

طراحی و ساخت دستگاه FUNDUS PHOTOGRAPHY قابل حمل

تهیه کننده:

محمد حسین وفائی

مقدمه

- تصویر ۲ بعدی fundus کاربردهای زیادی در شناسایی بسیاری از بیماری ها از جمله diabetic retinopathy و macular degeneration دارد.
- در fundus camera لازم است پرتو نور با شدت بالا در یک بازه زمانی کوتاه به داخل چشم نفوذ کرده و از بازتابش آن تصویر برداری شود.
- عموماً به منظور تولید نور با شدت بالا از xenon flash استفاده می شود.
- از آنجا که مسیر تابش نور به داخل چشم و مسیر تصویربرداری یکسان است، لازم است با استفاده از beam splitter، پرتو نور ورودی به چشم و پرتو نور بازگشتی از چشم را از یکدیگر تفکیک کرد.
- به منظور تصویربرداری از چشم با field of view قابل قبول لازم است از objective lens مناسب استفاده شود.

مقدمه

- دستگاه های fundus camera موجود که عموماً ساخت شرکت Topcon هستند دارای ابعاد بزرگ بوده و عملیات مربوط به زوم کردن در آنها به صورت دستی و به وسیله کاربر انجام می شود.
- بنابراین ساخت یک دستگاه fundus camera با اندازه کوچکتر و قابلیت زوم کردن اتوماتیک بسیار کاربردی به نظر می رسد.
- در ادامه نحوه طراحی و ساخت یک fundus camera قابل حمل شرح داده می شود.

تصوير FUNDUS CAMERA قابل حمل



دوربین دیجیتال

دوربین Lumix G2 ساخت شرکت پاناسونیک



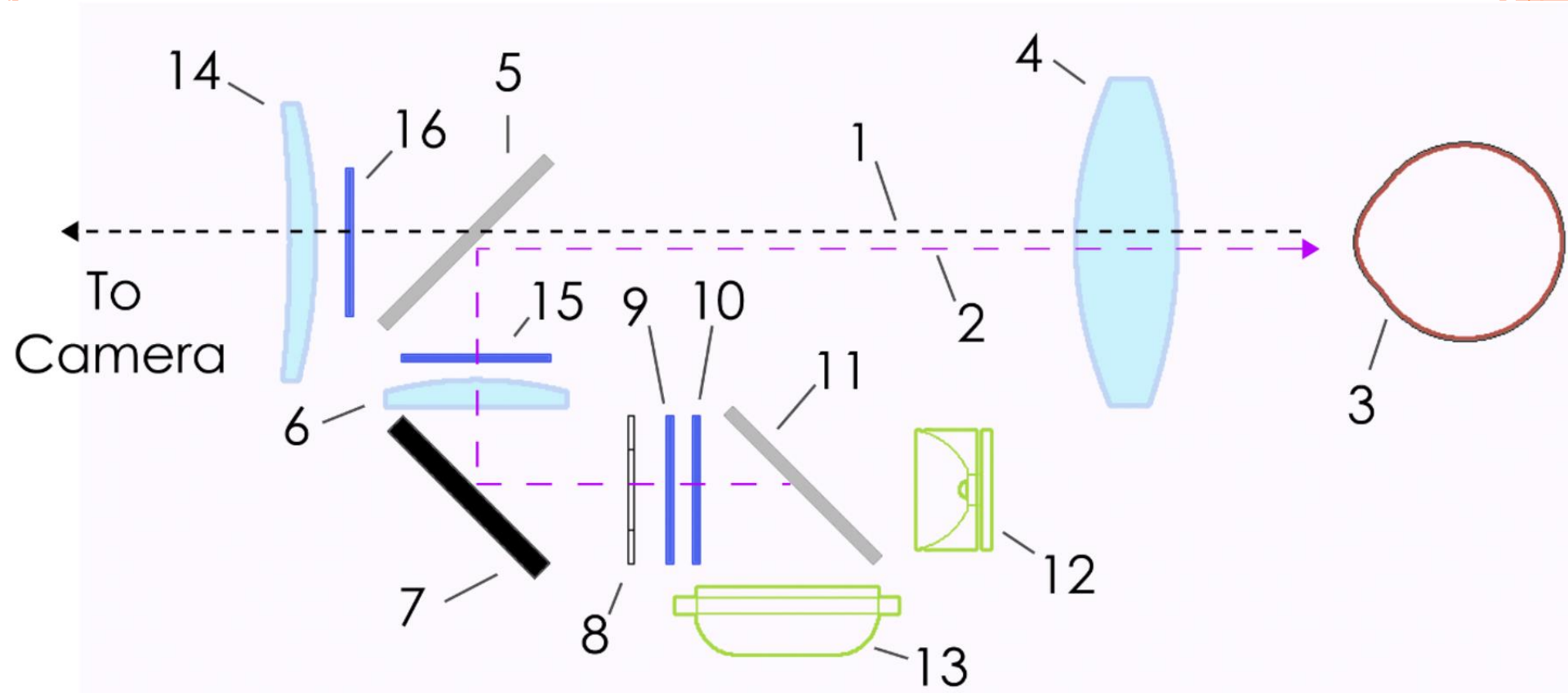
LUMIX G2 امکانات دوربین

- دارای سنسور CMOS دارای ۱۲ مگا پیکسل
- زوم کردن خودکار (auto focus) سریع
- Lens قابل تعویض
- پایدارساز تصویر داخلی
- خروجی USB و HDMI؛ ذخیره سازی عکس در SD Card
- عکس برداری به صورت Live-View

