



لیف  
پوتوکنیک  
ایران

بیستمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران  
و ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران  
۸ تا ۱۰ بهمن ماه ۱۳۹۲ - دانشگاه صنعتی شیراز



## طراحی و ساخت دستگاه کنترل کننده قطبش فیبری مکانیکی ۳-صفحه‌ای

محمد جواد یحیی پور قهرخی<sup>۱</sup>, حمیدرضا بهزادی بروجنی<sup>۲</sup>, مهدی داوودی<sup>۳</sup> و شریفه شاهی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>شرکت صنایع الکتروپاتیک صایران اصفهان، اصفهان

<sup>۲</sup>گروه پژوهشی الکتروپاتیک، دانشکده علوم کاربردی، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، شاهین شهر

چکیده - در این پژوهش اصول حاکم بر خاصیت دو شکستی، خواص و پارامترهای اپتومکانیکی موثر بر این پدیده در فیبرنوری بیان می‌شود. سپس روابط مربوط به دست یابی دقیق تفاوت انتشار مدی در فیبر دوشکستی و شعاع حلقه‌ها که منجر به محاسبه تعداد دور فیبر و دیگر پارامترهای دستگاه می‌شود حاصل می‌گردد. در نهایت کنترل کننده قطبش فیبری مکانیکی ۳ صفحه‌ای طراحی و ساخته شده، معرفی می‌شود.

کلید واژه- دو شکستی، صفحات موج، کنترل کننده قطبش.

## Design and Fabrication of a 3-Plate Mechanical Fiber Polarization Controller

Mohammad Javad YahyaPour Ghahfarrokhi<sup>1</sup>, Hamidreza Behzadi Boroojeni<sup>2</sup>, Mahdi Davodi<sup>2</sup> and Sharifeh Shahi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Isfahan Optics Industries, Isfahan

<sup>2</sup>Research Electropoetics Group, Malek-e-Ashtar University ,ShahinShahr

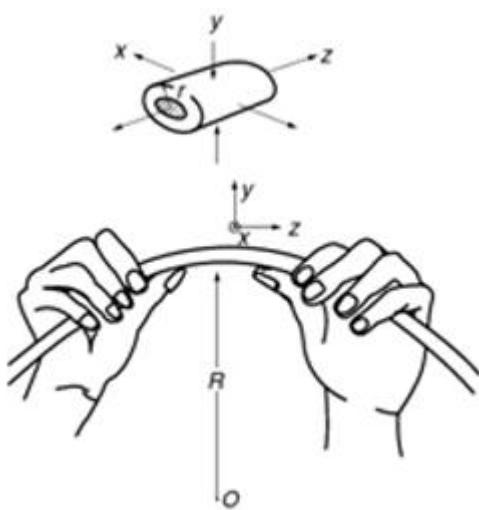
Abstract- In this research, the governing principles on birefringence properties and effective optomechanical parameters upon this phenomenon is expressed in fiber. Then, the precise relationships between modal propagation difference in the birefringence fiber and loops radius leading to achieve the number of fiber rings and other system's parameters. Finally, the mechanical fiber polarization controller was designed and manufactured three-plate, is expressed.

Keywords: Birefringence, Polarization controller, Waveplate

$n_y$  ضریب شکست در راستای محور  $y$  فیبرنوری،  $\Delta\beta$  ضریب شکست هسته فیبرنوری در حالت استراحت و تفاوت انتشار مدی در دو راستای مختلف است و به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$\Delta\beta = k_{\circ}(n + \Delta n_x) + k_{\circ}(n + \Delta n_y) \quad (3)$$

به عنوان ضریب انتشار فضای آزاد معرفی می‌گردد.



شکل ۱: فیبرنوری تک مد در راستای  $z$  خمش یافته، خاصیت دوشکستی پیدا کرده است.

