بیست و هشتمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و چهاردهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه شهید چمران اهواز،
خوزستان، ایران.
۱۲-۱۴ بهمن ۱۴۰۰

طراحی شیئی سامانه یورتروسکوپ

محمد حیدری، حمیدرضا فلاح، مرتضی حاجی محمودزاده

دانشکده فیزیک، دانشگاه اصفهان

m.heidari@sci.ui.ac.ir, hfallah@sci.ui.ac.ir, m.hajimahmoodzadeh@sci.ui.ac.ir

چکیده – در این مقاله طراحی شیئی سامانه یورتروسکوپ، که از اندام های درونی بدن تصویرگیری می کند، ارائه شده است. در ابتدای طراحی جسم در بی نهایت و میدان دید بیشینه ۱۰۰ درجه در نظر گرفته شد. پارامتر هایی نظیر جنس، ضخامت و شعاع انحنای عدسی ها و فاصله بین آن ها به عنوان متغیر و معیار اصلی برای بهینه سازی کاهش MTF در نظر گرفته شد. نتایج مراحل طراحی که با نرم افزار زیمکس انجام شده، نشان دهنده حصول کیفیت مناسب در سامانه نهایی است.

کلید واژه- ابیراهی، سامانه شیئی، عدسی، یورتروسکوپ، MTF

Design of urethroscope object system

Mohammad Heidari, Hamidreza Fallah, Morteza Hajimahmoodzadeh

Faculty of Physics, University of Isfahan

m.heidari@sci.ui.ac.ir, hfallah[at]sci.ui.ac.ir, m.hajimahmoodzadeh[at]sci.ui.ac.ir

Abstract-In this article, the design of objective part of an urethroscope system, which images the internal organs of the body, is presented. At beginning, the object was considered at infinity and maximum field of view of ۱۰۰ degrees was selected. Parameters such as material, thickness and radius of curvature of the lenses and the distance between them were considered as the main variables and the value of MTF was considered as the optimizing goal. The results of the design steps performed with Zemax software show the achievement of appropriate quality in the final system.

Keywords: Aberrations, objective system, lense, urethroscope, MTF

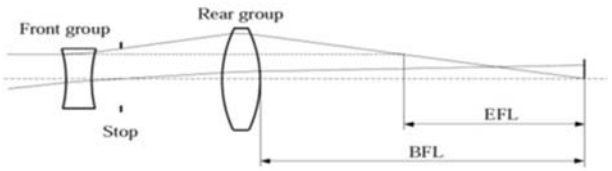
مقدمه

اندوسکوپ[۱] وسیله‌ای است که امکان مشاهده مناطق غیرقابل‌دسترس بدن را فراهم می‌کند. این وسیله درعین حال که آسیب بسیار کمی را به بدن وارد می‌کند، توانایی بی‌نظیری در تصویربرداری با وضوح بالا از جراحات داخل بدن را دارد[۱]. هنگامی که زمینه اندوسکوپی گسترش یافت، متخصصان اورولوژی تمایل به مشاهده مثانه و سیستم جمع آوری فوقانی ادرار داشتند. از این رو زمینه یورتروسکوپی[۲] در پزشکی بوجود آمد. اولین عمل جراحی یورتروسکوپی توسط یانگ در سال ۱۹۱۲ انجام شد، که وی تا سال ۱۹۲۹ آن را گزارش نکرد. بزرگترین پیشرفت بعدی در یورتروسکوپی، یورتروسکوپ انعطاف‌پذیر بود که با معرفی فناوری تارنوری[۳] امکان‌پذیر شد و در سال ۱۹۶۴، مارشال اولین کاربرد یورتروسکوپ انعطاف‌پذیر را گزارش داد. اولین یورتروسکوپ که با طراحی عدسی میله‌ای هاپکینز[۴] انجام شد ، به طور جداگانه توسط گودمن در سال ۱۹۷۷ و لیون و همکاران در سال ۱۹۷۸ گزارش داده‌شد[۲].

