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

تولید باریکه‌های نوری بیضوی ساختارپذیر با استفاده از تیغه فرنل خطی مارپیچی

آرش ثباتیان، مریم فاتحی

دانشگاه ارومیه،دانشکده علوم،گروه فیزیک

چکیده – در این کار عنصر پراشی جدیدی معرفی می گردد که از ترکیب دو عدسی پراشی خطی مارپیچی با شیفت فازی بوجود می آید. خواص کانونی این عنصر جدید به ازای مقادیر مختلف بارهای توپولوژیکی مورد بررسی و شبیه سازی قرار گرفت. نشان داده می شود که حلقه نورانی بیضوی در کانون تولید می گردد. به علاوه ناحیه ای روشن کشیده شده ای که ناحیه ی تاریکی آن را در بر گرفته شده است را می توان به ازای بار توپولوژیکی مختلف تولید کرد. بنابراین می توان ساختارهای نوری یک بعدی منحصر به فردی بوجود آورد. نتایج شبیه سازی با کار تجربی کاملا تایید می شود.

کلید واژه- تیغه فرنل، تیغه فرنل مارپیچی، بار توپولوژیکی، باریکه های حلقوی

Generating of structured elliptical optical beams using spiral linear zone plate

Arash Sabatyan and Maryam Fatehi

Physics Department, Faculty of Sciences, Urmia university,

Abstract- Herein a novel diffractive element is introduced which is generated by a given combination of two phase shifted spiral linear zone plates. This element was studied and simulated under different topological charges. It is shown that an elliptical annular beam is generated at the focal plane. Moreover, a dark elliptical annular beam is also generated under another topological charge. Simulation results are verified by experiments.

Keywords: Fresnel zone plate, spiral zone plate, topological charge, annular beams

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-03]

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

۱- مقدمه

تیغه فرنل دو بعدی از حلقه‌های هم مرکز دایره‌ای با پهناهای مختلف که نسبت به هم اختلاف فاز π دارند و به صورت نوارهای سیاه و سفید طراحی می‌شوند، شناخته می‌شوند در حالبکه تیغه فرنل خطی به جای حلقه های هم مرکز از خطوط موازی با پهناهای مختلف که نسبت به هم اختلاف فاز π دارند ساخته می‌شوند[1]. باریکه ی نوری با جابه جا شدگی پیچشی فاز نور را گردابه‌های اپتیکی می‌گویند. این گردابه‌های اپتیکی در سالهای اخیر به خاطر ویژگی‌های منحصر به فردشان مورد توجه بسیاری قرار گرفته‌اند و کاربردهای زیادی در شاخه‌های متفاوت دارد [3]. در این مقاله به بررسی تولید باریکه های حلقوی بیضوی با استفاده از ترکیب مناسبی از تیغه منطقه‌ای فرنل یک بعدی مارپیچی پرداخته شده است.

۲- طراحی و ساخت

۲-۱- تئوری مقاله

تیغه‌ی منطقه‌ای فرنل یک قطعه‌ی پراشی با فازی سهموی است که وقتی نور به آن برخورد می‌کند نور را در در یک نقطه همگرا می کند و به همین دلیل به آن عدسی پراشی گفته می شود. تیغه‌ی منطقه‌ای فرنل یک تابع شبه تناوبی با دوره تناوب r_1 است بنابراین می‌توان تابع عبور یک تیغه فرنل را به صورت زیر که یک سری فوریه است، نوشت[2]:

$$f(r)=\sum_{-\infty}^{\infty} c_n \exp[-in2\pi r^2/r_1^2] \qquad (۱)$$

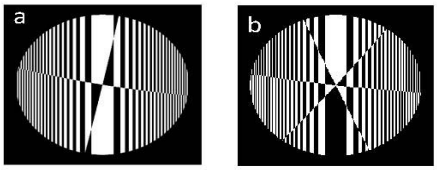
که c_n مرتبه‌های پراش است که برای تیغه‌ی منطقه فرنل برابر یک است و $r_1=\sqrt{2\lambda f}$ [3]. همانطور که گفته شد جابه جا شدگی چرخشی فاز نور گردابه‌ی اپتیکی را بوجود آورد. برای ایجاد یک گردابه‌ی اپتیکی، یک ساختار فازی زاویه‌ای مانند $e^{ip\theta}$ که θ زاویه‌ی سمتی و p شار توپولوژیکی را مشخص می‌کند را به تابع عدسی مورد نظر وارد می‌کنیم[4]. شار توپولوژیکی در حقیقت جابه جایی دورانی فاز یا فاز سمتی است. θ وp می‌توانند عددهای مختلفی به خود بگیرند که به مقدار چرخش نور بستگی دارند. گردابه‌های اپتیکی باعث تکینگی فازی می‌شود ولی تکینگی فازی دلیل بر وجود گردابه های اپتیکی نیست. تابع عبور عنصر جدید را می توان به شکل زیر نوشت :

$$t=\exp\left[-i\pi(x-\alpha)^2/\lambda f+ip_1\varphi\right]$$
$$\sin(\theta)-\exp(i\Delta)\times$$
$$\exp\left[-i\pi(x+\alpha)^2/\lambda f-ip_2\varphi\right]\times\cos(\theta)$$

Δ اختلاف فاز، p_1, p_2 بار توپولوژیکی و α شیفت عرضی را نشان می‌دهند.

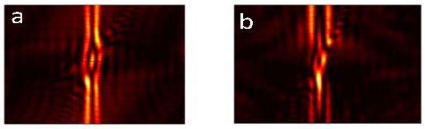
۲-۲- شبیه سازی

کار شبیه سازی با استفاده از برنامه MATLAB انجام شده است. در این شبیه سازی فرض شده است که عدسی پراشی تحت تابش موج تخت با طول موج ۶۳۲,۸ nm قرار می گیرند. فاصله کانونی ۵۰۰mm و شعاع عدسی ۸ mm است. همچنین بار توپولوژیکی دو تابع ترکیب شده با هم برابر است. اختلاف فاز دو تابع ترکیب شده را ابتدا برابر $\pi/4$ وسپس برابر $\pi/8$ در نظر گرفته‌ایم.این شبیه‌سازی را یک بار برای p_1, p_2 برابر۲ و بار دیگر برابر ۳ انجام داده و نتایج به دست آمده را بررسی کردیم. نمونه های طراحی شده در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل۱: a عدسی طراحی شده به ازای $p_1, p_2 = 2$ ،b عدسی طراحی شده به ازای $p_1, p_2 = 3$

توزیع شدت در شکل ۲ نشان داده شده است

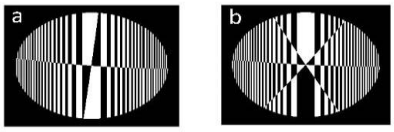


شکل ۲:a توزیع شدت در نقاط کانون برای عدسی طراحی شده به ازای $p_1, p_2 = 2$ ،b توزیع شدت در نقاط کانون برای عدسی طراحی شده به ازای $p_1, p_2 = 3$

حال Δ را برابر $\pi/8$ در نظر گرفته و دوباره شبیه سازی می‌کنیم.شکل ۳ عدسی های طراحی شده را نشان می‌دهد.

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

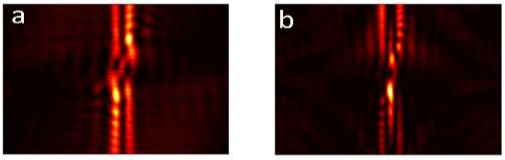
[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-03]



شکل۳: a عدسی طراحی شده به ازای $p_1, p_2 = 2$ ،b عدسی طراحی شده به ازای $p_1, p_2 = 3$

توزیع

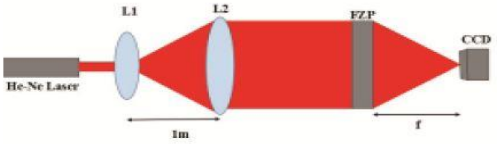
شدت در نقاط کانون این عدسی های طراحی شده در شکل ۴ نشان داده شده اند.



