بیست و یکمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و هفتمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۲۳ تا ۲۵ دی ماه ۱۳۹۳، دانشگاه شهید بهشتی

طراحی و اجرای روش بسیار دقیق انجام تنظیمات هم‌مرکزی و هم‌راستائی عدسی‌ها در یک سامانه‌ی تصویربرداری به روش تشکیل تصویر از سطوح عدسی‌ها

مسعود مردانی[۱]، امید سعادتمند[۱]

[۱] صنایع الکترواپتیک اصفهان

چکیده – در این مقاله روش بسیار دقیقی برای انجام تنظیمات هم‌مرکزی و هم‌راستائی لنزها در یک سامانه‌ی تصویربرداری ارائه شده است. روش ارائه شده مبتنی بر تشکیل تصویر، از سطوح جلوئی و پشتی لنزها، از یک الگو می‌باشد. به منظور صحه‌گذاری این روش، یک سامانه‌ی تصویربرداری دو لنزی طراحی و لنزها مطابق با طراحی انجام شده ساخته شده است. تنظیمات هم‌مرکزی و هم‌راستائی به روش جدید انجام و کیفیت سامانه‌ی تصویربرداری به روش تداخل‌سنجی اندازه‌گیری شده است. کیفیت بسیار بالای سامانه‌ی تنظیم شده حکایت از دقت بالای تنظیمات انجام شده می‌باشد.

کلید واژه- سامانه‌ی تصویربرداری، هم‌مرکزی، هم‌راستائی

Designing & performing very accurate centering and aligning adjustment of lenses in an imaging system by image making by lens surfaces

Masoud Mardani[۱], Omid Saadatmand[۱]

[۱] Sa Iran Electro Optics Industries

Abstract- in this article an accurate method for centering and aligning of lenses in imaging systems is presented. This method is based on image of an optical target in each of surfaces of a lens. For verification of this method, an imaging system with two lenses is designed and manufactured. Alignment and center adjustment is done with this new method and performance of system is measured by interferometry method. Very high performance of system shows that centering and aligning is done very accurately.

Keywords: Imaging System, Centering, Alignment

[Downloaded from opsi.ir on 2026-10-31]

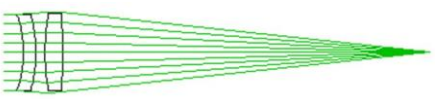
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

مقدمه

در یک سامانه‌ی تصویربرداری چند لنزی، در صورتی که لنزها با دقت بالا با یکدیگر هم‌مرکز و هم‌راستا نباشند، کیفیت تصویر بسیار نامطلوب خواهد بود. در [۱] به صورت جامع، تئوری هم‌محوری مورد بررسی قرار گرفته است. در [۲] به چند روش، به انجام تنظیمات دقیق هم‌محوری، پرداخته شده است. در [۳] و [۴] دو روش برای انجام تنظیمات هم‌مرکزی و هم‌راستائی لنزها ارائه شده است. در این مقاله به روشی متفاوت و بسیار دقیق این تنظیمات انجام خواهد شد. در این روش لنز در برابر یک الگو قرار داده خواهد شد. هر یک از سطوح لنز از الگو یک تصویر تشکیل خواهد داد. تصویر الگو در سطح جلوئی لنز به منظور تنظیم هم‌مرکزی و تصویر الگو در سطح پشتی لنز به منظور تنظیم هم‌راستائی به کار برده خواهد شد. در ادامه ابتدا در نرم‌افزار طراحی اپتیکی OSLO، یک سامانه‌ی تصویربرداری دو لنزی طراحی خواهد شد. سپس در نرم‌افزار OSLO، تاثیر عدم هم‌مرکزی و عدم هم‌راستائی لنزها بر کیفیت سامانه‌ی اپتیکی طراحی شده شبیه‌سازی خواهد شد. در نهایت لنزهای سامانه‌ی طراحی شده ساخته و تنظیمات سامانه به روش ذکر شده در بالا انجام و کیفیت سامانه به روش تداخل‌سنجی اندازه‌گیری خواهد شد. کیفیت بسیار بالای سامانه موید دقت بالای تنظیمات اجرا شده می‌باشد.

