

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ МАШИННОЙ ГРАФИКИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭЛЕМЕНТОВ КОМПЬЮТЕРНОЙ ОПТИКИ

Процесс создания элементов компьютерной оптики (ЭКО) при помощи ЭВМ включает в себя решение обратной задачи теории дифракции, расчет матрицы отсчетов функции пропускания ЭКО, формирование на ее основе управляющей информации для генераторов изображений и моделирование работы элемента в оптической системе.

Полный процесс получения элементов компьютерной оптики показан на рис. 1. Этап 1 является предметом теоретического исследования, этапы 7, 8 связаны с физической реализацией ЭКО. Этапы 2-6 выполняются на ЭВМ.

В процессе проектирования необходимо выбрать оптимальные параметры элемента, оптической схемы для его работы, а также определить границы применяемых при синтезе методов расчета. Поэтому на каждом этапе синтеза ЭКО необходимо определять или оценивать набор характеристик синтезируемого оптического элемента, а затем на их основе выбирать параметры для следующей итерации. Удобным вспомогательным средством, позволяющим существенно повысить качество и эффективность работы проектировщика на всех этапах синтеза ЭКО является машинная графика [1].

Средства машинной графики для проектирования ЭКО

При расчетах на ЭВМ как функция пропускания ЭКО, так и световое поле в области его воздействия представляются матрицами своих отсчетов. Если же, пользуясь средствами машинной графики, представить трехмерные распределения в изометрии, построить графики сечений этих функций, получить полутоновые изображения световых полей, то значительно улучшается восприятие этой информации человеком, появляется возможность включения исследователя, физика-экспериментатора, в процесс синтеза ЭКО в целях ускорения проектирования и улучшения его результатов.

Этапы 2-6 синтеза реализованы в пакете прикладных программ обработки изображений и цифровой голографии (ППП ОИ и ЦГ) [2,3] и в созданном на его основе комплексе программ анализа дифракционных характеристик ЭКО [4].

Для визуализации трехмерных распределений на языке Фортран-4 разработаны программные средства, обеспечивающие связь ППП ОИ и ЦГ с пакетом графических программ ГРАФОР [5]. Разработанный комплекс позволяет получать графические изображения (изометрию, линии уровня, графики сечений) световых полей, описанных матрицами своих отсчетов, которые записаны в архив на магнитной ленте или на диск в стандарте ППП ОИ и ЦГ. Программное обеспечение разработано в операцион-