سیستم اپتیکی مورد نیاز

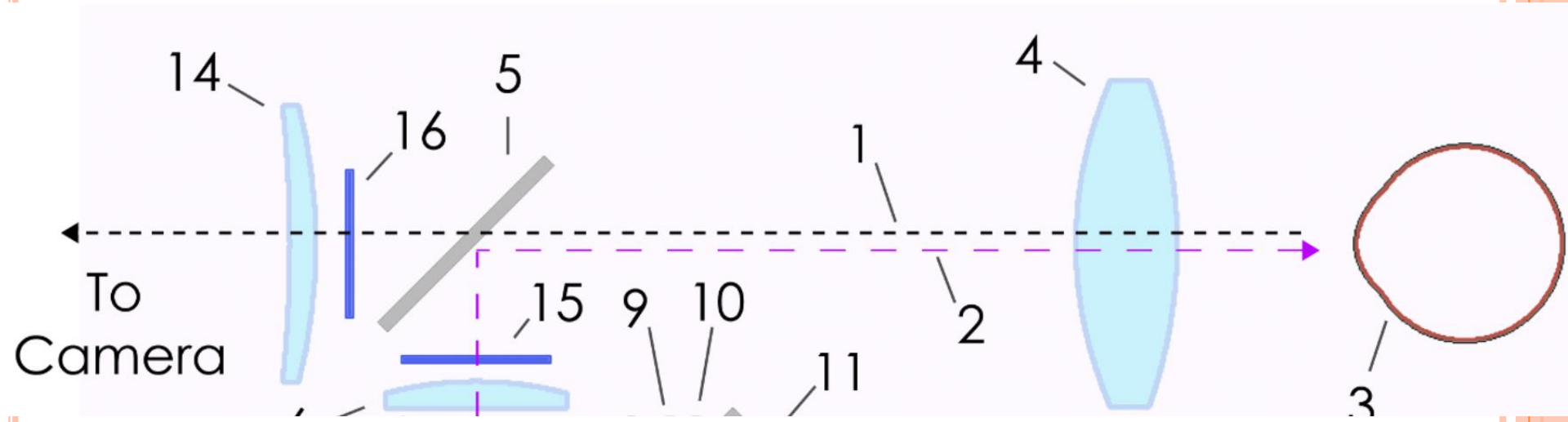
○ سیستم اپتیکی طراحی شده دو وظیفه اصلی دارد:

- تحقق مسیر شماره ۲ با هدف وارد کردن پرتو نور به عمق مناسب در چشم
- تحقق مسیر شماره ۱ با هدف رساندن پرتو نور بازگشتی از چشم به سطح دوربین



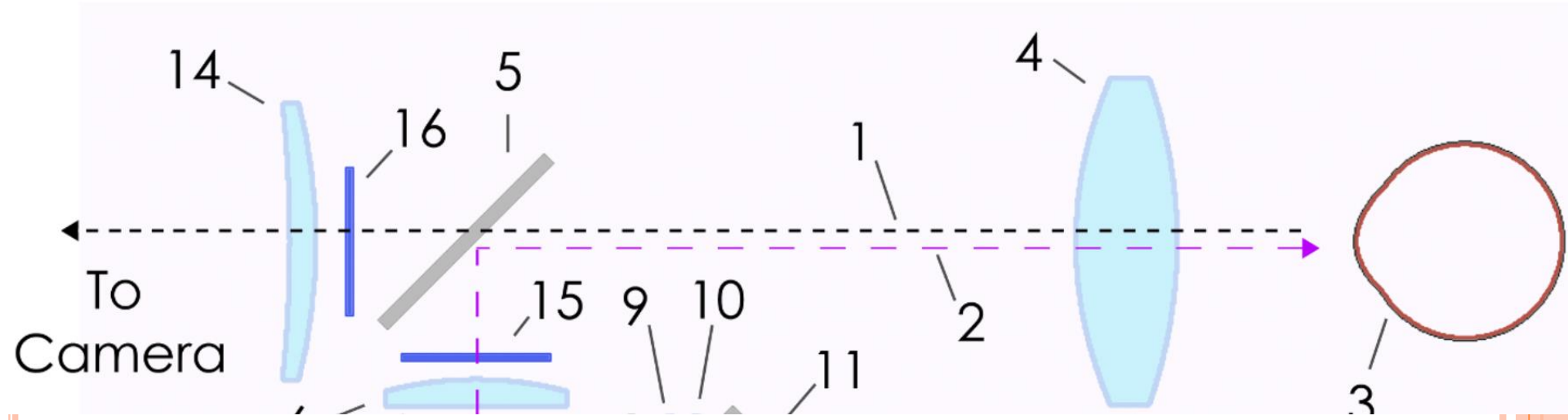
معرفی اجزا سیستم اپتیکی – OBJECTIVE LENS

- objective lens (شماره ۴ در تصویر) یک المان مهم در سیستم اپتیکی است.
- این عدسی مشخص کننده Field of View دستگاه است.
- سائز این عدسی (clear aperture) باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا عملیات انتقال پرتو نور به سطح چشم به خوبی صورت گیرد.



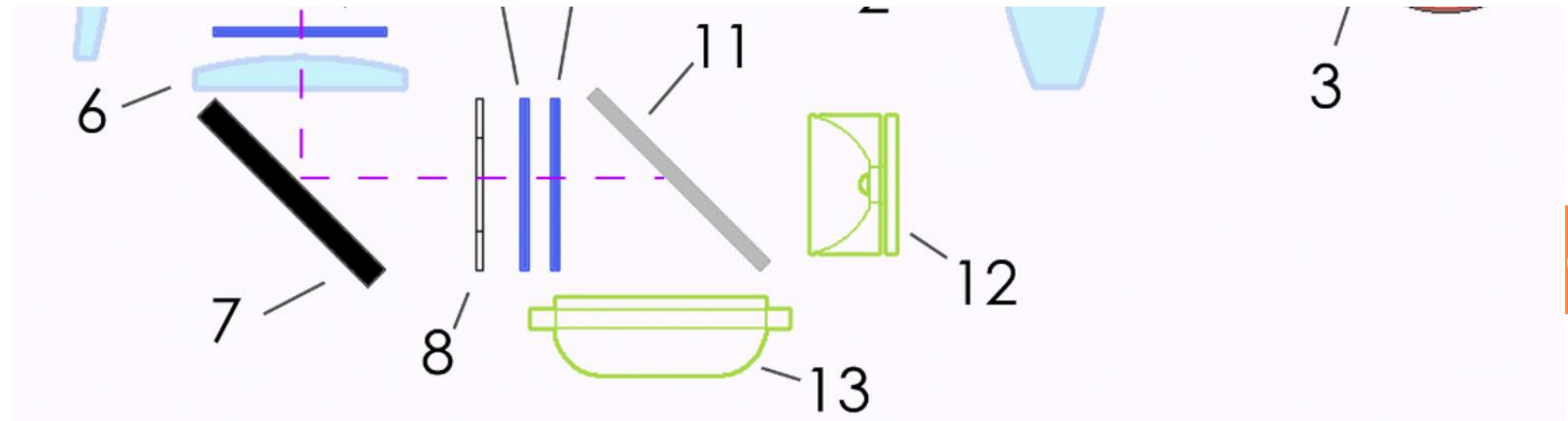
معرفی اجزا سیستم اپتیکی – عدسی متصل شده به عدسی دوربین

