بیست و هفتمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و سیزدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه سیستان و بلوچستان،
زاهدان، ایران.
۱۴-۱۶ بهمن ۱۳۹۹

کد مقاله : ۱-۲۵۱۶-۱۰-A

تولید دالان‌های نوری یک بعدی توسط تیغه فرنل مربعی با شیفت فازی سمتی

آرش ثباتیان، شهربانو اصغری

a.sabatyan@urmia.ac.ir , sh.asghari1337@gmail.com

گروه فیزیک دانشکده علوم دانشگاه ارومیه. ایران

چکیده در این مقاله خواص پراشی تیغه فرنل مربعی با شیفت فازی سمتی مورد مطالعه قرار داده شده است.اثر تغییر تقسیم بندی زاویه‌ای بر خواص کانونی آن مطالعه شده است. نشان داده می‌شود که با تغییر تقسیم بندی زاویه‌ای طول بازوهای دالان‌های نوری یک بعدی تشکیل شده، تغییر می‌کنند.در واقع کار شکل‌دهی به پرتو و ساختاردهی باریکه را انجام می‌دهیم و در انتها نتایج نشان داد شبیه سازی و آزمایشگاهی در توافق خوبی با یکدیگر قرار دارند .

کلید واژه: پراش، عدسی پراشی، تیغه فرنل مربعی، ساختاردهی باریکه

Generation of one-dimensional corridors by azimuthal phase-shifted squarezone plate

ArashSabatyan, ShahrbanooAsghari

Department of Physics, University of Urmia ,Deparment of Physics, Urmia University

Abstract- In this paper, the diffraction properties of square Fresnel zone plate with azimuthal phase-shifts are studied. The effect of changing the angular segmentation on its focal properties has been studied. It is shown that by changing the angular segmentation, the lengths of the arms of the one-dimensional optical corridors are changed. we do beam shaping or beam structuring work. Finally, we see that the simulation and experiment result are in a good agreement together.

Keywods:Diffraction, Diffractive lens,Sqaure zone plate,Beam structuring

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

مقدمه

تیغه منطقه‌ای فرنل (FZP) به عنوان یک عدسی پراشی شناخته شده نقش مهمی در علم و تکنولوژی ایفا می‌کند. این قطعه پراشی یک ساختار دایره‌ای متقارن است که از حلقه‌های هم مرکز با نواحی روشن و تاریک متوالی تشکیل شده است[1] تیغه منطقه‌ای فرنل کاربردهای بسیاری در علم و تکنولوژی دارد به عنوان مثال تصویربرداری، اندازه‌گیری نوری و هم چنین شکل دهی به پرتو را دارد [2]. علاوه بر این در اشکال هندسی مختلف مانند دایره‌ای، مربعی،گلبرگی و غیره ظاهر می‌شوند [4] [3]،شاید یکی از جذاب‌ترین رویکردها برای میکرو و نانو اپتیک تیغه منطقه ای فرنل مربعی است [5]. گرچه عملکرد کانونی تیغه منطقه ای فرنل مربعی به خوبی عملکرد تیغه فرنل دایره ای نیست اما سهولت ساخت آنها در میکرو و مقیاس نانو آنها را بخوبی یک جایگزین جدی برای تیغه منطقه‌ای فرنل سنتی (دایره‌ای) برای ادغام در مدارهای نوری الکترونی ایجاد کرده است [6].

در این مقاله ما آثار توزیع فاز سمتی را بر روی تیغه منطقه‌ای فرنل مربعی مورد بررسی قرار می‌دهیم و خواص کانونی آن و تاثیر تقسیم بندی‌های زاویه‌ای مختلف را برای اولین بار روی کانون بررسی می‌کنیم. سر انجام در انتها نتایج شبیه‌سازی و آزمایش‌های تجربی بدست آمده را باهم دیگر مقایسه می‌نماییم.

