

Т. Н. ХАЦЕВИЧ
(Ленинград)

ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ С ЛИНЕЙНЫМ ЗАКОНОМ ПОСТРОЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ УСТРОЙСТВ ЗАПИСИ ИНФОРМАЦИИ

В устройствах записи информации с построчной записью изображений для повышения качества записи необходимо постоянство линейной скорости перемещения светового пятна вдоль траектории сканирования. Выполнение этого условия требует применения в оптических системах специальных объективов, реализующих необходимый закон построения изображения [1]. Если сканирующий элемент обеспечивает постоянство угловой скорости отклонения светового пучка (например, для развертки применяется равномерно вращающийся зеркальный барабан), то в оптической системе со сканированием в параллельном пучке необходим объектив с линейным законом построения изображения

$$y' = k\omega, \quad (1)$$

где y' — величина перемещения светового пятна вдоль строки при отклонении пучка сканирующим элементом на угол ω ; k — коэффициент пропорциональности.

Наряду с этим, объектив должен иметь достаточно вынесенный входной зрачок для размещения сканатора, плоское поле изображения, высокую абберационную коррекцию и телецентрический ход главных лучей в пространстве изображений.

В статье рассматриваются схемы построения объективов для устройств записи информации, удовлетворяющие этим условиям. В области аббераций третьего порядка [2] условие (1) соответствует требованию

$$S_v = 2\Delta/\omega^2, \quad (2)$$

где S_v — пятая сумма Зейделя; ω — угловое поле объектива; Δ — относительная дисторсия объектива, причем

$$\Delta = (\omega/\text{tg } \omega) - 1. \quad (3)$$

В основу расчета была положена схема зеркально-линзового объектива, состоящего из линзового и зеркального компонентов. При развертке зеркальных вогнутых поверхностей их можно рассматривать в качестве положительных линз, отличающихся тем, что создаваемая ими кривизна поверхности изображения получается положительной; поэтому, сочетая такую зеркальную линзу с линзовым компонентом, обладающим при положительной оптической силе отрицательной кривизной, получим возможность устранения кривизны поверхности изображения. Расчетная схема объектива представлена на рис. 1, где 1 — линза; 2 — зеркало; 3 — та же линза 1, но в обратном ходе лучей; 4 — входной зрачок; 5 — плоскость регистрирующего материала. В силу симметрии такой системы основной параметр W будет равен $W = 1 + \pi/2$, а при исправленной кривизне поверхности изображения ($\pi = 0$) — единице при любой форме

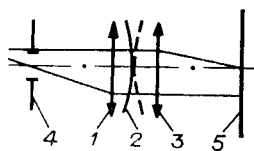


Рис. 1.

линзы. Казалось бы, что при исправленной кривизне изображения такая схема позволяет исправить еще лишь одну абберацию. Однако условия исправления комы, астигматизма, обеспечения линейного закона построения изображения и телецентрического хода главных лучей в пространстве изображений при исправленной кривизне изображения в области аббераций третьего порядка с учетом (2) и (3) имеют вид

$$S_{II} = -P + W = 0, \quad S_{III} = P - 2W + 1 = 0,$$

$$S_{IV} = \Phi_1[(1/n) + 1] + 0,5, \quad S_V = -P + 3W - 3 = 2\Delta/\omega^2,$$

где P , W , π — основные параметры объектива; Φ_1 — относительная величина оптической силы линзы I ; n — показатель преломления материала линзы I . Если обеспечить в системе $P = 1$, то при телецентрическом ходе главных лучей одновременно можно исправить, кроме кривизны изображения, кóму и астигматизм, при некоторой остаточной величине нелинейности. В результате расчета по рассмотренной схеме был получен объектив с фокусным расстоянием $f' = 200$ мм, относительным отверстием $D : f' = 1 : 10$, угловым полем $2\omega = 60^\circ$, обеспечивающий разрешение 90 лин/мм вдоль строки длиной 200 мм, телецентрический ход главных лучей в пространстве изображений и отступление от линейности $(y' - k\omega)/k\omega$ не более 2,5%. Пример применения такого объектива для развертки изображения приведен на рис. 2, где 1 — 12-гранная зеркальная призма; 2 — объектив; 3 — плоскость регистрирующего материала; 4 — плоское зеркало, введенное в схему для удобства компоновки. Развертка по кадру в такой системе осуществляется перемещением регистрирующего материала.