یورتروسکوپ شامل چهار قسمت سامانه شیئی، سامانه انتقال تصویر، سامانه روشنایی و سامانه مشاهده می‌باشد. سامانه شیئی، یک تصویر معکوس از جسم تشکیل می‌دهد. سامانه انتقال تصویر وظیفه انتقال تصویر از انتها به ابتدای یورتروسکوپ را دارد که بسته به نوع اندوسکوپ از عدسی های میله‌ای یا تارنوری برای انتقال تصویر استفاده می‌شود. سامانه مشاهده ، تصویر نهایی را به یک حسگر[۵] ارائه می‌دهد[۳]. هم‌چنین نیازهای کلی سامانه روشنایی برای تصویربرداری یورتروسکوپ شامل سطح نور کافی، نور یکنواخت، میدان دید زیاد و هزینه کم است[۴]. هدف ما در این مقاله طراحی سامانه شیئی با میدان دید وسیع و کیفیت تصویر خوب جهت استفاده در جراحی‌های پزشکی می‌باشد.

طراحی سامانه شیئی

در سامانه شیئی از بافت‌های داخل بدن تصویر برداری می‌شود. به منظور مشاهده بافت‌های داخل بدن، بدون از دست دادن اطلاعات مفید، عدسی‌های شیئی باید یک میدان دید بزرگ، به عنوان مثال ۱۰۰ درجه و عمق میدان زیادی داشته‌باشند تا اجسام در فاصله بین ۳ تا ۵۰ میلی‌متر بدون استفاده از تنظیم کانونی، مشاهده شوند. افزایش میدان دید عدسی به منظور ایجاد زاویه بازتر در عین ثابت نگه‌داشتن اندازه تصویر، به فاصله کانونی کوتاه‌تری نیاز دارد[۵]. جهت ارائه تصویری مناسب، سامانه عدسی شیئی از دو گروه عدسی تشکیل می‌شود که با یک دهانه‌بند[۶] از هم جدا می‌شوند(شکل ۱).



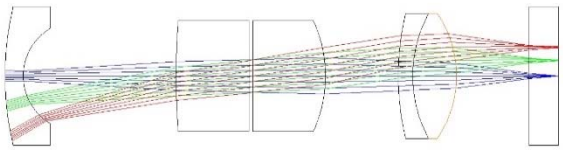
شکل ۱_ سامانه عدسی شیئی

در این سامانه، فاصله کانونی پشتی[۷] از فاصله کانونی مؤثر[۸] بیشتر است. هم‌چنین برای داشتن میدان دید زیاد، گروه عدسی جلو توان شکست منفی و گروه عدسی پشت توان شکست مثبت دارند.[۶] برای داشتن تصویری با کیفیت خوب باید ابیراهی‌های موجود در سامانه را اصلاح کرد. هم‌چنین برای داشتن کیفیت خوب تصویر، سامانه ما بایدMTF [۹] قابل‌قبولی نیز داشته‌باشد. در این مقاله جسم

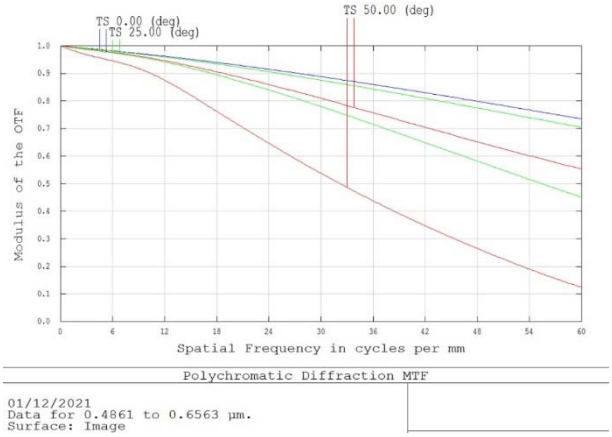
---

[۱] Endoscope
[۲] Urethroscopy
[۳] Optical fiber
[۴] Hopkins rod lens
[۵] Sensor
[۶] Aperture stop
[۷] Back focal length
[۸] Effective focal length
[۹] Modulation transfer function