تئوری

تیغه منطقه‌ای فرنل مربعی(SFZP)یک عنصر پراشی با تقارن مربعی است که به عنوان یک عدسی چند کانونی عمل می‌کند. توزیع فازی آن در تقریب پیرا محوری از رابطه زیر تبعیت می‌کند:

$$exp = [2\pi i(r'^2/2\lambda f)] \qquad (۱)$$

که در این رابطه r شعاع قطعه،f فاصله کانونی آن و λطول موج نور فرودی می‌باشد.

در این مقاله ما تیغه منطقه‌ای فرنل مربعی که شیفت فازی سمتی بر روی آن اعمال شده است را بررسی می‌کنیم.

تابع عبور تیغه منطقه‌ای فرنل مربعی از رابطه زیر تبعیت می‌کند:

$$T(x,y) = exp\,(-i\pi\, max(x^2,y^2)/(\lambda f) \qquad (۳)$$

تابع عبور توزیع فاز سمتی نیز متناسب با رابطه زیر می‌باشد:

$$P(x,y) = exp(in\theta) \qquad (۴)$$

که در این رابطه n تعداد تقسیم بندی زاویه یا شیفت فازی زاویه‌ای را نشان می‌دهد که می‌تواند هر عدد دلخواه صحیح را به خود بگیرد n=1,2,3,... با ترکیب روابط (3) و (4)تیغه فرنل جدید شکل می‌گیرد.

با توجه به اینکه فرمول انتگرال فرنل بصورت هم‌تافتگی تابع عبور جسم با تابع پاسخ فضای آزاد بیان می‌شود، داریم:

$$U(x,y;z) = \frac{2\pi e^{ikz}}{i\lambda z}\left[U_0(x,y)\&e^{ik(x^2+y^2)}\right] \qquad (۵)$$

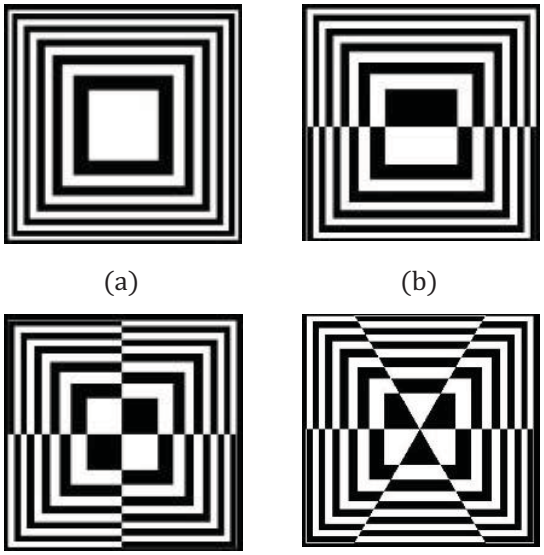
که در این رابطهU_0 میدان در صفحه تیغه فرنل مربعی مورد نظر، $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ عدد موج و z فاصله جسم تا صفحه مشاهده می‌باشند.

طراحی و شبیه سازی

در مطالعات و شبیه‌سازی‌های پیش رو، برای طراحی تیغه پراشی مورد نظر نمونه‌هایی با شعاع یکسان به اندازه r=6mm و فاصله کانونی f =500 mm در نظر گرفتیم. برای آشنایی بیشتر با ساختار تیغه طراحی شده و مقایسه آن با تیغه منطقه‌ای فرنل مربعی ساده چند نمونه در زیر نشان داده شده است.