- در سیستم طراحی شده یک عدسی (شماره ۱۴ در تصویر) به عدسی خروجی دوربین چسبانده می شود. این عدسی قابلیت زوم کردن دوربین در فاصله های دورتر را فراهم می کند.
- انتخاب این عدسی بر اساس **working distance of objective lens** صورت می گیرد. با انتخاب دقیق و بهینه این دو عدسی می توان تنظیم کرد که اولاً تصویر برداری از عمق مناسب چشم صورت گیرد و دوماً **FOV** مورد نظر کل سطح سنسور دوربین را بپوشاند.



معرفی اجزا سیستم اپتیکی – منبع تولید نور

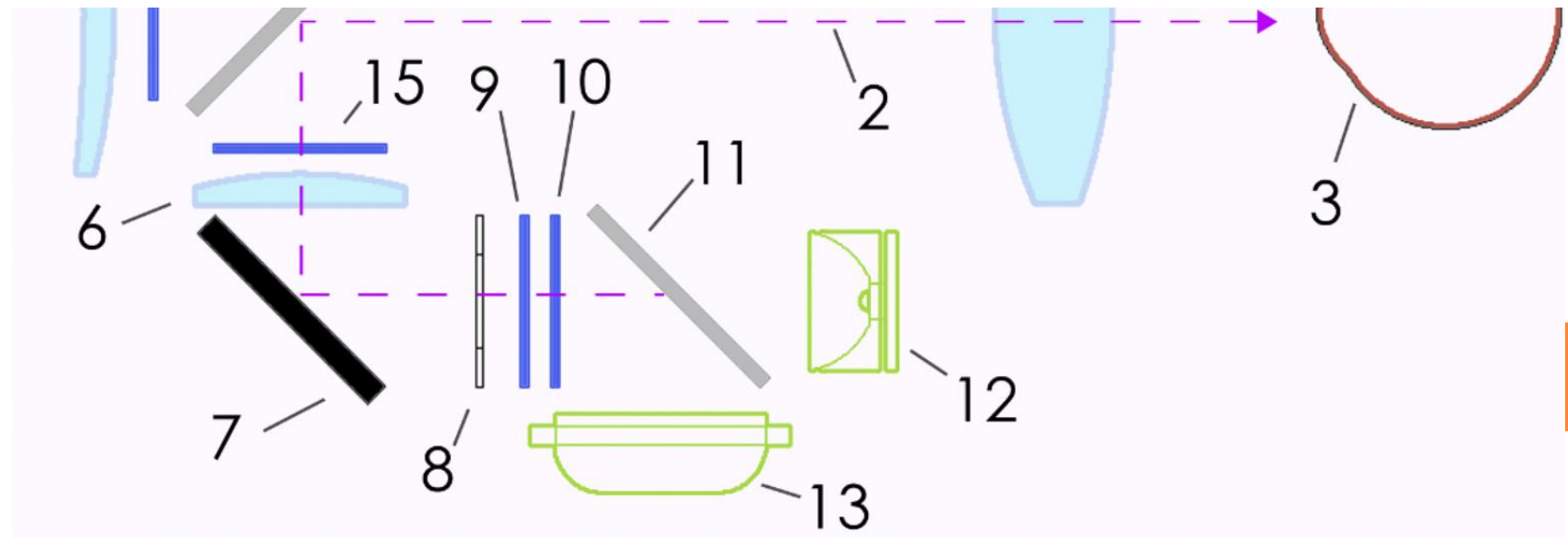
- به منظور تولید پرتو نور از دو منبع استفاده شده است:
 - یک LED (شماره ۱۲ تصویر)؛ خروجی این LED به یک condensing lens ۱۰ درجه ای مجهز شده است. این LED با استفاده از یک درایور جریان ۱ آمپری، تغذیه می شود. این درایور نیاز به ۴ باتری سایز AA دارد.
 - یک Xenon Flash (شماره ۱۳ تصویر)؛ از آنجا که توان نوری LED کم است، exposure time تصویر برداری افزایش می یابد. به همین دلیل از این xenon flash استفاده شده است. استفاده از Xenon Flash، زمان تابش رو کوتاه می کند. به همین دلیل نویز تصویر و همچنین آرتیفکت های حرکتی ناشی از حرکت چشم و لرزش دوربین حذف می شود.
- به منظور ترکیب خروجی دو منبع نور از یک beam splitter (شماره ۱۱ تصویر) استفاده شده است.



معرفی اجزا سیستم اپتیکی – منبع تولید نور

○ پرتو نور ترکیب شده (خروجی beam splitter) از یک UV-blocking film (شماره ۱۰ تصویر) عبور داده می شود تا طول موج UV حذف شود. سپس بر روی holographic diffuser (شماره ۹ تصویر) تصویر می شود.