Рассмотренный выше зеркально-линзовый объектив может использоваться в качестве базового компонента при синтезе объективов с более высокой коррекцией линейного закона построения изображения. Одна из трудностей при разработке зеркально-линзовых систем — разделение падающего на объектив и прошедшего через него пучков. Разделение пучков способом, приведенным на рис. 2, возможно лишь при большом выносе входного зрачка и большом заднем вершинном отрезке объектива. В противном случае разделение пучков может быть осуществлено путем смещения входного зрачка объектива с его оптической оси, а это требует дополнительной коррекции сферической аберрации в системе. В оптической схеме устройства, представленной на рис. 3, базовый компонент 1 исправляет кривизну изображения, астигматизм и обеспечивает линейный закон построения изображения, а для коррекции сферической аберрации и кóмы введен аберрационный компенсатор 2. С плоскостью входного зрачка объектива совмещена ось вращения зеркальной пирамиды 3, осуществляющая развертку пучка в плоскости, параллельной оптической оси объектива. Объектив является телецентрическим, имеет следующие параметры: фокусное расстояние $f' = 200$ мм, относительное отверстие $D : f' = 1 : 10$, угловое поле $2\omega = 60^\circ$ — и обеспечивает отступление от линейного закона не более 0,15%, разрешение не менее 50 лин/мм вдоль строки длиной 200 мм.

Повышение разрешающей способности объектива при малой величине нелинейности может быть достигнуто введением в схему близфокальной отрицательной линзы, что позволяет отказаться от исправления в базовом компоненте кривизны изображения. Объектив, разработанный по этой схеме, обеспечивает разрешение не менее 100 лин/мм.

Таким образом, получены оптические системы зеркально-линзовых объективов, реализующие линейный закон построения изображения, использование которых в устройствах записи информации дает возможность повысить качество записи.

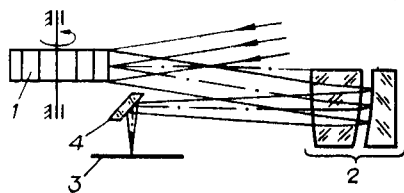


Рис. 2.

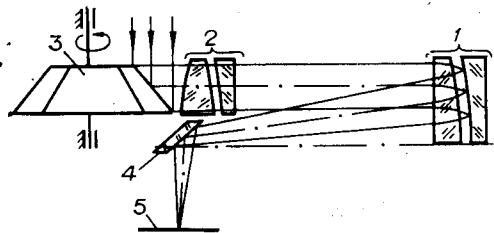


Рис. 3.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gramenopoulos N., Hartfield E. D. Advanced Laser Image Recorder.— Appl. Opt. 1972, vol. 11, N 12, p. 2778—2782.
2. Слюсарев Г. Г. Методы расчета оптических систем.— Л.: Машиностроение, 1969.

Поступила в редакцию 19 ноября 1982 г.

УДК 681.3.06

А. М. ЩЕРБАЧЕНКО, Ю. И. ЮРЛОВ

(Новосибирск)

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛАЗЕРНОГО ФОТОПОСТРОИТЕЛЯ ДИФРАКЦИОННЫХ ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Применение голограмм, синтезированных ЭВМ, для преобразования волновых фронтов открывает новые возможности при конструировании дифракционных оптических элементов, которые могут отклонять, фокусировать, модулировать, разделять и трансформировать световые пучки. Однако до последнего времени реализация этих возможностей сдерживалась отсутствием прецизионных фотопостроителей и светочувствительных материалов высокого разрешения, обеспечивающих запись синтезированных ЭВМ голограмм без последующего их уменьшения с помощью репродукционной техники.

Созданный в Институте автоматки и электрометрии прецизионный лазерный фотопостроитель [1] позволяет вести запись сфокусированным лазерным лучом осесимметричных изображений (голограмм), синтезированных ЭВМ, на стеклообразных полупроводниковых материалах, имеющих разрешение порядка 2000 лин/мм. Полученные таким образом голограммы не требуют последующего масштабирования при изготовлении дифракционных оптических элементов.

Среди дифракционных оптических элементов значительную группу составляют элементы, выполненные на базе круговых дифракционных решеток. Круговые дифракционные решетки — это осесимметричные структуры, на основе которых с помощью различных технологических способов могут быть созданы аксиконы, киноформные линзы, коррекционные пластинки, элементы лазерных сканаторов [2].

Лазерный фотопостроитель предназначен для записи таких элементов и представляет собой прецизионный токарный станок, управляемый ЭВМ, в котором в качестве исполнительного инструмента используется луч лазера. Запись изображений осуществляется сфокусированным лазерным лучом посредством механического перемещения его в радиальном направлении относительно оси вращения шпинделя, на котором закрепляется экспонируемый материал. Управление скоростью вращения шпинделя, положением записывающего луча и его интенсивностью производится с помощью специализированных электронных модулей КАМАК-аппаратуры, конструкция которых не зависит от типа ЭВМ.

Машинная независимость электронных модулей КАМАК позволила применить для их управления различные типы ЭВМ. На первом этапе исследования работы фотопостроителя управление электронными модулями КАМАК было возложено на специализированную микро-ЭВМ «Электроника ТЗ-16М». Разработанное математическое обеспечение [4] дало возможность провести запись на нем простейших дифракционных оптических элементов — аксиконов и зонных пластинок Френеля. Вместе с тем ограничения по памяти и быстродействию микро-ЭВМ не позволили в