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 : ۳- ۲۱۵۰- ۱۰-A

طراحی و تولید عدسی‌های ناتمام فرنل به منظور مشاهده اثر پیکسل‌های مرده 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 – ریزآینه‌ی دیجیتال آرایه‌ای از پیکسل‌ها است که در مدولاتورهای دامنه‌ای نور برای کاربردهای گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. گاهی ممکن است تعدادی از این پیکسل‌ها از کار بیفتند و بنابراین اثر قابل توجهی بر کیفیت پرتوی بازتابی داشته باشند.در این پژوهش، عدسی‌های فرنل ناتمام متفاوت طراحی و توسط مدولاتور فضایی نور تولید شده اند تا اثر پیکسل‌های مرده در ریزآینه‌ها بر چگونگی کانونی شدن پرتوی لیزر بررسی شود. مشاهده کردیم اگرچه شدت پرتوهای کانونی شده توسط المان‌های فرنل ناتمام، کاهش می یابد، اما همه‌ی پرتوها به خوبی کانونی می‌شوند.

کلید واژه- المان اپتیکی پراش، ریزآینه دیجیتال، عدسی فرنل، لیزر .

Design and fabrication of the incomplete Fresnel lenses to observe the influence of dead pixels in anamplitude 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- A digital micromirror device is made up of an array of pixels in amplitude light modulator which is used in a variety of applications. Any of these pixels at some time may not work and hence have a considerable effect on the quality of output beam. In this paper, variousincomplete Fresnel lensesare designed and displayed on the spatial light modulator to investigate the effect of dead pixels on focusing behavior of laser beam. We observe that although the beams produced with these incomplete lenses are less intense, these beams all are focused perfectly.

Keywords: Diffractive optical elements, Digital micromirror device, Fresnel lens, Laser.

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

مقدمه

المان‌های اپتیکی پراش در مقیاس طول موجو از اصلاح المان‌های شکست اپتیکی ساخته شده‌اند. به طور مثال،به عنوان یک المان پراشی می‌توان عدسی‌های فرنل را نام برد که در کابردهای بسیاری به جای عدسی‌های کروی معمولی استفاده می‌شوند.کوچکی ابعاد، دقت بالاتر، حجم کمتر و امکان کنترل بیشتر جبهه موج از جمله مواردی است که باعث استفاده از این عدسی‌ها به جای المان‌های شکستی شده‌است[۱]. المان عدسی فرنل برای کانونی کردن دسته‌ای از پرتوها به کار می‌رود. این المان در سامانه‌های اپتیکی بسیاری مانند اپتیک تراهرتز، آنتن‌های میکروموج، شکل‌دهی پالس، سامانه‌های چند کانونی[۲, ۳] و همچنین اندازه‌گیری طول موج لیزر استفاده می‌شود [۴].تولید المان پراشی فرنل می‌تواند به صورت غیرفعال یا فعال باشد. عدسی فرنل غیرفعال از ترکیب‌های گوناگون و با استفاده از روشی مانند لیتوگرافی، تولید می‌شود [۵]. مدولاتورهای فضایی نور نوعی وسیله‌ی اپتوالکترونیک هستند که از آن‌ها برای ساخت عدسی فرنل فعال استفاده می‌شود. در المان‌های فعال،پارامترهای الگوی پراشی برای تولید عدسی مورد نظر توسط نرم افزار تغییر می‌کند و همزمان نتایج حاصل از این تغییر بررسی می‌شود.مدولاتورهای فضایی نور فاز یا دامنه [۶] پرتو لیزر را مدوله می‌کنند و از آن‌ها در سامانه‌های اپتیکی متفاوتی مانند طرح‌های هولوگرافی، اندازه‌گیری اپتیکی و شکل‌دهی فضایی پرتو لیزر استفاده می‌شود[۷]. در نوع دامنه‌ای این وسیله از یک ریزآینه‌ی دیجیتال استفاده می‌شود.ریز آینه دیجیتال یه قطعه الکترواپتیکی است که با توجه به حد تفکیک مدولاتور، از تعداد زیادی پیکسل تشکیل شده است.پیکسل‌های ریزآینه می‌توانند توسط یک بخش الکترومکانیکی بچرخند. گاهی به دلایل متفاوت مثلا خرابی دستگاه یا کارکردن زیاد، تعدادی از این ریزآینه‌ها از کار می‌افتند و به اصطلاح پیکسل مرده محسوب می‌شوند که در تولید المان اپتیکی پراش نقشی ندارند. در این پژوهش سعی شده تا نقش این پیکسل‌ها و تعداد آن‌ها در کانونی شدن پرتوی لیزر با استفاده از طراحی و تولید عدسی‌های ناتمام فرنل بررسی شود و پارامترهای موثر مطالعه گردد.