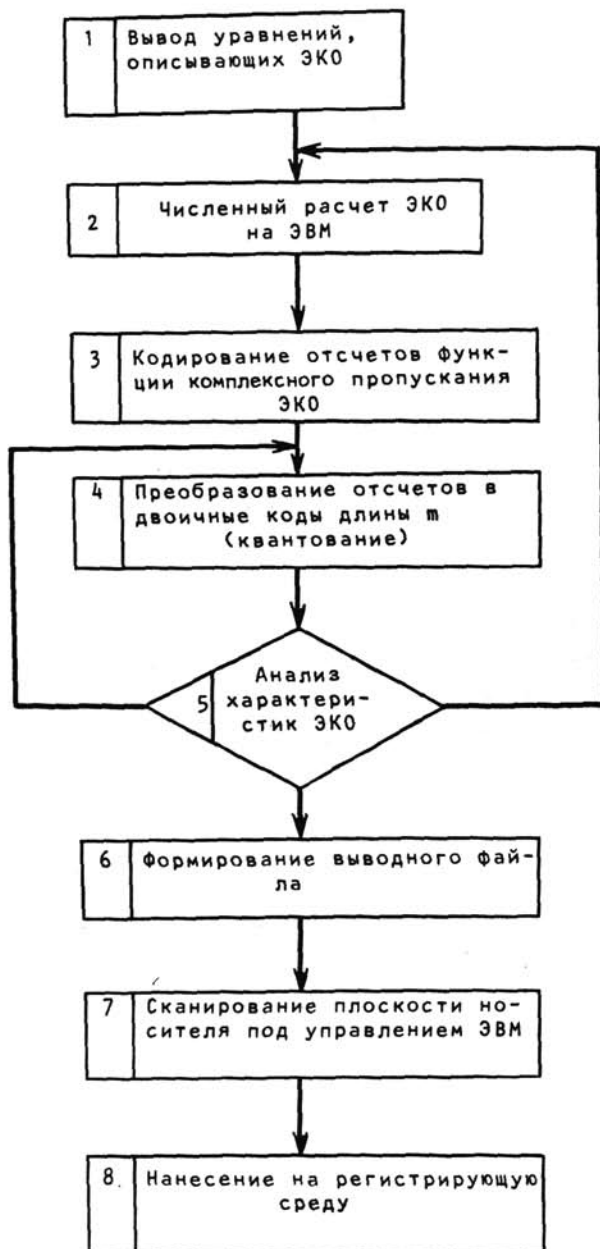


Рис. 1. Этапы синтеза ЭКО методами компьютерной оптики

ной системе СВМ (ЭВМ ЕС-1061, ЕС-1045). Для визуализации используются графический дисплей ЕС-7065 и графопостроитель ЕС-7054 для получения твердой копии. В целях сокращения времени работы графопостроителя производится предварительная обработка данных, позволяющая сократить количество холостых перемещений пера при выводе сложной графической информации [6]. Совместное использование указанных программных средств предоставляет возможность применения машинной графики при проектировании ЭКО.

Визуализация на этапе расчета функции пропускания ЭКО

На этапе решения обратной задачи при создании программ расчета матрицы отсчетов функции пропускания ЭКО ее полутонное изображение или изометрическую проекцию можно использовать как средство отладки при наличии априорной информации о виде функции или ее свойствах. На рис. 2 изображена функция пропускания модана, используемого для формирования или разделения поперечно-модового состава когерентного излучения. По проекции можно судить, что функция обладает требуемыми свойствами и эффективно используется площадь оптического элемента.

Для технологических процессов изготовления ЭКО большое значение имеет гладкость его функции пропускания, которая быстрее и проще оценивается визуально, чем с помощью численных процедур. Поэтому с помощью изометрических проекций можно выбрать решение, удовлетворяющее требованиям технологии изготовления ЭКО. При синтезе элемента следует контролировать каждый этап расчета. На рис. 3 представлено изображение фазовой функции плоской линзы после квантования.

