بیست و ششمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و دوازدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه خوارزمی،
تهران، ایران.
۱۶-۱۵ بهمن ۱۳۹۸

تولید گردابه های نوری برون محوری توسط تیغه ی فرنل مربعی مارپیچی

آرش ثباتیان، زینب رحمانی

دانشگاه ارومیه،دانشکده علوم،گروه فیزیک

a.sabatyan@urmia.ac.ir, zeynabrahmani229@gmail.com

چکیده - این مقاله به مطالعه ی عنصر پراشی مربعی مارپیچی برون محوری می پردازد که کانون آن خارج از محور اپتیکی است . کار این تیغه تولید گردابه های نوری درخارج از محوراپتیکی است. با مطالعه ی این عنصر و شبیه سازی آن مشاهده گردید که با تغییر بار توپولوژیکی و ضریبی که به عنوان ضریب انتقال نامیده می شود ، گردابه های مختلف با بارهای متفاوت در نواحی مختلفی از صفحه ی کانون تولید می شوند. نتایج شبیه سازی شده در آزمایشگاه مورد راستی آزمایی قرار گرفت که مشخص شد نتایج شبیه سازی با نتایج تجربی همخوانی نزدیکی دارد.

کلید واژه-پراش- ساختار دهی باریکه- عدسی پراشی- گردابه های

Generation of off-axis optical vortex using spiral square zone plate

Arash Sabatyan, Zeynab Rahmani

Physics Department, Faculty of Sciences, Urmia University

a.sabatyan@urmia.ac.ir, zeynabrahmani229@gmail.com

Abstract-This paper presents an off-axis optical spiral diffractive element whose focus is outside of the optical axis. This element is used to generate off-axis optical vortices. It is demonstrated that various vortices in a desired place at the focal plane are produced by changing topological charge and a so called shifting parameter. The simulation results are verified in the laboratory which revealed that both of the simulation and experimental results are in a good agreement.

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

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-06-19]

Keywords: Beam structuring, Diffraction, Diffractive Lens, Optical vortices

مقدمه

جابجایی پیچی در فاز نوری را گردابه ی اپتیکی می نامند. نور دارای جابه جایی پیچی پرتو گردابی نامیده می شود[۱]. پرتوهای گردابی به دلیل خواص فیزیکی وکاربردهای نویدبخش منحصر به فرد خود، در سال های اخیرطرفداران چشم گیری یافته است[۲]. این پرتوها را که دارای تکینگی فازی [۳] می باشند می توان با روشهای مختلف تولید کرد.ازجمله میتوان آنها را به طور مستقیم در لیزر تولید نمود، یا با استفاده از هولوگرام های تولید شده توسط رایانه ها و همچنین تیغه های منطقه ایی مارپیچی،به تولید پرتو گردابی دست یافت[۴].

تئوری

تیغه منطقه ایی فرنل یک عنصرپراشی است که از حلقه های تاریک و روشن متناوب تشکیل شده است[۵].انواع مختلفی از این تیغه ها از جمله تیغه ها یی با تقارن دایره ایی و مربعی مورد بررسی قرار گرفته اند. بامدوله کردن سمتی ساختار فازی تیغه مربعی ساده تیغه ی مربعی مارپیچی تولید می شود[۶][۷]. تابع عبور تیغه مربعی ساده که کانون آن روی محور است به شکل زیر می باشد.

$$t = \exp\left[\frac{-ik\max\left(x^2, y^2\right)}{2f}\right]$$

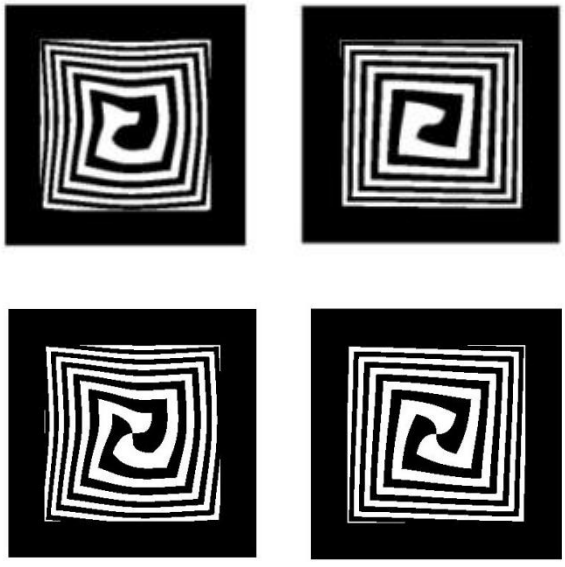
دراین مقاله ما نوع جدید ی از تیغه های مارپیچی با تقارن مربعی را ارائه میدهیم که محل تشکیل کانون آن در خارج از محور اپتیکی قرار دارد. بنابراین پرتوهای گردابی برون محوری را تولید میکند.این عنصر پراشی را تیغه ی مربعی مارپیچی برون محوری می نامیم. تابع عبور مربوط به این تیغه در زیرنمایش داده شده است:

$$t = \exp\left[\begin{pmatrix}\dfrac{-ik\max\left((x-\alpha\cos 2\varphi)^2, (y+\alpha\cos 2\varphi)^2\right)}{2f}\\ +(ip\varphi)\end{pmatrix}\right]$$

در این رابطه α ضریب انتقال(پارامتر تغییر) است که می توان برای آن مقادیر دلخواهی را اختیار کرد. برای بدست آوردن یک تیغه برون محوری با تقارن تقریبی، بهتر است آلفا در محدوده ی ۰,۵-۰,۰۱ اختیار گردد. همچنین در رابطه ی اخیر K عدد موج و φ زاویه سمتی است.

طراحی و شبیه سازی

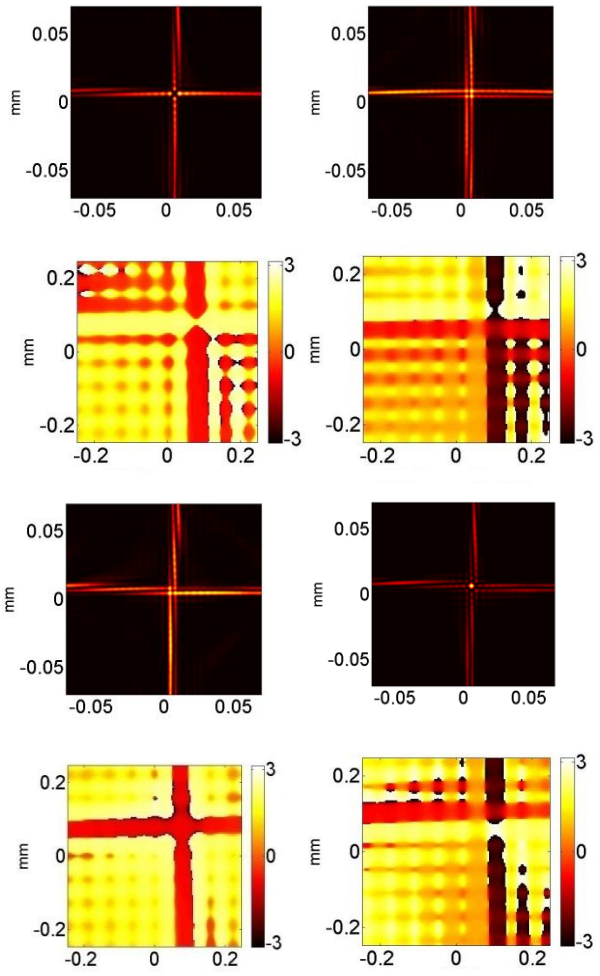
در مطالعات و شبیه سازی های پیش رو، تیغه ی پراشی خود را با فاصله کانونی 500mm و طول ضلع 100mm درطول موج کاری632.8nm در نظرمی گیریم. برای آشنایی بیشتر با ساختار تیغه ی طراحی شده ومقایسه آن با کارهای قبلی، دو نمونه نوعی با بارهای توپولوژیکی1و 2 در شکل1 نشان داده شده است. شکل 2 توزیع شدت و توزیع فازی متناظر با چند تیغه ی مربعی با بارهای توپولوژیکی $p=1,2,3,4$ وآلفای دلخواه برابر با $\alpha=0.08$ را نشان می دهد.



شکل ۱: ستون اول تیغه ی فرنل مربعی مارپیچی روی محور با بار توپولوژیکی p=1,2 . ستون دوم تیغه فرنل مربعی مارپیچی برون محوری با بار توپولوژیکی p=1,2.

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

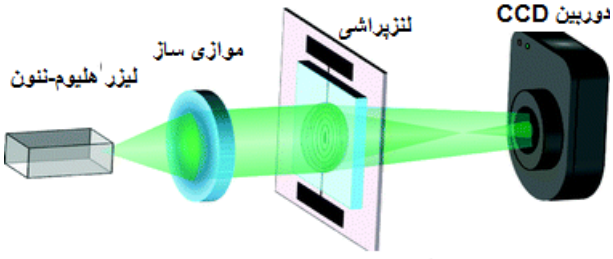
[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-06-19]



شکل 2: شدت شبیه سازی شده و توزیع فازی متناظر با آن برای $\alpha = 0.08$ و p=1,2,3,4.