را در بینهایت در نظر گرفتیم. هم‌چنین عدسی شیئی با دهانه عددی[۱۰] ۰/۱۳۷ میلی متر، فاصله کانونی مؤثر ۰/۵۴۴ میلی متر برای میدان‌های ۰، ۲۵ و ۵۰ درجه با استفاده از نرم‌افزار زیمکس طراحی کردیم. در طراحی این عدسی معیارهایی هم‌چون جنس شیشه‌ی عدسی‌ها، ضخامت، قطر، شعاع انحنا و فاصله‌ی بین عدسی‌ها حائز اهمیت است. با انتخاب درست این فاکتورها، ساختاری به دست می‌آید که ابیراهی‌های موجود در آن را به حداقل می‌رساند و کیفیت تصویر را ارتقاء می‌بخشد. سامانه شیئی طراحی‌شده شامل ۱۱ سطح می‌باشد. به دلیل کیفیت خوب شیشه‌های شرکت شات آلمان، شیشه‌های استفاده‌شده در این سامانه از این شرکت می‌باشد. برای کاهش ابیراهی رنگی جانبی در سطح ۹ از شیشه‌ای با عدد آبه[۱۱] بالا استفاده کردیم. هم‌چنین برای کاهش ابیراهی انحنای میدان در سطح ۸ از شیشه با ضریب شکست بالا استفاده کردیم.برای کاهش ابیراهی رنگی جانبی، در سطوح ۸ و۹ از عدسی‌های دوتایی به‌هم‌چسبیده استفاده کردیم. استفاده از این نوع عدسی، ابیراهی رنگی جانبی و ابیراهی رنگی محوری را بهبود می‌بخشد. در طراحی اولیه برای کنترل ابیراهی واپیچش شعاع انحنای سطح اول را مثبت در نظر گرفتیم. ابیراهی واپیچش را می‌توان با استفاده از یک سطح کروی به طور موثری کنترل کرد زیرا انحنای یک نقطه از یک سطح کروی می‌تواند به طور مداوم تغییر کند. بنابراین، می‌توان انحنا را در نقطه‌ای از سطح کروی تغییر داد که از طریق آن پرتوی اصلی می‌تواند به یک نقطه مطلوب در صفحه تصویر دست‌یابد. در طراحی اولیه MTF قابل‌قبولی به دست آمد که در نمودار ۱ آن را به نمایش گذاشتیم.



شکل۲_ طرحواره طراحی اولیه سامانه شیئی



نمودار۱_ نمودار MTF طراحی اولیه سامانه شیئی

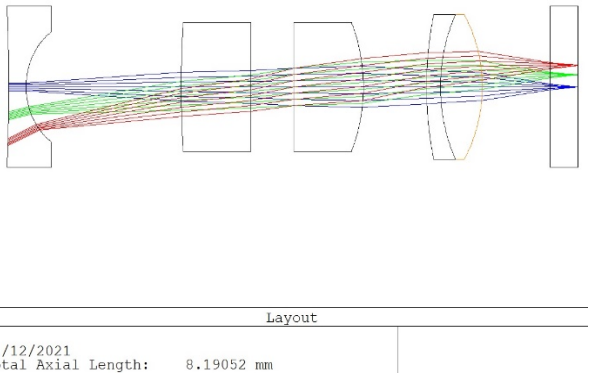
در ادمه جهت بهبود کیفیت تصویر، طراحی را بهینه‌سازی کردیم. در این طراحی دهانه عددی و جنس شیشه‌ها تغییری نکرده‌است ولی فاصله کانونی مؤثر ۳۷۱/ میلی‌متر می‌باشد. سایراطلاعات مورد نیاز در جدول ۱ آورده‌شده‌است. عدسی دوتایی[۱۲] را به دور از دهانه‌بند و درمحلی قراردادیم که ارتفاع پرتو زیاد است. این عمل باعث کاهش ابیراهی رنگی جانبی و محوری خواهدشد. جهت بهبود کیفیت تصویر، شعاع سطح اول را کاهش و تقریبا به صورت یک سطح تخت طراحی کردیم. هم‌چنین با اعمال سطح اول به دور از دهانه‌بند توانستیم علاوه بر ابیراهی واپیچش، ابیراهی آستیگماتیسم را نیز به خوبی کنترل کنیم. در ادامه با تنظیم موثر فاصله سطوح، ارتفاع پرتوها را به خوبی کنترل کردیم، زیرا یکی از راه‌های کنترل ارتفاع پرتوها استفاده از هوای

