



لیگ
پژوهشی
مکانیک و فوتونیک

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 هم مرکزی و هم راستائی عدسی‌ها در یک سامانه‌ی تصویربرداری به روش تشکیل تصویر از سطوح عدسی‌ها

مسعود مردانی^۱، امید سعادتمد^۱

^۱ صنایع الکترواپتیک اصفهان

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

کلید واژه – سامانه‌ی تصویربرداری، هم مرکزی، هم راستائی

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

Masoud Mardani¹, Omid Saadatmand¹

¹ Sa Iran Electro Optics Industries

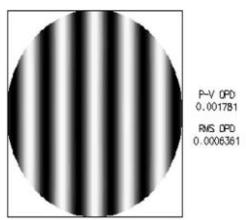
Abstract- in this article an accurate method for centering and aligning of lenses in imaging systems is presented. This method is based on image of an optical target in each of surfaces of a lens. For verification of this method, an imaging system with two lenses is designed and manufactured. Alignment 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

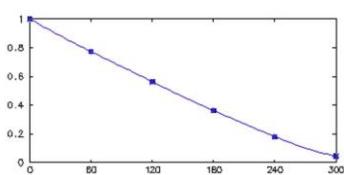
SRF	RADIUS	THICKNESS	APERTURE RADIUS	GGLASS	SPECIAL
OBJ	0.000000	1.0000e+20	1.0000e+14	AIR	
AST	-63.190000	7.000000	21.000000 [AS]	BK7	C
2	-81.520000	5.040000	21.000000	AIR	
3	112.100000	10.000000	21.000000	BK7	C
4	-294.810000	204.902406 [S]	21.514783 [S]	AIR	
5	0.000000	0.000000	0.000200 [S]	AIR	
IMS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

شکل ۲: مشخصات لنزها در سامانه‌ی دو لنزی طراحی شده

الگوی تداخلی سامانه در شکل ۳ و منحنی MTF آن در شکل ۴ دیده می‌شود. هر دوی این شکل‌ها حکایت از محدود ب پراش بدون کیفیت سامانه‌ی طراحی شده دارند.



شکل ۳: الگوی تداخلی که بیانگر کیفیت محدود ب پراش سامانه‌ی دو لنزی طراحی شده می‌باشد



شکل ۴: انطباق منحنی MTF سامانه‌ی طراحی شده بر منحنی سامانه‌ی محدود ب پراش

شبیه‌سازی تاثیر عدم هم مرکزی و هم راستائی لنزها بر کیفیت سامانه‌ی تصویربرداری طراحی شده

در شکل ۵ به میزان DCY=+۰,۱mm در لنز اول سامانه عدم هم مرکزی ایجاد شده است. در شکل ۶ الگوی تداخلی و در شکل ۷ منحنی MTF حاصل دیده می‌شود. هر دو شکل نشان‌دهنده‌ی کاهش کیفیت سامانه در نتیجه‌ی عدم هم مرکزی لنزها می‌باشد.

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

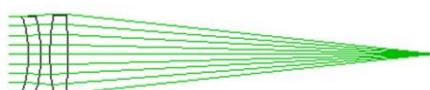
شکل ۵: ایجاد عدم هم مرکزی به میزان DCY=+۰,۱mm در لنز اول

مقدمه

در یک سامانه‌ی تصویربرداری چند لنزی، در صورتی که لنزها با دقت بالا با یکدیگر هم مرکز و هم راستا نباشند، کیفیت تصویر بسیار نامطلوب خواهد بود. در [۱] به صورت جامع، تئوری هم محوری مورد بررسی قرار گرفته است. در [۲] به چند روش، به انجام تنظیمات دقیق هم محوری، پرداخته شده است. در [۳] و [۴] دو روش برای انجام تنظیمات هم مرکزی و هم راستائی لنزها ارائه شده است. در این مقاله به روشهای 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 جلویی لنز به منظور تنظیم هم مرکزی و تصویر الگو در سطح پشتی لنز به منظور تنظیم هم راستائی 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 هم مرکزی و عدم هم راستائی 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 تداخل‌سنگی 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 هم مرکزی و هم راستائی 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 $f=200\text{ mm}$ و قطر دهانه‌ی برابر با $D=42\text{ mm}$ طراحی شده است. چیدمان اپتیکی لنزها در شکل ۱ و مشخصات لنزها در شکل ۲ آمده است.



شکل ۱: چیدمان اپتیکی لنزها در سامانه‌ی دو لنزی طراحی شده

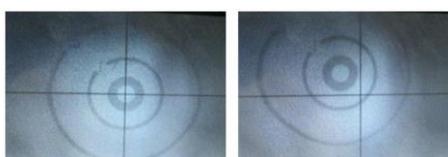
اجرای روش دقیق تنظیمات هم مرکزی و هم راستائی

به منظور اجرای تنظیمات لازم است یکی از لنزها ثابت و لنز دوم روی نگهدارنده با قابلیت چرخش در دو راستا و قابلیت جایه جایی جانبی در دو راستا بسته شود. در شکل ۱۱ تصویر لنزها در نگهدارندها دیده می‌شود.



