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 : ۲-۲۱۵۰-۱۰-A

تولید پرتوهای لیزر گلبرگ مانند با استفاده از عدسی‌های فرنل قطاعی نمایه شده در یک مدولاتور فضایی دامنه‌ای نور

مریم محققیان[۱]،سعید قوامی صبوری[۲]

[۱]دانشکده فیزیک، دانشگاه اصفهان، اصفهان، *m.mohagheghian@sci.ui.ac.ir*

[۲]دانشکده فیزیک، دانشگاه اصفهان، اصفهان، *ghavami@sci.ui.ac.ir*

چکیده –عدسی فرنل متداول‌ترین المان اپتیکی پراش است که در کاربردهای متفاوتی استفاده می‌شود. در برخی از این کاربردها، لازم است تا تعداد زیادی المان فرنل تولید شود. به همین منظور، در این پژوهش طراحی عدسی‌های فرنل قطاعی برای کاهش زمان تولید این المان، بررسی شده است. مشاهده می‌شود که عدسی‌های جدید پرتوی لیزر را کانونی می‌کنند و پرتوهای گلبرگ مانند متناسب با تعداد قطاع المان فرنل ثبت می‌شوند.

کلید واژه- پرتوهای گلبرگ مانند، عدسی فرنل، لیزر، مدولاتور فضایی دامنه‌ای نور .

Petal-like beams generation by the segmental Fresnel lenses projected onto an amplitude spatial light modulator

Maryam Mohagheghian[1], Saeed Ghavami Sabouri[2]

[1] Faculty of Physics, University of Isfahan, Isfahan, m.mohagheghian@sci.ui.ac.ir

[2] Faculty of Physics, University of Isfahan, Isfahan, ghavami@sci.ui.ac.ir

Abstract- The Fresnel zone plate (FZP) is the most commondiffractive optical element that has been used in a variety of applications. In some of applications, plenty of FZPs are required to fabricate. Hence, in this paper the design of segmental FZPs to decrease the time of fabrication is investigated. It is shown that these new elements can focus the laser beam and yield petal-like beams due to several segments of the Fresnel lens.

Keywords: Amplitude spatial light modulator, Fresnel lenses, Laser, Petal-like beams.

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

مقدمه

صفحات منطقه‌ای فرنل یا همان عدسی فرنل متداول‌ترین المان‌های اپتیکی پراش هستند که معمولا در یک هندسه دایره‌ای ظاهر می‌شوند. المان فرنل وظیفه‌ی کانونی کردن پرتوهای نور را دارد. در دهه‌های اخیر مطالعه بر هندسه و تعداد کانون‌های المان فرنل به صورت گسترده‌ای انجام شده است [۱].عدسی فرنل در سامانه‌های اپتیکی متفاوتی مانند میکروسکوپ‌های اشعه ایکس، آنتن‌های میکروموج، شکل‌دهی پرتو، تلسکوپ‌های فضایی[۲] و همچنین اندازه-گیری طول موج لیزر به کار برده می‌شود[۳].در بعضی از کاربردهای این عدسی، مثلا اندازه‌گیری طول موج، لازم است تا تعداد زیادی المان فرنل تولید شود.المان فرنل پراشی می‌تواند به صورت فعال یا غیر فعال تولید شود. عدسی فرنل غیر فعال توسط روش‌هایی مانند لیتوگرافی، تولید می‌شود [۴]. از مدولاتورهای فضایی نور می‌توان برای تولید عدسی فرنل فعال استفاده نمود. در روش‌های فعال، امکان تغییر پارامترها در الگوی المان پراشی و در نتیجه بررسی همزمان نتایج حاصل از آن وجود دارد. مدولاتور فضایی نور یک قطعه اپتوالکترونیکی است که فاز یا دامنه [۵] پرتو لیزر یا هر دو را با هم مدوله می‌کند. در روش غیر فعال، تولید تعداد زیاد المان فرنل می‌تواند برابر با صرف وقت و هزینه بالا باشد. همچنین در روش فعال لازم است تا عدسی فرنل توسط رایانه طراحی و سپس به مدولاتور ارسال شود که همین فرآیند نیز بسته به سرعت رایانه و سامانه الکترونیکی پردازنده مدولاتور می‌تواند مدت زمان قابل توجهی طول بکشد. بنابراین نیاز است تا جای ممکن زمان تولید این المان کاهش یابد. به همین منظور در این پژوهش سعی شده تا المان‌های فرنل به صورت قطاعی تولید شوند. به عبارت دیگر، در چند مرحله قطاع-های متفاوت از المان حذف شده و کانونی شدن پرتو لیزر توسط عدسی‌های جدید بررسی می‌گردد. همچنین طرح گلبرگ مانند پرتوی لیزر در تابش به این عدسی‌های قطاعی مورد مشاهده قرار می‌گیرد که اخیرا نیز در بسیاری از پژوهش‌ها به این طرح پرداخته شده به صورتی که تعداد قطاع در عدسی متناسب با تعداد گلبرگ در طرح است [۱]. در نهایت به منظور تعمیم پژوهش، به جای قطاع‌های حذف شده در یک المان فرنل زوج، همان قطاع‌ها از یک المان فرد جایگزین می‌شود و طرح گلبرگ مانند پرتو نیز در این المان جدید به صورت تجربی مورد بررسی قرار می گیرد.

شرح نظری

یک المان عدسی فرنلاز یک سری حلقه‌های هم مرکز سیاه و سفید تشکیل شده است. شعاع هر منطقه با توجه به فاصله کانونی عدسی و طول موج نور فرودی از رابطه زیر بدست می آید[۶]:

$$R(\mathrm{n}) = \sqrt{\frac{n^2\lambda^2}{4} + nf\,\lambda} \qquad (۱)$$

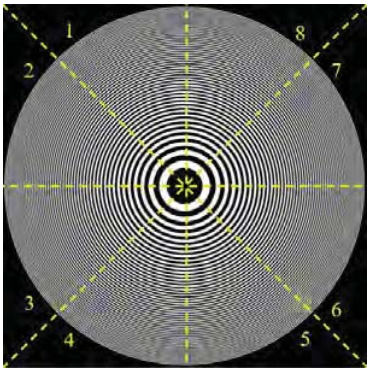
که در آن، $R(n)$شعاع حلقه n ام، fفاصله کانونی، n شماره حلقه و λ طول موج نور فرودی است. بنابراین با توجه به این رابطه، پرتوهای نور تابیده شده با طول موج λ به المان فرنل، در فاصله‌ی f از عدسی، کانونی خواهند شد.

طراحی و تولید عدسی فرنل

با استفاده از رابطه۱ در نرم افزار متلب، عدسی فرنل با تعداد ۱۰۰ منطقه و فاصله کانونی ۳۲ سانتی‌متر برای طول موج ۶۳۲/۸ نانومتر طراحی شده است. شکل ۱ الگوی این المان فرنل را نشان می‌دهد. این عدسی را به صورت یک المان کامل در نظر گرفته و کانونی شدن پرتوی لیزر مشاهده می‌شود. سپس آن را به هشت قطاع مساوی تقسیم می‌نماییم. در هر مرحله دو قطاع از عدسی حذف شده و یک المان جدید فرنل تولید می‌شود. تابش

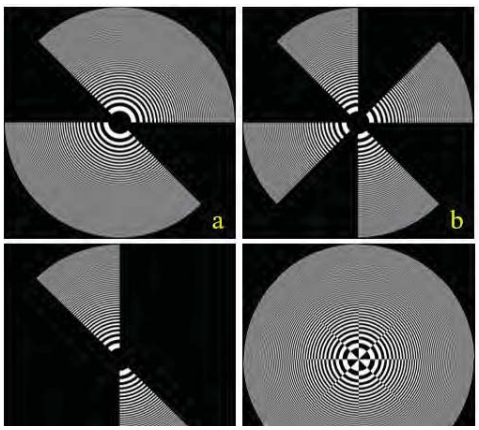
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

پرتوی نور به همه‌ی این المان‌ها انجام و فرآیند کانونی شدن بررسی می‌گردد.



شکل ۱: نمایش المان عدسی فرنل زوج دارای ۸ قطاع. (شماره هر قطاع در کنار آن نوشته شده است).

برای تولید المان جدید اول(شکل ۲-a) قطاع شماره ۲ و ۶، در المان دوم (شکل ۲-b) قطاع شماره ۲، ۴، ۶ و ۸ و در المان سوم (شکل ۲-c) همه‌ی قطاع‌ها به جز شماره ۱ و ۵ حذف می‌شوند. شکل ۲ عدسی‌های جدید فرنل را نشان می‌دهد. همچنین المان d، همان المان فرنل b است با این تفاوت که به جای بخش‌های حذف شده، همان شماره قطاع‌ها از یک المان فرنل فرد جایگزین شده است. منظور از زوج یا فرد بودن المان عدسی فرنل این است که اولین منطقه یا دایره مرکزی این المان دارای مقدار صفر یا یک باشد. اولین منطقه‌ی المان شکل ۱ تاریک است و مقدار صفر را دارد که یک المان فرنل زوج محسوب می‌شود. بنابراین یک عدسی فرنل فرد دارای مرکز روشن با مقدار یک است.

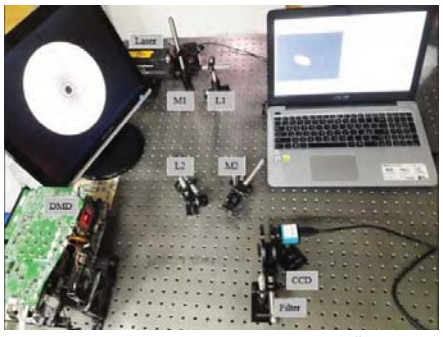


شکل ۲: المان‌های فرنل قطاعی.

در این مرحله برای تولید المان عدسی، الگوهای طراحی شده شکل ۱ و ۲ با حد تفکیک ۵۰۰۰×۵۰۰۰ توسط رایانه نمایش داده می‌شوند تا توسط مدولاتور دامنه‌ای تولید شوند. پیکسل‌های ریزآینه‌ی مدولاتور برای تولید این المان‌ها، در حالت خاموش برای قسمت‌های سیاه، و در حالت روشن برای قسمت‌های سفید تصویر، قرار می‌گیرند.

چیدمان آزمایشگاهی

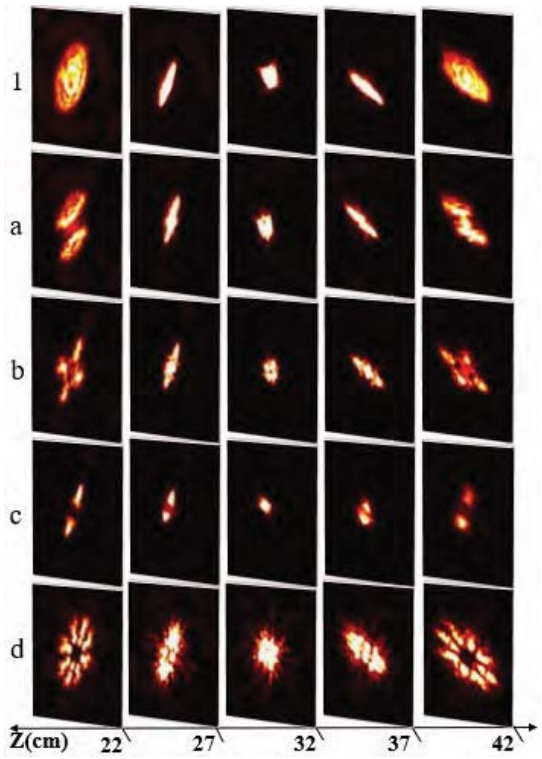
طرح پراش حاصل از عدسی‌های شکل ۱ و ۲ را با توجه به چیدمان آزمایشگاه که در شکل ۳ آمده است، بررسی می‌کنیم. درشکل ۳، لیزر هلیوم-نئون با طول موج ۶۳۲/۸ نانومتر، از دو عدسی L1(f1=-50mm) وL2(f2=-7.5mm) عبور می‌کند. دو عدسی در مکانی قرار گرفته‌اند تا به طور کامل پرتو لیزر واگرا شود و کل سطح ریزآینه را در بر گیرد. پرتو لیزر توسط آینه‌های چیدمان، به ریز آینه DMDمدولاتور Sharp 32S با قدرت تفکیک ۸۰۰×۶۰۰هدایت می‌شود. در این زمان، المان عدسی فرنل که برای همین طول موج لیزر و فاصله کانونی ۳۲ سانتی‌مترطراحی شده است، به مدولاتور ارسال می‌شود. پرتو لیزر به عدسی فرنل تابیده و در صفحه‌ی مشاهده کانونی می‌شود. برای ثبت تصاویر حاصل از پراش پرتو، دوربین CCD با مدل DMK 23U274را در فاصله‌ی کانونی قرار می‌دهیم. از یک فیلتر کاهش شدت نور، قبل از دوربین استفاده می‌شود. زیراشدت زیاد لیزر پیکسل‌های دوربین را اشباع می‌کند.



