

**ЦЕНТРИРОВАНИЕ ЛИНЗ С АСФЕРИЧЕСКИМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ
ПРИ ИХ ФОРМООБРАЗОВАНИИ
НА СТАНКЕ АЛМАЗНОГО МИКРОТОЧЕНИЯ**

В. М. МЕДУНЕЦКИЙ^{1*}, С. В. СОЛК², О. А. ЛЕБЕДЕВ²

¹Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия
* vm57med@yandex.ru

²Научно-исследовательский институт оптико-электронного приборостроения,
Сосновый Бор, Ленинградской обл., Россия

Аннотация. Рассмотрена технология центрирования инфракрасных линз с одной асферической поверхностью. Операция центрирования совмещена с формообразованием асферической поверхности на станке алмазного микроточения. Приведены рекомендации по заданию допусков на толщину линз и воздушные промежутки в инфракрасных объективах при использовании данной технологии.

Ключевые слова: центрировка линз, алмазное микроточение, асферическая поверхность, инфракрасная оптико-механическая система, инфракрасный объектив

Ссылка для цитирования: Медунецкий В. М., Солк С. В., Лебедев О. А. Центрирование линз с асферическими поверхностями при их формообразовании на станке алмазного микроточения // Изв. вузов. Приборостроение. 2023. Т. 66, № 3. С. 251—254. DOI: 10.17586/0021-3454-2023-66-3-251-254.

**CENTERING LENSES WITH ASPHERICAL SURFACES
DURING THEIR SHAPING
ON A DIAMOND MICRO-TURNING MACHINE**

V. M. Medunetsky^{1*}, S. V. Solk², O. A. Lebedev²

¹ITMO University, St. Petersburg, Russia
* vm57med@yandex.ru

²JSC Research Institute of Optoelectronic Instrumentation,
Sosnovy Bor, Leningrad region, Russia

Abstract. A technology of centering IR lenses with one aspherical surface is considered. The centering procedure is combined with shaping the aspherical surface on a diamond micro-turning machine. Recommendations are given on setting tolerances for lens thickness and air gaps in IR lenses when using this technology.

Keywords: lens centering, diamond turning, aspherical surface, IR optomechanical system, IR objective

For citation: Medunetsky V. M., Solk S. V., Lebedev O. A. Centering lenses with aspherical surfaces during their shaping on a diamond micro-turning machine. *Journal of Instrument Engineering*. 2023. Vol. 66, N 3. P. 251—254 (in Russian). DOI: 10.17586/0021-3454-2023-66-3-251-254.

В настоящее время широкое распространение получают инфракрасные (ИК) приборы, используемые в научных исследованиях, медицине, военном деле, охранной деятельности и других областях [1]. Качественный скачок в производстве инфракрасных фотоприемных устройств позволил увеличить их формат и уменьшить размеры пиксела [2], что вызвало повышение требований к качеству и техническим характеристикам оптических элементов и оптико-механических систем (ОМС). В ОМС широко используются линзы с асферическими поверхностями. К оптическим элементам, изготовленным из материалов с большими показателями преломления и высокой светосилой, предъявляются повышенные требования к центрированию [3].

Центрирование линз с асферической поверхностью является нетривиальной задачей. Это связано с тем, что асферическая поверхность, в отличие от сферической, имеет одну ось симметрии. Это приводит к тому, что совместить оси сферической и асферической поверхностей невозможно [4].

На сегодняшний день наиболее точной и производительной технологией асферизации оптических элементов является технология алмазного микроточения (АМТ) [5, 6]. В работе [7] показано применение совмещенной технологии при изготовлении однолинзового объектива. Формообразование асферической поверхности осуществляется на станке АМТ после формообразования сферической поверхности и установки линзы в оправу с предварительным центрированием. Однако такой подход требует специальной конструкции оправы и линзы для обеспечения „выхода резца“.

