

ЦЕНТРИРОВКА ОБЪЕКТИВОВ ШТАБЕЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ

Буй Динь Бао¹, Белойван П.А.¹, Латыев С.М.¹, Табачков А.Г.¹

¹Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия (197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, д.49.), beloiwan92@gmail.com

В статье рассматриваются способы центрировки линз при сборке объективов штабельной конструкции и методы компенсации влияния остаточных децентрировок при их юстировке. Показано, что центрировка рабочих поверхностей линз возможна при разработке специальных конструкций оправ линзовых компонентов, в зависимости от вида их базирования в оправах. Процесс центрировки может быть осуществлен с помощью известных автоматизированных центрировочных станций. Методы компенсации остаточных aberrаций в центре и на краю поля изображения основываются на анализе коэффициентов влияния децентрировок рабочих поверхностей линз на изменение соответствующих aberrаций. Данное обстоятельство особенно актуально при наличии в оптической системе большого количества склеек линз и асферических рабочих поверхностей, которые не позволяют осуществить центрировку всех их рабочих поверхностей относительно базовой оси собираемого объектива.

Ключевые слова: объективы, линзы, оправы линз, центрировка, юстировка, штабельные конструкции объективов.

ALIGNMENT OF POKER-CHIPS OBJECTIVES

Bui Dinh Bao¹, Beloivan P.A.¹, Latyev S.M.¹, Tabachkov A.G.¹

¹ITMO University, St.Petersburg, Russia (49 Kronverksky Ave. St.Petersburg, 197101 Russia), beloiwan92@gmail.com

The paper studies ways of alignment lenses during assembly of poker-chips objectives and methods of compensation of residual decentrations influence during their adjustment. It's shown, that centering of lense's working surfaces can be carried out using special constructions of lens cells depending on their positions in cells. Process of alignment can be carried out with known stations for automatic centering. Methods of compensation of residual aberrations in the center and at the edge of field of view are based on analysis of coefficients of influence of decentrations of working surfaces lenses on relevant aberrations. It's important when there's big amount of glued lenses and lenses with aspherical working surfaces which don't let to center all of their surfaces to axis of a assembled objective.

Keywords: objectives, lenses, lens cells, centering, adjustment, poker-chips objectives

Децентрировки рабочих сферических, асферических и плоских рабочих поверхностей линз объективов нарушают осевую симметрию их оптических систем и приводят к различным aberrациям создаваемого изображения. Монохроматические и хроматические aberrации, такие как кома, астигматизм, дисторсия, кривизна изображения и хроматизм, вызванные децентрировкой линзовых компонентов, возникают как в центре (осевые), так и на краях поля зрения (полевые). Центрировка всех рабочих поверхностей линзовых компонентов объектива вызывает технологические сложности, а компенсация упомянутых aberrаций одновременно и в центре, и на краю поля зрения приводит к теоретическим и конструктивным проблемам создания оптимальной его конструкции. В данной статье излагаются конструкторско-технологические решения, направленные на повышение точности центрировки рабочих поверхностей линз на примере фотолитографического объектива штабельной конструкции.

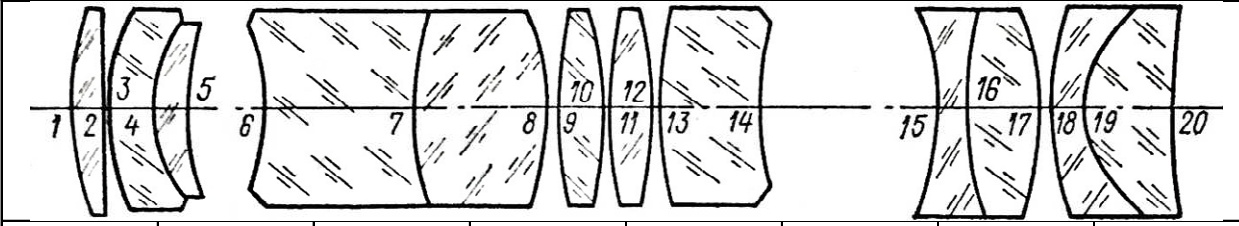
Технологические и конструкторские методы борьбы с абберациями из-за децентрировок рабочих поверхностей линз

Под децентрировками линз понимают смещения центров кривизны сферических рабочих поверхностей линз с базовой (оптической) осью объектива, неперпендикулярность к ней плоских рабочих поверхностей или несовпадения с ней осей симметрии асферических рабочих поверхностей. Для уменьшения или устранения аббераций из-за децентрировок линзовых компонентов существуют разнообразные технологические и конструктивные мероприятия и методы [9, 5, 2]. Технологические мероприятия направлены на повышение точности центрировки отдельных линз и линзовых склеек объектива при их изготовлении и в оправках при сборке. Наиболее эффективной считается центрировка линзы в оправе в процессе сборки и результативная (от оптической оси) обработка в номинальный размер базовых поверхностей оправы от оптической оси, закрепленной в ней линзы или склейки [2, 4, 3, 7].

