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

نوشتن توری‌های براگ تمام‌نگاربا القا نور لیزر ۴۷۳ نانومتر در موجبرهای کانالی LiNbO3:Ti:Fe

کیوان‌احمدی[۱]، غلام‌محمد پارسانسب[۲]، محمدحسین فتحی[۲]، مهدی‌امینی[۲]، عبدالناصرذاکری[۱]

[۱]دانشگاه شیراز، دانشکده علوم، بخش فیزیک

[۲]دانشگاه اصفهان دانشکده علوم بخش فیزیک

چکیده- در این مقاله نوشتن توری براگ مورد نیاز لیزرهای مجتمع بر بستر موجبرهای کانالی LiNbO3:Ti:Fe تک مد در طول موج ۱۵۵۰ نانومتر با کمک چیدمان تداخلی دوباریکه‌ای انجام شده است و همزمان فیلتر شدن طول موج ۱۵۵۰ نانومتر با پهنای خط ۲/ نانومتر از یک چشمه گسیل خودبخودی با پهنای طیفی ۴۰ نانومتر توسط دستگاه طیف سنج اپتیکی نشان داده می شود. شیفت طول موجی مشاهده شده در طول موج براگ ناشی از عدم آگاهی از مقدار دقیق ضریب شکست موثر مد درون موجبر در طول موج مربوطه و خطای مکانیکی در پیکربندی چیدمان تداخل دوباریکه ای در هنگام نوشتن توری بر می‌گردد.

کلمات کلیدی: لیتیوم نیوبات، توری براگ، لیزر مجتمع موجبری، تداخل دو باریکه‌ای

Holographic bragg gratings writing photoinduced by 473nm illumination in channel LiNbO3:Ti:Fe waveguides

Keyvan Ahmadi[1], Gholammohammad Parsanasab[2], Mohammad Hossein Fathi[2], Mehdi Amini[2], abdolnasser Zakeri[1]

[1]Shiraz University, Faculty of Science, Physics Department

[2]Isfehan University, Faculty of science, Physics Department

Abstract:In this paper bragg grating writing required for integrated lasers on single mode channel LiNbO3:Ti:Fe waveguide at 1550nm using a two beam setup has been demonstrated and it has been simultaneously shown on an optical spectrum analyzer(OSA) how 1550nm wavelength from a broadband ASE source is being filtered with a linewidth of about 0.2 nm. The observed wavelength shift might be due to uncertainty about the exact value of the effective refractive index in waveguide and the mechanical errors of the two beam interference configuration while bragg grating writing.

Keywords: LiNbO3, Bragg grating, Waveguide integrated laser, Two-beam interference

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

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-15]

۱- مقدمه

مواد بلوری نورشکستی[1] از قبیل لیتیوم نیوبات، پتاسیوم نیوبات و تیتانات باریوم از یک طرف پتانسیل‌های جالبی در حوزه پردازش اطلاعات نوری،ذخیره سازی حجمی تمام نگاری و تمام‌نگاری تداخل‌سنجی ارایه می‌دهند. اثر نورشکست در این مواد ناشی از بازتوزیع بار مواد ناخالصی همچون یونهای آهن درون این بلورها در اثر تابش ناهمگن نور است. الکترونها و حفره‌ها در اثر تابش نور برانگیخته و سپس در مکانهای مختلف بلور به‌دام می‌افتند. بدین‌ترتیب یک توزیع میدان الکتریکی موضعی درون بلور تشکیل می شود که منجر به مدوله شدن ضریب شکست درون بلور لیتیوم نیوبات از طریق اثر الکترواپتیک می‌شود.

