

5. Вовк Ю. В., Гибин И. С., Пен Е. Ф., Щепеткин Ю. А. Об одном способе записи голограмм с помощью акустооптического модулятора света.— «Автометрия», 1976, № 6, с. 95—97.
6. Eshler H. Multifrequency acoustooptic wave composers for holographic data storage.
10. Вовк Ю. В., Щепеткин Ю. А. Формирование маски случайной фазы в устройстве голографической записи информации с помощью многоканального акустооптического модулятора света.— «Автометрия», 1979, № 1, с. 60—65.
11. Бухарин Н. А., Григорьев В. А., Кузнецов Н. В., Прусс-Жуковский С. В., Саенко И. И. Частотные характеристики акустооптических модуляторов.— В кн.: IV Всесоюзная конференция по физическим основам передачи информации лазерным излучением. (Тезисы докладов). Киев, 1976, с. 218.
12. Залесский В. В. Анализ и синтез пьезоэлектрических преобразователей. Ростов-на-Дону, изд. ун-та, 1971.

*Поступила в редакцию 30 января 1978 г.;
окончательный вариант — 11 апреля 1978 г.*

УДК 621.376.52 : 535.8 : 535.241.13

Ю. В. ВОВК, Ю. А. ЩЕПЕТКИН

(Новосибирск)

ФОРМИРОВАНИЕ МАСКИ СЛУЧАЙНОЙ ФАЗЫ В УСТРОЙСТВЕ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ЗАПИСИ ИНФОРМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ МНОГОКАНАЛЬНОГО АКУСТООПТИЧЕСКОГО МОДУЛЯТОРА СВЕТА

Известно, что при голографической записи двоичной информации вследствие регулярной структуры изображения его фурье-образ имеет вид резких пиков интенсивности. Это приводит к нелинейной регистрации и, как следствие, к сильным искажениям восстановленного изображения, а также к низкой дифракционной эффективности голограммы. Обычно для получения более равномерного распределения интенсивности применяют маску случайной фазы [1, 2].

Одним из существенных достоинств транспарантов, построенных на основе акустооптических модуляторов света (АОМ), является то, что для управления ими необходим сигнал в виде амплитудно-модулированного высокочастотного напряжения. Благодаря этому появляются еще два управляемых параметра — частота и начальная фаза этого сигнала. Эффект, аналогичный действию фазовой маски, достигается, если частоту или фазу изменять так, чтобы модуль спектра в плоскости голограммы имел наиболее равномерный вид. В принципе в устройствах с АОМ может быть решена задача создания адаптивной фазовой маски, т. е. такой маски, которая генерируется в зависимости от массива исходных данных и обеспечивает запись голограмм с максимальной дифракционной эффективностью.

Цель настоящей работы — экспериментальное исследование наиболее простого метода генерирования фазовой маски, когда фаза высокочастотного напряжения принимает два значения: 0 или π .

Электрический сигнал $S(t)$ на входе акустооптического модулятора света представлен в виде последовательности не перекрывающихся во

манипуляции фазы $\varphi(t)$ достигается эффект, аналогичный действию маски случайной фазы. На рис. 1, а в качестве примера показана записываемая двоичная информация $A(t)$ и закон изменения фазы $\varphi(t)$ в соответствии с 13-разрядным кодом Баркера (рис. 1, б).

Из выражения (1) следует, что если фаза $\varphi(t)$ принимает два значения: 0 или π , то это эквивалентно умножению записываемой информации $A(t)$ на двоичную функцию $\psi(t) = \cos \varphi(t)$, которая принимает два значения: +1 или -1 (рис. 1, в).

Для получения однородного распределения энергии в плоскости регистрации необходимо, чтобы спектр функции $\psi(t)$ был широкополосным и достаточно равномерным в полосе пропускания АОМ. Закон изменения фазы $\varphi(t)$ задается двоичной псевдослучайной последовательностью Хаффмена (M -последовательность).

Сопоставление M -последовательности со случайными последовательностями, полученными либо из таблиц случайных чисел, либо из реализации шума, показывает [3], что M -последовательности обладают существенно лучшими автокорреляционными свойствами, т. е. их энергетический спектр более равномерен. Кроме того, технические средства, необходимые для генерации этой псевдослучайной функции, получаются наиболее простыми.

