

ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ ИЗУЧЕНИЯ ШУМА ДИФФУЗНОСТИ
В ГОЛОГРАФИИ

(М о с к в а)

Свойство тел диффузно рассеивать падающее на них излучение используется для их наблюдения путем регистрации этого рассеянного излучения и является важным фактором в физической голографии и при синтезе голограмм. Благодаря диффузности объектов их голограммы оказываются устойчивыми к искажениям, восстанавливают изображение объекта с любой своей части, способны передавать большие перепады яркости объекта при ограниченном динамическом диапазоне материала, с помощью которого зарегистрирована голограмма.

Однако наличие диффузности приводит к возникновению шума диффузности на восстановленном изображении. Искажение поля при его регистрации в виде голограммы при восстановлении голограммы приводит к увеличению шума диффузности.

Можно указать несколько основных факторов, определяющих искажения голограммы при ее регистрации:

- 1) ограничение размеров голограммы, т.е. регистрация не всего поля, рассеиваемого объектом, а только части волнового фронта;
- 2) нелинейные искажения при записи интерференции регистрируемого волнового фронта и опорного пучка, в том числе: ограничение динамического диапазона записываемого сигнала; нелинейность при записи; квантование (например, при синтезе голограмм);
- 3) дискретизация голограмм (при цифровом синтезе);
- 4) фазовые искажения волнового фронта при восстановлении голограмм.

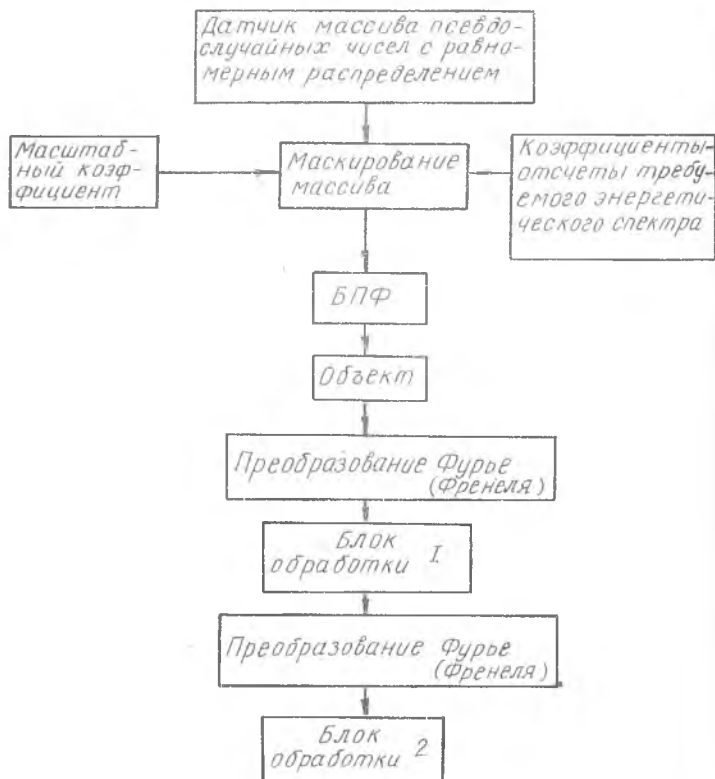
Другие факторы описывают процесс наблюдения, восстанавливаемого с голограмм изображения. Это, прежде всего, конечная разрешающая способность наблюдателя и способ накопления сигнала в пределах элемента разрешения (интегрирование интенсивности или комплексной амплитуды поля).

Аналитическое описание действия этих факторов и, в особенности, их совместного действия является очень трудной и громоздкой задачей. По сути лишь влияние ограничения апертуры голограммы на форму корреляционной функции шума диффузности и отношение сигнал

шум на восстановленном изображении в настоящее время поддается расчету I.

Использование цифрового моделирования позволяет получить как качественную информацию, необходимую для разработки приближенных аналитических методов расчета, так и конкретную количественную информацию об искажениях и шумах на восстановленном изображении.

Блок-схема цифровой модели процесса регистрации и восстановления голограмм Фурье и Френеля показана на рис. I.