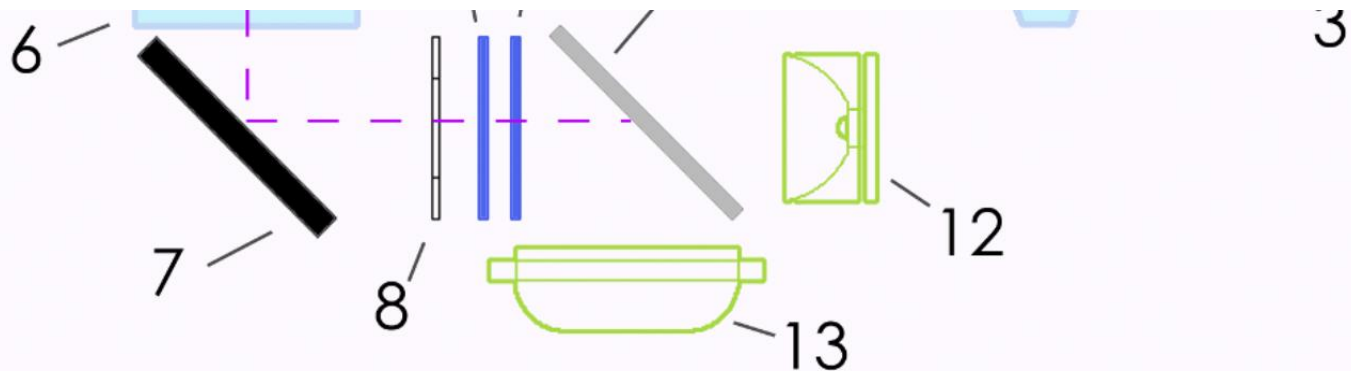
○ پس از مراحل فوق، پرتو نور از یک mask (شماره ۸) عبور داده می شود. این mask باعث می شود که پرتو نور با فرم مناسب به چشم تابیده شود.



معرفی اجزا سیستم اپتیکی – شکل دهی به پرتو نور

○ به منظور پرتو رسانی مناسب به سطح retina لازم است یک الگوی نور رسانی حلقوی هم محور با چشم به سطح cornea چشم تابیده شود.

○ به منظور ایجاد پرتو نور شبیه تصویر روبرو از یک donut-shape image mask استفاده می شود که در مرکز آن یک جسم مات قرار گرفته و مانع از عبور نور می شود. (المان شماره ۸)



معرفی اجزا سیستم اپتیکی – شکل دهی به پرتو نور

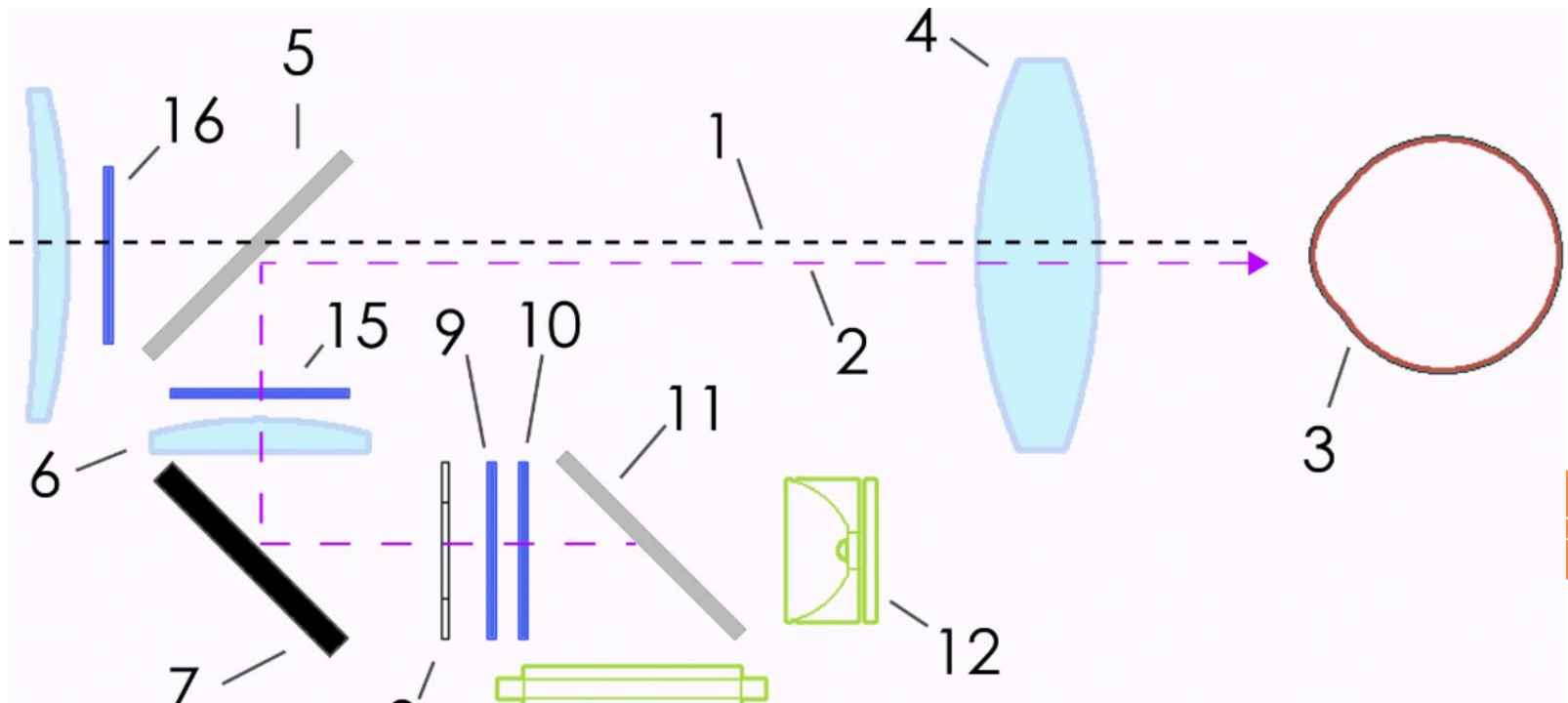
- ابعاد mask به این صورت تنظیم شده که قطر داخلی برابر ۵ میلی متر و قطر خارجی برابر ۷ میلی متر (حداکثر قطر pupil باز شده) تنظیم شده است.
- پرتو نور در فاصله ۵۲ میلی متری objective lens متمرکز می شود. زاویه پرتو نور ورودی برابر ۴۴ درجه است.
- با استفاده از mask فوق، بازتابش های ناخواسته از سطح cornea حذف می شود.