شرح نظری

به طور کلی یک المان عدسی فرنلاز حلقه‌های هم مرکز سیاه و سفید متوالی تشکیل می‌شودکه با در نظر گرفتن فاصله کانونی و طول موج پرتو نور، شعاع هر منطقه با رابطه زیر بدست می آید[۱]:

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

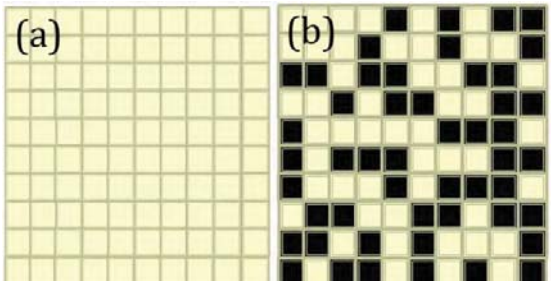
که در آن، $R(n)$شعاع حلقه n ام، fفاصله کانونی، n شماره حلقه و λ طول موج نور فرودی است. بنابراین با تابش نور با طول موج λ به عدسی فرنل، پرتوها در فاصله‌ی f از عدسی، کانونی می‌شوند.

طراحی و تولید عدسی فرنل

با استفاده از رابطه۱ در نرم افزار متلب، عدسی فرنل با تعداد ۵۰ منطقه و فاصله کانونی ۳۵ سانتی‌متر برای طول موج ۶۳۲/۸ نانومتر طراحی شده است. به منظور شبیه‌سازی پیکسل‌های مرده در ریزآینه دیجیتال تعداد ۵ عدسی فرنل با پارامترهای یکسان طراحی شد. با این تفاوت که در هرکدام سهمی متفاوت از اطلاعات المان، حذف شده‌است. به عبارت دیگر، به شکل تصادفی، تعدادی از درایه‌های ماتریس المان عدسی فرنل، برابر با صفر در نظر گرفته شده‌است. تعداد این درایه‌ها که معادل تعداد پیکسل‌های مرده است، برای هر عدسی متفاوت است. سهم اطلاعات باقی مانده در هر عدسی را با پارامتر s برای

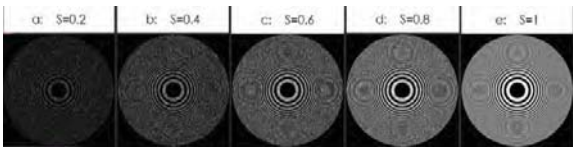
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

هریک مشخص می‌کنیم. شکل ۱ نمایش بهتر این فرآیند را نشان می‌دهد:



شکل ۱: نمایش فرآیند حذف اطلاعات از المان پراشی. a- المان کامل عدسی b- المان عدسی با حذف تصادفی ۵۰ درصد اطلاعات[۶].

همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، یک نمایش ۱۰×۱۰ از ماتریس المان داریم. در بخش a المان کامل است و مقدار پارامتر s برابر ۱ است و در بخش b، مربع‌های سیاه رنگ همان پیکسل‌های مرده هستند که مقدار درایه ماتریس برابر صفر شده‌است. شکل b یک المان ناتمام و مقدار پارامتر s برابر ۵/۰ است. با توجه به این فرآیند، المان‌های فرنل طراحی می‌شوند که در شکل ۲ آمده است.



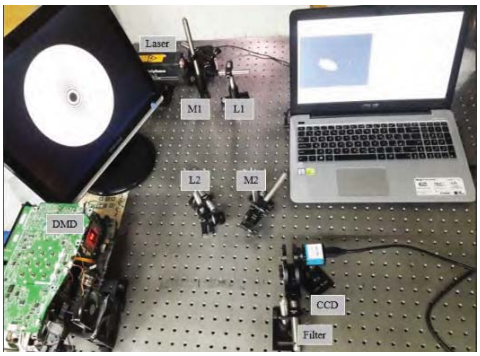
شکل ۲: المان‌های فرنل براساس سهم اطلاعات باقی مانده در هر المان.

عدسی‌های فرنل شکل ۲ به صورتی طراحی شده‌اند که تعداد پیکسل‌های صفر در هرکدام متفاوت است به طوری‌که عدسی a دارای کمترین سهم اطلاعات و عدسی e بیشترین سهم اطلاعات را دارد و بنابراین یک المان کامل با s=1 است. مقدار پارامتر s برای هرعدسی در بالای آن نوشته شده‌است.

پس از طراحی المان‌ها، برای تولیدعدسی فرنل، الگوهای طراحی شده شکل ۲ با قدرت تفکیک ۱۰۰۰×۱۰۰۰ در رایانه نمایش داده می‌شود تا توسط مدولاتور دامنه‌ای اجرا شود. پیکسل‌های ریز آینه‌ی دیجیتال، برای تولید این الگوها، در حالت خاموش برای بخش‌های سیاه، و در حالت روشن برای بخش‌های سفید الگوی المان، قرار می‌گیرند.