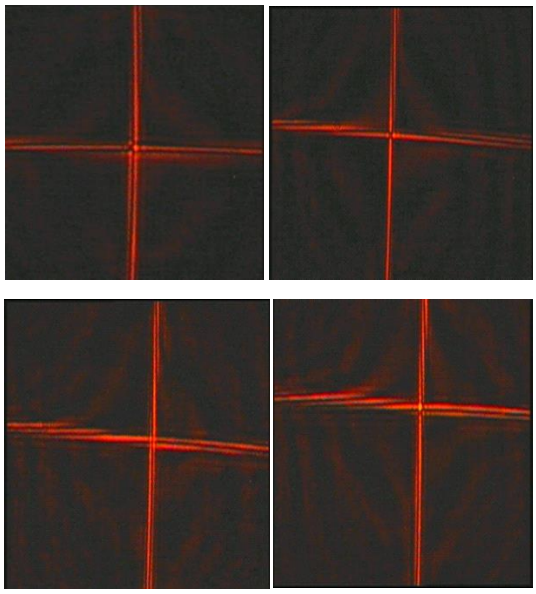
بررسی نتایج آزمایشگاهی

عدسی های طراحی شده در شبیه سازی توسط لیتوگرافی چاپ و در آزمایشگاه با استفاده از چیدمان پهن کننده باریکه مطابق شکل ۳ مورد مطالعه قرارگرفتند.



شکل ۳: چیدمان آزمایشگاهی

همان طور که در شکل مشاهده می شود تیغه ی طراحی شده را در مقابل نورلیزرهلیوم نئون موازی شده قرار می دهیم.توزیع شدت توسط دوربین CCD ثبت می گردد.در شکل ۴ توزیع شدت های ثبت شده در آزمایشگاه رابرای چهارتیغه ی طراحی شده قرارداده و با توزیع شدت شبیه سازی شده مقایسه نمودیم.



شکل ۴: توزیع شدت های مربوط به نمونه های تولید شده در آزمایشگاه برای $\alpha = 0.08$ و p=1,2,3,4.

نتیجه گیری

در این آزمایش نوع جدیدی از تیغه های منطقه ایی فرنل مربعی مارپیچی طراحی شد که محل کانون آن ،خارج از محور اپتیکی قرار دارد.نشان دادیم که محل کانون را می توان در فواصل مختلفی از محور اپتیکی نوری ومکان های مختلفی در صفحه کانون قرار داد.این امر میتواند برای تله اندازی دوبعدی ذرات برون محوری موثر واقع شود.همانطور که در تصاویر مشاهده می شود با مقایسه توزیع شدت های تجربی و شبیه سازی نتیجه می شود که آن ها، دارای همخوانی خوبی هستند.

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

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-06-19]

مرجع‌ها

[1] برای Nan Gao, Changing Xie,Chun Li,Chunshui Jin,and Ming Liu.,"Square optical vortices generated by binary spiral zone plates" Appl Phys. Lett **98**, 151106 (2011).

[2] Nan Gao, Changing Xie,Chun Li,Chunshui Jin,and Ming Liu.,"Square optical vortices generated by binary spiral zone plates" Appl Phys. Lett **98**, 151106 (2011).

[3] A. Sabatyan and M. Fatehi."Azimuthal-segmented linear zone plate: 1D beam structuring and topological charge detecting", J. Opt. Soc. Am. B **35**. 1747-1753 (2018).

[4] A. Sabatyan , S. M. Taheri Balaneji and S. M. Taheri Balaneji.," Square arrey of optical vortices generated by multiregion spiral square zone plate", J.Opt.Soc. Am. A, **33**, 1793-1797.(2016).

[5] A. sabatyan and Sh . Gharbi, " Generation of double line focus and 1 D non-diffractive beams using phase shifted linear Fresnel zone plate", Opt. & Laser Tech. **69** . 65-70,(2015).

[6] A. Sabatyan , S. M. Taheri Balaneji and S. M. Taheri Balaneji.," Square arrey of optical vortices generated by multiregion spiral square zone plate", J.Opt.Soc Am. A, **33**, 1793-1797.(2016).

[7] Nan Gao, Changing Xie,Chun Li,Chunshui Jin,and Ming Liu.,"Square optical vortices generated by binary spiral zone plates" Appl Phys. Lett **98**, 151106 (2011).

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-06-19]

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