در شکل ۳ یک فیبرحلقه‌ای با تعداد دور دلخواه مشخص شده است. با توجه به شعاع حلقه  $R$  می‌توان تعداد دور لازم  $N$  برای رسیدن به تفاوت انتشار مدی دلخواه  $\Delta\beta$  (قطبیش) را به دست آورد:

$$\Delta\varphi = 2\pi RN \cdot \Delta\beta \quad (4)$$

در شرایطی که  $\Delta\varphi = \pi/2$  باشد، حلقه‌ی نیم موج ساخته می‌شود و اگر  $\Delta\varphi = \pi/4$  باشد، حلقه ربع موج ساخته می‌شود. مشخصه‌های شعاع حلقه  $R$ ، تعداد دور  $N$  و تفاوت انتشار مدی در دو راستای مختلف  $\Delta\beta$  ناشی از دوشکستی تعیین کننده رفتار حلقه‌های فیبرنوری هستند [6].

## ۱- مقدمه

فیبرنوری با توجه به ساختار بلوری مواد سازنده، در اثر اعمال تنفس ورودی کنترل شده، از خود خواص اپتومکانیکی خاص بروز می‌دهد [1]. تنفس‌های وارد به فیبرنوری به صورت تنفس عرضی، خمشی و پیچشی تعریف می‌شوند. در ابتدا قصد ما مطالعه و شناخت مبانی نظری این رفتار فیبرنوری در مواجهه با تنفس‌های نامبرده است. این خواص اپتومکانیکی ناشی از تغییر شکل در ساختار بلور، برخواص و رفتارهای فیبرنوری تاثیر گذاشته، باعث پدیده‌ی دوشکستی غیرذاتی در فیبر می‌شود [2]. اثرات الاستواپتیکی در فیبر، پارامتر بیان کننده رفتارهای تنفس عرضی، خمشی، پیچشی و ایجاد خاصیت دوشکستی در فیبرهای تک مد است. هنگامی که فیبر پیرامون یک محور چرخیده می‌شود، به دلیل خمش، چرخش معینی در صفحه قطبیش فیبر به اندازه  $\alpha$  به وقوع می‌پیوندد که به صورت زیر داده می‌شود [3].

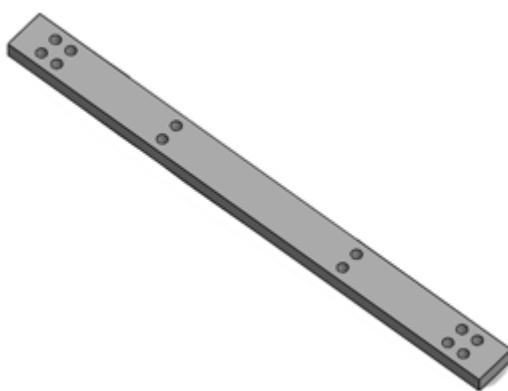
$$\alpha = g' \varepsilon_{\circ} = -\frac{RC\varepsilon_{\circ}}{n_c} \quad (1)$$

در این معادله، شاخص‌های  $g'$  ضریب چرخش الاستواپتیکی،  $\varepsilon_{\circ}$  نرخ پذیرفتاری چرخش،  $n_c$  ضریب شکست هسته فیبرنوری،  $R$  ضریب سختی ماده و  $C$  ضریب تنفس اپتیکی تعریف می‌شوند. شاخص‌های معادله تابع طول موج هستند و پراکندگی ضریب تنفس اپتیکی به صورت تابعی از طول موج تعریف می‌شود. ضریب تنفس اپتیکی  $C$  دارای رابطه دیفرانسیلی با  $\delta\beta$  است، که تفاوت انتشار مدها را در ناحیه فیبرنوری دوشکستی بیان می‌کند. علامت منفی موجود در معادله نشان از پاد ساعتگرد بودن افزایش چرخش صفحه قطبیش است [4].

برای بیان روابط الکترومغناطیسی حاکم بر فیبرنوری و توضیح رفتار قطبیش در آن، نیاز به کار با بردارهای استوکس است، که به کمک آن‌ها در فیبرنوری رابطه معنی‌دار و ساده شده‌ای برای تفاوت انتشار مدها در ناحیه فیبر دوشکستی به دست می‌آید [5].

