

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

А.В. Кудряшов, И.Г. Половцев, В.В. Самаркин

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАНКРАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С КОРРЕКТОРОМ НА ОСНОВЕ БИМОРФНОГО ПЬЕЗОЭЛЕМЕНТА

В работе исследуется возможность компенсации панкратической системы с помощью гибкого зеркала. Приводятся фотографии фокального пятна до и после коррекции.

Системы с переменным фокусным расстоянием (панкратические, трансфокаторные, вариосистемы) используются в оптических и оптико-механических приборах достаточно часто. Изменяя фокусное расстояние в оптических системах, мы, во-первых, создаем достаточно большое поле зрения, облегчающее поиск интересующего нас объекта и, во-вторых, добиваемся наибольшего увеличения объекта, обеспечивающего более детальное его рассмотрение [1].

Изменение фокусного расстояния чаще всего осуществляется за счет перемещения компонентов оптической системы. Необходимость коррекции остаточных aberrаций при разных положениях компонентов приводит к чрезвычайному усложнению конструкции объектива и его нетехнологичности.

Однако можно отказаться от традиционного способа компенсации остаточных aberrаций. Для этого в объектив необходимо ввести дополнительный оптический элемент, способный изменять свою форму и тем самым корректировать искажения, возникающие в системе. Наличие подобного элемента может свести до минимума количество компонентов схемы. В качестве корректора можно воспользоваться традиционным элементом адаптивной оптики — управляемым гибким зеркалом, а именно гибким зеркалом на основе полупассивного биморфного пьезоэлемента [2].

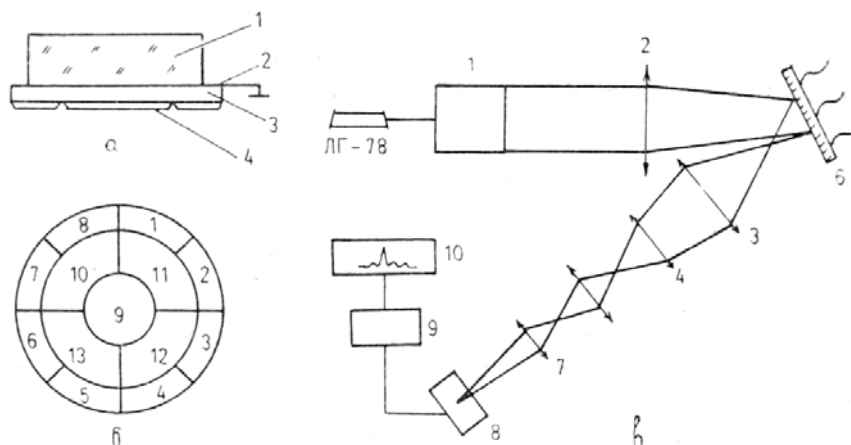


Рис. 1. Общий вид корректора: *a* — устройство биморфного зеркала; 1 — кварцевая подложка, 2 — внутренний электрод, 3 — пьезопластина, 4 — внешние управляющие электроды; *б* — схема расположения внешних управляющих электродов; *в* — схема экспериментальной установки

Общий вид такого корректора изображен на рис. 1, *a*. К тонкой (0,3 мм) пьезокерамической пластине с напыленными на обе стороны электродами приклеена относительно толстая (~ 2 мм) кварцевая подложка. Внешняя сторона подложки полируется до получения плоской поверхности высокого оптического качества. Внутренний электрод пьезопластины заземляется (рис. 1, *a*). Внешний управляющий электрод состоит из 13 секций (рис. 1, *б*).

Зеркало работает по следующему принципу. При подаче на управляющий электрод постоянного напряжения под действием обратного поперечного пьезоэффекта происходит расширение пьезокерамики. Наклеенная кварцевая подложка не дает возможности пьезопластине изменить свои размеры. Это приводит к возникновению изгибающего момента по краям управляющего электрода и, таким образом, к деформации поверхности зеркала.

Рассмотрим возможность использования гибкого зеркала на основе биморфного пьезоэлемента для коррекции остаточных aberrаций панкратической системы.