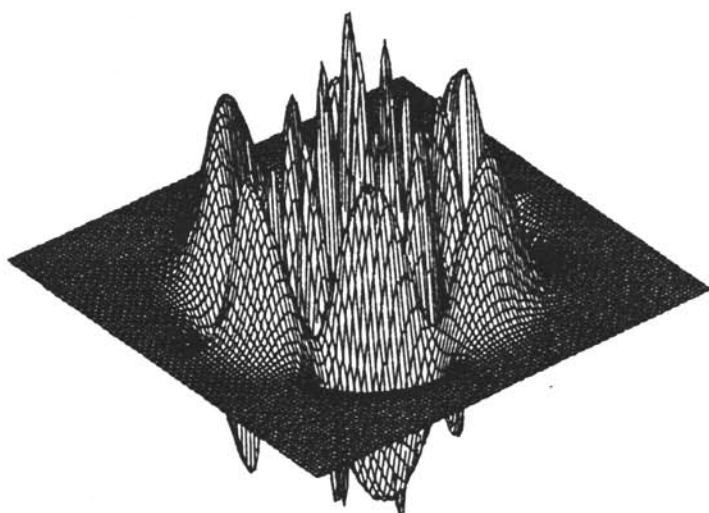


Рис. 2. Функция пропускания модана

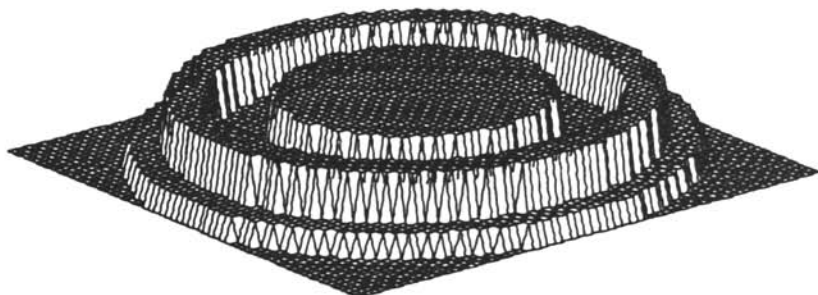


Рис. 3. Фазовая функция линзы после квантования

При формировании матрицы отсчетов функции пропускания ЭКО и управляющей информации для генераторов изображений необходимо учитывать два противоречивых требования. Следует сократить объем данных и одновременно обеспечить достаточную точность представления функции. По изометрическим проекциям трехмерных распределений, представленных матрицами с различными размерами элемента дискретизации, можно определить количество отсчетов, требуемое для представления зоны Френеля (рис. 4).

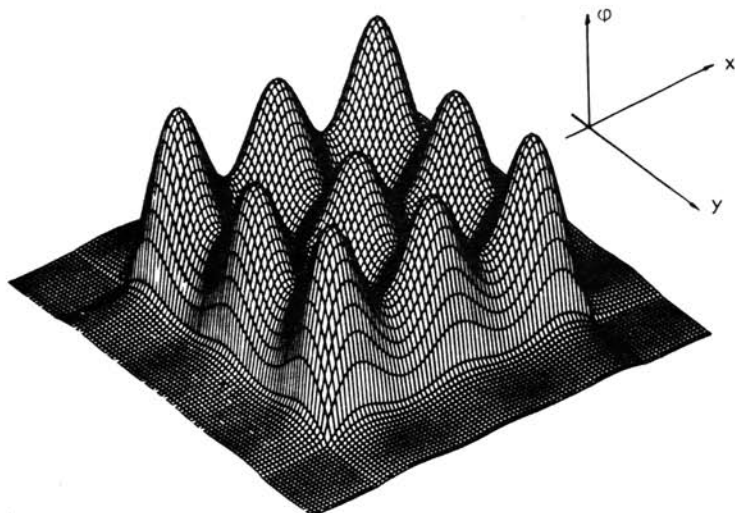


Рис. 4. Фазовая функция ЭКО

Визуализация на этапе моделирования работы ЭКО

На этапе моделирования работы ЭКО в оптической системе результаты также должны быть представлены в виде, привычном для экспериментатора.

На начальном этапе исследований целесообразно провести аналитический дифракционный расчет структуры светового поля в области воздействия оптического элемента [7]. Анализ распределения в фокальной области ЭКО позволяет проверить его принципиальную работоспособность и исследовать ограничения методов, положенных в основу расчета ЭКО. На рис. 5 приведены результаты аналитического расчета светового поля в фокальной области оптического элемента, фокусирующего излучение в набор букв, состоящих из отрезков равной длины.

Но в рамках аналитического исследования невозможно учесть влияние дискретизации и квантования фазовой функции ЭКО, возникающих в ходе изготовления оптического элемента. Поэтому необходимо показать работоспособность оптического элемента с учетом дифракционных эффектов на его элементах разрешения. Такое исследование целесообразно проводить для реальных физических параметров и при максимально возможном числе уровней квантования функции пропускания. Например, на рис. 6а, б приведены изометрии распределения, создаваемого фокусатором в полукольцо. С помощью средств машинной графики получены изображения в различных ракурсах для более полного представления светового поля в фокальной области ЭКО. При выборе различных параметров для построения изометрических проекций можно наблюдать либо центральный всплеск, либо закрытый в предыдущем случае участок фокальной области.