معرفی اجزا سیستم اپتیکی – رساندن پرتو نور به چشم

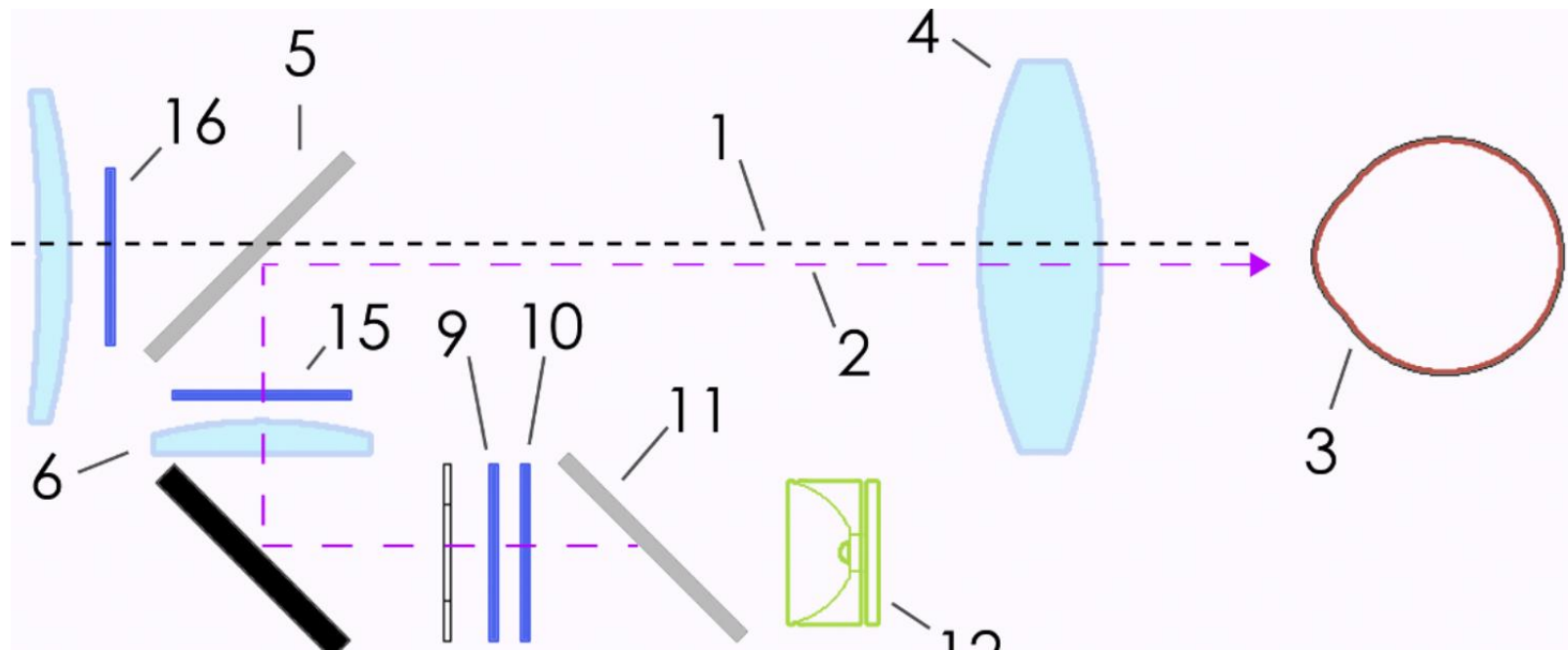
- پس از اینکه فرم دهی به پرتو نور انجام شده، نور از طریق یک آینه ۴۵ درجه (شماره ۷ تصویر) منحرف شده و از آنجا به یک condensing lens (شماره ۶ تصویر) داده می شود.

- پرتو نور خارج شده از عدسی (شماره ۶) به یک beam splitter 50/50 (شماره ۵ تصویر) داده می شود. بدین ترتیب پرتو نور تولیدی، هم محور با چشم شده و با استفاده از objective lens (شماره ۴ تصویر) به چشم نفوذ می کند.



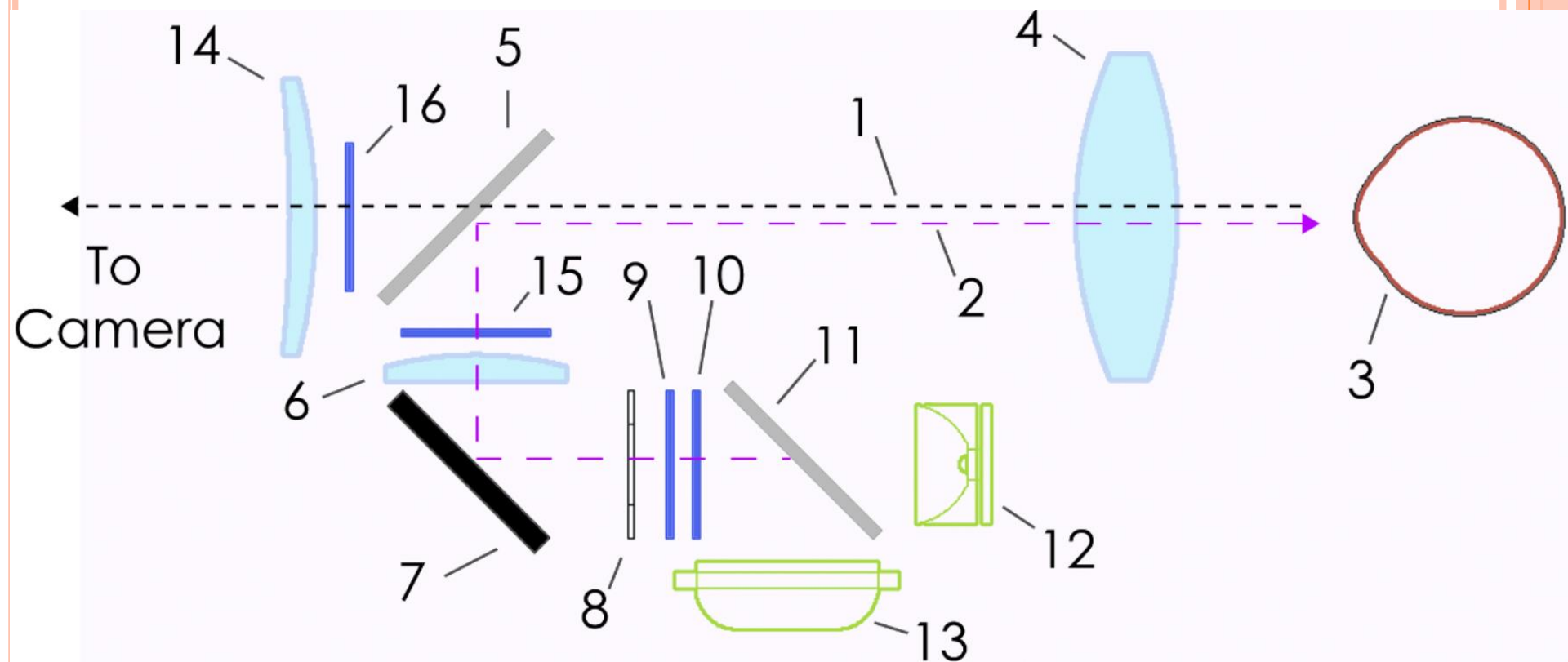
معرفی اجزا سیستم اپتیکی – حذف آرتیفکت ها با استفاده از POLARIZER

- بازتابش های ناشی از قسمت lens چشم منجر به ایجاد آرتیفکت در تصویر می شود. به منظور حذف این آرتیفکت از روش cross-polarization استفاده می شود.
- بدین منظور دو عدد polarizer خطی (۱۵ و ۱۶ تصویر) در مسیرهای عمود بر هم قرار داده می شود. پلاریزر اول (شماره ۱۵) پرتو نور ورودی خود را جذب کرده و تنها آن بخش از پرتو نور را عبور می دهند که موازی با محور polarization خود باشد.



معرفی اجزا سیستم اپتیکی – حذف آرتیفکت ها با استفاده از POLARIZER

- پلاریزر دوم (شماره ۱۶) قبل از عدسی دوربین قرار گرفته و همانند یک analyzing filter عمل می کند. این پلاریزر تنها آن بخش از پرتو نور را عبور می دهد که هم محور با محور polarization خود (یا عمود بر محور polarization پلاریزر شماره ۱۵) باشد. بدین ترتیب پرتوهای بازگشتی ناخواسته حذف می شوند.



نحوه گرفتن عکس RETINA از FUNDUS

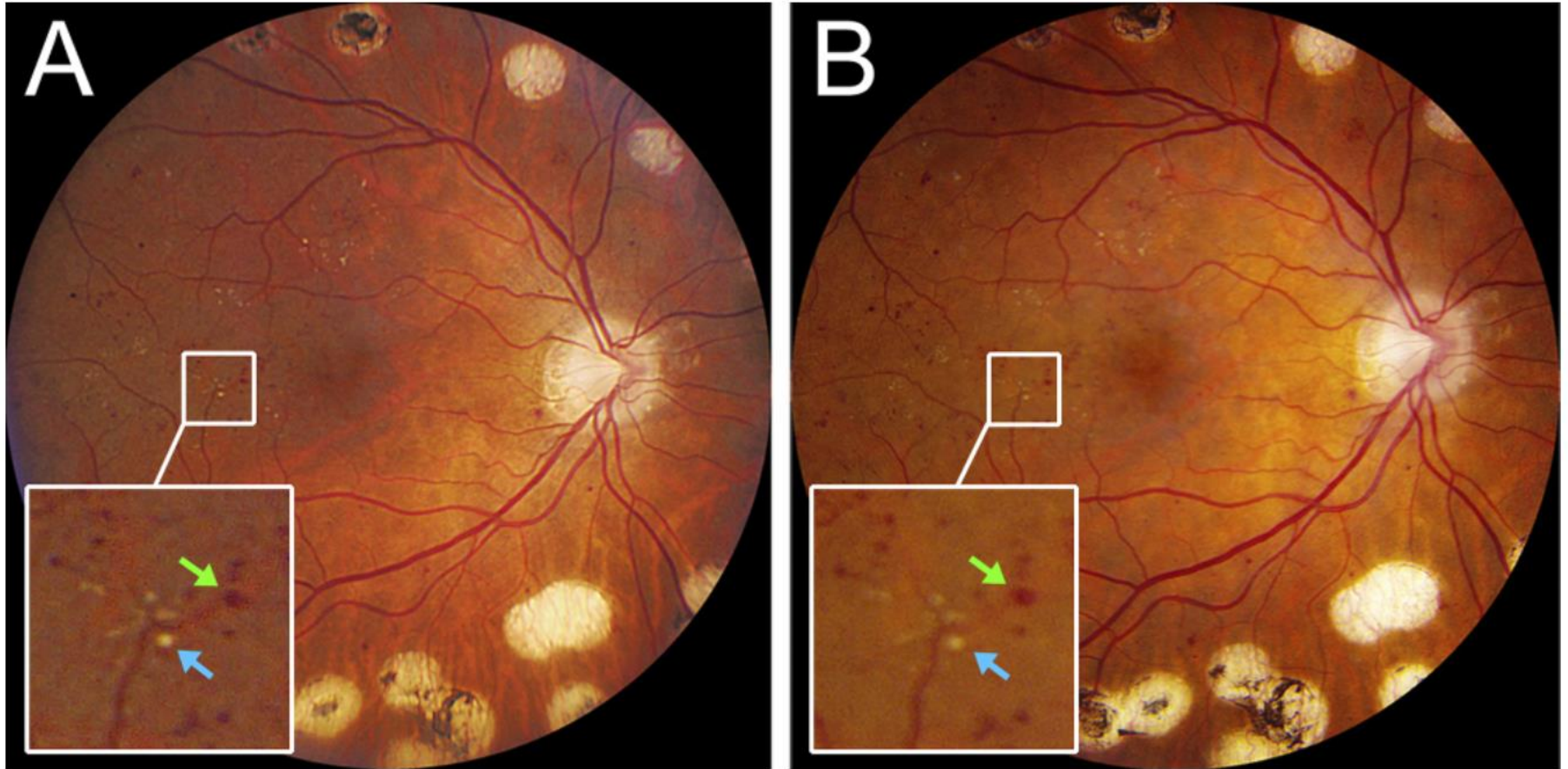
- بدین منظور ابتدا منبع نور روشن می شود. Objective lens به صورت هم محور با چشم قرار می گیرد. بدین ترتیب تصویر retina بر روی LCD دوربین ایجاد می شود.
- با منتقل کردن focusing area دوربین در محل optic nerve، زوم مناسب بر روی سطح retina فراهم می شود.
- سطح عدسی باید ۴۰ تا ۴۵ میلی متر دورتر از سطح چشم نمونه قرار گیرد.
- با فشار دادن دکمه مربوط به تصویربرداری، عکس retina گرفته می شود.

LASER SAFETY

- حداکثر توان تابشی LED برابر 0.25 mW است که با توجه به اندازه عدسی، معادل radiant exposure برابر 0.13 mJ/cm^2 است. کل radiant exposure مربوط به xenon flash برابر 0.43 mJ در هر پالس است که پهنای پالس بین ۳۳ تا ۱۲۵ میکروثانیه است. بدین ترتیب radiant exposure منبع زنون برابر $1 \mu\text{J/cm}^2$ است.
- بنابر استاندارد ANSI، برای یک منبع با radiant exposure برابر 3 mJ/cm^2 ، در یک بازه زمانی ۸ ساعته تابیده شدن بیش از ۳۰۰۰ فلش منجر به نقض استاندارد موجود می شود.

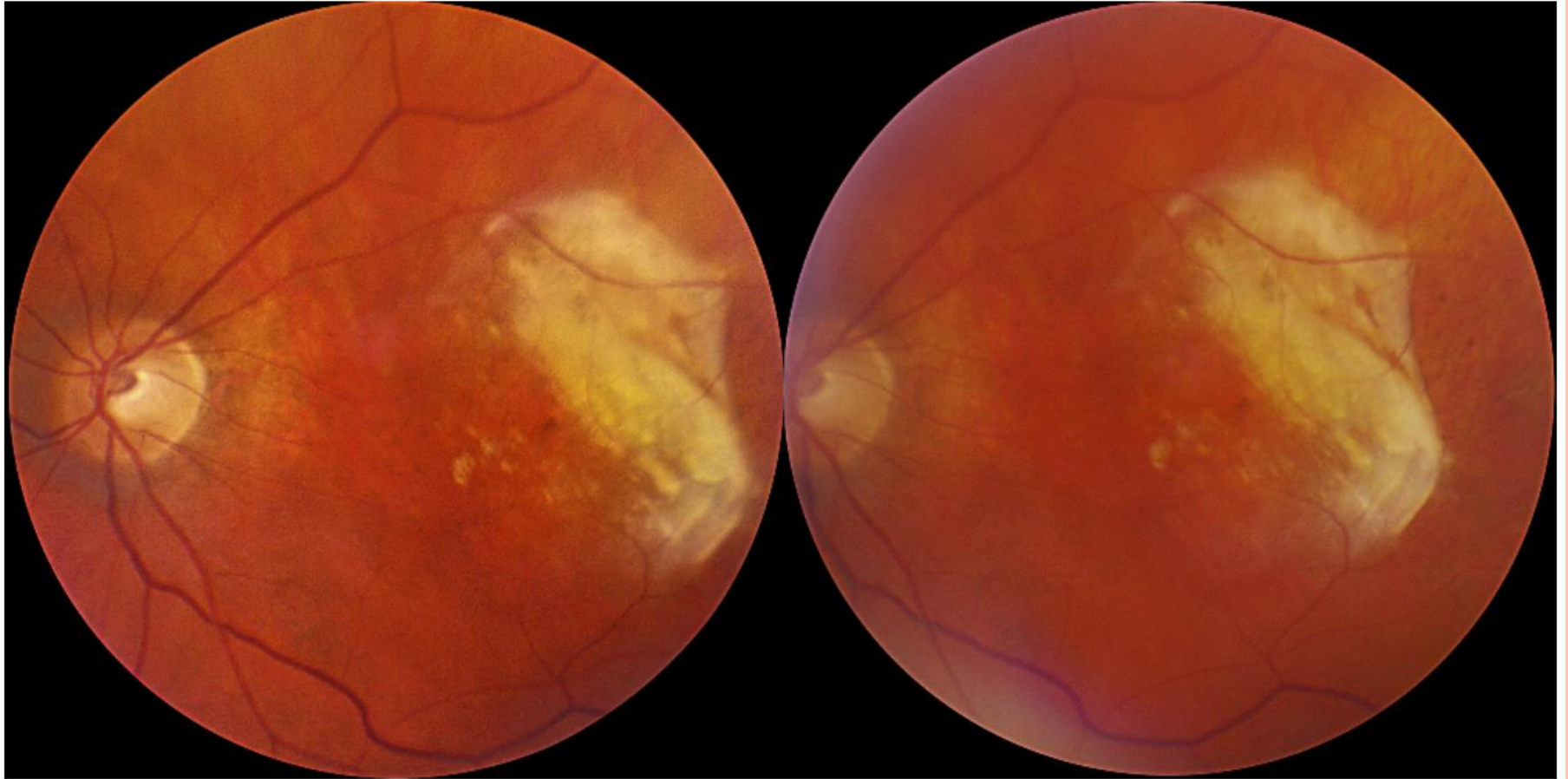
نتایج

Field of View دستگاه ساخته شده برابر ۵۰ درجه است. ○

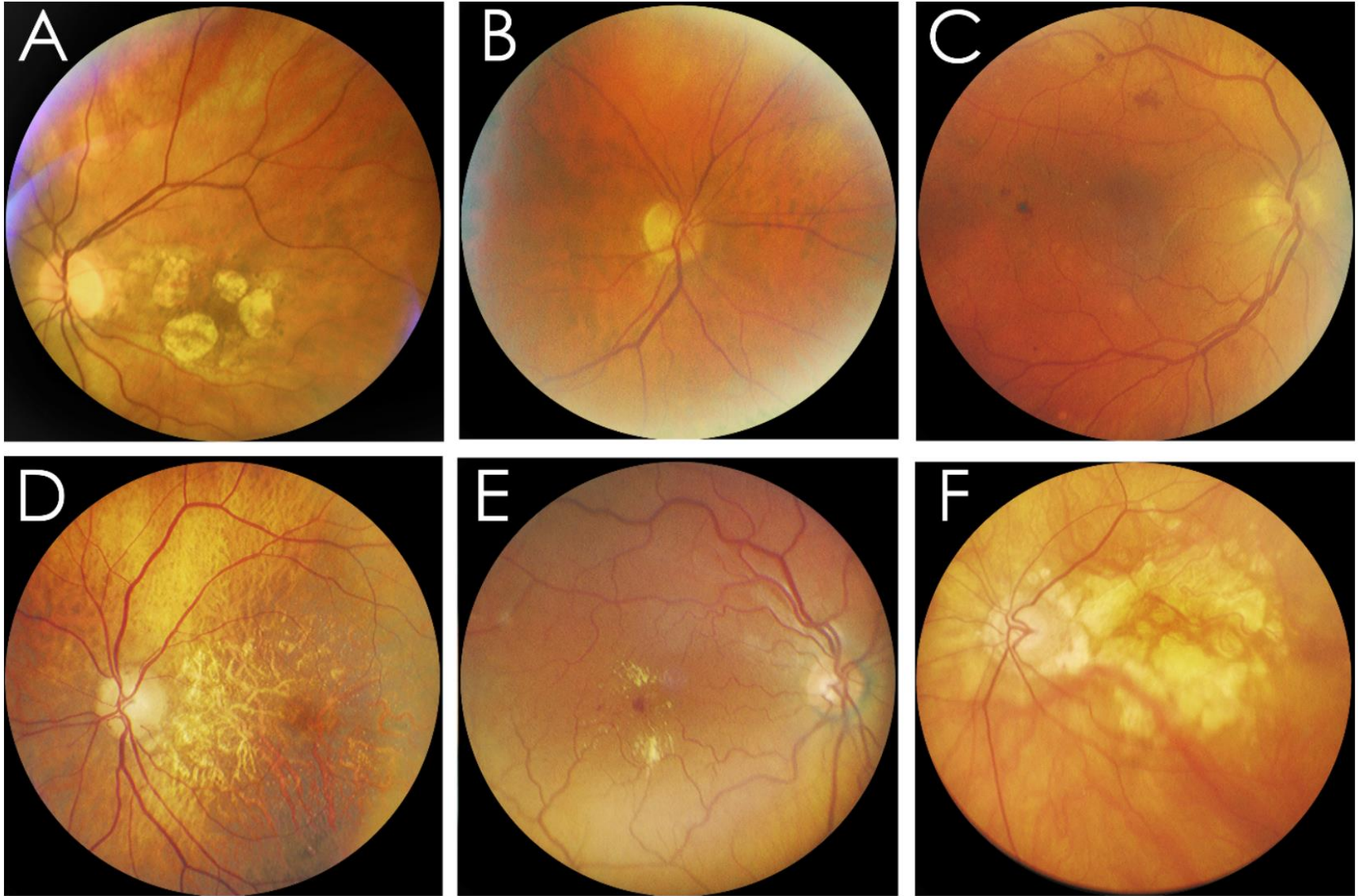


(A) the hand-held prototype camera and
(B) a commercial Topcon TRC-50EX camera

نتائج



Stereo pair images obtained with the proto-type camera



Right and left eye fundus photographs. The unilateral fundus photographs show a variety of retinal pathology, including (A) geographic atrophy, (B) healthy