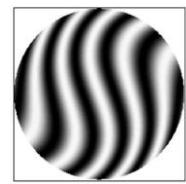
شکل ۱۱: در سامانه دو لنزی، لنز جلوئی ثابت و لنز پشتی در نگهدارنده با قابلیت چرخش و قابلیت جایه جایی جانبی بسته شده است

به منظور انجام تنظیمات، یک الگوی دایره‌ای شکل، با دوازد مرتبت مرکز، به عنوان جسم، در برابر سامانه، قرار داده خواهد شد. تصویری که سطح جلوئی هر عدسی از الگو تشکیل می‌دهد، برای تنظیم هم مرکزی و تصویری که سطح پشتی هر عدسی از الگو تشکیل می‌دهد، برای تنظیم هم راستائی استفاده خواهد شد. به منظور مشاهده 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 هم مرکزی دیده می‌شود.

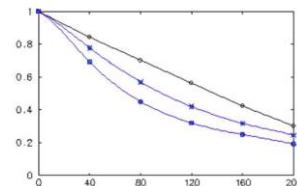


شکل ۱۲: تصویر الگو در سطح جلوئی لنز اول- سمت راست قبل و سمت چپ بعد از تنظیم هم مرکزی لنز اول

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



شکل ۶: الگوی تداخلی بیانگر افت کیفیت در سامانه، در نتیجه‌ی ایجاد عدم هم مرکزی به میزان $DCY=+0.1\text{mm}$ در لنز اول

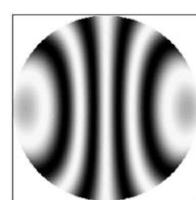


شکل ۷: منحنی MTF بیانگر افت کیفیت در سامانه، در نتیجه‌ی ایجاد عدم هم مرکزی به میزان $DCY=+0.1\text{mm}$ در لنز اول

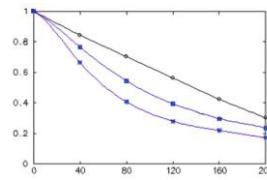
در شکل ۸ به میزان $TLB=+0.1^\circ$ در لنز اول سامانه عدم هم راستائی ایجاد شده است. در شکل ۹ الگوی تداخلی و در شکل ۱۰ منحنی MTF حاصل دیده می‌شود. هر دو شکل نشان‌دهنده‌ی کاهش کیفیت سامانه در نتیجه‌ی عدم هم راستائی لنزها می‌باشد.

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

شکل ۸: ایجاد عدم هم راستائی به میزان $TLB=+0.1^\circ$ در لنز اول



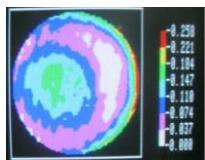
شکل ۹: الگوی تداخلی بیانگر افت کیفیت در سامانه، در نتیجه‌ی ایجاد عدم هم راستائی به میزان $TLB=+0.1^\circ$ در لنز اول



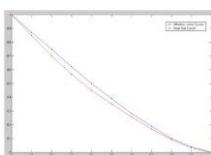
شکل ۱۰: منحنی MTF بیانگر افت کیفیت در سامانه، در نتیجه‌ی ایجاد عدم هم راستائی به میزان $TLB=+0.1^\circ$ در لنز اول



شکل ۱۶: الگوی تداخلی حاصل از آزمون MTF بر روی سامانه‌ی تصویربرداری پس از انجام تنظیمات



شکل ۱۷: ناهمواری جبهه‌موج حاصل از آزمون MTF بر روی سامانه‌ی تصویربرداری پس از انجام تنظیمات



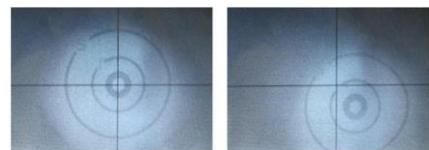
شکل ۱۸: مقایسه‌ی منحنی MTF سامانه با منحنی یک سامانه‌ی محدود به پراش

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.

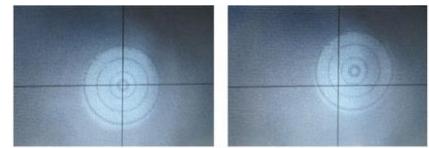
۶-مراجع

- [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



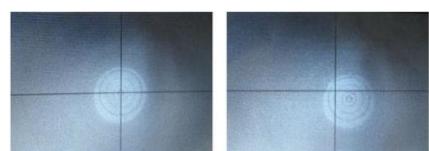
شکل ۱۳: تصویر الگو در سطح پشتی لنز اول-سمت راست قبل و سمت چپ بعد از تنظیم هم‌راستائی لنز اول

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.



شکل ۱۴: 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.



شکل ۱۵: 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 صهـگذاری تنظیمات انجام شده، کیفیت این سامانه‌ی تصویربرداری به روش تداخل‌سنجدی اندازه‌گیری شده است. الگوی تداخلی حاصل در شکل ۱۶ و ناهمواری جبهه‌موج نظیر در شکل ۱۷ دیده می‌شود. در شکل ۱۸ منحنی MTF سامانه رسم و با منحنی یک سامانه‌ی محدود به پراش مقایسه شده است. همانگونه که از این منحنی‌ها دیده می‌شود کیفیت سامانه‌ی تصویربرداری که به این روش تنظیم شده است به کیفیت سامانه‌ی محدود به پراش بسیار نزدیک می‌باشد.

ایران به همراه ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فotonیک
۱۳۹۲، ایران،