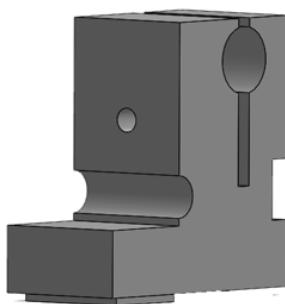
$$\Delta n_y - \Delta n_x = -0.0439 n^3 \left( \frac{r}{R} \right) \quad (2)$$

که در آن  $R$  شعاع خمش،  $r$  شعاع غلاف فیبرنوری،  $n_x$  ضریب شکست در راستای محور  $x$  فیبرنوری،



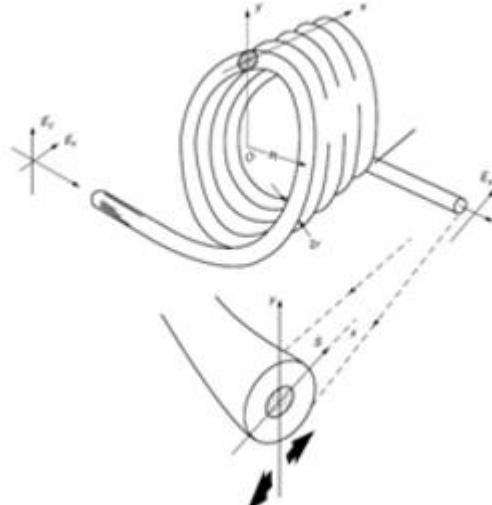
شکل ۴: پایه یا نگهدارنده دستگاه

قطعه دوم ستون های دستگاه هستند که ۴ ستون یک شکل با طول و عرض ۳۰ میلی متر و ضخامت ۱۰ میلی متر بر اساس طراحی برش زده، بر روی پایه نصب شدند.



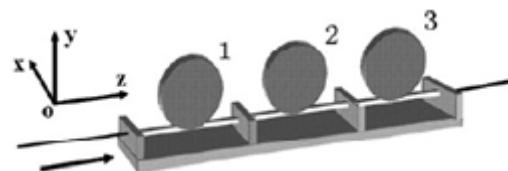
شکل ۵: ستون های نگهدارنده دستگاه.

قطعه سوم و چهارم نگهدارنده و درپوش پیچ شونده فیبر است که در دو انتهای دستگاه به عنوان نگهدارنده فیبر نوری عمل می کنند. طول و عرض این قطعات ۳۰ میلی متر و ضخامت آن ها ۱۰ میلی متر است. قطعه پنجم صفحه نگهدارنده فیبرنوری به همراه شیار است که با توجه به طول قرار گیری فیبر در شیار صفحه به عنوان صفحه موج عمل می کند. به دلیل رفتار های خاص حرارتی و موجود نبودن ماده‌ی مورد استفاده در محصولات صنعتی در داخل کشور، صفحه های موج را از نوعی تفلون سخت که دارای ضریب افزایش طولی بر حسب دمای بسیار کم و ناچیز است استفاده نمودیم.



شکل ۲: فیبرنوری حلقه شده برای ساخت صفحه های موج.

در حالت معمول دستگاه کنترل قطبش فیبری ۳-صفحه ای با چیدمان صفحه های ربع موج - نیم موج - ربع موج مورد استفاده قرار می گیرد.



شکل ۳: طرحواره کلی کنترل کننده قطبش فیبری ۳ - صفحه ای.

## ۲- طراحی و ساخت دستگاه

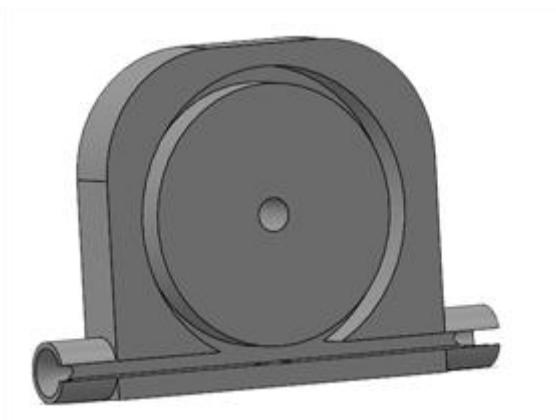
ابتدا نقشه‌ی کنترل کننده قطبش فیبری ۳ - صفحه ای محصول تجاری شرکت Thorlabs آمریکا مورد بررسی قرار گرفت و بر اساس ابعاد محصول تجاری اقدام به باز طراحی دستگاه با نرم افزار SolidWorks کردیم. طرح پیاده شده با طرح محصول تجاری شرکت Thorlabs متفاوت است و سعی در به حداقل رساندن برش ها و سوراخ کاری ها شده است. دستگاه طراحی شده از ۵ قطعه اصلی تشکیل شده است و قسمت پایه یا نگهدارنده از جنس آلومینیوم به طول ۳۲۰ میلی متر، عرض ۳۰ میلی متر و ضخامت ۱۰ میلی متر ساخته شده است. ۱۲ سوراخ با شعاع های ۵ میلی متر برای نصب نگهدارنده‌ی صفحات در نگهدارنده ایجاد شد.

### ۳- نتیجه‌گیری

هدف از این پژوهش طراحی و ساخت یک مولفه بسیار کاربردی در مباحث مرتبط با فیبرنوری و ادوات تمام نوری-فوتونیکی مانند لیزرهای فیبری، مخابرات نوری، رمزنگاری کوانتومی و ... بوده است. کنترل کننده قطبش فیبری مکانیکی با کنترل قطبش نور تاثیر زیادی بر عملکرد و کیفیت دقیق ترخوچی دستگاههای حساس به قطبش نور می‌گذارد. با وجود عملکرد و طراحی ساده، این دستگاه تا کنون در کشور تولید نشده است و نمونه‌ی آزمایشگاهی تولیدی آن کمتر از ۱/۰ نمونه‌ی خارجی هزینه در بردارد.

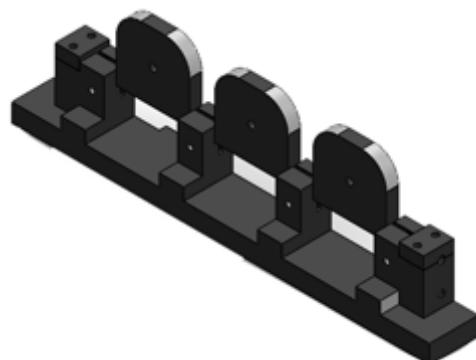
### مراجع

- [1] Ghatak, A. and K. Thyagarajan, *Introduction to Fiber Optics*, Cambridge University Press, New York (1998).
- [2] Theocaris, P. S., and E. E. Gdoutos, *Matrix Theory of Photoelasticity*, SpringerVerlag, Berlin–Heidelberg (1979).
- [3] Shurcliff, W. A., *Polarized Light: Production and Use*, Harvard University Press, Cambridge, MA (1962).
- [4] Collett, E., *Field Guide to Polarization*, SPIE Press, Bellingham, WA (2005).
- [5] Theocaris, P. S., and E. E. Gdoutos, *Matrix Theory of Photoelasticity*, SpringerVerlag, Berlin–Heidelberg (1979).
- [6] Goldstein, D., *Polarized Light*, 2nd ed., Marcel Dekker, New York (2003).



شکل ۶: صفحات موج طراحی شده

پس از تکمیل طراحی محصول و بهینه سازی های ابعادی و محاسباتی، طرحواره کلی دستگاه طراحی شده حاصل شد (شکل ۷).



شکل ۷: طراحی کامل دستگاه کنترل کننده قطبش

فیبرنوری مورد استفاده در دستگاه کنترل کننده قطبش فیبری از نوع SMF-28 بوده، از اتصالگرهای FC با بوت ۳ میلی متری با سایش PC استفاده شده است. اتلاف اتصالگرهای کمتر از ۰.۱۶ dB گزارش می‌شود.



شکل ۸: دستگاه کنترل کننده قطبش فیبری مکانیکی ۳- صفحه ای ساخته شده.