[۱۰] Numerical Aperture
[۱۱] Abb number
[۱۲] Doublet

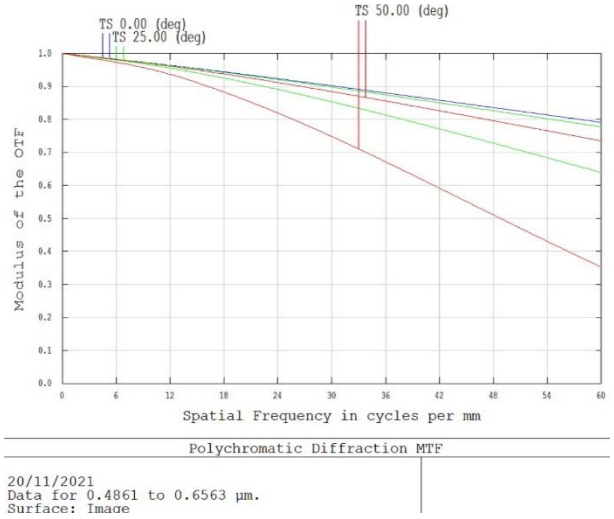
بین سطوح می‌باشد. پس از انجام بهینه سازی، MTF تصویر بهبود قابل‌توجهی داشت که در نمودار ۲ آن را نشان داده‌ایم.

جدول ۱_داده‌های‌مربوط‌به‌طراحی‌عدسی‌شیئی‌یورتروسکوپ (داده ها برحسب میلی متر می‌باشند.)

شماره سطح	ضخامت	جنس	شعاع
OBJ	Infinity	_	Infinity
۱	۰/۲۵۰	N-LASF۳۱A	-۱۹/۲۴
۲	۲/۲۳۱	-	/۸۲۳
۳	۱	SFL۶	۱۰/۹۴
۴	۰/۶۲۱	-	-۶۵۶/۱۸
STO	۰	_	Infinity
۶	۱	LAF۳	۵۲۱/۸۵
۷	۰/۹۱۱	-	-۱/۹۷
۸	۰/۲	SF۶	۴
۹	۰/۶	SK۱۶	۱/۹۸
۱۰	۰/۹۷۸	-	-۱/۶۸
۱۱	۰/۴	_	Infinity
IMA	_	_	Infinity



شکل۳_ طرحواره طراحی نهایی عدسی شیئی



نمودار۲_ نمودار MTF طراحی نهایی سامانه شیئی

نتیجه‌گیری

ما در این مقاله توانستیم سامانه شیئی یورتروسکوپ را به وسیله نرم افزار زیمکس طراحی کنیم. در این طراحی دهانه عددی را ۰/۱۳۷ میلی متر درنظرگرفتیم. با تعریف ۱۱ سطح و با ایجاد تغییر در شعاع انحنا، فاصله بین سطح‌ها و همچنین استفاده‌از شیشه های مناسب در هر سطح توانستیم تصویری با کیفیت خوب وبا MTF قابل قبول ارائه دهیم.

مرجع‌ها

[۱] D. Leiner, “Disposable rigid endoscope”, U.S. Patent No. ۴،۹۶۴،۷۱۰, ۱۹۹۰.

[۲] Jay B. Basillote, David I. Lee, Louis Eichel, Ralph V. Clayman, “Ureteroscope flexible, rigid and semirigid”, Urol Clin N Am. ۳۱, pp. ۲۱–۲۲, ۲۰۰۴.

[۳] R. Liang, *Optical design for biomedical imaging*, p. ۳۸۱, Spie Press, ۲۰۱۰.

[۴] Jay B. Basillote, David I. Lee, Louis Eichel, Ralph V. Clayman, “Ureteroscope flexible, rigid and semirigid”, Urol Clin N Am. ۳۱, pp. ۲۶–۲۸, ۲۰۰۴.

[۵] C. Yamamoto, “Objective lens for endoscope”, U.S. Patent No. ۶،۳۵۳،۵۰۴, ۲۰۰۲.

[۶] R. Liang, *Optical design for biomedical imaging*, p. ۳۹۹, Spie Press, ۲۰۱۰.