На практике чаще всего технологический процесс построен по следующей схеме. На станке АМТ осуществляется формообразование асферической поверхности, а затем формообразование сферической с контролем „разнотолщинности“ линзы по краю механическим способом. Такая последовательность позволяет выполнить заготовку линзы с большим припуском по толщине и при необходимости произвести большое количество циклов АМТ для коррекции формы и шероховатости обрабатываемой поверхности для получения требуемых характеристик. Технологические процессы шлифования и полирования ИК-линз хорошо отработаны и позволяют получать толщину линзы по центру с точностью 0,005—0,01 мм.

Однако выполнение требования по „разнотолщинности“ не гарантирует отсутствие у асферической поверхности линейных и угловых децентрировок, так как они компенсируют друг друга, и процесс приобретает вероятностный характер.

Более целесообразным является следующий порядок операций. Заготовка линзы 4 (рис. 1) с изготовленной сферической рабочей поверхностью *A* и цилиндрической базовой поверхностью *C* закрепляется в приспособлении: например, приклеивается с помощью смолы или воска, при предварительно защищенной лаком поверхности *A*, таким образом, чтобы на краю поверхности *A* и на поверхности *C* можно было разместить датчики линейных перемещений 6. Приспособление устанавливается в центрировочном патроне 2, который, в свою очередь, закрепляется в шпинделе станка АМТ 1. Центрировочный патрон имеет две линейные (X и Y) и две угловые (ψ и Ω) подвижки. С помощью юстировочных подвижек центрировочного патрона устраняются биения поверхностей *A* и *C* с контролем датчиками линейных перемещений. Затем осуществляется формообразование асферической поверхности *B* резцом из природного алмаза 5, что позволяет не выполнять дополнительное центрирование линзы.

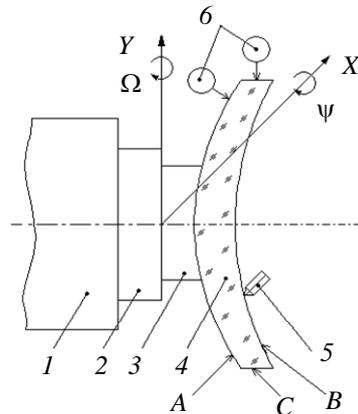


Рис. 1

Недостатком такого подхода является сложность обеспечения жесткого допуска на толщину линзы. Этот недостаток может быть компенсирован тем, что на стадии оптического расчета предусмотрена возможность коррекции воздушных промежутков в зависимости от фактической толщины линзы. На рис. 2 показана схема двухлинзового ИК-объектива для

спектрального диапазона 8—12 мкм, с фокусным расстоянием 75 мм, относительным отверстием 1:1, полем зрения 6°. Кружки рассеяния для концентрации энергии 80 % в центре и по полю составляют соответственно 33 и 37 мкм. Линзы 1 и 2 изготавливаются из германия и имеют асферические поверхности *D* и *E*. Допуск на толщину обеих линз задается в пределах $\pm 0,1$ мм. После изготовления линз их толщина измеряется с точностью до $\pm 0,005$ мм, а по результатам оптических расчетов корректируется величина воздушного промежутка между линзами в пределах 1 мм с точностью $\pm 0,015$ мм.