Р и с. I.

В этой модели объект задается двумя последовательностями чисел, описывающих значения амплитуды и фазы поля, соответственно. Эти последовательности генерируются в виде либо детерминированной

функции, либо в виде последовательности псевдослучайных чисел с гауссовским распределением и заданным энергетическим спектром 2. Далее по этим последовательностям в блоке "Объект" (рис. 1) вычисляются последовательности отсчетов действительной и мнимой части комплексной амплитуды поля на объекте, а также последовательность отсчетов интенсивности поля, необходимая в дальнейшем для сравнения с результатом восстановления. Эти последовательности могут дополняться нулями для того, чтобы получить на голограмме дополнительные отсчеты, необходимые для исследования влияния конечной разрешающей способности при регистрации голограмм.

Сформированный массив подвергается преобразованию Фурье или Френеля (вид преобразования выбирается в зависимости от поставленной задачи), в результате чего образуется массив математической голограммы. Он поступает на блок обработки 1, в котором может быть подвергнут преобразованиям, моделирующим процессы регистрации голограмм. Этот блок состоит из следующих подблоков:

- подблок ограничения сигнала, в котором все значения отсчетов поступающего сигнала, превышающие по модулю задаваемый порог, заменяются значением порога (с сохранением знака);
- подблок квантования, осуществляющий равномерное квантование отсчетов на задаваемое число уровней в пределах требуемого динамического диапазона;
- подблок амплитудного маскирования голограммы, в котором исходная последовательность умножается на последовательность поочередных чисел, определяющих форму маскирующей функции; этот подблок позволяет моделировать аподизацию и ограничение размеров голограммы.

Эти подблоки могут быть включены в произвольной последовательности, задаваемой в виде директив с пульта ЦВМ.

Далее следует обратное преобразование Фурье или, соответственно, Френеля, восстанавливающее голограмму. Результат восстановления может быть подвергнут в "блоке обработки 2" преобразованиям, моделирующим конечную разрешающую способность устройства наблюдения голограмм путем скользящего суммирования получающейся последовательности отсчетов комплексной амплитуды или интенсивности.

Результат восстановления сравнивается с исходным объектом в "блоке сравнения и анализа ошибок". Здесь определяются дисперсия

и корреляционная функция отсчетов действительной и мнимой части, а также квадрата модуля полученных отсчетов, дисперсия и корреляционная функция разностей действительных, мнимых частей и квадрата модуля исходной и восстановленной последовательности, и также спекл-контраста интенсивности восстановленной последовательности. Результаты сравнения выдаются в виде таблиц чисел и графиков.

Для ограничения размеров голограммы спекл-контраст, рассчитанный на модели хорошо согласуется с теоретическими расчетами, полученными для диффузора с органичным спектром I .

Л и т е р а т у р а

1. П о п о в а Н.Р. Шум пятнистости избыточных Фурье-голограмм для одного класса диффузоров. "Оптика и спектроскопия", 1977, № 1.
2. М и р к и н Л.И., Р а б и н о в и ч Л.А., Я р о с л а в с к и й Л.П. Метод генерирования коррелированных гауссовских псевдослучайных чисел на ЭВМ. Журнал вычислительной математики и математической физики. Т.12, 1972, № 5.

Л.П. Я р о с л а в с к и й

СИНТЕЗ МАКРО- И ЦВЕТНЫХ ГОЛОГРАММ

(М о с к в а)

Для того, чтобы синтезированные голограммы можно было использовать для достижения изобразительного эффекта, они должны иметь макроскопические размеры, т.е. размеры, по крайней мере, в несколько раз превышающие межцентровое расстояние глаз. В то же время для того, чтобы наблюдаемое восстанавливаемое изображение имело макроскопические размеры, максимальная пространственная частота голограммы должны быть не ниже 50-100 линий на мм. Это значит, что количество отсчетов на голограмме должно достигать величины порядка $N = 25 \cdot 10^8$. Принимая в качестве грубой оценки количества операций на синтез голограммы величину $N \log_2 N$, мож-