fundus, (C) background diabetic retinopathy with exudates and vitreomacular traction, (D) geographic atrophy with drusen, (E) diabetic retinopathy with exudate and dot blot hemorrhage, and (F) geographic atrophy.

محدودیت ها

- هم راستا کردن عدسی دستگاه با چشم و هم چنین پیدا کردن نقطه دقیق زوم کردن کمی زمان بر است.
- در مواردی که حرکات ناخواسته چشم بیمار زیاد باشد، تصویر برداری مناسب امکان پذیر نیست. به همین خاطر بهتر است یک **fixation target** ایجاد شود که بیمار با نگاه کردن به آن، چشم خود را ثابت نگه دارد.
- در دستگاه ساخته شده به منظور تصویر برداری با **DOF** مناسب لازم است **pupil** باز شود.

پیشنهادات به منظور ارتقا سیستم

- در برخی از مقالات با اضافه کردن یک ماژول WiFi، قابلیت Telemedicine برای دستگاه فراهم شده است؛ یعنی تصویر گرفته شده از retina به صورت بی سیم به اتاق پزشک ارسال می شود.
- امکان انتقال تصویر به کامپیوتر و انجام عملیات پردازشی به منظور شناسایی بیماری و سپس نمایش وضعیت بیمار بر روی دستگاه وجود دارد.