

Ю. Ц. Батомункуев^{1,2}✉

Особенности ахроматизации дифракционных оптических систем

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация

²Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: opttechnic@mail.ru

Аннотация. В настоящей работе рассматриваются особенности ахроматизации дифракционных оптических систем. Показано, что хроматическая aberrация положения и сферохроматическая aberrация дифракционных систем может быть исправлена оптимальным выбором взаимного расположения дифракционных элементов.

Ключевые слова: хроматическая aberrация, дифракционный оптический элемент, ахроматизация

Yu. Ts. Batomunkuev^{1,2}✉

Features of achromatization of diffractive optical systems

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

²Siberian State University of Telecommunications and Information Science, Novosibirsk,
Russian Federation
e-mail: opttechnic@mail.ru

Abstract. This paper examines the features of achromatization of diffractive optical systems. It is shown that chromatic aberration of position and spherochromatic aberration of diffractive systems can be corrected by optimal choice of mutual arrangement of diffractive elements.

Keywords: chromatic aberration, diffractive optical element, achromatization

Известно, что широкому применению на практике дифракционных (голограммных) оптических элементов препятствует их принципиальный недостаток, а именно наличие сильной хроматической aberrации [1]. Как преобразователи световой волны дифракционные оптические элементы используются, как правило, с монохроматическими источниками излучения, тогда как большее применение на практике имеют источники белого света. Ситуация с дифракционными оптическими элементами напоминает ситуацию со светодиодами. До тех пор пока светодиоды излучали монохроматический свет (красный и зеленый), их применение ограничивалось индикацией и освещением в технических устройствах. Тогда как разработка светодиодов белого света позволила массово использовать их в качестве экономичных и практичных источников света. Поэтому задача ахроматизации дифракционных оптических элементов [2-4] с целью расширения областей их практического применения остается актуальной.

В последние годы нами начат цикл работ по ахроматизации как одиночных дифракционных оптических элементов, так и дифракционных систем. Так в [5]

получено, что для ахроматизации одиночного объемного ГОЭ требуется, чтобы он был изготовлен из материала, у которого коэффициент дисперсии обратно пропорционален длине волны света в рабочем диапазоне. В этом случае хроматическая aberrация положения, возникающая из-за дифракции, будет компенсироваться aberrацией из-за дисперсии показателя преломления дифракционного оптического элемента.

В том случае, если дисперсия показателя преломления не позволяет исправить хроматическую aberrацию положения дифракционного оптического элемента, эта aberrация может быть скорректирована другим дифракционным оптическим элементом с обратной дисперсией [6]. Это возможно из-за того, что в противоположных порядках дифракции дисперсия дифракционных оптических элементов имеет разные знаки. На рис. 1 представлен ахроматический дуплет, состоящий из фокусирующего 1 и рассеивающего 2 дифракционных оптических элементов.

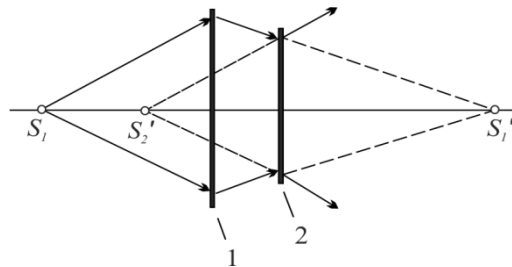


Рис. 1. Схема двухкомпонентного ахроматического дуплета

Суть взаимного исправления хроматических aberrаций компонентов заключается в том, что отношение фокусных расстояний компонентов на рабочих длинах волн равно квадрату отношения расстояний от компонентов до плоскости изображения каждого из компонентов.

На рис. 2 представлен фокусирующий ахроматический дифракционный триплет [6] состоящий из одного объемного собирающего ГОЭ по обе стороны от которого расположены рассеивающие ГОЭ 1. Хроматическая aberrация объемного ГОЭ 2 компенсируется хроматическими aberrациями рассеивающих ГОЭ 1.

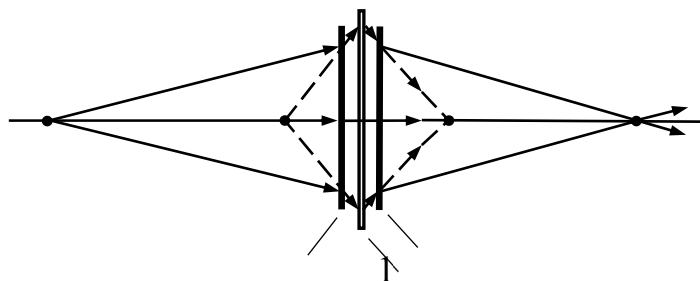


Рис. 2. Схема ахроматического дифракционного триплета

Комбинацией указанных дуплета и триплета могут быть исправлены остаточные хроматические aberrации этой дифракционной системы. В общем случае под исправлением aberrаций дифракционного элемента и дифракционной системы подразумевается уменьшение их aberrаций до допустимого уровня в заданном рабочем спектральном диапазоне.

Разработанные способы ахроматизации дифракционных оптических элементов и систем применимы в широком диапазоне длин волн, начиная от инфракрасной и заканчивая рентгеновским диапазоном. Остаточную ахроматическую aberrацию дифракционных оптических элементов нужно исправлять не только комбинацией ахроматических дифракционных оптических элементов, но и оптимальным выбором толщин и поперечных размеров с учетом угловой и пространственной селективности. Ахроматические дифракционные системы, несомненно, найдут широкое применение.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кольер Р., Беркхарт К., Лин Л. Оптическая голография. – М.: Мир, 1973. – 686 с.
2. Bennet, S. J. Achromatic combinations of hologram optical elements // *Applied optics*. – 1976. – V. 15, N. 2. – P. 542–545.
3. Sweatt, W. C. Achromatic triplet using hologram optical elements // *Applied optics*. – 1977. – V. 16, N. 5. – P. 1390–1391.
4. Мустафин, К.С. Расчет ахроматизированных голограммных линзовых систем на основе принципа таутохронизма лучей / К.С. Мустафин // *Оптика и спектроскопия*. – 1978. – Т. 44, Вып. 1. – С. 164–167.
5. Батомункуев, Ю.Ц. Ахроматизация объемного голограммного оптического элемента. Часть 2 / Ю.Ц. Батомункуев // Сб. междунар. науч. конф. «Сибоптика- 2021»: – Новосибирск: СГУГиТ, 2021. Т. 8. – С. 220–222.
6. Батомункуев, Ю.Ц. Расчет осевых сферических aberrаций высших порядков светосильного фокусирующего ГОЭ с исправленной сферической aberrацией третьего порядка. Часть 2 / Ю.Ц. Батомункуев, А.А. Дианова // *Компьютерная оптика*. – 2018. – Т. 42, № 4. – С. 627–636.

© Ю. Ц. Батомункуев, 2025