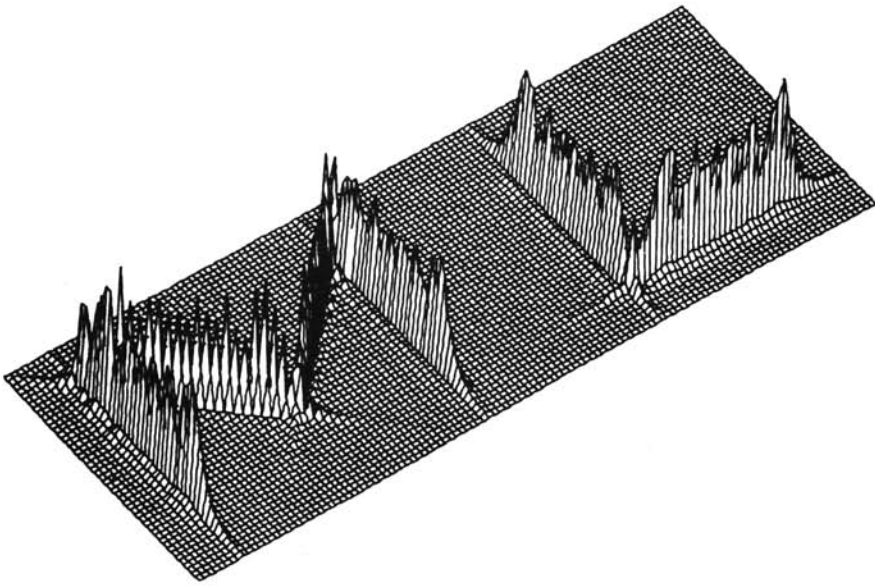
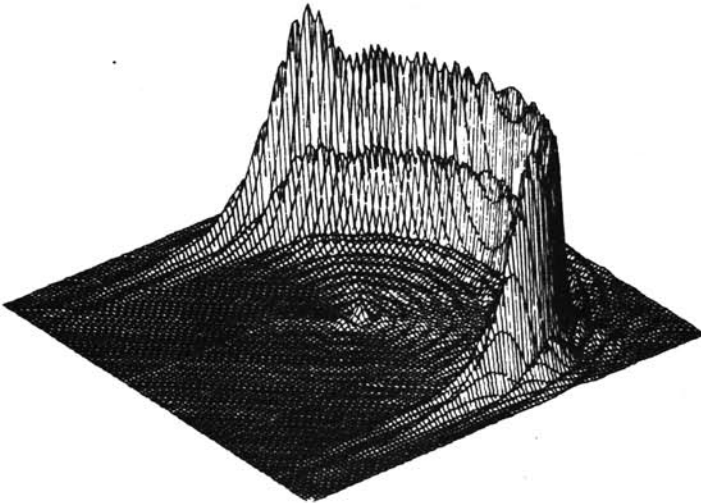
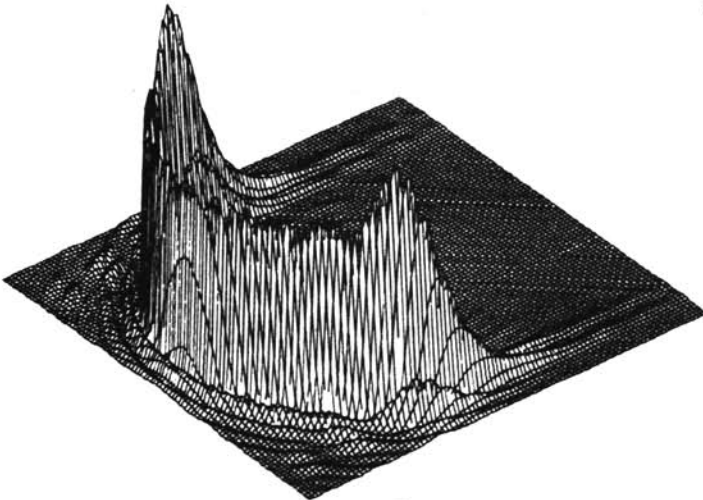


