بیست و سومین کنفرانس اپتیک و فوتونیک و نهمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
دانشگاه تربیت مدرس
۱۴-۱۲ 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

بررسی خواص کانونی تیغه‌ی منطقه‌ای فرنل گلبرگی

آرش ثباتیان، مرجان گل‌بندی

گروه فیزیک ، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه

چکیده – در این کار عدسی پراشی بر مبنای تیغه ی منطقه ای فرنل معرفی می شود که تیغه ی ناحیه ی گلبرگی نامیده می شود. این عنصر جدید قادر است که موج تخت فرودی را به انواع متنوعی از باریکه های نوری مثلا حلقوی، نقطه ای یا گلبرگی تبدیل کند. خواص کانونی و خارج کانونی این عنصر بررسی می شود. به عنوان نتیجه، نشان داده می شود که شکل باریکه ی تولید شده به تعداد گلبرگ های این عنصر بستگی دارد. نتایج شبیه سازی با کارهای تجربی تایید می شود.

کلید واژه- پراش فرنل ، تیغه‌ی منطقه‌ای فرنل گلبرگی، عدسی پراشی ، تیغه‌ی منطقه‌ای فرنل .

Focusing characteristics of petal-like zone plate

Arash sabatyan, Marjan golbandi

Department of physics, Faculty of science ,Urmia university , Urmia

Abstract– In this work, we propose a novel diffractive lens base on Fresnel zone plate, which is called petal-like zone plate. This diffractive element can turn on incident plane wave into variety of shapes, for example annular, dot or petal beam, in general. We probe its focusing and defocusing properties. As a result, it is revealed that the shape of the generated beam depends directly on the number of the petals. All simulation results are verified by experiments.

Keywords: Fresnel diffraction, Diffractive lens, Fresnel zone plate, Petal-like zone plate.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-08]

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

۱- مقدمه

تیغه‌ی منطقه‌ای فرنل یک قطعه‌ی پراشی همگرا کننده با حلقه‌های روشن و تاریک متحد المرکز است که نور را در یک نقطه کانونی می کند . این قطعه به دلیل دارا بودن وزن وحجم کم ، ارزان بودن و قابلیت ترکیب با سایر عناصر اپتیکی ، توجه زیادی را به خود جلب کرده است .از جمله کاربردهای تیغه‌ی فرنل ، کانونی کردن اشعه‌ی x و ماورابنفش است که این کار با استفاده از عدسی های شکستی به دلیل جاذب بودن آن ها امکان پذیر نیست [۱]. قبلا ساختارهای از تیغه‌ی منطقه‌ای فرنل در شکل های مربعی ، متعامد و تک بعدی معرفی و مورد مطالعه قرار گرفته بود [۲،۳،۴] . در این مقاله نوع جدیدی از تیغه فرنل معرفی میشود که نواحی فرنل آن به شکل گلبرگ است بنابراین تیغه‌ی فرنل گلبرگی نامیده می شود. در ادامه به بررسی خواص این قطعه جدید در کانون و خارج کانون با تعداد گلبرگ های متفاوت می پردازیم.

۲- تئوری مقاله و شبیه سازی

تیغه‌ی فرنل را می‌توان به صورت یک تابع شبه تناوبی در نظر گرفت که تابع روزنه‌ی آن را می توان به صورت تابع سری فوریه نوشت: [۵]

$$f(r)=\sum_{-\infty}^{+\infty} c_n \exp[-i2\pi r^2 / r_1^2] \qquad (۱)$$

c_n دامنه میدان پراش یافته مرتبه nام است.. همچنین داریم:

$$r_1=\sqrt{2\lambda f}$$

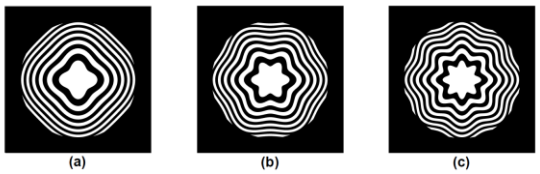
r_1 شعاع اولین نوار روشن است. λ طول موج فرودی و f فاصله ی کانونی تیغه‌ی فرنل است. برای به دست آوردن تابع عبور تیغه‌ی جدید تابع $\cos(a\theta)$ را به فاز تابع عبور تیغه‌ی فرنل اضافه کرده در نتیجه تابع عبور تیغه‌ی جدید به صورت زیر در می‌آید:

$$t=\exp[-i\pi((r-\alpha)\cos(a\theta))^2 / \lambda f] \qquad (۲)$$

که در آن a تعداد گلبرگ ها وα یک کمیت صحیح مثبت است. با داشتن مقدار فاصله کانونی و مقدار طول موج مشخص ، می توان عدسی مورد نظر را طراحی کرد.

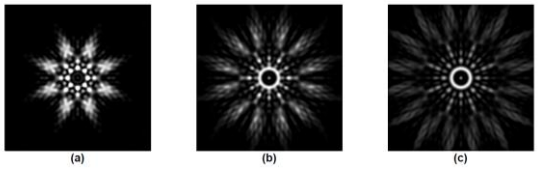
لازم به ذکر است عناصر مورد نظر دارای فاصله کانونی mm ۵۰۰، α را برابر ۰,۱ و طول موج کاری ۶۳۲,۸ nm در نظر گرفته شدند. می خواهیم خواص کانونی عدسی های طراحی شده با تعداد گلبرگ های متفاوت را در صفحه کانون ، قبل و بعد از کانون بررسی کنیم و نتایج حاصل را با هم مقایسه کنیم.

در ابتدا تعداد گلبرگها را برابر ۴ ، ۶ و ۸ در نظر می‌گیریم که نمونه ای از آنها در شکل ۱ نشان داده شده اند



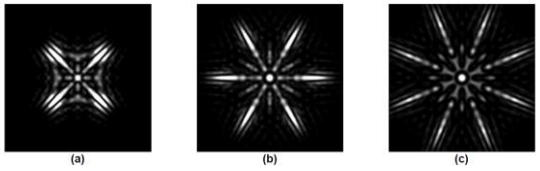
شکل ۱: نمونه ایی از عناصر طراحی شده با تعداد گلبرگ های (a) چهار (b) شش(c) هشت.

توزیع شدت کانونی این عناصر در شکل ۲ داده شده است.



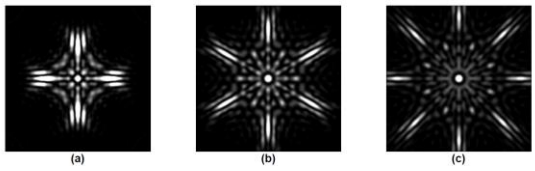
شکل ۲: توزیع شدت در فاصله کانونی برای گلبرگ های (a) چهار (b) شش (c) هشت

برای بررسی خواص خارج از کانون این عناصر توزیع شدت در فاصله ۴۷۵ mm در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳: توزیع شدت در فاصله۴۷۵ mm برای گلبرگ های (a) چهار (b) شش (c) هشت

همچنین توزیع شدت ها در فاصله ۵۲۵ mm درشکل ۴ قابل مشاهده است :

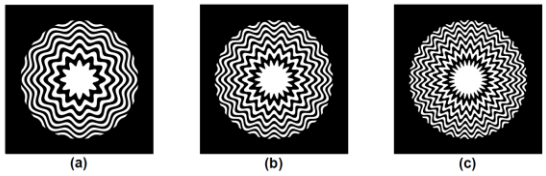


شکل۴: : توزیع شدت در فاصله۵۲۵mm برای گلبرگ های (a) چهار (b) شش (c) هشت

سپس با افزایش تعداد گلبرگها به ۱۲ ،۱۸، ۲۵ عناصر جدید طراحی شدند که نمونه ایی از آنها را در شکل ۵ نشان داده ایم :

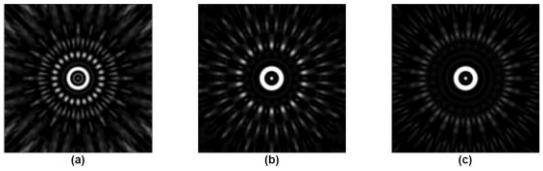
این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-08]



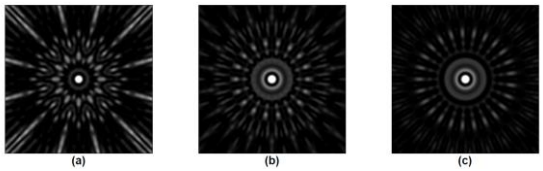
شکل۵ : عناصر طراحی شده با تعداد گلبرگ های (a) دوازده (b) هجده (c) بیست و پنج

و مانند قبل، توزیع شدت در نقاط کانون برای عدسی های با تعداد گلبرگ های ۱۲،۱۸ و ۲۵ نیز بدست آمده اند که در شکل ۶ نشان داده شده است:



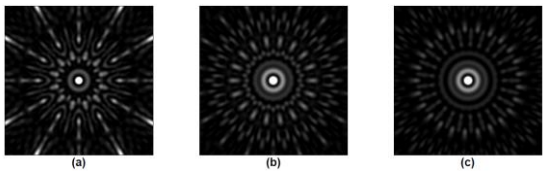
شکل ۶ : توزیع شدت در فاصله ی کانونی برای گلبرگ های (a) دوازده (b) هجده (c) بیست و پنج

در ادامه شکل ۷ توزیع شدت برای گلبرگ های ۱۲ ، ۱۸ و۲۵در فاصله ۴۷۵ mm قبل از کانون را نشان می‌دهد:



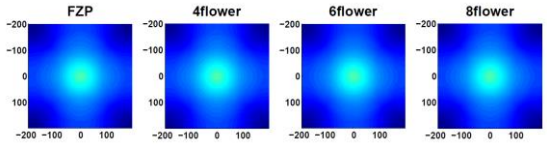
شکل ۷ : توزیع شدت در فاصله f-25 برای گلبرگ های (a) دوازده (b) هجده (c) بیست و پنج

مرحله آخر توزیع شدت گلبرگ های ۱۲ ،۱۸ و ۲۵ در فاصله ی ۵۲۵ mm بعد از کانون است که شکل ۸ آنرا نشان می دهد :

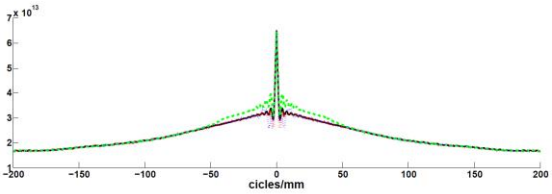


شکل: ۸: توزیع شدت در فاصله f+25 برای گلبرگ های (a) دوازده (b) هجده (c) بیست و پنج

در ادامه یکی از پارامترهای مهم و موثر در کیفیت و وضوح تصویر که تابع انتقال نوری (OTF) است ، را برای فرنل عادی در مقایسه با فرنل گلبرگی را بررسی میکنیم. که در شکل ۹ و ۱۰ توزیع شدت و نمودار شدت OTF برای فرنل عادی در مقایسه با فرنل گلبرگی با تعداد گلبرگهای ۴،۶،۸ به ترتیب رسم شده است .

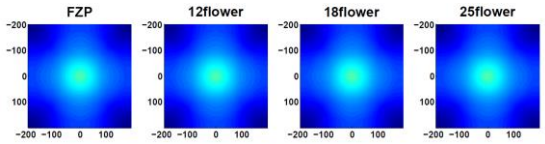


شکل ۹: توزیع شدت تابع انتقال نوری برای فرنل عادی در مقایسه با۴، ۶ و ۸ برگ

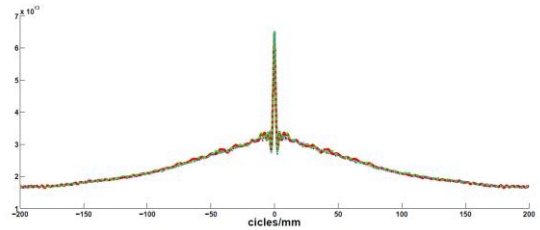


شکل ۱۰: نمودار شدت تابع انتقال نوری برای فرنل عادی در مقایسه با ۴، ۶ و ۸ برگ

نهایتا برای تعداد گلبرگهای ۱۲،۱۸،۲۵ نیز تابع انتقال نوری (OTF) را در مقایسه با فرنل عادی بررسی کردیم . که در شکل ۱۱ و ۱۲ توزیع شدت و نمودار شدت OTFبه ترتیب رسم شده است .



شکل ۱۱ : توزیع شدت تابع انتقال نوری برای فرنل عادی در مقایسه با ۲۵،۱۸،۱۲برگ



شکل ۱۲: نمودار شدت تابع انتقال نوری برای فرنل عادی در مقایسه با ۲۵،۱۸،۱۲ برگ

با مقایسه تابع انتقال نوری فرنل عادی و گلبرگی مشاهده می‌شود که هر چه تعداد گلبرگ بیشتر تابع انتقال نوری فرنل گلبرگی به تیغه ی فرنل عادی نزدیکتر می شود .

۳-نتایج تجربی

نمونه های طراحی شده در این مقاله با استفاده ازفرآیند

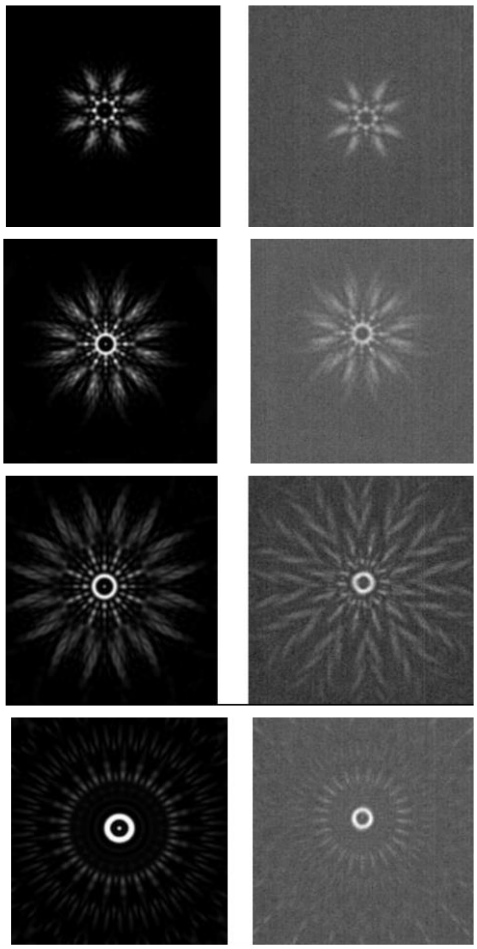
این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-08]

لیتوگرافی چاپ شده اند. سپس نمونه ها تحت تابش نور لیزر ، هلیوم نئون که در چیدمان تلسکوپی ، پهن و موازی شده است قرار میگیرد و توزیع شدت نمونه ها در فواصل کانون و قبل و بعد کانون ، توسط دوربین CCD ثبت میگردد. برای مقایسه، توزیع شدت شبیه سازی شده(ستون سمت چپ) و توزیع شدت تجربی (ستون سمت راست) برای تیغه‌ی فرنل گلبرگی به ترتیب از بالا به پایین ۴ ، ۶ ، ۱۸ و ۲۵ در شکل ۱۳ نشان داده شده است.

۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله نشان دادیم که می توان توسط تیغه‌ی فرنل گلبرگی در فاصله کانون و قبل و بعد کانون شدت های متفاوتی ایجاد کرد . بعلاوه تاثیر تعداد گلبرگها در شکل دهی به پرتوهای خروجی مورد مطالعه قرار گرفت . همچنین میتوان گفت در فواصل متقارن پیش و پس از کانون (f-25 و f+25) توزیع های شدتی متفاوت با آنچه که در کانون ایجاد می شود تولید شد که نشان می دهد هیچ تقارنی برای توزیع شدت وجود ندارد. نتایج شبیه سازی توسط آزمایش تجربی نیز تایید شدند.



شکل۱۳ : مقایسه نتایج تجربی و شبیه سازی شده

مقایسه نتایج تجربی و شبیه سازی شده :

مراجع

[1] M. Mihailescu[a,*], A. Preda[a], D. Cojoc[b], E. Scarlat[a], L. Preda[a]"Diffraction patterns from a phyllotaxis-type arrangment" Opt. & Laser Eng. **46**, 802–809, (2008).

[2] Arash Sabatyan, and Hiwa Besharatfar" ,Focusing behavior of azimuthally structured square zone plate", Opt. Quant. Elect. **48,** 383, (2016).

[3] Arash Sabatyan, and Jila Rafighdoost" ,,Focusing specification of cross-like Fresnel zone plate", OPTIK,**126,** 4796-4799, (2015)**.**

[4] Arash Sabatyan and Shima Gharbi" ,Generation of double line focus and 1D non-diffractive beams using phase shifted linear Fresnel zone plate", Opt. Laser Tech., **69**, 65-70, (2016).

[5] Arash Sabatyan, Seyyed Mojtaba Taheri Balanoji, and Seyyed Mortaza Taheri Balanoji" ,Square array optical vortices generated by multi-regioned spiral square zone plate ", JOSAA **33**, 1793-1797, (2016).

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-08]