شکل ۳- چیدمان آزمایشگاهی طراحی و تولید المان‌های عدسی فرنل.

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

دوربین در فاصله‌های متفاوتz از ریز آینه قرار داده شده و طرح پراش حاصل برای الگوی عدسی شکل ۱ و عدسی-های شکل ۲ در محل کانون، قبل و بعد از آن ثبت می-شود تا رفتار پرتوی نور در تابش به این پنج عدسی فرنل، بررسی و کانونی شدن نور توسط آن‌ها ثبت گردد.شکل ۴ برخی از تصاویر طرح پراش را نشان می‌دهد.



شکل ۴: طرح‌های پراش ثبت شده در فاصله‌های z متفاوت از DMD برای عدسی فرنل شکل ۱ و عدسی‌های a-dشکل ۲.

با توجه به نتایج شکل ۴، پرتوی نور در تابش به همه‌ی عدسی‌های فرنل، در یک مکان یعنی فاصله ۳۲ سانتی-متری از ریزآینه (همان فاصله‌کانونی در نظر گرفته شده برای المان فرنل) کانونی می‌شوند. همچنین فرآیند کانونی شدن و واگرایی پرتوها دور از محل کانون برای همه‌ی المان‌ها قابل مشاهده است. از طرف دیگر، شکل گلبرگ مانند پرتو برای عدسی‌های قطاعی b-dثبت شده است که تعداد گلبرگ‌ها در طرح پراش هر عدسی برابر با تعداد قطاع در همان المان فرنل است. بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده، می‌توان عدسی‌های فرنل را به صورت قطاعی تولید نمود که باعث کاهش صرف وقت و هزینه در روش-تولید غیر فعال و کاهش زمان در روش فعال می‌شود.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، ابتدا به المان‌های عدسی‌فرنل و شرح نظری این المان پرداخته شد. سپس به منظور کاهش زمان تولید،عدسی‌های فرنل با تعداد قطاع متفاوت، طراحی و توسط مدولاتور فضایی دامنه‌ای نور تولید شدند. فرآیند کانونی شدن پرتو لیزر توسط المان‌های قطاعی و همچنین طرح گلبرگ مانند پرتو برای این المان‌ها مشاهده و ثبت گردید.

مرجع‌ها

[1] ۱.J. Rafighdoost, and et. al, "Azimuthally phase-shifted Fibonacci zone plate," Journal of the Optical Society of America B.(۲۰۲۰)

[2] ۲.Z. ZHANG, and et. al, "Hybrid-level Fresnel zone plate for diffraction efficiency enhancement," OPTICS EXPRESS **25**, 3367 .(۲۰۱۷)

[3] ۳.M. Mohagheghian, and S. GhavamiSabouri, "Laser wavelength measurement based on a digital micromirror device," IEEE photonics technology letters **30**, 1186-1189.(۲۰۱۸)

[4] ۴.W. Watanabe, D. Kuroda, K. Itoh, and J. Nishii, "Fabrication of Fresnel zone plate embedded in silica glass by femtosecond laser pulses," Optics Express **10**, 978-978.(۲۰۰۲)

[5] ۵.N. a. F. Zambale, G. J. H. Doblado, and N. Hermosa, "OAM beams from incomplete computer generated holograms projected onto a DMD " Journal of the Optical Society of America B **34**, 1905-1911.(۲۰۱۷)

[6] ۶.A.Vijayakumar, and S. Bhattacharya, *Design and Fabrication of Diffractive Optical Elements with MATLAB*.(۲۰۱۷)

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.