شکل ۴:a توزیع شدت در نقاط کانون برای عدسی طراحی شده به ازای $p_1, p_2 = 2$ ،b توزیع شدت در نقاط کانون برای عدسی طراحی شده به ازای $p_1, p_2 = 3$

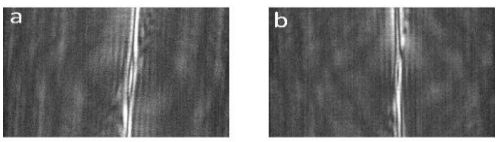
۳-۲- بررسی نتایج آزمایشگاهی

عدسی های شبیه سازی شده با استفاده از لیتوگرافی عکاسی چاپ و در آزمایشگاه تحت چیدمانی مثل شکل ۵ در مقابل لیزر هلیوم – نئون قرار گرفتند.چون فرض شده است که نور وردی به لنز طراحی شده تخت است بنابرین برای تخت شدن نور لیزر از یک عدسی کمکی با کانون یک متر استفاده شده است.



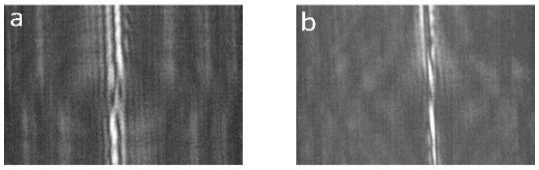
شکل ۵: چیدمان آزمایشگاهی

توزیع شدت نور توسط ccd ثبت شد. برای نمونه با $\Delta = \pi / 4$ نتایج آزمایشگاهی برای p_1, p_2 =۲ و p_1, p_2 =۳ درشکل ۶ مشاهده میشود



شکل۶: aتوزیع شدت در نقطه کانون برای لنز به ازای $p_1, p_2 = 2$ ،b توزیع شدت در نقطه کانون برای لنز به ازای $p_1, p_2 = 3$

برای نمونه با $\Delta = \pi / 8$ نتایج آزمایشگاهی برای p_1, p_2 =۲ و p_1, p_2 =۳ در شکل ۷ مشاهده کردیم.



شکل۷: aتوزیع شدت در نقطه کانون برای لنز به ازای $p_1, p_2 = 2$ ،b توزیع شدت در نقطه کانون برای لنز به ازای $p_1, p_2 = 3$

۳- نتیجه‌گیری

دراین مقاله خواص کانونی تیغه‌ی فرنل جدیدی بررسی گردید که از ترکیب مناسب دو تیغه فرنل خطی مارپیچی بوجود می آید. نشان دادیم که این عنصر باریکه های بیضوی حلقوی منحصر بفردی در کانون تولید می کند که برای اولین بار گزارش می گردد. و همچنین نشان دادیم که با تغییر بار توپولوزیکی دو عنصر ترکیبی باریکه بیضوی حلقوی را می توان مدیریت کرد. از مزیت های این عدسی جدید طراحی شده به تله اندازی یک بعدی ذرات میکروسکوپی و هدایت اتم های سرد در یک بعد اشاره کرد. همان طور که انتظار داشتیم نتایج آزمایشگاهی با نتایج شبیه سازی مطابقت داشت.

مراجع

[1] H. E. Hart, J. B. Scrandis, R. Mark, and R. D. Hatcher, "Diffraction Characteristics of a Linear Zone Plate*," J. Opt. Soc. Am. **56**, 1018-1023 (1966).

[2] Arash Sabatyan and Shima Gharbi, "Generation of double line focus and 1D non-diffractive beams using phase shifted linear Fresnel zone plate", Optics and Laser Technology **69**. 65 – 70, (2015).

[3] J. Rafighdoost, A. Sabatyan, "Remarkable ability of spiral orthogonal zone plate in generating various focused optical vortices," **Opt. and Laser in Eng. 86**, 275–280, (2016).

[4] A. Sabatyan, J. Rafighdoost, "Diffraction Characteristics of phase shifted orthogonal zone plate; 3D focusing properties," **Opt. Quant. Electr. 48**, 229-232, (2016).

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

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-03]

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

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-03]