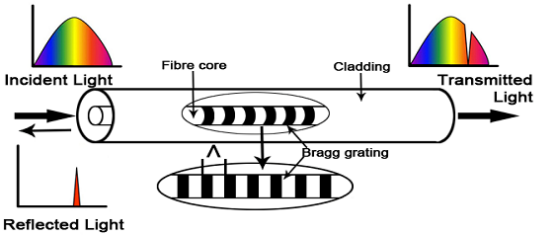
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد

[Downloaded from opsi.ir on 2025-08-24]

معکوس در یک گستره باریک طول موج پیرامون شرط براگ به صورت زیر نوشته می شود است:

$$\lambda_{light} = 2n_{eff}\Lambda_{Bragg} \quad (۴)$$

که درآن λ_{light} طول موج نور انعکاس پیدا کرده بوسیله فیلتر، n_{eff} ضریب شکست موثر مد هسته و Λ_{Bragg} طول گام تغییرات ضریب شکست است.[4]

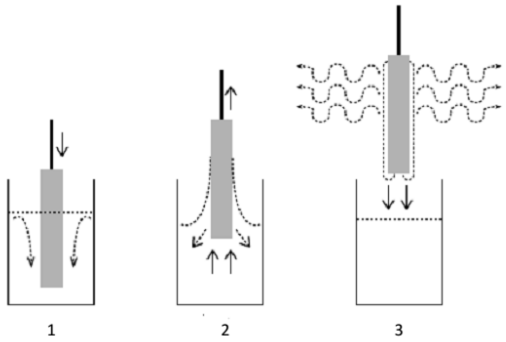


شکل۲: ارائه شماتیک توری براگ در هسته یک فیبر . طول گام تغییر ضریب شکست باΛ ارائه شده است.

۳- مواد وچیدمان آزمایش

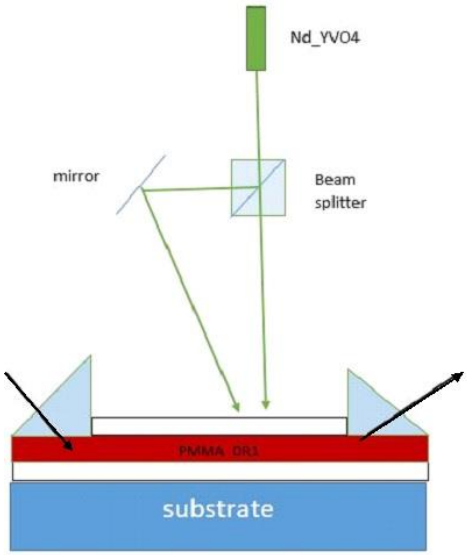
برای پوسته موجبر از پلیمر پلی ونیل الکل(PVA)که در آب به خوبی حل می شود استفاده شد. برای هسته ی موجبر هم از فرآیند میهمان –میزبان PMMA-DR1 (۵٪) استفاده شد وحلال آن دی کلرو متان است که پلیمر PMMA نقش میزبان را داشت. تمام این مواد از شرکت آلدریچ خریداری شده است. برای لایه نشانی لایه های پوششی از روش Drop casting استفاده شد. در این روش محلول حاوی پلیمر PVA با استفاده از قطره چکان روی سطح ریخته می شود و دلیل آن این است که باید ضخامت این ناحیه نسبتا زیاد باشد تا نور پس از برخورد با این نواحی نتواند به خارج از موجبر نفوذ کند.[5] (این عمل باید حتما زیر هود انجام شود) سرانجام حلال خشک شده و حل شونده با ضخامتی به نسبت زیاد(چند ده میکرون) روی سطح باقی می ماند.

برای لایه نشانی لایه میانی از روش Dip-coting استفاده شد. در این روش محلول حاوی رنگینه DR1 را در یک ظرف به حجم۲۵ میلی لیتر ریخته و توسط یک نگهدارنده که توسط یک موتور بالا و پایین می رود، نمونه را داخل محلول کرده و دوباره از آن خارج می کنیم. در اینجا برای ایجاد طرح تداخلی بر روی موجبر از لیزر $ND:YVO_4$ با طول موج ۵۳۲nm استفاده کردیم. وقتی یک فیلم همسانگرد پلیمری حاوی رنگینه در معرض تابش باریکه قطبیده خطی با طول‌موجی در حدود پیک جذبی



شکل ۳: لایه نشانی فروبردنی

قرار گیرد، فرایند فوتوایزومریزاسیون گروه‌های آزوبنزن روی می‌دهد. در اثر این فوتوایزومریزاسیون و به تبع آن باز جهت‌گیری کروموفورهای آزو بنزن، ضریب شکست در راستاهای قطبش نور تابیده شده و عمود برآن در ماده تغییر می‌کند و با قطع نور لیزر، این فرآیند به حالت اولیه بازگشت پیدا می کند. از آنجا که تغییر ضریب شکست به شدت نور لیزر $ND:YVO_4$ وابسته است، این فرایند جز فرایند های غیر خطی محسوب شده و توری القایی از روی موجبر از بین می رود. حال، چون ما در اینجا با طرح تداخلی روبرو هستیم ضریب شکست به طور دوره ای تغییر می کند.



شکل۴: چیدمان ایجاد توری القایی بر روی موجبر

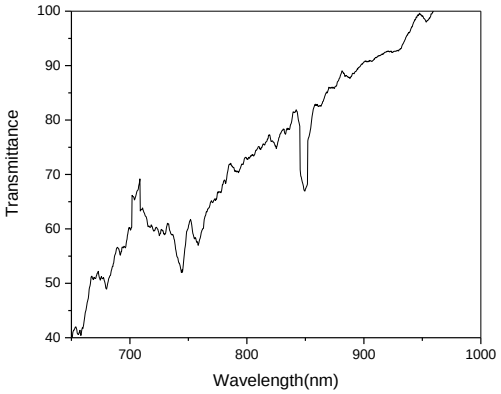
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد

[Downloaded from opsi.ir on 2025-08-24]

در اینجا منبع نور کوپل شده در موجبر لامپ هالوژن-دوتریوم بود که نور به روش کوبل دومنشور، از منشور سمت چپ وارد، و به کمک فیبر از منشور سمت راست به طیف سنج Ocean Optic USB2000 برای آشکار سازی داده شد.

۴- نتایج تجربی

در اینجا ضخامت هسته موجبر چیزی حدود ۳میکرون با ضریب شکست موثر۱٫۵ می باشد در حالی که ضریب شکست پوسته ۱٫۵۲ می باشد. در این آزمایش به ازای زاویه ی ده درجه بین دو پرتو لیزر Nd:YVO4 توری ای باگام تقریبا ۳ میکرون ایجاد می شود. طیف خروجی ما به صورت شکل زیر است.



شکل ۴: نمودار طیف خروجی گرفته شده از موجبر. طول موج های ۸۵۰، ۷۵۰ و ۶۸۵ نانومتر فیلتر شده اند.

همان طور که در شکل۴ نشان داده شده، ناحیه ی طول موجی ۸۵۰nm فیلتر شده است از طرفی واضح است که در ناحیه ی طول موجی ۷۵۰nm و همچنین ۶۸۵nm هم پدیده ی فیلتر شدن را می بینیم که دلیل آن این است که این دو، مرتبه های بعدی فیلتر توری براگ هستند. این نواحی از رابطه ی زیر بدست می آیند.

$$\lambda_{filter} = {}^{\lambda_{light}}/_{q} \qquad (۵)$$

۵- نتیجه گیری

در این مقاله با استفاده از لیزر با طول موج ۵۳۲nm یک توری براگ بر روی یک موجبر تخت به روش تداخل دو پرتویی ایجاد شد که این عمل توانست طیف پیوسته ای را که در آن نور به روش کوپل دو منشوری تزویج شده بود را فیلتر کند. این توری ها بسیار ساده ساخته می شوند و همچنین با قطع لیزر ایجاد کننده ی توری، قابلیت برگشت پذیری را دارند.

مراجع

[1] W. J. Tomlinson، "Photoinduced refractive index increase in Poly(Methylmethacrylate) and its applications، Appl. Phys. Lett. 16، 486 ، 1970.

[2] Z. Xiong، G. D. Peng، B. Wu، and P. L. Chu،، Highly tunable Bragg gratings in single-mode ، IEEE Photonics Technol. Lett. 11، 352–354، 1999 .

[3] Teich، Malvin Carl، and B. Saleh، "Fundamentals of photonics ،Canada، Wiley Interscience 3 ، 2007 .

[4] Bundalo، Ivan-Lazar ،Fibre Bragg Grating and Long Period Grating Sensors in Polymer Optical Fibres ،.Diss. Technical University of Denmark،، 2017 .

[5] H. Kogelnik، "Ch.2: Theory of dielectric waveguides،" in Integrated Optics، Vol. 7، Topics in Applied Physics، Germany : Springer-Verlag، ، 1979 .

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

[Downloaded from opsi.ir on 2025-08-24]