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

غربال نوری چند کانونی با توزیع بسل-گاوسی روزنه‌ها

سیداکبر حسینی[۱]، آرش ثباتیان[۲]

[۱]شرکت مخابرات ایران، منطقه البرز، کرج

[۲]دانشکده فیزیک دانشگاه ارومیه، ارومیه

چکیده – در این مقاله تلاش شده است تا با استفاده از تابع بسل-گاوسی، توزیع روزنه‌های غربال نوری به صورت نوسانی میرایی حاصل شود. این تابع توزیع روزنه‌ها را در برخی مناطق چگال و در بعضی مناطق صفر می‌کند. بدین ترتیب با حفظ توزیع فازی کروی، نوعی فیلتر فضایی اعمال می‌شود که نور پراشیده را به نحو مطلوبی مدوله می‌کند. در نتیجه این نوع از مدوله سازی نوری، کانون‌های اقماری در امتداد محور اپتیکی پدیدار می‌شود. نتایج تجربی در چیدمان آزمایش تصویرگیری همدوس با موج تابشی تخت، فرض اولیه را تایید می‌کند.

کلید واژه- تیغه منطقه‌ای فرنل، غربال نوری، توزیع بسل-گاوسی، فیلتر فضایی.

Multifocal photon-sieve with Bessel-Gaussian distribution of pinholes

[1]Seyed akbar hosseini, [2]Arash sabatyan

[1]Telecommunication company of Iran, karaj

[2] Department of Physics, University of Urmia, Urmia

Abstract- In this paper we try to use Bessel-Gaussian function to create damping oscillating distribution of pinholes in photon-sieve. This function concentrates the density of pinholes in some Fresnel zones and vanishes in some parts. Thus, by preserve the phase distribution function, a kind of spacial filtering exerts to modulating the diffracting beam in desired way. As the consequence of this modulation, the satellite focal points will be appearing in direction of optical axis. Experimental results in coherence imaging setup with input plan wave confirms the initial assumption.

Keywords: Fresnel zone plate, photon-sieve, Bessel-Gaussian function, spacial filter

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-02]

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

۱- مقدمه

سامانه‌های اپتیکی پراشی، به عنوان مدوله‌کننده‌های نوری[۱] در طیف وسیعی از صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این میان چگالنده‌های نوری نقش بسزایی را ایفا می‌کنند. اولین چگالنده نوری پراشی به نام تیغه منطقه‌ای فرنل[۲]، که از نواحی دایروی هم مرکز که به صورت یک در میان تاریک و روشن تشکیل شده است، توسط فرنل معرفی شد. نور از نواحی روشن عبور کرده و پس از انتشار در نقطه‌ی کانونی متمرکز می‌شود. شعاع منطقه فرنلی nام از رابطه

$$r_n = \sqrt{n\lambda f} \qquad (۱)$$

که در آن λ طول موج و f فاصله کانونی است. تعداد حلقه‌ها که وابسته به شعاع عدسی پراشی(R)، طول موج و فاصله کانونی است از رابطه عدد فرنل به صورت

$$N_{max} = \frac{R^2}{\lambda f} \qquad (۲)$$

محاسبه می‌شود. رابطه فازی متناظر با تیغه منطقه‌ای فرنل، رابطه توزیع فازی کروی

$$\varphi(r) = \frac{2\pi}{\lambda}\frac{r^2}{2f} \qquad (۳)$$

است. برای افزایش کیفیت تصویر در کانون، مدل جدیدی از عدسی پراشی توسط کیپ و همکارانش[1] در سال ۲۰۰۱ معرفی شد که از تعبیه روزنه‌ها بر مناطق تاریک تیغه منطقه‌ای فرنل حاصل می‌شود. قطر این روزنه‌ها منطبق بر پهنای مناطق فرنلی است. به دلیل امکان کنترل توزیع روزنه‌ها، نحوه مدوله سازی نور به وسیله این عدسی پراشی به صورب مطلوبتری قابل کنترل است.

۲- تئوری

یکی از روشهای اعمال تغییر در عملکرد غربال نوری، تغییر توزیع روزنه‌های تعبیه شده بر مناطق تاریک فرنل است. تغییر در توزیع روزنه‌ها، تابع انتقال اپتیکی را متناسب با نتیجه مورد نظر تغییر می‌دهد. در نتیجه با مدوله کردن فرکانسهای فضایی مختلف می‌توان به نتایج دلخواه در توزیع کانونی نور دست یافت. از جمله توزیعهای انجام شده می‌توان به توزیع فراکتالی[۳][2]، رندم[۴][3] و گاوسی[4] اشاره کرد. به عبارتی دیگر تابع توزیع همانند فیلتر فضایی عمل می‌کند و امکان دستکاری فرکانسهای فضایی را می‌دهد. تابع توزیع بسل-گاوسی به فرم

$$w_n = w_0 J_0(\alpha r_n) exp\left(-\frac{-(r_n - r_0)^2}{\beta^2}\right) \qquad (۴)$$

انتخاب شده که در آن w_0، α و β ثابتهایی هستند که باید تعیین شوند. J_0 تابع بسل نوع اول مرتبه صفر است. با تقسیم مقدار تابع توزیع بر شعاع متوسط مناطق فرنلی، تابع چگالی توزیع ρ_n بدست می‌آید:

$$\rho_n = {w_n}/{\pi(r_n + r_{n+1})} \qquad (۵)$$

۳- شبیه‌سازی عددی

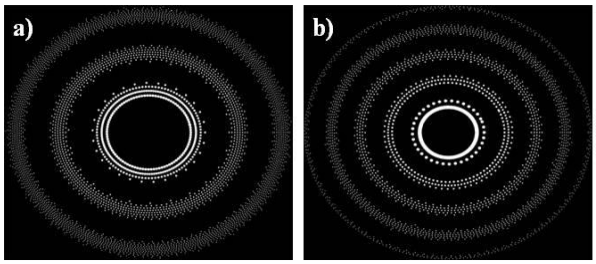
نمونه‌های غربال نوری با مقادیر ثابت w_0=۲۰۰۰، β=۱۰۰۰ و دو مقدار برای α=۶و۸ در محیط نرم افزار مطلب طراحی شدند(شکل ۱). مقادیر طول‌موج تابشی(λ=۶۳۵nm)، شعاع نمونه(R=۷/۵mm) و فاصله کانونی(f=۱۰۰۰mm) در نظر گرفته شده‌اند. تابع چگالی توزیع روزنه‌ها در شکل ۲ محاسبه و ترسیم شده است. به روش عددی و به کمک ابزار فوریه سریع در نرم‌افزار مطلب، تابع انتقال اپتیکی بهنجار[۵] هر دو نمونه محاسبه و ترسیم شده است. با توجه به متفاوت بودن ضریب ثابت α در دو نمونه‌ی غربال نوری، فیلتر فضایی این نمونه‌ها نیز متفاوت است. ترسیم عرضی تابع انتقال اپتیکی هر دو نمونه برای مقایسه در شکل۳ نشان داده شده است. توزیع شدت فرنل به کمک تئوری همتافتگی[۶] با استفاده از ابزار فوریه سریع در نرم‌افزار مطلب محاسبه و ترسیم شده است. در شکل۴ توزیع شدت محوری هر دو نمونه، و در شکل۵ توزیع شدت عرضی در صفحه کانونی اصلی محاسبه و ترسیم شده است.

---

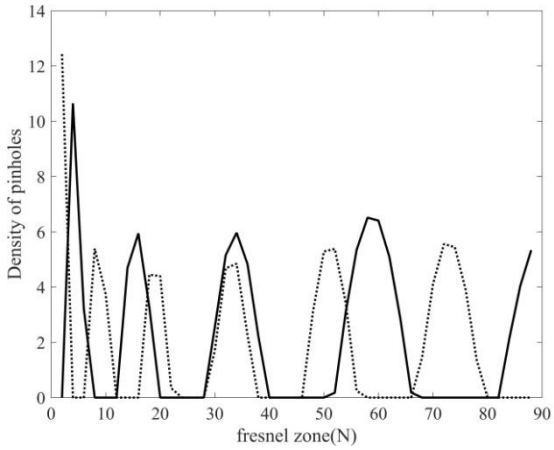
۱ Optical modulator
۲ Fresnel zone plate
۳ Fractal photon-sieve
۴ Random
۵ Normalized OTF
۶ Convolution

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

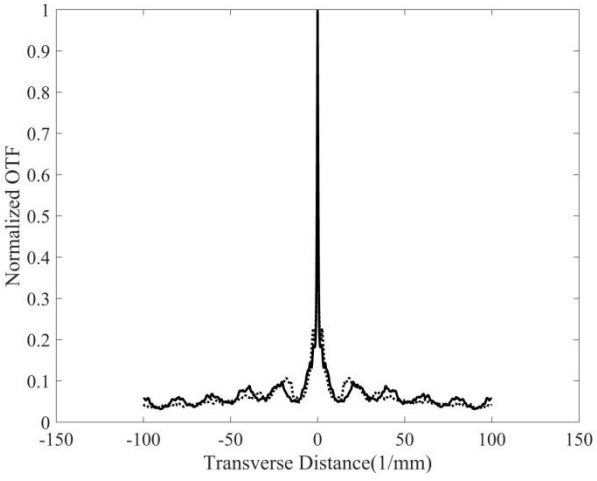
[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-02]