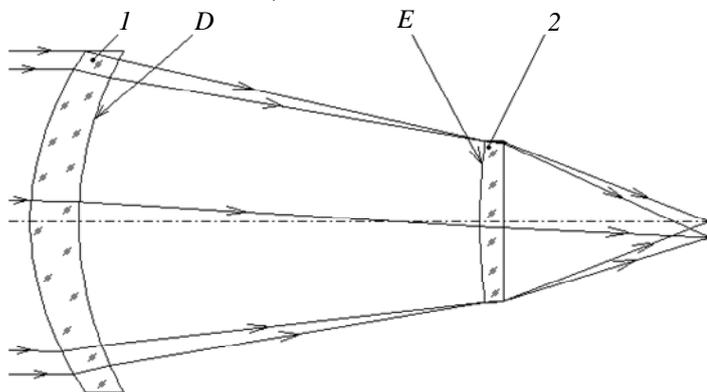


Рис. 2

В заключение следует отметить, что описанная выше технология может применяться при создании оптических приборов, которые работают в видимом и ближнем ИК-диапазонах. При этом можно использовать материалы, обработка которых возможна с помощью АМТ, к примеру, германий для ИК-диапазона [6] и полиметилметакрилат для видимого диапазона [8].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тарасов В. В., Якушенков Ю. Г. Инфракрасные системы смотрящего типа. М.: Логос, 2004. 444 с.
2. Старцев В., Наумов А. Современные фотоприемные устройства инфракрасного спектра и тенденции развития // Технологии защиты. 2018. № 5. С. 66—70.
3. Вычислительная оптика: Справочник / Под общ. ред. М. М. Русинова. Л.: Машиностроение, 1984. 423 с.
4. Справочник технолога-оптика / Под ред. М. А. Окатова. СПб: Политехника, 2004. 679 с.
5. Медунецкий В. М., Солк С. В. Опыт применения и перспективы технологии алмазного микроточения // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2014. Т. 89, № 1. С. 165—170.
6. Васильева Л. В., Лебедев О. А., Нужин В. С., Солк С. В. Проектирование и изготовление линзовых объективов для работы в инфракрасной области спектра // Оптич. журн. 2003. Т. 70, № 4. С. 72—75.
7. Солк С. В., Сабинин В. Е. Новые области применения технологии алмазного микроточения // Оптич. журн. 2005. Т. 72, № 11. С. 82—85.
8. Сабинин В. Е., Солк С. В. Проблемы проектирования и изготовления оптики из полимерных материалов // Оптич. журн. 2002. Т. 69, № 1. С. 61—64.

Сведения об авторах

- Виктор Михайлович Медунецкий** — д-р техн. наук, профессор; Университет ИТМО; E-mail: vm57med@yandex.ru
- Сергей Вольдемарович Солк** — д-р техн. наук; НИИ оптико-электронного приборостроения; заместитель начальника отдела; E-mail: solk@sbor.net
- Олег Анатольевич Лебедев** — НИИ оптико-электронного приборостроения; ведущий инженер-расчетчик; E-mail: oleg.dr-lebedev@yandex.ru

Поступила в редакцию 22.09.22; одобрена после рецензирования 14.11.22; принята к публикации 25.01.23.

REFERENCES

1. Tarasov V.V., Yakushenkov Yu.G. *Infrakrasnyye sistemy smotryashchego tipa* (Infrared Viewing Systems), Moscow, 2004, 444 p. (in Russ.)
2. Startsev V., Naumov A. *Tekhnologii zashchity*, 2018, no. 5, pp. 66–70. (in Russ.)
3. Rusinov M.M., ed., *Vychislitel'naya optika: Spravochnik* (Computational Optics: A Handbook), Leningrad, 1984, 423 p. (in Russ.)
4. Okatov M.A., ed., *Spravochnik tekhnologa-optika* (Reference Technologist-Optics), St. Petersburg, 2004, 679 p. (in Russ.)
5. Medunetsky V.M., Solk S.V. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2014, no. 1(89), pp. 165–170. (in Russ.)
6. Vasil'eva L.V., Lebedev O.A., Nuzhin V.S., Solk S.V. *Journal of Optical Technology*, 2003, no. 4(70), pp. 280–283.
7. Solk S.V., Sabinin V.E. *Journal of Optical Technology*, 2005, no. 11(72), pp. 875–877.
8. Sabinin V.E., Solk S.V. *Journal of Optical Technology*, 2002, no. 1(69), pp. 48–50.

Data on authors

- Viktor M. Medunetskiy** — Dr. Sci., Professor; ITMO University; E-mail: vm57med@yandex.ru
Sergey V. Solk — Dr. Sci.; JSC Research Institute of Optoelectronic Instrumentation; Deputy Head of Department; E-mail: solk@sbor.net
Oleg A. Lebedev — JSC Research Institute of Optoelectronic Instrumentation; Leading Calculation Engineer; E-mail: oleg.dr-lebedev@yandex.ru

Received 22.09.22; approved after reviewing 14.11.22; accepted for publication 25.01.23.