



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 : ۱-۲۴۵۰-۱۰-A

بررسی خواص کانونی تیغه منطقه فرنل شطرنجی

آرش ثباتیان ، بهناز روزبه

ارومیه، دانشگاه ارومیه، دانشکده ارومیه، گروه فیزیک

a.sabatyan@urmia.ac.ir, b.ruzbeh@urmia.ac.ir

چکیده- در این مقاله، تیغه منطقه‌ای فرنل شطرنجی معرفی می‌شود و خواص کانونی آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای اینکار، سه تیغه منطقه‌ای شناخته شده دیگر دایره‌ای، صلیبی و مربعی را هم در نظر می‌گیریم. سپس تابع پخشیدگی نقطه‌ای این چهار عنصر را استفاده از شبیه‌سازی محاسبه کرده و پهنای آنها را با هم مقایسه می‌کنیم. نشان می‌دهیم که بیشینه شدت عبوری شطرنجی از فرنل دایره‌ای کمتر و از فرنل صلیبی و مربعی بیشتر است. همچنین پهنای شدت عرضی در کانون فرنل شطرنجی کمتر از سه عنصر پراشی مورد نظر است. در نهایت هم برای راستی آزمایی نتایج شبیه‌سازی، آزمایشات متناظر را طراحی و انجام می‌دهیم. نشان داده می‌شود که نتایج تجربی در توافق خوبی با داده‌های شبیه‌سازی هستند.

کلیدواژه: پراش، پراش فرنل، تیغه منطقه‌ای فرنل، فرنل شطرنجی

Investigation of focal properties of checkerboard Fresnel zone plate

Arash Sabatyan, Behnaz Roozbeh

Physics Department, Faculty of Sciences, Urmia University, Urmia

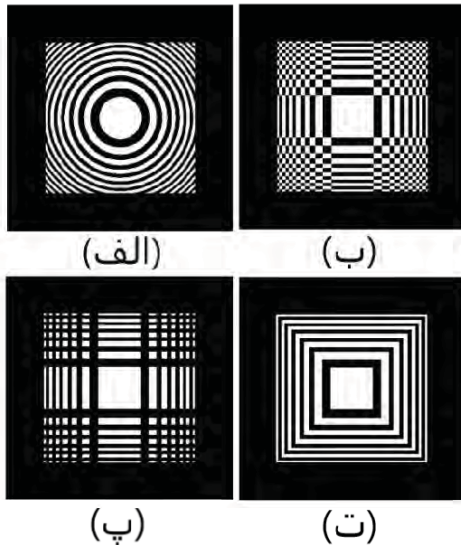
a.sabatyan@urmia.ac.ir, b.ruzbeh@urmia.ac.ir

Abstract- In this paper, checkerboard zone plate is introduced, and its focusing properties are investigated. To this end, three other known zone plates, circular, cross, and square zone plates, are also considered. After that, we compute their point spread functions and compare them together. We demonstrate that the maximum transmitted intensity in the checkerboard is less than that of the circular and higher than either cross and square. Moreover, the width of the checkerboard point spread function transverse intensity is less than that of other considered elements. Finally, the corresponding experiments are considered to verify the simulation results. It is shown that the experimental results are in good agreement with simulation data.

Keywords: Diffraction, Diffraction Fresnel, Fresnel zone plate, chess Fresnel

۳- نتایج شبیه‌سازی

در این مرحله توزیع شدت عرضی و طولی چهار عنصر پراش تیغه منطقه ای فرنل دایره ای (FZP)، شطرنجی (CBZP)، صلیبی (CZP) و مربعی (SZP) مقایسه می شود. در شکل (۱) ساختار این چهار تیغه منطقه ای، نشان داده شده است.



شکل (۱): (الف) تیغه منطقه ای فرنل دایره ای، (ب) تیغه منطقه ای فرنل شطرنجی، (پ) تیغه منطقه ای فرنل صلیبی و (ت) تیغه منطقه ای فرنل مربعی

برای مقایسه این چهار عنصر پراش، قطعاتی با فاصله کانونی 500 میلی‌متر، قطر 14 میلی‌متر و طول موج 632.8 نانومتر طراحی شد.

در شکل (۲) توزیع شدت عرضی و نمودار شدت عرضی هر کدام نشان داده شده است.

در شکل (۳) و (۴) می توان توزیع شدت عرضی و نمودار توزیع شدت عرضی بهنجار شده چهار عنصر پراشی را مشاهده کرد و به نتایج زیر رسید.

۱- مقدمه

اولین عدسی پراشی را فرنل ارائه کرده است که با آن تیغه منطقه ای فرنل گویند. تیغه منطقه ای فرنل یک قطعه پراشی همگرا کننده با حلقه‌های روشن و تاریک متحد مرکز است که نور را در یک نقطه کانونی می کند [۱]. تیغه منطقه ای فرنل در بسیاری از شاخه های علم همچون تصویرگیری [۲]، میکروسکوپ اشعه ایکس [۳]، آنتن ها [۴] و ... استفاده می شود. با توجه به این که صفحه CCD و آشکار سازهای مورد استفاده در آزمایشگاه از پیکسل‌های مربعی تشکیل شده اند، استفاده از عدسی‌هایی که از نواحی مربعی- مستطیلی شکل یا اصطلاحاً از نواحی فرنل عمود برهم تشکیل شده اند بهتر است. به همین دلیل در این مقاله به بررسی عدسی ای که دارای نواحی عمود بر هم است پرداخته شده است.

۲- طراحی تیغه منطقه ای شطرنجی

از جمله عدسی های با نواحی فرنل عمود برهم می توان به فرنل مربعی، صلیبی، و شطرنجی اشاره کرد.

تابع عبور تیغه منطقه ای شطرنجی از ترکیب دو تابع عبور یک بعدی معادله (۱) بدست می آید.

$$t_1 = \exp\left(\frac{i2\pi x^2}{2\lambda f}\right) \quad (1)$$

$$t_2 = \exp\left(\frac{i2\pi y^2}{2\lambda f}\right)$$

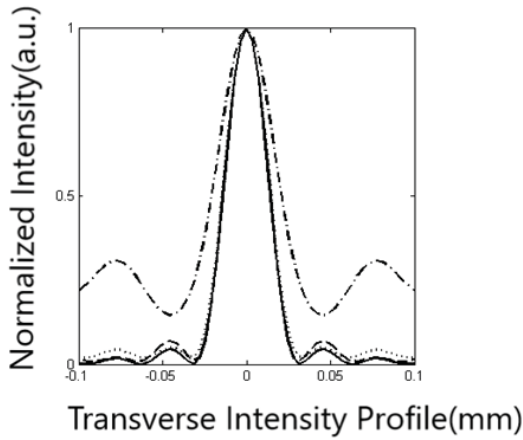
$$t(x, y) = (t_1 - t_2)(t_1 + t_2)$$

توزیع شدت را با کمک انتگرال فرنل - کیرشهوف در چیدمان تصویر گیری همدوس و تقریب پیرا محوری می توان از روابط زیر بدست آورد.

$$I(x, y) = |F^{-1}\{F\{t(x, y)\}F\{h(x, y)\}\}|^2 \quad (2)$$

$$h(x, y) = \exp\left(\frac{ik(x^2 + y^2)}{2z}\right)$$

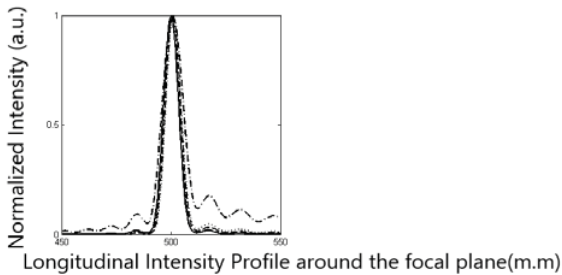
در معادله (۲) $z = f, k = \frac{2\pi}{\lambda}$ می باشد.



شکل (۴): نمودار توزیع شدت عرضی بهنجار شده تیغه فرنل دایره ای، شطرنجی، صلیبی و مربعی که به ترتیب با خط توپر، خط بریده بریده، نقطه چین و نقطه خط نشان داده شده است.

در شکل (۵) توزیع شدت طولی بهنجار شده هر چهار عنصر پراشی مورد نظر نشان داده شده است که می توان نتیجه گرفت:

عمق کانون شطرنجی با دایره ای و صلیبی یکسان و از مربعی کمتر است.

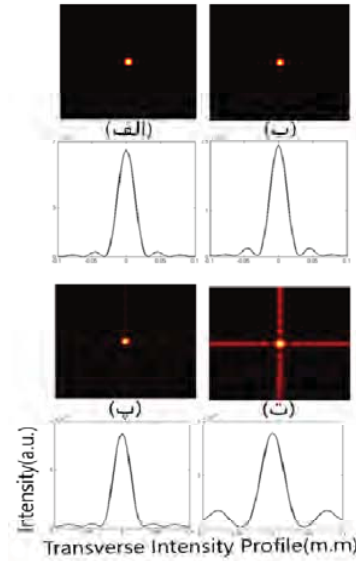


شکل (۵): توزیع شدت طولی بهنجار شده تیغه فرنل دایره ای، شطرنجی، صلیبی و مربعی که به ترتیب با خط توپر، خط بریده بریده، نقطه چین و نقطه خط نشان داده شده است

۴- نتایج تجربی

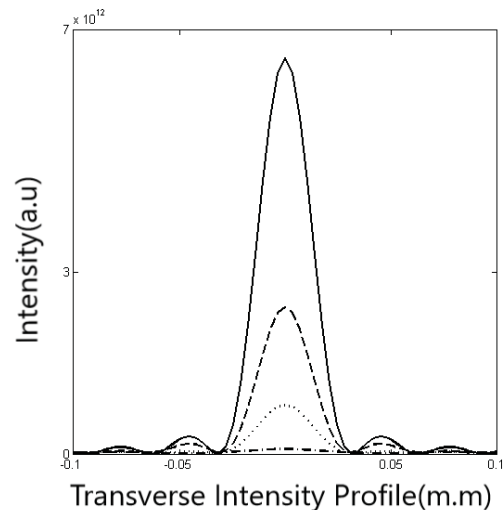
پس از چاپ نمونه های شبیه سازی شده با استفاده از فرآیند لیتوگرافی، در چیدمان آزمایشگاهی شکل (۶) تحت تابش نور لیزر هلیوم نئون موازی شده قرار گرفت.

در این چیدمان لیزر هلیوم-نئون با طول موج ۶۳۲.۸ نانومتر استفاده شده است. عدسی 1L نور لیزر را واگرا کرده و عدسی 2L نور واگرا شده را موازی می کند سپس نور توسط

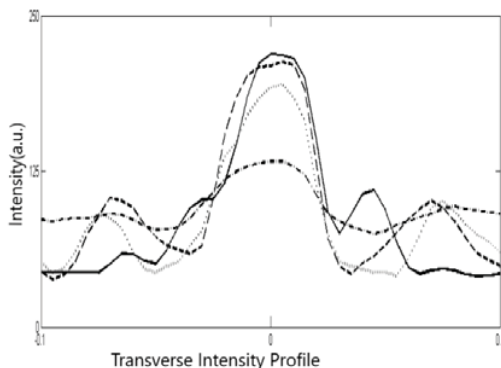


شکل (۲): توزیع شدت و نمودار توزیع شدت عرضی در کانون (الف) تیغه منطقه ای فرنل دایره ای، (ب) تیغه منطقه ای فرنل شطرنجی، (پ) تیغه منطقه ای فرنل صلیبی و (ت) تیغه منطقه ای فرنل مربعی

بیشینه شدت عبوری از فرنل شطرنجی نسبت به صلیبی و مربعی بیشتر ولی از دایره ای کمتر است. پهنای شدت شطرنج در نقطه کانون از سه عنصر دیگر کمتر است. شدت بیشینه دوم شطرنجی از دایره ای کمتر و از صلیبی و مربعی بیشتر است.



شکل (۳): مقایسه نمودار توزیع شدت عرضی تیغه فرنل دایره ای، شطرنجی، صلیبی و مربعی که به ترتیب با خط توپر، خط بریده بریده، نقطه چین و نقطه خط نشان داده شده است.



شکل (۸): مقایسه نمودار توزیع شدت عرضی تجربی تیغه فرنل دایره ای، شطرنجی، صلیبی و مربعی که به ترتیب با خط توپر، خط بریده بریده، نقطه چین و نقطه خط نشان داده شده است.

۵- نتیجه گیری

۱- بیشتر بودن بیشینه شدت عبوری فرنل شطرنجی از فرنل صلیبی و مربعی بیانگر این است که نسبت به این دو عدسی دارای نور عبوری بیشتر است. این افزایش یکی از مزیت‌های عدسی پراشی می باشد.

۲- کمتر بودن پهنای شدت عرضی فرنل شطرنجی از سه عنصر پراشی نشان می دهد قدرت تفکیک آن از سه تیغه منطقه ای دایره ای، صلیبی و مربعی بیشتر است.

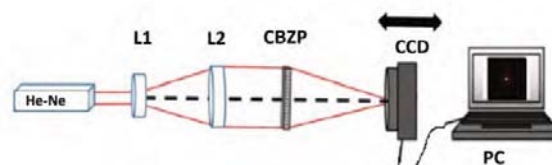
۳- شدت بیشینه دوم فرنل شطرنجی از فرنل دایره ای کمتر و از صلیبی و مربعی بیشتر است. از آنجاییکه این افزایش به وضوح تصویر مرتبط است، وضوح تصویر شطرنجی از صلیبی و مربعی کمتر و از دایره ای بیشتر است.

۴- یکسان بودن پهنای شدت طولی فرنل شطرنجی با فرنل صلیبی و دایره ای و کمتر بودن از فرنل مربعی بیانگر این است کیفیت تصویر شطرنجی، دایره ای و صلیبی از- مربعی کمتر است.

مراجع

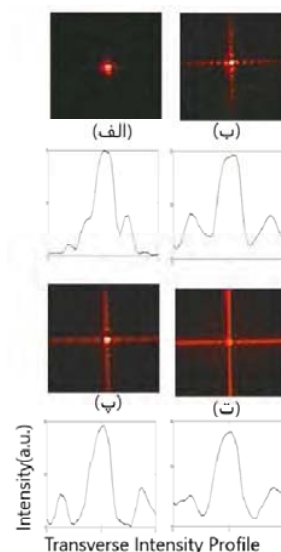
- [1] M. Mihailescu, A. Predaa, D. Cojocb, E. Scarlata, L. Predaa "Diffraction patterns from a phyllotaxis-type arrangement" *Opt. & Laser Eng.* 46, 802-809, (2008).
- [2] S. Wang and X.-C. Zhang, "Terahertz tomographic imaging with a Fresnel lens," *Chin. Opt. Lett.* 1, 53-55 (2003).
- [3] Sakdinawat, A., Liu, Y.: Soft-x-ray microscopy using spiral zone plates. *Opt. Lett.* 32, 2635-2637 (2007)
F. J. Gonzalez, J. Alda, B. Ilic, and G. Boreman, "Infrared antennas coupled to lithographic Fresnel zone plates," *Appl. Opt.* 43, 6067- 6073 (2004).

قطعه‌ی پراشی کانونی می‌شود. نور کانونی شده توسط- CCD ثبت و ذخیره شده و سپس الگوی کانونی حاصل از نمونه‌ها با استفاده از کامپیوتر ثبت و ذخیره می‌شود.



شکل (۶): طرح شماتیک چیدمان آزمایشگاهی

در شکل (۷) توزیع شدت عرضی و نمودار شدت عرضی در کانون هر چهار عنصر پراشی مورد نظر که به صورت تجربی بدست آمده است، نشان داده شده است.



شکل (۷): توزیع شدت و نمودار توزیع شدت عرضی تجربی در کانون (الف) تیغه منطقه ای فرنل دایره ای، (ب) تیغه منطقه ای فرنل شطرنجی، (پ) تیغه منطقه ای صلیبی و (ت) تیغه منطقه ای مربعی

در شکل (۸) نمودار توزیع شدت عرضی چهار عنصر پراشی مورد نظر در کانون مقایسه می‌شود. مشاهده می‌کنیم نتایج شبیه سازی با نتایج تجربی همخوانی دارد.