Конструкторские мероприятия заключаются в создании такой конструкции объектива, которая позволяет осуществлять центрировку линзовых компонентов объектива или компенсацию влияния децентрировок компонентов на вызываемые ими абберации в процессе юстировки всего объектива. Центрировка компонентов осуществляется их радиальным сдвигом, разворотом, или наклоном относительно базовой (оптической) оси объектива [9, 5, 2]. Наиболее удобной с позиции юстировки является штабельная конструкция объектива, где оправы линзовых компонентов последовательно устанавливаются друг на друга и обычно соединяются друг с другом резьбовыми шпильками или винтами [9, 2, 7]. В штабельной конструкции корпус отсутствует, поэтому в ней легче осуществить радиальный сдвиг оправ и их развороты (в пределах бобовидных пазов под крепящие винты) для осуществления взаимной центрировки линз. Так как у линзы или склейки линз, находящейся в оправе, направления и значения векторов децентрировок рабочих поверхностей различаются, то сдвигами и разворотами оправы невозможно отцентрировать все поверхности. Поэтому остаточные абберации собранного объектива обычно компенсируют смещением определенного его компонента, вводя абберацию обратного знака. Особенно трудно компенсировать абберации одновременно и в центре (кочу на оси), и на краю (астигматизм, дисторсию, кривизну изображения) поля зрения. Обусловлено это тем, что коэффициенты влияния децентрировок поверхностей на абберации в центре и на краю поля зрения могут существенно различаться. Например, для 8-ми компонентного объектива фотоповторителя (см. табл.), приведенного в [1], коэффициенты влияния (A_k, A_m, A_s) децентрировки (Δc) каждой из 20-ти рабочих поверхностей на волновые абберации в волновой мерев центре поля изображения ($\Delta \omega_k = A_k \Delta c$) и для края поля

(диаметром 35мм) в меридиональном ($\Delta\omega_m=A_m\Delta c$) и сагитальном ($\Delta\omega_s=A_s\Delta c$) сечениях, в большинстве случаев существенно различаются. Анализ коэффициентов влияния позволяет оптимизировать выбор коррекционных элементов для компенсации тех или иных aberrаций. Так, в данном фотоповторителе, радиальный сдвиг оправы 6-го компонента практически не приводит к изменению aberrации (комы) на оси, но изменяет полевые aberrации, а сдвиг второго компонента (склейки) изменяет кому при незначительном изменении полевых aberrаций, что указывает на возможность осуществления независимой их юстировки.

Оптическая схема и коэффициенты влияния объектива фотоповторителя



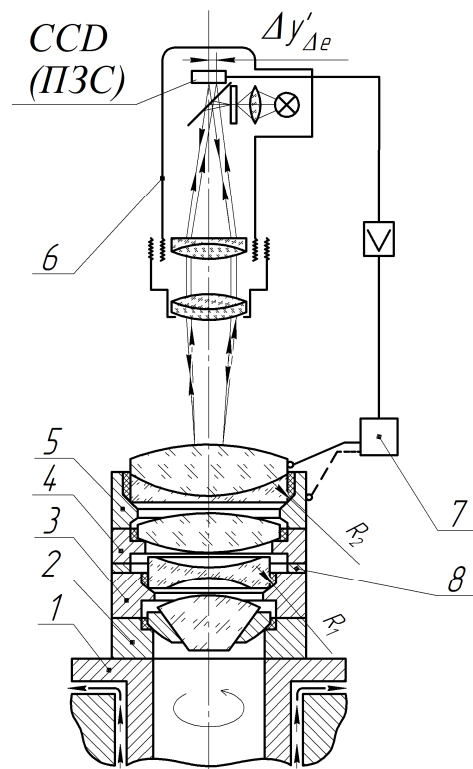
№ поверх ностей	A_k	A_m	A_s	№ поверх ностей	A_k	A_m	A_s
1	2	-4,3	-0,8	11	1,9	3,7	1,9
2	0,06	-0,36	-0,02	12	0,94	-0,88	0,06
3	1,2	6,4	5,3	13	-2,4	7,6	8,4
4	0	0	0	14	2	-20,6	-14,4
5	-5,1	-6,9	-5,6	15	-1,4	-1,5	-0,9
6	-2	23	9,8	16	0,2	3,9	0,9
7	-3,5	0,2	0,6	17	1,3	5	2,2
8	0,7	-7,2	-6,7	18	0,6	-3	1
9	1,3	0,7	-0,3	19	0	0,28	-0,06
10	2,1	-4,7	-1,9	20	-0,22	-0,96	-1,26

В широкоугольных объективах большинство aberrаций, вызванных децентрировкой его компонентов, существенно изменяется по полю зрения, что затрудняет их устранение компенсацией и требует осуществлять как можно более точную центрировку всех рабочих поверхностей относительно базовой оси.