Генератор M -последовательности выполнен по классической схеме сдвигового регистра с обратной связью [3]. Количество элементов последовательности выбрано равным количеству регистрируемых в одной голограмме двоичных слов ($N=32$). Последний, 32-й элемент последовательности получается путем ее периодического продолжения.

Известно, что аperiodическая автокорреляционная функция последовательности Хаффмена зависит от вида обратной связи и исходного состояния триггеров сдвигового регистра [3]. Путем перебора на ЭВМ всех возможных вариантов была найдена схема генератора M -последовательности с минимальным уровнем боковых выбросов автокорреляционной функции. Блок-схема генератора приведена на рис. 2. Здесь 1—5 — триггеры сдвигового регистра, 6 — сумматор по модулю 2, 7 — генератор импульсов продвижения. Схема генерирует последовательность 11001111100011011101010000100101.

Напряжение с выхода генератора M -последовательности (см. рис. 2) с помощью фазового модулятора управляет фазой высокочастотного напряжения так, что состоянию 1 соответствует фаза 0, состоянию 0 — фаза π .

Автокорреляционная функция $\rho(\tau)$ последовательности $\psi(t) = \cos \varphi(t)$ приведена на рис. 3. Амплитуда максимального бокового выброса составляет $0,706\sqrt{N}$, где $N=32$. Полученная последовательность относится, следовательно, к одной из наилучших, поскольку, как указывается в работе [4], величина наибольших боковых выбросов при различных длительностях может принимать значение в пределах $(0,7 \div 1,25)\sqrt{N}$.

Спектр фазоманипулированного напряжения имеет бесконечную протяженность, поэтому в акустооптическом модуляторе с ограниченной полосой пропускания происходит преобразование фазовой модуляции в амплитудную и изображение приобретает пятнистую структуру. В местах, где происходит изменение фазы высокочастотного напряжения, интенсивность дифрагированного света уменьшается до нулевого уровня. Длительность переходного процесса имеет величину того же порядка,

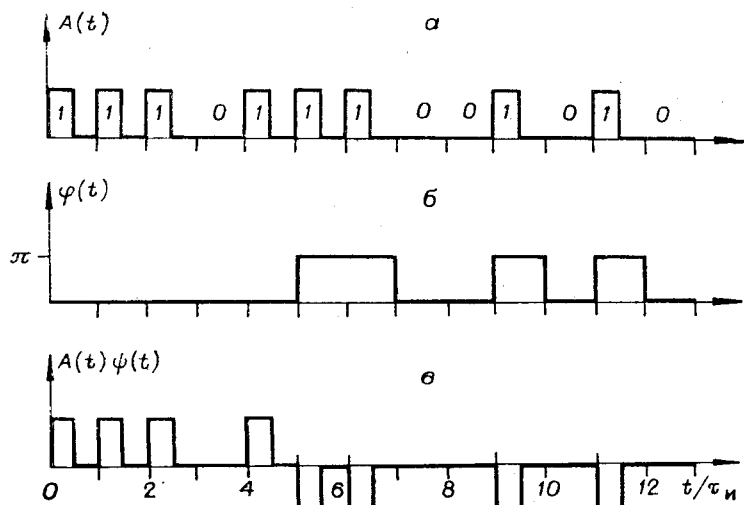


Рис. 1.

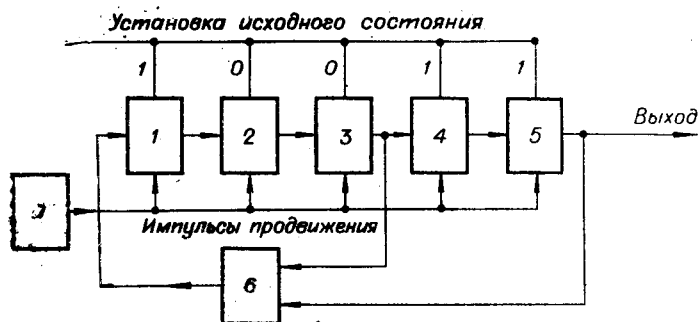


Рис. 2.

что и длительность фронтов $A(t)$. Для того чтобы пятнистая структура не влияла на информационную составляющую огибающей $S(t)$, необходима жесткая синхронизация генератора фазоманипулированного напряжения: моменты коммутации фазы $\varphi(t)$ должны происходить тогда, когда $A(t) = 0$. По этой же причине число элементов M -последовательности нельзя выбирать больше количества слов N в записываемом массиве.

На рис. 4 представлены вычисленные на ЭВМ распределения модуля амплитуды фурье-образа 32 импульсов без модуляции фазы (а) и с модуляцией (б) по методу, описанному выше.

Формирование двумерной фазовой маски для многоканального АОМ производится в соответствии с равенством $\varphi(t, n) = \varphi_1(t)\varphi_2(n)$, где функция $\varphi_1(t)$ описывает изменение фазы в одном канале модулятора по закону M -последовательности, а $\varphi_2(n)$ — псевдослучайное изменение знака M -последовательности в зависимости от номера канала n .

Действие двумерной фазовой маски показано на рис. 5. Здесь приведены спектры дифрагированного света для 13-канального акустооптического модулятора. В каждом канале сформирована последовательность из 32 импульсов. Размер изображения в плоскости АОМ составляет 20 мм по направлению распространения звука (ось X) и 37 мм в перпендикулярном направлении (ось Y). Соответствующие размеры

одного информационного бита $0,3 \times 1,0 \text{ мм}^2$. Сквасженность импульсов в направлении $X Q_x=2$, в направлении $Y Q_y=3$. Скорость ввода информации в каждом из каналов $(\tau_n)^{-1} = 6 \cdot 10^6 \text{ Гц}$. Оптико-электронная полоса пропускания каналов по уровню 0,5 максимальной интенсивности дифрагированного света составляет $20 \times 10^6 \text{ Гц}$. Изменение фазы $\varphi_1(t)$ в направлении движения упругой волны производится в соответствии с кодом Хаффмена, манипуляция фазы $\varphi_2(n)$ в зависимости от номера канала описывается 13-разрядным кодом Баркера (см. рис. 1, б).

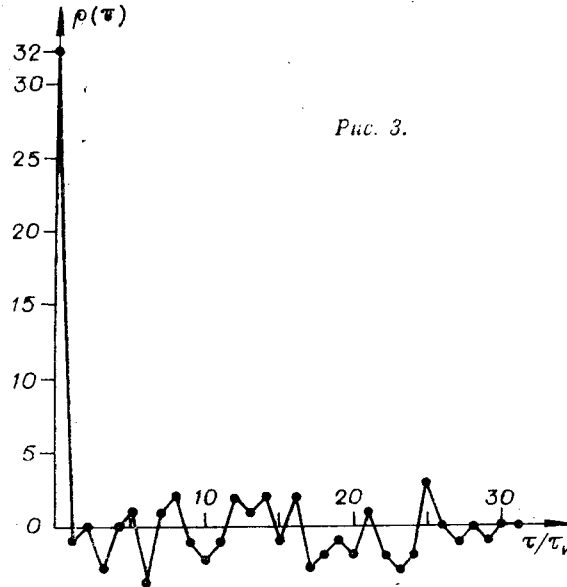


Рис. 3.

На рис. 5, а показан модуль спектра без фазовой маски. Рис. 5, б, в соответствуют действию одномерной фазовой маски в направлении X и Y соответственно. На рис. 5, г приведен спектр того же изображения при действии двумерной фазовой маски, которая формируется в соответствии с равенством $\varphi(t, n) = \varphi_1(t)\varphi_2(n) \sim \varphi_1(x)\varphi_2(y)$.

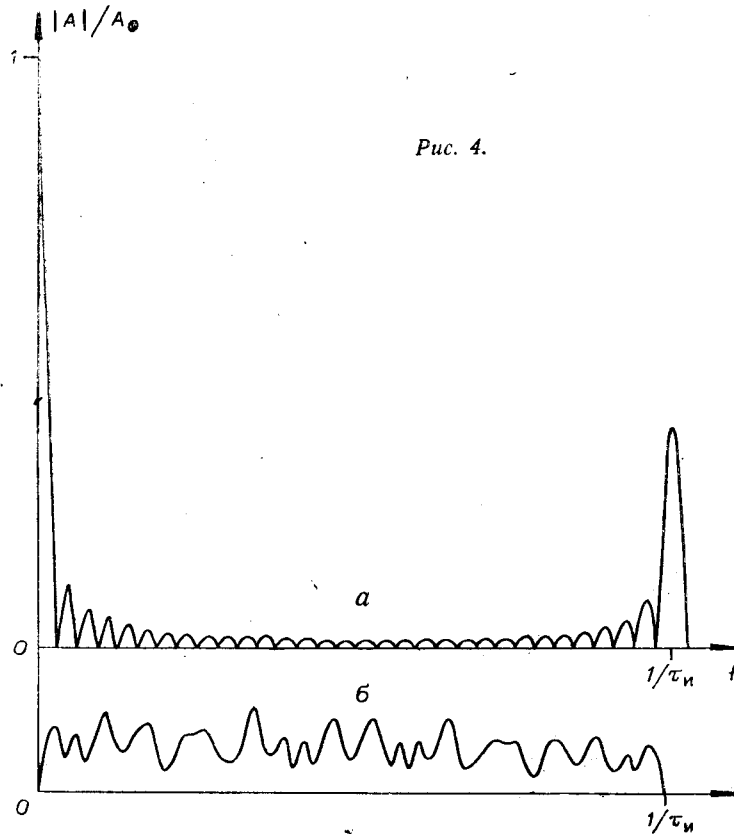


Рис. 4.