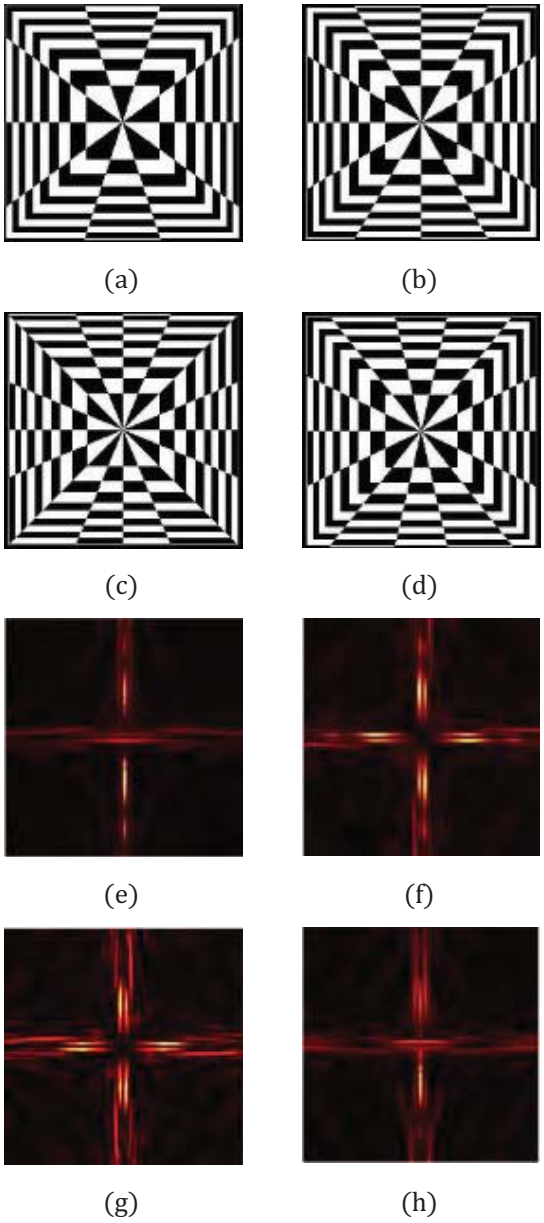
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

در تیغه منطقه‌ای فرنل مربعی ناحیه‌های روشن و تاریک اختلاف فاز π دارند و نواحی روشن اختلاف فاز $\pi 2$ دارند. در تیغه منطقه‌ای فرنل مربعی اگر در جهت زاویه روی یک ناحیه دور بزنیم تغییری در تیغه ایجاد نمی‌شود. اما بعد از اعمال فاز سمتی اگر در جهت زاویه حرکت کنیم و روی یک ناحیه دور بزنیم تغییر رنگ می‌دهد و این تغییر رنگ یعنی تغییر فاز. این تغییر فاز را تغییر فاز سمتی می‌گویند.



شکل۱: (a)تیغه منطقه‌ای فرنل مربعی و (b)، (c) و (d)تیغه منطقه‌ای فرنل مربعی با فاز سمتی به ترتیب برای n=1,2,3

با مشاهده شکل ۲ متوجه می‌شویم که توزیع شدت برای تقسیم بندی‌های زاویه‌ای مختلف متفاوت است. شکل کلی توزیع شدت به صورت صلیبی شکل است. برایn های زوج شدت بصورت چهار دالان نوری صلیبی شکل تولید می-شود اشکال f و h در شکل ۲. در حالیکه برای n های فرد یک دالان نوری افقی شکل در وسط و دو خط نوری عمودی شکل در اطراف آن تولید می‌شود. همچنین مشاهده می‌شود که با افزایش n طول بازوهای دالان های نوری یک بعدی ایجاد شده، کاهش پیدا می‌کند.

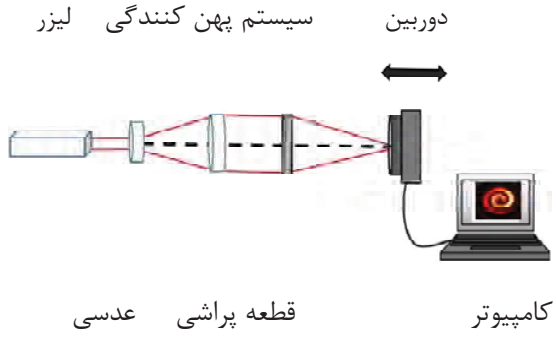


شکل۲ : (a)تا (d)ساختار قطعه مربعی شیفت داده شده‌ی فازی و (e)تا (h)توزیع شدت متناظر در صفحه کانونی ناشی از پراش یک موج تخت می‌باشند.