Автоматизированная центрировка линз объективов штабельной конструкции

Центрировка большинства рабочих поверхностей линз объектива штабельной конструкции возможна при его сборке на модернизированных станциях для автоматизации процесса центрировки оптических деталей в их оправках [8, 6]. Например, на модернизированной станции «OptiCentrik» фирмы TRIOPTICS [4, 6], предназначенной для

центрировки линзы наклоном или сдвигом в оправе при её вклейке быстроотвердевающим клеем под действием УФ-освещения. Базовой (оптической) осью собираемого объектива при этом будет являться стабильная ось вращения стола станции, биение которой в аэростатических направляющих обычно не превосходит 0,1-0,3 мкм. На рисунке представлена функциональная схема станции для центрировки линз объектива штабельной конструкции. Она содержит: стол 1, вращающийся в прецизионных аэростатических подшипниках, выставленный строго перпендикулярно к оси вращения; оправы 2-5 линзовых компонентов штабельного объектива, которые последовательно устанавливаются на стол 1; 6-автоматизированный автоколлиматор для контроля центрировок рабочих поверхностей линз и управления манипулятором; 7-автоматизированный пьезо-манипулятор для радиального смещения оправ линз и наклона линз в оправе; 8-дистанционное кольцо.



Функциональная схема станции для центрировки объектива штабельной конструкции

Если центр кривизны поверхности линзы не будет располагаться на оси вращения (или плоская поверхность не будет ей перпендикулярна), то в плоскости ПЗС-матрицы автоколлиматора возникает биение его изображения, которое устраняется с помощью манипулятора, воздействующего на оправу или линзу. Один из центров кривизны линзы приводится на ось вращения манипулятором сдвигом оправы, а другой – наклоном линзы вокруг первого центра кривизны. Для этого конструкция оправ может быть выполнена составной, с промежуточной частью, которая может поворачиваться относительно основной части (оправа 2), либо наклоняться на плоском опорном буртике оправы (оправа 4), либо

наклоняться на сферическом опорном буртике под линзу или склейку (оправы 3,5). Заметим, что для склейки линз (оправа 5) расположить все три центра кривизны её рабочих поверхностей на оси вращения не представляется возможным. Однако децентрировки склеенных поверхностей линз обычно влияют на aberrации существенно слабее поверхностей, граничащих с воздухом. Если же их влияние существенно, то нужно назначать жесткие допуски на их центрировку при склейке, либо не использовать склейки линз, либо предусматривать компенсацию влияния остаточных децентрировок. Подобным рекомендациям следует придерживаться так же в случаях, когда рабочие поверхности некоторых линзовых компонентов объектива представляют собой асферические поверхности.

Выводы

Центрировка рабочих поверхностей линз объективов при их сборке может быть обеспечена технологическими методами, используя соответствующее современное автоматизированное оборудование. Штабельные конструкции объективов со специальными конструкциями оправ позволяют осуществить наиболее полную центрировку всех линзовых компонентов в процессе их последовательной сборки. Компенсацию остаточных aberrаций из-за децентрировок рабочих поверхностей линз необходимо осуществлять с учетом коэффициентов влияния децентрировок на aberrации в центре и на краю поля зрения.

Список литературы

1. Грамматин А.П. Влияние децентрировок на aberrации. Вычислительная оптика. – Л.: Машиностроение, 1984. – 423 с.
2. Латыев С.М., Буй Динь Бао. Методы центрировки линз в оптических системах // Известия вузов. Приборостроение. 2013. - №11. – С. 66-72.
3. Frank, Stefan Justierdrehen - eine Technologie für Hochleistungsoptik. Bericht IMK № 14, Technische Universitaet Ilmenau, 2008, 150 s.
4. Heinisch, J. Zentrierfehler messen, Optiken automatisch justieren und montieren // Photonik, № 6, 2008, s. 46-48.
5. Latyev S.M., Rumyantsev D.M., Kuritsyn P.A. Design and process methods of centering lens systems. Journal of Optical Technology, 2013. – Vol. 80. - N 3. – P. 197-200.
6. Patrik Langehanenberg, Josef Heinisch, Daniel Stickler, "Smart and precise alignment of optical systems", Proceedings of SPIE Vol. 8884, 88842E (2013).
7. Sondermann, Mario Mechanische Verbindungen zum Aufbau optischer Hochleistungssysteme. Bericht IMGK, Band 19, Technische Universitaet Ilmenau, 2011, 145 s.

8. Weber G. Justageautomat für Drehgeber - Impulsscheiben // 50 IWKTUI 19-23.09.2005 / Tagungsband, S.59-60.

9. Yoder, Paul R. Mounting optics in optical instruments / Paul R. Yoder, Jr. -- 2nded.-SPIE Press, Bellingham, Washinton, 2008, 752 p.

Рецензенты:

Зверев В.А., д.т.н., профессор, Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург;

Мамедов Р.К., д.т.н., профессор, Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург.