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

معرفی عدسی پراشی چند کانونی نوین با بازدهی بالا

آرش ثباتیان و پروا جعفر زاده

دانشگاه ارومیه، دانشکده علوم، گروه فیزیک

با ترکیب تیغه‌ی منطقه‌ای فرنل و توری پراش، عنصر پراشی جدیدی می‌توان ساخت که قادر به تولید آرایه‌ای از نقاط کانونی است. عنصر موردنظر دارای رفتار چند کانونی کنندگی است. این لنز پراشی چند کانونی کننده می‌تواند آرایه‌ای از نقاط کانونی با شدت‌های مساوی تولید کند که فاصله‌ی بین نقاط و همچنین محل آن‌ها به‌راحتی جابه‌جا می‌شود. هندسه‌ی آرایه‌ها کاملاً قابل‌کنترل است کما اینکه نتایج شبیه‌سازی‌شده با داده‌های تجربی منطبق هستند.

کلیدواژه: پراش فرنل - عدسی پراشی – تیغه فرنل – چند کانونی کنندگی

Introducing a high efficient multi-focusing diffractive lens

Arash Sabatyan, and Parva Jafarzadeh

Physics Department, Faculty of Sciences, Urmia University

Abstract- Having combined a Fresnel zone plate and grating, a novel diffractive element is created which is able to produce an array of focal points Focusing behavior of the element is explored, in detail. It is demonstrated that array of equal intensity focal points can be generated by this multi-focusing diffractive lens. We have shown that the distance and the between the points and their locations could be easily manipulated. Besides, the geometry of the array is quite manageable. As well as some experiments were arranged to verify the simulation results.

Keywords: Fresnel Diffraction, Diffraction Lens, Fresnel Zone Plate, Multi-focusing

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-14]

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

۱- مقدمه

تیغه منطقه‌ای فرنل که به‌عنوان یک عنصر اپتیکی پراشی شناخته می‌شود، نقش بسیار مهمی در سال‌های اخیر درزمینه ی اپتیک ایفا نموده است. تیغه منطقه‌ای فرنل با توجه به طول‌موج مورداستفاده و کاربرد آن به‌صورت ساختارهای متقارن یک‌بعدی و دوبعدی ساخته می‌شود که می‌توان به تصویر گیری [۱]، کانونی کردن پرتوایکس [۲] و ساخت آنتن‌های تخت [۳،۴] اشاره نمود. اخیراً روش جدیدی برای تولید پرتوهای حلقوی ارائه‌شده است که با تعویض نوارهای فرنل در غربال فوتونی صورت می‌گیرد. در این مقاله یک عنصر پراشی که از ترکیب دو نوع توری سینوسی و تیغه‌ی فرنل ساخته می‌شود، موردبررسی قرارگرفته است. در ادامه به بررسی انواع مختلف این عنصر پراشی می‌پردازیم سپس به محاسبات عددی روی آورده و نتایج شبیه‌سازی‌شده را با نتایج آزمایشگاهی مقایسه نموده و سرانجام به بیان تأثیرات و کاربردهای آن می‌پردازیم.

۲- تئوری و شبیه‌سازی

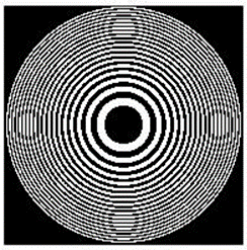
تیغه منطقه‌ای دایره‌ای ساختار متناوب دارد که اگر r_n^2 شعاع n امین حلقه و f فاصله‌ی کانونی باشد،شعاع n امین حلقه را به این صورت می‌توان تعریف کرد:

$$r_n^2 + f^2 = (f + n\lambda)^2 \qquad (۱)$$

با در نظر گرفتن تقریب پیرامحوری معادله فوق را به این صورت می‌توان نوشت:

$$r_n = \sqrt{2\pi\lambda f} \qquad (۲)$$

معادله فوق بیانگر این مطلب است که تیغه منطقه‌ای یک الگوی تناوبی با دوره تناوب r_1^2 دارد. در شکل (۱) نمایی از تیغه دایره‌ای فرنل نشان داده‌شده است.



شکل ۱ – تیغه‌ی منطقه ای فرنل عادی

عنصر پراشی موردنظر از ترکیب دو توری سینوسی با توابع عبور t_1 و فرنل زون پلیت با تابع عبور t_2 ساخته‌شده است.

$$t_1 = \exp(-2i\pi(mx + my)) \qquad (۳)$$

$$t_2 = \exp(-i\frac{k}{2f}(x^2 + y^2)) \qquad (۴)$$

دامنه‌ی پراش $U(x,y,z)$ با طول‌موج λ در راستای انتشار z با تابع مردمک $p(x',y')$ را با استفاده از انتگرال فرنل – کریشهف می‌توان به این صورت بیان کرد:

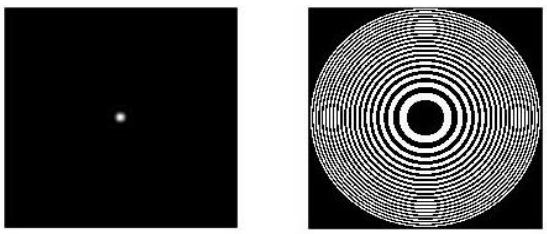
$$U(x,y,z) = \frac{2\pi}{i\lambda z}[p(x',y') \otimes \exp(ik\frac{x^2+y^2}{2z})] \qquad (۵)$$

تابع مردمک $p(x',y')$ بستگی به نوع شکاف مورد نظر شکل های متفاوتی در انتگرال فوق خواهد داشت.

که در آن $\otimes$ نمایانگر هم تافتگی بین دو تابع است [۵].

۳- نتایج شبیه‌سازی

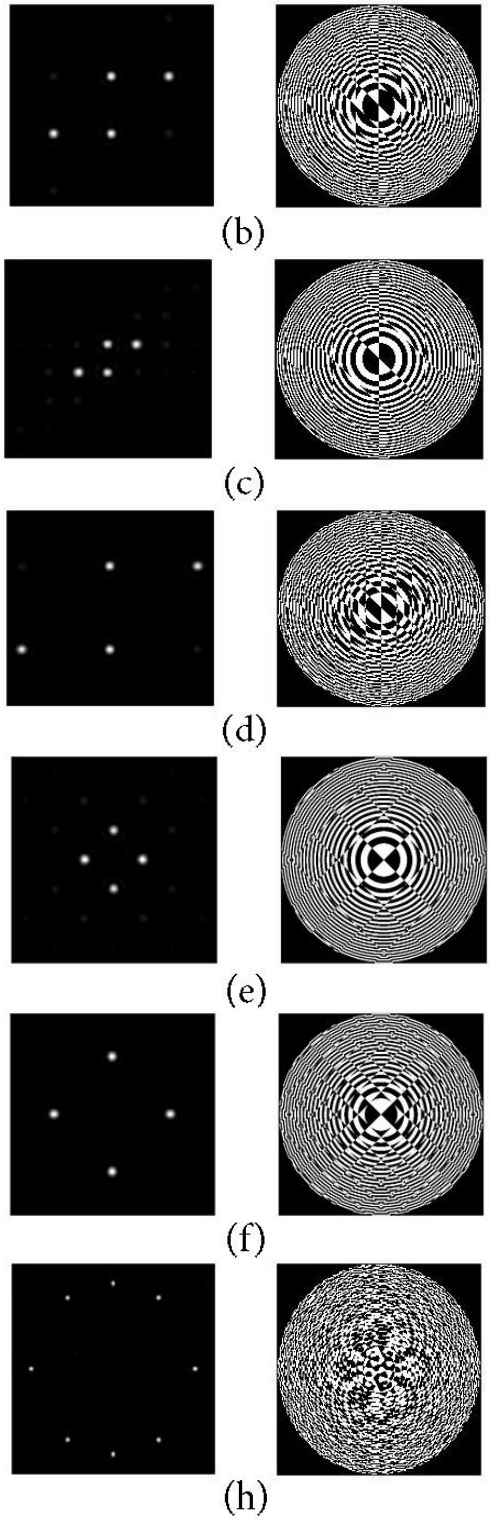
برای انجام شبیه‌سازی عناصری بافاصله‌ی کانونی ۵۰۰ میلی‌متر و طول‌موج کاری ۶۳۲،۸ نانومتر در نظر گرفته شد. سپس با تغییر ضریب m توزیع فازهای متفاوتی به دست آمد. برای مقایسه و نشان دادن قابلیت عنصر ابتدا طوری این قطعه طراحی شد که چهار نقطه‌ی کانونی را با جایگیری‌های مختلف نقاط کانونی و فواصل مختلف بین نقاط تولید کند. همان‌طور که در شکل ۲(a) تا (f) نشان داده‌شده است. سپس توزیع فاز طوری انتخاب شد که این نقاط کانونی رو بر روی یک دایره با شعاع دلخواه توزیع شوند همان‌طور که در شکل ۲(h) نشان داده‌شده است.



(a)

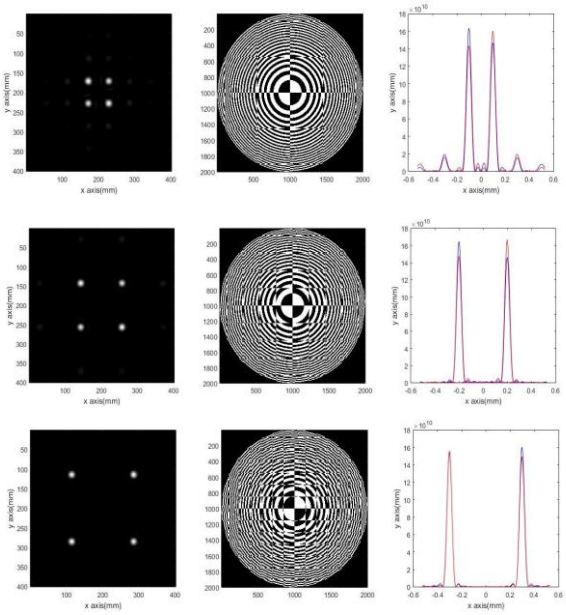
این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-14]



شکل ۲ – نمونه‌های شبیه‌سازی‌شده با استفاده از برنامه متلب

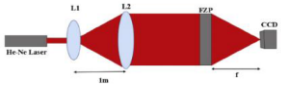
به علاوه برای نشان دادن اینکه نقاط کانونی هم‌ارزند نمودارهای شدت چهار نقطه رسم و بر روی‌هم قرار داده شد شکل ۳. کاملاً واضح است که نقاط کانونی تولیدشده کاملاً یکسان هستند.



شکل ۳ – نمایش تیغه‌های منطقه ای فرنل دوبعدی با توزیع شدت مربعی و نمایش پروفایل شدت آن

۴- نتایج تجربی

برای انجام کارهای تجربی، عناصر استفاده‌شده در شبیه‌سازی به‌وسیله فرایند لیتوگرافی با استفاده از چاپگر باقدرت تفکیک بالابر روی کاغذ شفاف چاپ‌شده و در پیدکان تلسکوپی قرار داده شد. سپس توزیع شدت ناشی از تابیدن موج تخت با طول‌موج ۶۳۲ نانومتر در کانون این قطعات توسط دوربین مناسب ثبت شد. تصاویر ثبت‌شده برای قطعات پراشی با نمونه‌ای حاصل از شبیه‌سازی مورد مقایسه قرارگرفته و در شکل -۵ نشان داده‌شده است. مشاهده می‌شود که نتایج حاصل از آزمایش کاملاً منطبق‌اند. پس از چاپ الگوی کانونی حاصل از نمونه‌ها با چیدمانی که در پایین نشان داده‌شده است در کامپیوتر ثبت و ذخیره‌شده‌اند. عدسی L۱ نور لیزر را واگرا کرده و عدسی L۲ نور واگرا شده را موازی می‌کند،سپس نور توسط قطعه‌ی پراشی کانونی می‌شود،این نور کانونی‌شده توسط ccd ثبت و ذخیره می‌شود. پروفایل شدت و تصاویر ضبط‌شده برای قطعه پراشی موردنظر در زیر نشان داده‌شده است.



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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-14]

یکدیگر می باشد که در روبطه تابع انتقال (۳) با پارامتر m معرفی شده است.

۵- نتیجه‌گیری کلی

عنصر موردنظر ما از ترکیب تیغه‌ی منطقه‌ای فرنل و توری پراشی ساخته‌شده است. این عنصر خاصیت چند کانونی کنندگی دارد که می‌توان فاصله‌ی بین نقاط کانونی و محل آن‌ها را به‌طور دلخواه تنظیم کرد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌های انجام‌شده با نتایجی که به‌طور تجربی در آزمایشگاه به‌دست‌آمده‌اند به‌طور کامل منطبق هستند.