Рис. 5. Поле от фокусатора в набор букв



а



б

Рис. 6. Результаты моделирования работы фокусатора в полукольцо

Наиболее качественный фазовый рельеф получается с помощью фотолитографических методов травления. Однако при использовании этой технологии затруднительно получение большого числа градаций функции пропускания ЭКО. Поэтому следующий важный этап вычислительного эксперимента - это исследование структуры поля в фокальной области для малого числа M уровней квантования функции пропускания ЭКО. На рис. 7а, б приведены результаты вычислительного эксперимента с фокусатором в отрезок, интенсивность вдоль которого изменяется линейно. Ось абсцисс направлена вдоль отрезка, по оси ординат отложены значения интенсивности. Очевидно, что для бинарного элемента (количество уровней квантования $M=2$) происходит разрушение требуемой формы фокальной линии.

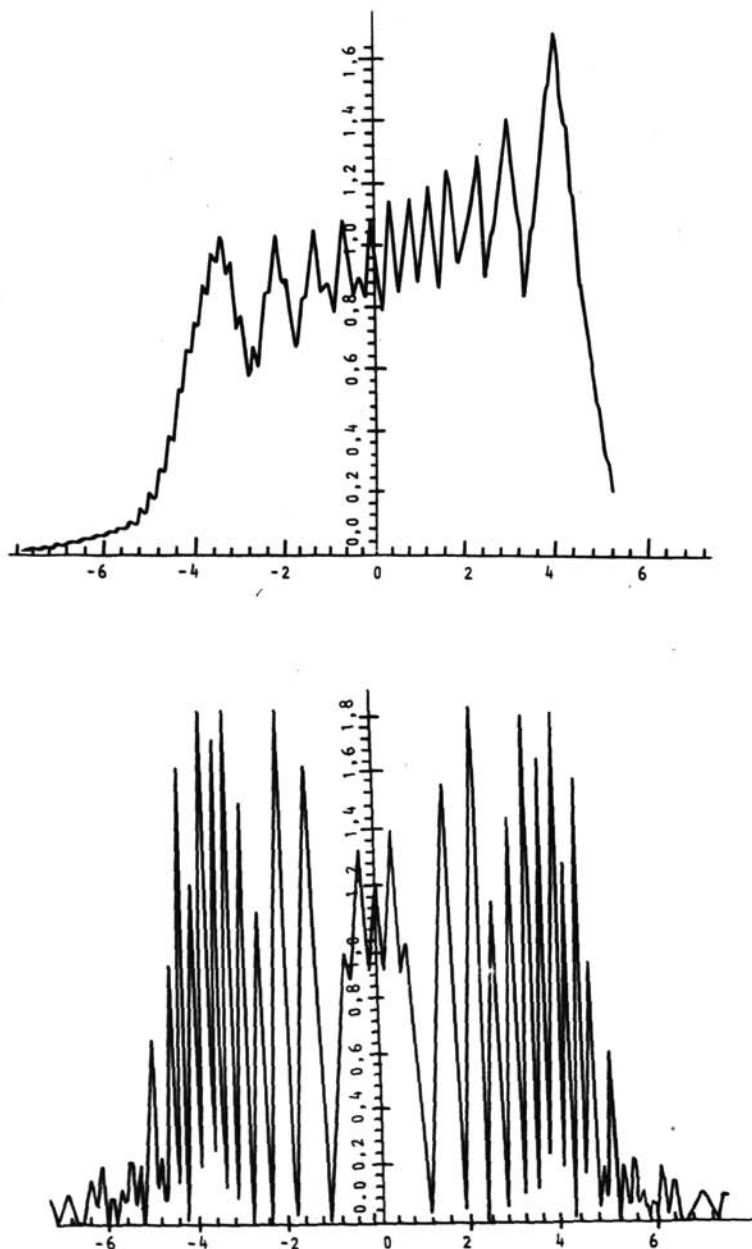


Рис. 7. Распределение интенсивности, создаваемое фокусатором в отрезок: а - $M=16$; б - $M=2$

Средствами машинной графики можно не только оценить вид или сравнить формы распределений, но и получить некоторые его дифракционные характеристики. Например, задавая различные уровни интенсивности при построении изофот, можно определить ширину интересующей нас области, а также получить более тонкую картину распределений интенсивности, чем при использовании изометрических проекций. На рис. 8 приведены изофоты светового поля, полученного при моделировании работы фокусатора в крест.