بررسی نتایج شبیه سازی و آزمایشگاهی

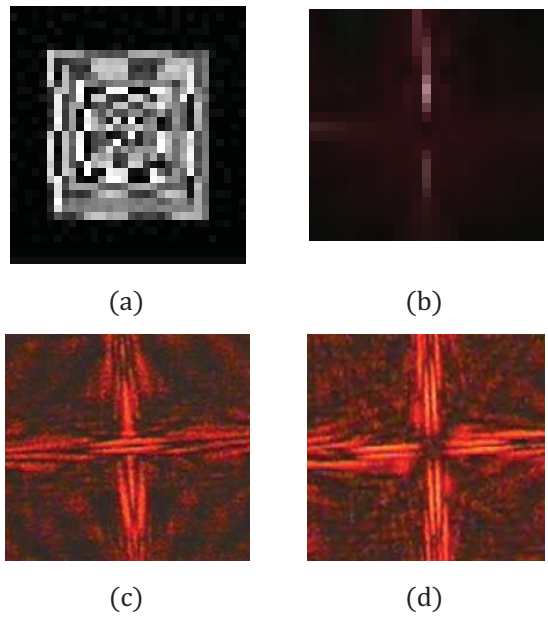
پس از آنکه تیغه منطقه‌ای فرنل مربعی با شیفت فازی سمتی با تقسیم بندی‌های متفاوت طراحی شد. عدسی-های طراحی شده در شبیه‌سازی توسط روش فوتولیتوگرافی ساخته و در آزمایشگاه مورد استفاده قرار گرفتند.

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



شکل۳ :چیدمان آزمایشگاهی

همان طور که در شکل مشاهده می‌شود تیغه طراحی شده در مقابل نور لیزر هلیوم نئون موازی شده، با طول موج λ=632.8nm، به طور عمودی قرارداده می‌شود و با استفاده از دوربین CCD شدت آن ثبت و ذخیره می‌گردد.



شکل۴: (a)، (b)، (c) و (d) به ترتیب نمودار توزیع شدت متناظر با (a)، (b)، (c) و (d) در شکل ۲ می‌باشد که توسط دوربین CCD در آزمایشگاه بطور تجربی ثبت شده‌اند.

نتیجه‌گیری

در این مقاله تیغه منطقه‌ای فرنل مربعی با شیفت فازی سمتی مورد بررسی قرار گرفت و تاثیر تقسیم‌بندی‌های مختلف بر روی کانون آن بررسی شد و از کاربردهای مهم این قطعه پراشی می‌توان به تله‌اندازی اپتیکی، کنترل حرکت ذرات میکرونی در یک جهت و ماکرو مولکول‌های برون محوری اشاره کرد. همانطور که در تصاویر مشاهده می‌شود با مقایسه توزیع شدت‌های تجربی و شبیه‌سازی نتیجه می‌شود که آن‌ها دارای همخوانی خوبی هستند.

مرجع‌ها

[1] J, Alda and F.J. Gonzalez, “Polygonal Fresnel zone plates,” J. Opt. A11, 085707. 2009.

[2] T, Vierke, and J, Jahns, Diffraction theory for azimuthally structured Fresnel zone plate. J. Opt. Soc. Am. A 31, 363-372. 2000

[3] I.V.Minin, O.V, Minin, A, Petosa, S, Thirakuone. Improved zoning rule for designing square Fresnel zone plate lenses. Microw. Opt. Technol. Lett. 49, 276-278. 2007.

[4] A.sabatyan and M. Golbandi, Petal-like zone plate: Long depth bifocal diffractive lens and star-like beam generator, Journal of the Optical Society of America A, 35, 1243-1253. 2018.

[5] J, Alda, G, Boreman. Optimization of polygonal Fresnel zone plates. Microw. Opt. Technol. Lett. 50, 536-541. 2008.

[6] A, Sabatyan and H. Besharatfar. Focusing behavior of azimuthally structured square zone plate. Optical and Quantum Electronics 48(8):47-53. 2016

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