На рис. 1, *в* приведена схема макета панкратической системы с управляемым корректором волнового фронта. Она состоит из лазерного коллиматора 1, формирующего световой поток, и исследуемой

панкратической системы 2—5, в состав которой введено адаптивное зеркало 6. Диапазон изменения фокусных расстояний от 1 и до 10 м обеспечивается перемещением панкратических линз 4 и 5, при этом сохраняется положение фокальной плоскости. Это так называемый случай двухкомпонентной панкратической системы с трехточечной компенсацией [3]. Использование в схеме двух асферических линз 2 и 3 позволило достичь небольших габаритов и при расчете получить высокую степень абберационной коррекции, однако асферика получилась крутая и нетехнологичная. В процессе изготовления линз не удалось устранить зональные ошибки, сильно деформирующие фокальное пятно. Введение в систему гибкого адаптивного зеркала позволяет пойти на компромисс: не убирать до конца асферичность поверхности линз 2 и 3, а возникающую aberrацию скомпенсировать деформациями корректора.

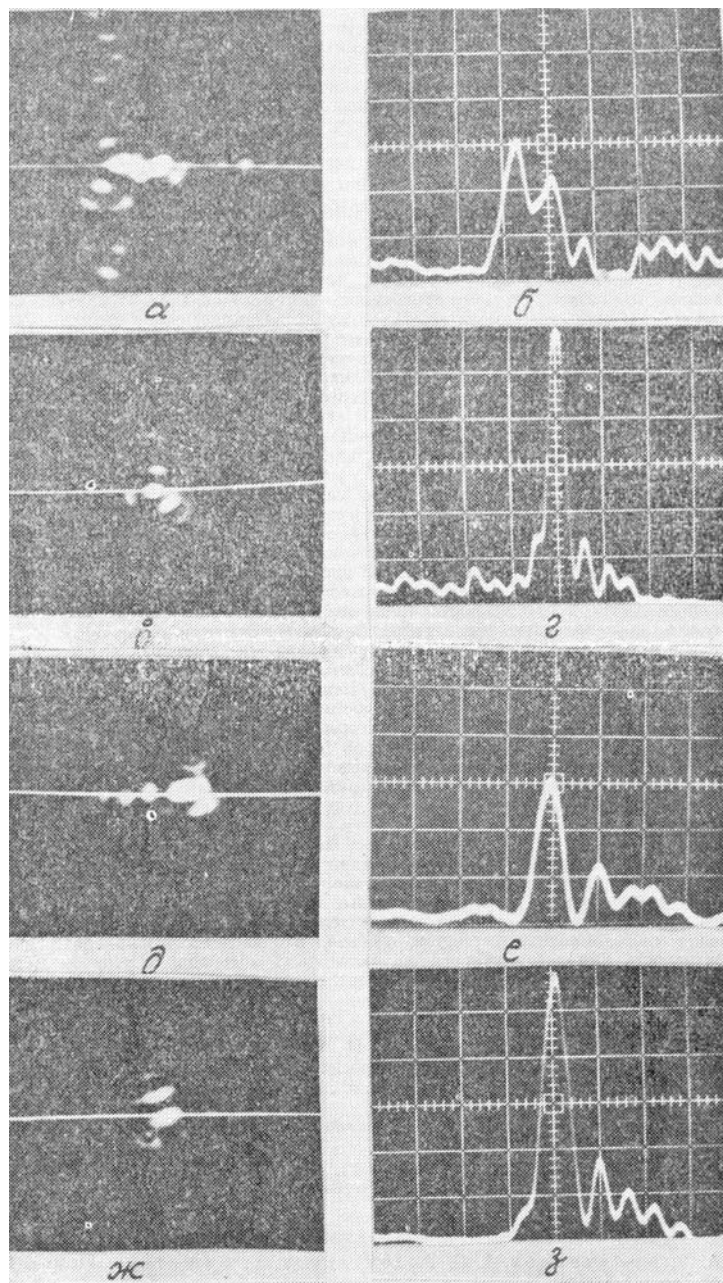


Рис. 2. Фотографии фокального пятна и осциллограммы распределения интенсивности в фокальном пятне до коррекции (а и б) и после коррекции (в и г соответственно) для системы с $f = 1,5$ м; то же до коррекции (д и е) и после коррекции (ж и з соответственно) для системы с $f = 5,0$ м

Для анализа качества изображения использована промышленная телевизионная установка ПТУ—43. На фотокатод телекамеры 8 с помощью микрообъектива 7 проецируется изображение фокального пятна. Для получения количественной информации о качестве оптической системы проводилось фотометрирование распределения интенсивности изображения фокального пятна. С этой целью с помощью блока выделения строки 9 выбиралось сечение фокального пятна. Рельеф вдоль выделенной

строки телевизионного раstra через блок обработки видеосигнала выводился на экран осциллографа 10. Устройство фотометрирования взято из теневой фотоэлектрической установки «Тень-5», реализующей количественный метод Филбера-Фуко.

Фокусное расстояние системы, м	I_0		K	
	до	после	до	после
	коррекции		коррекции	
5,0	0,07	0,1	35%	63%
1,5	0,06	0,15	20%	55%

Исследование возможности корреляции остаточных aberrаций панкратической системы производилось для двух положений панкратиков, соответствующих фокусным расстояниям 1,5 м и 5,0 м. При этом остаточные aberrации составляли соответственно 7,5 и 5,5 мкм. Оценка качества коррекции производилась по двум параметрам: по нормированной интенсивности I_0 в центре тяжести фокального пятна и по нормированной на полный световой поток энергии K в центральном максимуме на его полуширине. На рис. 2, а-г приведены фотографии фокального пятна и распределения интенсивности в выбранном сечении до и после корреляции aberrации панкратической системы с фокусным расстоянием 1,5 м. Экспериментальные результаты исследования системы с фокусным расстоянием 5 м представлены на рис. 2, д-з. В обоих случаях отчетливо видно значительное улучшение качества фокального пятна. Несимметричная деформация адаптивного зеркала объясняется креплением корректора — он заземлялся в оправе в трех точках. Значения параметров I_0 и K приведены в таблице. Сопоставляя полученные результаты, можно сделать вывод, что после коррекции aberrаций улучшается качество фокального пятна в 2,5 раза. Проведенные исследования позволили выявить причины искажений, вызванных децентрировкой оптической системы, и найти пути их устранения.

Таким образом, тибное зеркало на основе полупассивного биморфного пьезоэлемента может быть эффективно использовано для коррекции остаточных aberrаций оптических систем, в том числе, панкратических. При этом существенно повышается качество изображения. Трудности, связанные с изготовлением адаптивного зеркала на основе биморфного пьезоэлемента, незначительны по сравнению с трудностями изготовления многокомпонентных систем, особенно в одиночных экземплярах. Простота и эффективность выполнения коррекции остаточных aberrаций с успехом могут быть использованы в оптико-механических и оптико-электронных приборах широкого назначения.

1. Русинов М. М., Граматин А. П., Иванов П. Д. и др. Вычислительная оптика. Справочник. — Л.: Машиностроение, 1984.
2. Воронцов М. А., Кудряшов А. В., Шмальгаузен В. И. — Изв. вузов. Радиофизика, 1984, т. 27, с. 1419.
3. Волосов Д. С. Фотографическая оптика. — М: Искусство, 1978.

СКВ научного приборостроения
«Оптика» СО АН СССР, Томск
Московский госуниверситет
им. М. В. Ломоносова

Поступило в редакцию
28 октября 1987 г.

A. V. Kudryashov, I. G. Polovtsev, V. V. Samarkin. **Flexible Bimorph Mirror Zoomar System.**

A zoomar system is proposed where the residual wave aberration is compensated by means of a flexible bimorph mirror, which dramatically simplifies the optical system. The experimental results obtained are reported. In particular, photographs of the focal spot formed by the zoomar before and after correction are presented.