مراجع

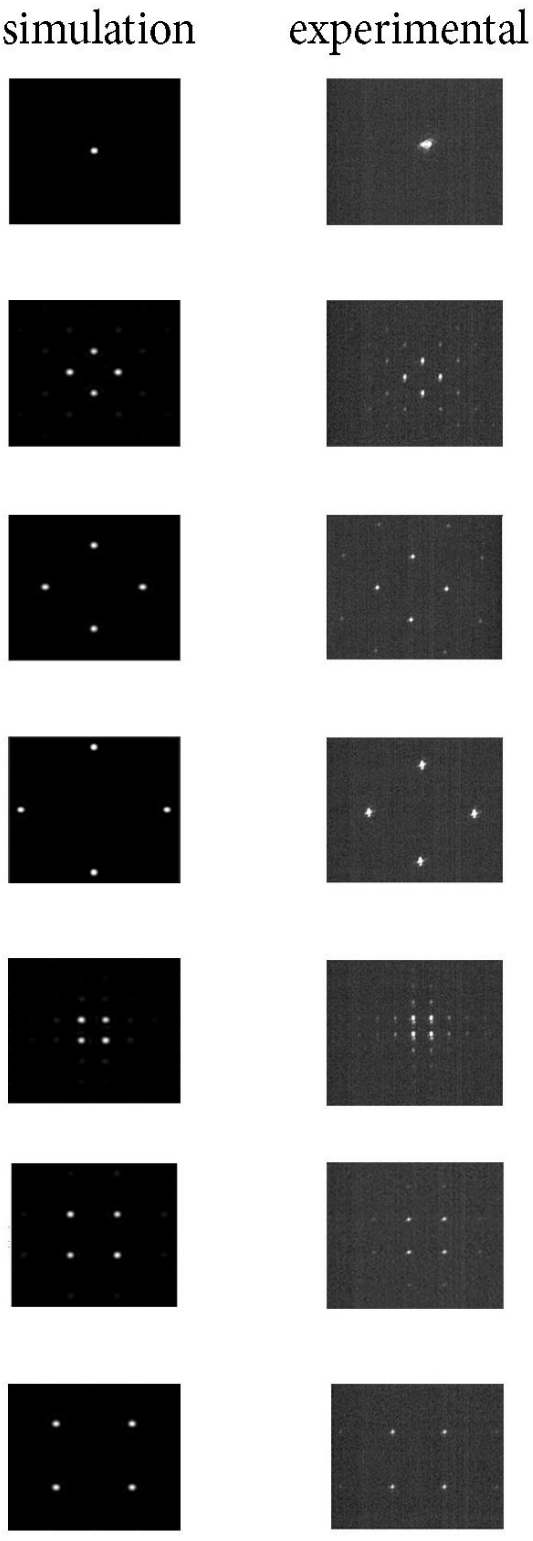
[1] S. Wang, X. Zhang, *Terahertz Technology:* Terahertz Topographic Imaging with a Fresnel lens, *Opt. Photonics News* **61,** 64 -64, (2002).

[2] Y. Wang, W. Yun and C. Jacobsen ,*Achromatic* "Fresnel optics for wideband extremeultraviolet and X-ray imaging", *Nature* **424,** 67-65 (2003).

[3] Igor V.Minin and Oleg V.Minin, "*Basic Principles of Fresnel Antenna Arrays"*. (Springer, 2008)

[4] Francisco Javier Gonza´ lez, Javier Alda, Bojan Ilic, and Glenn D. BoremanL, "Infrared antennas coupled to lithographic Fresnel zone plate lenses", *Optical Society of America***. 040.**3060,230,3990,(2004)

[5] J. W. Goodman, *Introduction to Fourier optics*, Mc Graw-Hill Book Company, New York, (1996).



شکل-۵ مقایسه‌ی توزیع شدت‌های شبیه‌سازی‌شده در متلب و نتایج تجربی به‌دست‌آمده در آزمایشگاه

در کلیه ی نتایج آزمایش های نشان داده شده در شکل-۵ پارامتر متغیر ما فاصله ی نقاط کانونی در راستای x و y از

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-14]