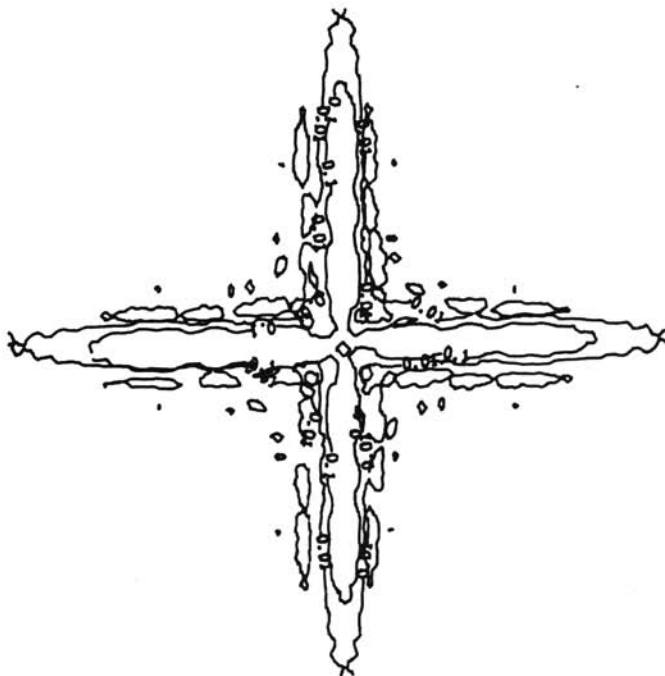


Рис. 8. Изофоты светового поля при фокусировке в крест

Таким образом, проведенные исследования и представленный иллюстративный материал позволяют сделать вывод о необходимости включения средств машинной графики в состав программного и технического обеспечения САПР ЭКО.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. С и с а к я н И.Н., С о й ф е р В.А. Компьютерная оптика. Достижения и проблемы // Компьютерная оптика: Сборник / МЦНТИ. М., 1987, Вып. 1, С. 5-19.
2. Г о л у б М.А., К а з а н с к и й Н.Л., Ш и н к а р е в М.В. Структура комплекса программ синтеза элементов компьютерной оптики // Компьютерная оптика: Сборник / МЦНТИ, М., 1989, Вып. 5.
3. Пакет прикладных программ обработки изображений и цифровой голографии: Государственный фонд алгоритмов и программ. - Рег. N П004582 от 01.09.1980.
4. К а з а н с к и й Н.Л., С а м о л и н о в а Е.Б. Комплекс программ анализа дифракционных характеристик фокусаторов // Компьютерная оптика: Сборник / МЦНТИ, М., 1989, Вып. 5.

5. Б а я к о в с к и й Ю.М., Г а л а к т и о н о в В.А., М и -
х а й л о в а Т.Н. ГРАФОР. Графическое расширение Фортрана. М.:
Наука, 1985.

6. К р а в ч у к В.В. О построении эффективных алгоритмов решения
задачи о графопостроителе // Тезисы докладов Всесоюзной конференции
"Методы и средства обработки сложной графической информации". Ч. 2. -
Горький, 1988, С. 113.

7. Г о л у б М.А., Х а р и т о н о в С.И. Дифракционный анализ
поля от фокусаторов вблизи фокальной линии // Оптическая запись и обра-
ботка информации: Сб. науч. тр. - Куйбышев: КуАИ, 1988, С. 19-20.