طراحی سامانه‌ی تصویربرداری دو لنزی

به منظور ایجاد امکان صحه‌گذاری روش تنظیمات هم‌مرکزی و هم‌راستائی لنزها، که در این مقاله به آن پرداخته خواهد شد، لازم است یک سامانه‌ی تصویربرداری با حداقل دو لنز طراحی شود. به این منظور در نرم‌افزار طراحی اپتیکی OSLO یک سامانه‌ی تصویربرداری دو لنزی با فاصله‌ی کانونی برابر با f=۲۰۰mm و قطر دهانه‌ی برابر با D=۴۲mm طراحی شده است. چیدمان اپتیکی لنزها در شکل۱ و مشخصات لنزها در شکل۲ آمده است.

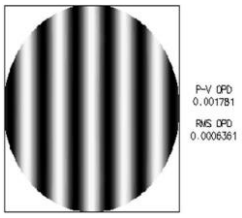


شکل۱: چیدمان اپتیکی لنزها در سامانه‌ی دو لنزی طراحی شده

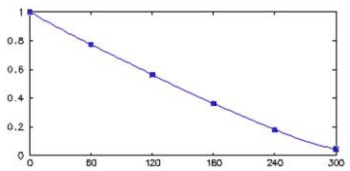
SRF	RADIUS		THICKNESS		APERTURE RADIUS		GLASS		SPECIAL
OBJ	0.000000		1.0000e+20		1.0000e+14		AIR		
AST	-63.190000		7.000000		21.000000	AS	BK7	C	
2	-81.520000		5.040000		21.000000		AIR		
3	112.100000		10.000000		21.000000		BK7	C	
4	-294.810000		204.902406	S	21.514783	S	AIR		
5	0.000000		0.000000		0.000200	S	AIR		
IMS	0.000000		0.000000		0.000200	S			

شکل۲: مشخصات لنزها در سامانه‌ی دو لنزی طراحی شده

الگوی تداخلی سامانه در شکل۳ و منحنی MTF آن در شکل۴ دیده می‌شود. هر دوی این شکل‌ها حکایت از محدود به پراش بدون کیفیت سامانه‌ی طراحی شده دارند.



شکل۳: الگوی تداخلی که بیانگر کیفیت محدود به پراش سامانه‌ی دو لنزی طراحی شده می‌باشد



شکل۴: انطباق منحنی MTF سامانه‌ی طراحی شده بر منحنی MTF سامانه‌ی محدود به پراش

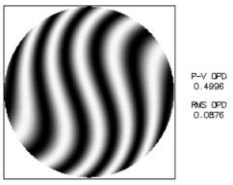
شبیه‌سازی تاثیر عدم هم‌مرکزی و هم‌راستائی لنزها بر کیفیت سامانه‌ی تصویربرداری طراحی شده

در شکل۵ به میزان DCY=۰,۱mm در لنز اول سامانه عدم هم‌مرکزی ایجاد شده است. در شکل۶ الگوی تداخلی و در شکل۷ منحنی MTF حاصل دیده می‌شود. هر دو شکل نشان‌دهنده‌ی کاهش کیفیت سامانه در نتیجه‌ی عدم هم‌مرکزی لنزها می‌باشد.

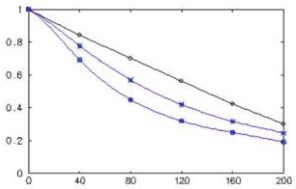
Decentrations					
DCX	DCY	DCZ			
0.000000	0.100000	0.000000			
Rotation Angles (degrees)			Offset of Tilt Vertex		
TLA	TLB	TLC	TOX	TOY	TOZ
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

شکل۵: ایجاد عدم هم‌مرکزی به میزان DCY=۰,۱mm در لنز اول

[Downloaded from opsi.ir on 2026-10-31]



شکل۶: الگوی تداخلی بیانگر افت کیفیت در سامانه، در نتیجه‌ی ایجاد عدم هم‌مرکزی به میزان DCY=۰,۱mm در لنز اول

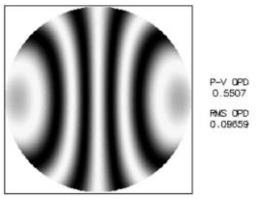


شکل۷: منحنی MTF بیانگر افت کیفیت در سامانه، در نتیجه‌ی ایجاد عدم هم‌مرکزی به میزان DCY=۰,۱mm در لنز اول

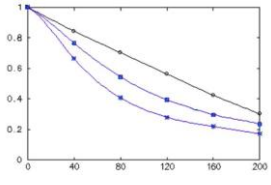
در شکل۸ به میزان TLB=۰,۱° در لنز اول سامانه عدم هم‌راستائی ایجاد شده است. در شکل۹ الگوی تداخلی و در شکل۱۰ منحنی MTF حاصل دیده می‌شود. هر دو شکل نشان‌دهنده‌ی کاهش کیفیت سامانه در نتیجه‌ی عدم هم‌راستائی لنزها می‌باشد.



شکل۸: ایجاد عدم هم‌راستائی به میزان TLB=۰,۱° در لنز اول



شکل۹: الگوی تداخلی بیانگر افت کیفیت در سامانه، در نتیجه‌ی ایجاد عدم هم‌راستائی به میزان TLB=۰,۱° در لنز اول



شکل۱۰: منحنی MTF بیانگر افت کیفیت در سامانه، در نتیجه‌ی ایجاد عدم هم‌راستائی به میزان TLB=۰,۱° در لنز اول

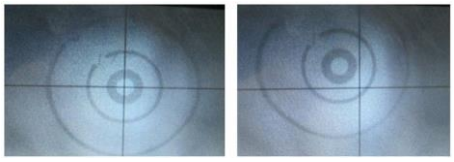
اجرای روش دقیق تنظیمات هم‌مرکزی و هم‌راستائی

به منظور اجرای تنظیمات لازم است یکی از لنزها ثابت و لنز دوم روی نگهدارنده‌ی با قابلیت چرخش در دو راستا و قابلیت جابه‌جائی جانبی در دو راستا بسته شود. در شکل۱۱ تصویر لنزها در نگهدارنده‌ها دیده می‌شود.



شکل۱۱: در سامانه‌ی دو لنزی، لنز جلوئی ثابت و لنز پشتی در نگهدارنده‌ی با قابلیت چرخش و قابلیت جابه‌جائی جانبی بسته شده است

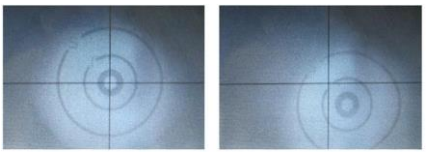
به منظور انجام تنظیمات، یک الگوی دایره‌ای شکل، با دوایر متحدالمرکز، به عنوان جسم، در برابر سامانه، قرار داده خواهد شد. تصویری که سطح جلوئی هر عدسی از الگو تشکیل می‌دهد، برای تنظیم هم‌مرکزی و تصویری که سطح پشتی هر عدسی از الگو تشکیل می‌دهد، برای تنظیم هم‌راستائی استفاده خواهد شد. به منظور مشاهده‌ی تصاویر تشکیل شده، از یک سیستم تصویرساز، با قابلیت فوکاس در فواصل مختلف، استفاده شده است. در شکل ۱۲ تصویر الگو در سطح جلوئی لنز اول، قبل و بعد از تنظیم هم‌مرکزی دیده می‌شود.



شکل۱۲: تصویر الگو در سطح جلوئی لنز اول-سمت راست قبل و سمت چپ بعد از تنظیم هم‌مرکزی لنز اول

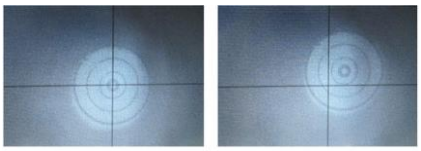
در شکل ۱۳ تصویر الگو در سطح پشتی لنز اول، قبل و بعد از تنظیم هم‌راستائی دیده می‌شود.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-10-31]



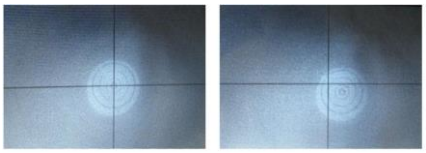
شکل۱۳: تصویر الگو در سطح پشتی لنز اول-سمت راست قبل و سمت چپ بعد از تنظیم هم‌راستائی لنز اول

انجام همین تنظیمات برای لنز دوم نیز ضروری می‌باشد. در شکل ۱۴ تصویر الگو در سطح جلوئی لنز دوم، قبل و بعد از تنظیم هم‌مرکزی دیده می‌شود.



شکل۱۴: تصویر الگو در سطح جلوئی لنز دوم-سمت راست قبل و سمت چپ بعد از تنظیم هم‌مرکزی لنز دوم

در شکل ۱۵ تصویر الگو در سطح پشتی لنز دوم، قبل و بعد از تنظیم هم‌راستائی دیده می‌شود.

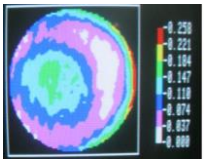


شکل۱۵: تصویر الگو در سطح پشتی لنز دوم-سمت راست قبل و سمت چپ بعد از تنظیم هم‌راستائی لنز دوم

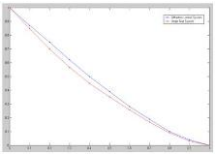
به این ترتیب هر دو لنز با یکدیگر هم‌مرکز و هم‌راستا خواهند شد. به منظور صحه‌گذاری تنظیمات انجام شده، کیفیت این سامانه‌ی تصویربرداری به روش تداخل‌سنجی اندازه‌گیری شده است. الگوی تداخلی حاصل در شکل۱۶ و ناهمواری جبهه‌موج نظیر در شکل۱۷ دیده می‌شود. در شکل۱۸ منحنی MTF سامانه رسم و با منحنی MTF یک سامانه‌ی محدود به پراش مقایسه شده است. همانگونه که از این منحنی‌ها دیده می‌شود کیفیت سامانه ی تصویربرداری که به این روش تنظیم شده است به کیفیت سامانه‌ی محدود به پراش بسیار نزدیک می‌باشد.



شکل۱۶: الگوی تداخلی حاصل از آزمون MTF بر روی سامانه‌ی تصویربرداری پس از انجام تنظیمات



شکل۱۷: ناهمواری جبهه‌موج حاصل از آزمون MTF بر روی سامانه‌ی تصویربرداری پس از انجام تنظیمات



شکل۱۸: مقایسه‌ی منحنی MTF سامانه با منحنی MTF یک سامانه‌ی محدود به پراش

نتیجه‌گیری

در این مقاله یک روش بسیار دقیق برای انجام تنظیمات هم‌مرکزی و هم‌راستائی لنزها در یک سامانه‌ی تصویربرداری ارائه شده است. این روش مبتنی بر تشکیل تصویر از سطح جلوئی و پشتی هر یک از عدسی‌ها و منطبق کردن این تصاویر بر یکدیگر می‌باشد. کیفیت بسیار بالای سامانه‌ی تصویربرداری که به این روش تنظیم شده است حکایت از دقت بسیار بالای تنظیمات دارد.

۶-مراجع

[۱] Regis Tessieres, Analysis for alignment of optical systems, University of Arizona, ۲۰۰۳

[۲] D.Sen, Use of He-Ne Lasers for Alignment, National Physical Laboratory, VOL ۳۷ A No ۳

[۳] مسعود مردانی و همکاران، طراحی و اجرای دقیق تنظیم هم‌محوری و هم‌مرکزی عدسی‌ها در یک سامانه‌ی تصویربرداری به منظور بهبود کیفیت تصویر، هجدهمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران به همراه چهارمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران، ۱۳۹۰

[۴] مسعود مردانی و همکاران، طراحی و اجرای روش بسیار دقیق تنظیم هم‌مرکزی و هم‌راستائی عدسی‌ها در یک سامانه‌ی تصویربرداری به منظور بهبود کیفیت تصویر با بازتاب جبهه‌موج کروی از سطوح عدسی‌ها، بیستمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک

[Downloaded from opsi.ir on 2026-10-31]

[Downloaded from opsi.ir on 2026-10-31]