از طرف دیگر لیتیوم نیوبات به دلیل داشتن ضرایب الکترواپتیک وآکوستواپتیک بالا به عنوان یک ماده زیرلایه در حوزه مدار مجتمع نوری آینده روشنی دارد[۱]. دو روش ساخت متداول موجبر تعویض پروتون[2] و نفوذ تیتانیوم[3] به ساخت تزویج‌کننده‌های جهتی،مدولاتورهای نوری سریع و لیزرهای مجتمع موجبری [۲] منجر شده است. این بلورها در ناحیه مریی طیف بخصوص نور سبز و آبی حساسند اما در ناحیه مادون‌قرمز به ویژه ناحیه ۱/۳ تا ۱/۵ میکرون ناحیه ارتباطات نوری تغییر ضریب شکست جزیی از خود نشان می‌دهند و این ویژگی آنها را در ساخت توری‌های براگ مورد نیاز در فیلترهای طول موجی در DWDM، آینه‌های براگ برای لیزرهای مجتمع حس‌گرهای نوری مناسب ساخته است. در این مقاله به ساخت توری‌های براگ بر بستر بلور لیتیوم نیوبات مورد نیاز لیزرهای موجبری مجتمع پرداخته شده است[۳]. ابتدا نحوه ساخت موجبرهای کانالی تک مد در طولموج ۱۵۵۰ نانومتر شرح داده می شود و سپس فرایند لایه‌نشانی، نفوذ یونهای آهن و در آخر نوشتن توریهای براگ بر بستر موجبرهای کانالی و همزمان مشخصه‌یابی این فیلتر در دستگاه طیف‌سنج اپتیکی انجام می‌شود.

۲- اصول و روش کار تجربی

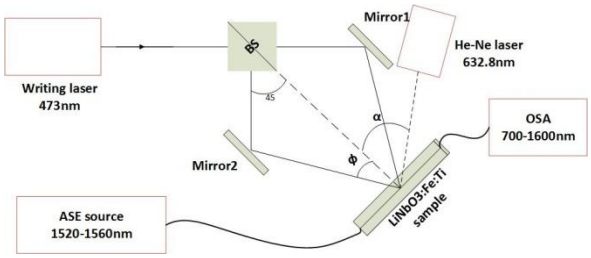
برای ساخت توری‌های براگ کریستال لیتیوم نیوبات از شرکت Casix بابرش x و ابعاد ۳۰*۲۰*۱ میلی‌متر مورد استفاده قرار گرفت در این نوع ویفر ضریب الکترواپتیک r_{33}در جهت ۲۰ میلی‌متر بیشترین مقدار را دارد و بنابراین موجبرهای کانالی هم در این راستا نوشته می‌شوند تا بیشترین تغییر ضریب شکست روی دهد. ابتدا نمونه‌های آماده شده در محلول اُپی[4] ۱۲۰ و آب دوبار یونیزه در دمای بالای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه تمیز و سپس با باد نیتروژن خشک می‌شوند. در مرحله بعد با کمک دستگاه لایه‌نشانی تفنگ الکترونی لایه‌ای به ضخامت ۳۵ نانومتر آهن روی نمونه‌ها با آهنگ ۵/ نانومتر بر ثانیه لایه نشانی شد. نمونه‌ها به مدت ۷۶ ساعت درون کوره با دمای ۱۰۶۰ درجه سانتی‌گراد زیر دمای کوری بلور لیتیوم نیوبات و تحت فلوی گاز آرگون گذاشته می‌شود تا به دلیل ضریب نفوذ کم یونهای آهن در این مدت تمام لایه درون بلور نفوذ کند که معمولا تا عمق ۴۰ میکرونی نفوذ می‌کند. در مرحله بعد به سراغ ساخت موجبرهای کانالی تک‌مد در طول‌موج حدود ۱۵۵۰ نانومتر به روش نفوذ-تیتانیوم می‌رویم. برای ساخت این نوع موجبرها به روش فوتولیتوگرافی وسپس روش زیرکشی[5] طرحی از نوارهای تیتانیوم به ضخامت ۱۰۰ نانومتر و پهنای ۷ میکرون روی نمونه‌های لیتیوم نیوبات ایجاد می شود. سپس نمونه‌ها درون کوره در دمای ۱۰۰۰ تا ۱۰۵۰ و مدت زمان ۱۰ تا ۱۲ ساعت تحت فلوی گاز اکسیژن مرطوب گذاشته می‌شود. علت استفاده از اکسیژن مرطوب جلوگیری از ایجاد موجبرهای تخت علاوه بر موجبر کانالی برای ضریب شکست غیرعادی لیتیوم نیوبات است. در این فرایند ضریب شکست عادی و غیرعادی لیتیوم نیوبات هردو افزایش می‌یابد و این معمولا از مرتبه ۰۱۵/ است. برای اینکه در فرایند تزویج نور از فیبر به موجبر در هنگام ساخت توری براگ نور متحمل افت کمی شود بنابراین ابتدا و

[1] photorefractive
[2] Proton-exchange
[3] Ti-Indiffusion
[4] OPI120
[5] Lift-off

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

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-15]

انتهای موجبرها را با دستگاه پالیشر[۶] اپتیکی از شرکت التراتک[۷] تا دقت زیر میکرون پالیش داده و دقت کار را با میکروسکوپ بررسی می‌کنیم. سپس پشت نمونه‌ها نیزحدود ۸۵/۶۸ نانومتر MgF2 لایه‌نشانی می‌شود تا طول‌موج ۴۷۳ نانومتر هنگام نوشتن توری براگ بازتابندگی نداشته باشد و روی بازده توری تاثیر مخرب نگذارد. در مرحله بعد نوشتن توری براگ همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است انجام می‌شود.

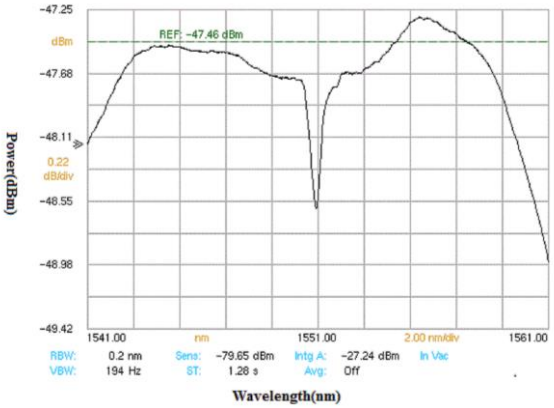


شکل۱: طرح واره چیدمان تداخل دوباریکه ای برای نوشتن توری براگ،BS شکافنده باریکه، αزاویه پراش لیزر هلیوم نیون پروب برای مشاهده مرتبه های پراش، ϕزاویه نوشتن توری با دوره تناوب Λ، ASE چشمه گسیل خودبخودی، OSA طیف سنج اپتیکی با تفکیک پذیری ۰۱/ نانومتر

در این چیدمان نور لیزر آبی ۴۷۳ نانومتر که بیشینه جذب یونهای آهن درون بلور لیتیوم نیوبات در این طول‌موج است توسط یک شکافنده باریکه به دو قسمت مساوی تقسیم و سپس توسط دو آینه مجددا تحت زاویه ϕبر روی نمونه فرود می‌آیند. با تنظیم زاویه توسط دوآینه دوره تناوب توری براگ طبق رابطه پراش براگ تغییر می‌کند

$$\Lambda = \lambda_w / 2\sin\phi \qquad (۱)$$

در این رابطه Λ دوره‌تناوب توری، λ_w طول‌موج لیزر آبی ۴۷۳ نانومتر و ϕ زاویه فرود نور است. برای فیلترکردن طول موج ۱۵۵۰ نانومتر از یک چشمه طیف وسیع گسیل خودبخودی رابطه $\lambda_b = 2n_{eff}(\lambda_b)\Lambda$ مقدار Λ را حدود ۳۵۰/۶۷ نانومتر را برای دوره‌تناوب توری براگ نتیجه می‌دهد. به دلیل عدم آگاهی از ضریب شکست موثر مد درون موجبر برای طول موج های مختلف، مقدار ضریب شکست موثر مد در موجبر کانالی ۲/۲۱ درنظر گرفته شده است. در شکل ۲ فیلترشدن طول‌موج ۱۵۵۱ نانومتر و پهنای‌خط توری حدود ۲/ نانومتری طیف یک چشمه گسیل خودبخودی تقویت شده[۸] با پهنای ۴۰ نانومتر بر روی دستگاه طیف سنج اپتیکی را نشان می‌دهد.



شکل۲:بازتاب طول موج ۱۵۵۱ نانومتر از طیف گسیل خودبخودی تقویت شده توسط فیلتر توری براگ بر روی دستگاه طیف سنج اپتیکی

خطای در ضریب‌شکست موثر مد و خطا در زاویه ϕ ناشی از عدم دقت کافی درتنظیم فاصله آینه ها از شکافنده باریکه سبب شیفت طول موجی براگ در طیف سنج اپتیکی خواهد شد.توان بازتاب در طول موج λ از رابطه

$$1 - {P_{out}(mW)}/{P_{in}(mW)} \qquad (۲)$$

محاسبه می شود که توان طبق رابطه

$$P(mW) = 1(mW)\log_{10}\left({P(dBm)}/{10}\right) \qquad (۳)$$

به میلی وات تبدیل می شود و بنابر نمودار بالا طبق رابطه مقدار ۲۳/۵ درصد از توان فرودی فیلتر بازتابی شده است که پارامترهای مختلفی از قبیل افزایش ناحیه نوشتن توری از یک سانتی‌متر به دو سانتی‌متر، افزایش شدت نور لیزر ۴۷۳ نانومتر ، قطبش نور لیزر، همدوسی و دیگر پارامترها عمق توری براگ را افزایش خواهد داد که در ادامه این تحقیق انجام خواهد شد. نکته دیگر در نوشتن این توریها این است که چیدمان نوشتن توری باید تا حد بسیار بالایی پایداری داشته باشد و بنابراین تمام

[۶] Optical polisher

[۷] Ultratech company

[۸] ASE source

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

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-15]

چیدمان برروی یک صفحه اپتیکی و تا حدامکان جمع و جور بـر روی یک میز اپتیکی و درون یک جعبه قرار داده شده است تـا از تاثیر اعوجاجات هوای اطراف بر روی آینه‌ها و در نتیجـه ارتعـاش آنها جلوگیری‌کند. در شکل۳و ۴ تصویر این چیـدمان و چیـدمان تزویج فیبر به موجبر نشان داده شده است.

شکل ۳: تصویری از چیدمان تداخل دوباریکه ای در هنگام نوشتن توری براگ با لیزر آبی ۴۷۳ نانومتر

شکل ۴: تصویری از چیدمان تزویج نور چشمه گسیل خودبخودی تقویت شده هنگام نوشتن توری براگ توسط نور لیزر آبی ۴۷۳ نانومتر

۳- بحث و نتیجه گیری

در اینجا ساخت توری براگ درون موجبرهای کانالی ایجـاد شـده بر بستر نمونه لیتیوم نیوبات با کمک روش تداخل دوباریکه ای به صورت کاملا تجربی انجام شـد و مشخصـات آن از قبیـل پهنـای خط و مقدار توان بازتابی مشاهده شـده در دسـتگاه طیـف سـنج اپتیکی محاسبه شد. از آنجا که این توری‌های براگ با قطع شدن نور لیزر ۴۷۳ به دلیل رسانندگی تاریک[۹] و نـور آبـی موجـود در چشمه های نور بعد از مدتی پاک می‌شوند بنابراین برای اسـتفاده از آنها در ساخت کاواک لیزرهای مجتمع آلاییده بـه اربیـوم [۴]و فیلترهای با طول عمر طولانی از تکنیک گرم کردن[۵]نمونه‌ها تا دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و نوشـتن همزمـان تـوری اسـتفاده می‌شود در واقع در این روش بعـد از فراینـد نفـوذ یونهـای آهـن یونهـای هیـدروژن مثبـت در اثـر فراینـد آنیـل[۱۰] وارد بلـور لیتیوم‌نیوبات می‌شود تحت دمای بالا این یونهای هیدروژن مثبت هستند که منجر به ساخت توریهایی براگ با طول عمـر طـولانی می‌شوند که در آینده نزدیک این کار انجام خواهد شد.

مراجع

[1]. W. Sohler: "Status and Prospects of Lithium Niobate Integrated Optics", 16th European Conference on Integrated Optics ,April 18-20, Sitges, Spain, 2012

[2]. E.L Wooten, K.M Kissa, A.Yi-Yan…'' A review of lithium niobate modulators for fiber- optic communications system'' IEEE journal of selected topics in Quantum electronics,Vol6, Issue1,2000

[3]. J Hukriede, D Runde, D Kip'' Fabrication and application of holographic bragg gratings in lithium niobate channel waveguides'' J. Phys. D: Appl. Phys. **36** (2003) R1–R16

[4]. W.Sohler,B.Das,D.Day,S.Reza,H.Suche,R.Ricken''Erbium-doped lithium niobate waveguide lasers'' IEICE Transaction Electron E,Vol.88-C,no.5,990-997,2005

[5]. J. Hukriede, I. Nee, D. Kip, and E. Krätzig'' thermally fixed reflection gratings for inferared light in LiNbO3:Ti:Fe channel waveguides'' Optics letters, Vol23,Issue17,pp.1405-1407,1998

[۹] Dark conductivity

[۱۰] Annealing

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

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-15]