چیدمان آزمایشگاهی

پس از تولید المان‌های فرنل، طرح پراش حاصل از هریک از آن‌ها توسط چیدمان آزمایشگاهی که در شکل ۳ آمده است، ثبت می‌شود. در سمت چپ شکل، لیزر هلیوم-نئون با طول موج ۶۳۲/۸ نانومتر، از دو عدسی - L1(f1= 50mm) و L2(f2= -75mm) ، عبور می‌کند. این دو عدسی به منظور واگرایی پرتوی لیزر در چیدمان در نظر گرفته شده‌اندتا پرتو کل سطح ریزآینه را در بر گیرد. آینه‌های M1 و M2، پرتوی لیزر را به سمت ریز آینه DMDمدولاتور Sharp 32S با قدرت تفکیک ۸۰۰×۶۰۰هدایت می‌کنند. همزمان، عدسی فرنل با طول موجی برابر طول موج لیزر و فاصله کانونی ۳۵ سانتی‌متر، در مدولاتور تولید می‌شود. طرح پراش حاصل از تابش پرتوی لیزر به المان فرنل تولید شده، توسط دوربین CCD با مدل DMK 23U274در فاصله‌های مختلف ثبت می‌گردد. برای ثبت تصاویر حاصل از پراش،لازم است از یک فیلتر برای کاهش شدت نور لیزر، قبل از دوربین استفاده شود. زیرا نور زیاد لیزر باعث اشباع شدن پیکسل‌های دوربین می‌شود.

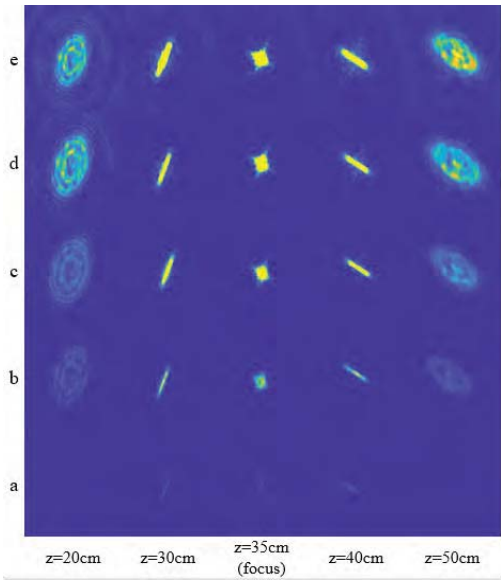


شکل ۳- چیدمان تجربی طراحی و تولید المان عدسی فرنل.

دوربین در فاصله‌های متفاوت از ریز آینه قرار داده شده و طرح پراش حاصل برای هر الگوی عدسی (شکل ۲) در

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

محل کانون، قبل و بعد از آن ثبت می‌شود تا رفتار پرتوی لیزر در تابش به این عدسی‌ها و کانونی شدن نور توسط آن‌ها بررسی گردد.همه‌ی پارامترهای چیدمان از جمله تنظیمات دوربین، برای همه‌ی عدسی‌ها ثابت می‌ماند تا در یک شرایط کاملا برابر، اثر حذف اطلاعات بر کانونی شدن پرتوی لیزر بررسی شود. شکل ۴ برخی از تصاویر طرح پراش را برای هر عدسی فرنل نشان می‌دهد.



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

با توجه به نتایج شکل ۴، وجود پیکسل‌های مرده در ریزآینه یا حذف اطلاعات از المان‌های فرنل حتی به میزان ۸۰ درصد (المان a شکل ۲)، تاثیری در فرآیند کانونی شدن ندارد و پرتوی لیزر کانونی شده برای همه‌ی عدسی-ها در ستون سوم شکل ۴ قابل مشاهده است. اما همانطور که از طرح‌های پراش مشخص است، تنها اثر وجود پیکسل‌های مرده، کاهش شدت پرتوی لیزر در فاصله‌های متفاوت از ریزآینه است. در واقع هرچه اطلاعات حذف شده بیشتر باشد مقدار پارامتر s کمتر است و طرح‌های پراش مربوط به آن عدسی کم شدت‌تر هستند. تا جایی‌که برای المان فرنل a شدت پرتو بسیار کم است و در فاصله-های دور از کانون تقریبا ردی از پرتو باقی نمی‌ماند.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به مقدمه‌ای در مورد عدسی‌های فرنل و همچنین مبانی نظری این المان پرداخته شد. سپس عدسی‌های فرنل با میزان اطلاعات متفاوت، طراحی و توسط مدولاتور فضایی دامنه‌ای نور تولید شدند. حذف اطلاعات از المان‌ها، به منظور بررسی نقش وجود پیکسل-های مرده در ریزآینه‌های دیجیتال انجام گرفت که در نهایت تنها اثر این پیکسل‌ها در کاهش شدت پرتو نور لیزر مشاهده شد.

مرجع‌ها

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

[2] ۲.Z. ZHANG, and e. al, "Hybrid-level Fresnel zone plate for diffraction efficiency enhancement," OPTICS EXPRESS **25**, 33676-33687.(۲۰۱۷)

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

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

[5] ۵.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)

[6] ۶.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)

[7] ۷.R. Shi, and e. al, "Designing and fabricating diffractive optical elements with a complex profile by interference," Optics Letters **36**, 4053-4055.(۲۰۱۱)

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