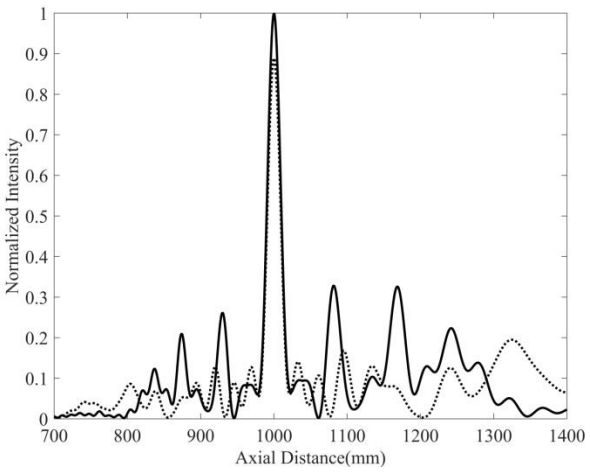
شکل ۱: نمونه‌های طراحی شده a) α=۸ b) α=۶



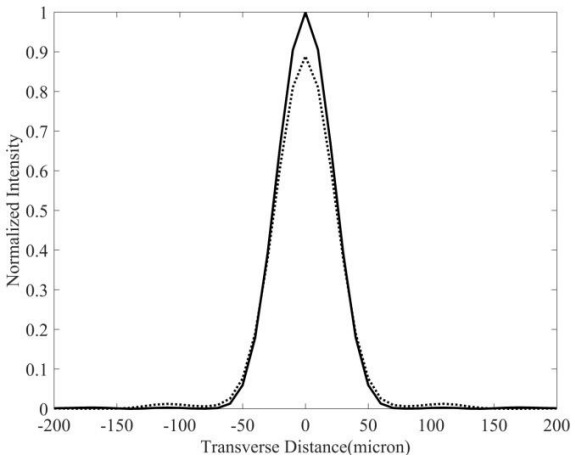
شکل ۲: تابع چگالی توزیع روزنه‌ها، خط ممتد برای α=۸ و نقطه‌چین برای α=۶



شکل ۳: تابع انتقال اپتیکی بهنجار، خط ممتد برای α= ۸ و نقطه‌چین برای α= ۶



شکل ۴: شبیه‌سازی عددی توزیع شدت محوری، خط ممتد برای α=۸ و نقطه‌چین برای α=۶



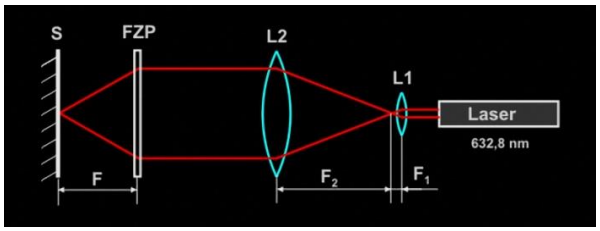
شکل ۵: شبیه‌سازی عددی توزیع شدت عرضی کانون اصلی، خط ممتد برای α=۸ و نقطه‌چین برای α=۶

۴- نتایج تجربی

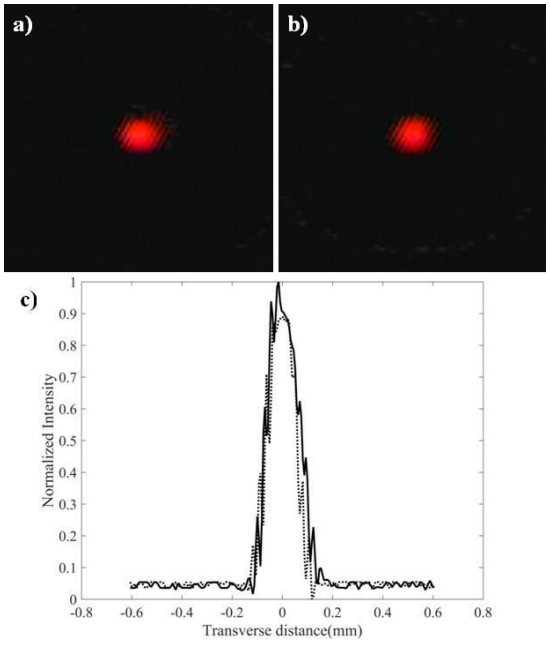
نمونه‌های طراحی شده در محیط نرم‌افزار مطلب، با تفکیک ۲۴۰۰dpi به روش لیتوگرافی بر روی فیلم شفاف برای انجام آزمایش چاپ شدند. آزمایش با نور تخت لیزر جامد GaAs در طول موج ۶۳۵ نانومتر طبق چیدمان شکل۵ انجام شد. به وسیله ابزار CCD از فاصله ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ میلی‌متر در فواصل ۱ میلی‌متری تصویرگیری و تصاویر حاصل برای تحلیل به کامپیوتر ارسال شد. شکل ۶ تصویر و نمودار توزیع شدت عرضی تجربی در صفحه‌ی کانونی اصلی و شکل ۷ تصویر کانون‌های اقماری برای نمونه α= ۸ را نشان می‌دهد.

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

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-02]



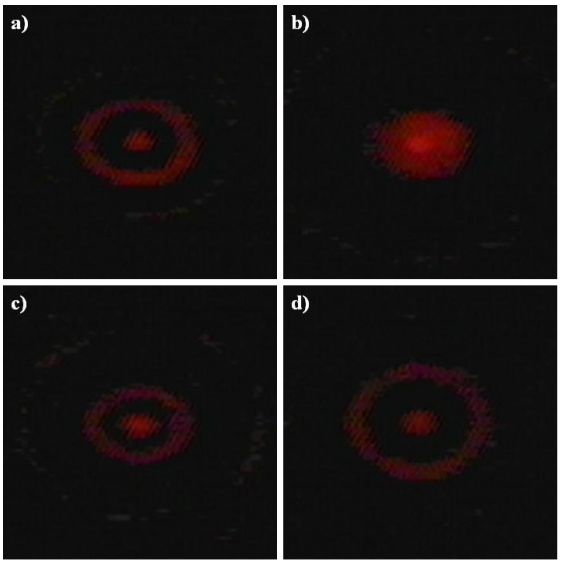
شکل ۶: شماتیک چیدمان آزمایش



شکل ۷: تصویر کانون اصلی برای نمونه a) α=۸ b) α=۶ برای c) ترسیم توزیع شدت تجربی(خط ممتد برای α=۸ و نقطه‌چین برای α=۶)

۵- نتیجه‌گیری

تابع توزیع بسل-گاوسی با روند نوسانی میرا در امتداد شعاع نمونه، مناطق توزیع چگال را به نحوی مدیریت می‌کند که نتیجه آن ایجاد چند پارگی توزیع کانونی در امتداد محور اپتیکی می‌شود. با مقایسه نمودارها و نتایج تجربی، می‌توان نتیجه گرفت که اثر فیلتر بسل-گاوسی بر کانون به صورت کانون‌های اقماری حول کانون اصلی ظاهر می‌شود. در نمونه‌ای که ضریب ثابت α=۸ در نظر گرفته شده است، با توجه به چگالی بیشتر روزنه‌ها در مناطق متراکم و تعداد کمتر مناطق متراکم، توزیع کانون‌ها منظمتر است و تراز شدت کانون‌های اقماری بین ۲۰ تا ۳۰ درصد تراز شدت کانون اصلی است(شکل ۸).



شکل ۸: تصویر توزیع شدت عرضی کانون‌های اقماری نمونه α= ۸ در فواصل محوری a) z= ۸۷۴ b) z= ۹۳۰ c) z= ۱۰۸۲ d) z=۱۱۶۸ میلی‌متر

مرجع‌ها

[1] L. Kipp, M. Skibowski, R. L. Johnson, R. Berndt, R. delung, S. Harm and R. Seemann "Sharper images by focusing soft X-rays with photon sieves," *Nature* 414 (6860), 184-188, (2001) .

[2] Giménez, F., Monsoriu, J. A., Furlan, W. D. & Pons, A. *Fractal photon sieve*. *Opt. Express* 14, 11958–11963 (2006).

[3] Sabatyan. A, Roshaninejad. P , "Super-resolving random-Gaussian apodized photon sieve,"Appl. Opt. 51, 6315 - 6318 (2012).

[4] Sabatyan. A , and Mirzaie, S. "Efficiency enhanced photon sieve using a Gaussian/overlapping distribution of pinholes," Appl. Opt 50, PP. 1517-1522, (2011).

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

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-02]