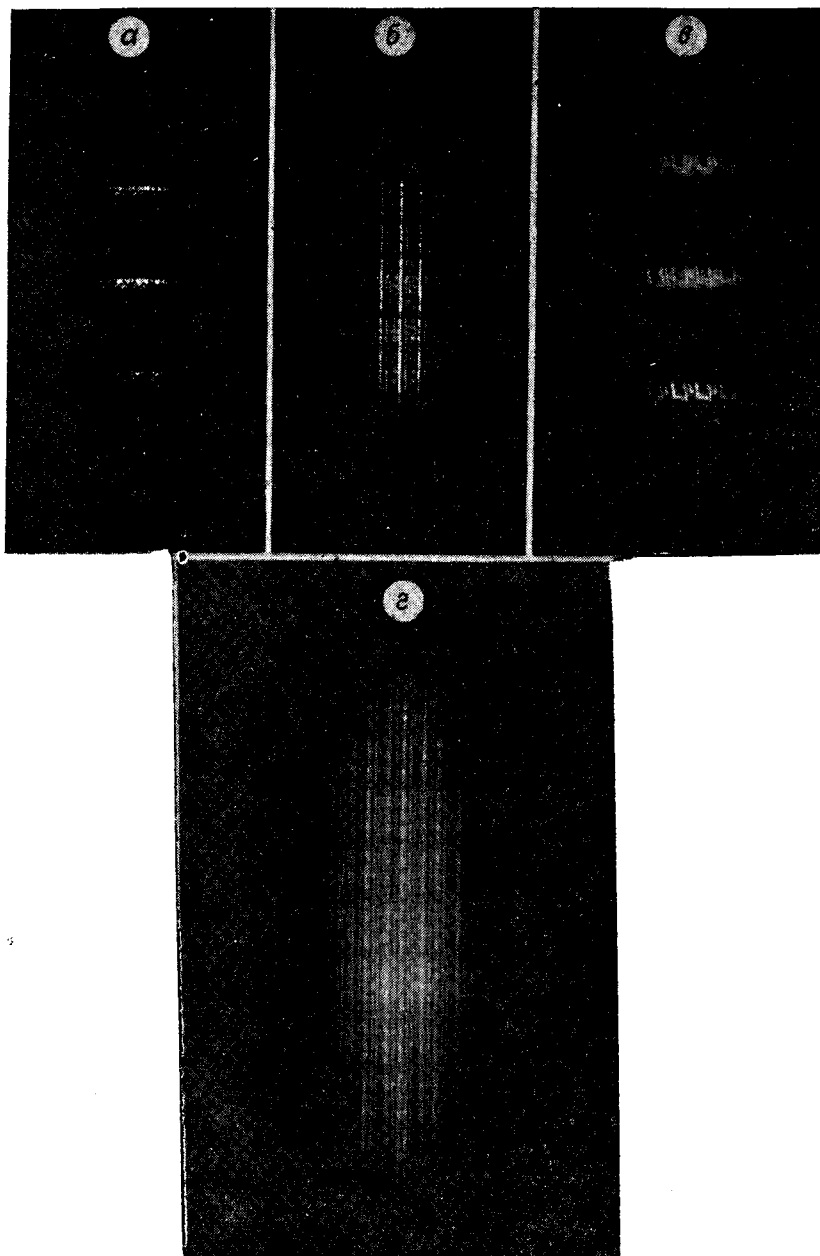


Рис. 5.

Следует отметить, что приведенные на рис. 5 спектры получены для системы, у которой не проводилось выравнивание фазовых сдвигов в отдельных каналах, поэтому наряду с заданным законом распределения фазы (код Баркера) функция $\varphi_2(n)$ содержит также случайные фазовые сдвиги, обусловленные разбросом фазочастотных характеристик отдельных каналов всего оптико-электронного тракта.

Эксперименты по записи и восстановлению страницы, содержащей 12×32 бит информации, показали, что дифракционная эффективность голограмм, записанных на фотопластинках ЛОИ-2 с применением фазовой маски, достигает 4—5% [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Кольер Р., Беркхард К., Лин Л. Оптическая голография. М., «Мир», 1973.
2. Takeda Y., Oshida Y., Miyamura. Random phase shifters for Fourier transformed holograms.— "Appl. Opt.", 1972, vol. 11, N 4, p. 818.
3. Шумоподобные сигналы в системах передачи информации. Под ред. Пестрякова В. Б. М., «Сов. радио», 1973.
4. Смирнов Н. И. Применение M-последовательностей в асинхронных радиотехнических системах.— «Электросвязь», 1970, № 10, с. 33—42.
5. Вовк Ю. В., Сапожников В. К., Шелопут Д. В., Щепеткин Ю. А. Голографическая запись двойной информации с помощью многоканальных акустооптических модуляторов света.— «Автометрия», 1979, № 1, с. 53—60.

Поступила в редакцию 16 января 1978 г.

УДК 681.142

Т. Н. МАНТУШ

(Новосибирск)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРПРЕТАТОРА BASIC M-400 В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАНИЙ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ

BASIC является весьма распространенным языком программирования высокого уровня. Большая популярность и широкое использование этого языка в вычислительных системах обусловлены его относительной простотой и удобством программирования. Интерпретаторы BASIC требуют сравнительно небольшого объема памяти; BASIC для ЭВМ M-400 (класс PDP-11) работает при емкости памяти, начиная с 4 К слов.

Во многих случаях BASIC может быть использован в составе программного обеспечения систем автоматизации экспериментов. Предварительная обработка некоторых данных, формирование и преобразование массивов переменных для программ управления в реальном времени, ведение диалога и другие, некритичные ко времени функции могут выполняться интерпретатором. При этом затраты времени и средств на создание программного обеспечения значительно сокращаются.

В работе [1] рассмотрены некоторые вопросы использования интерпретатора BASIC в модульных системах автоматизации для выдачи параметров команд САМАС. Ниже будет рассмотрено использование интерпретатора BASIC в экспериментальных исследованиях голографической памяти с помощью ЭВМ M-400.

BASIC и внешняя программа. BASIC M-400 (версия 007A) непосредственно не может производить работу в реальном времени с внешними устройствами системы автоматизации. Однако для связи программы на языке BASIC с внешними (относительно интерпретатора) программами пользователя на языке ассемблера имеется функция EXF. Для вызова этой функции указывается ее мнемокод и список параметров (аргументов), например:

$$\begin{array}{l} \text{EXF} \quad (5) \\ \text{EXF} \quad (A, B, C_1, C_2, \dots, C_7) \\ \text{EXF} \quad (X*Y) \text{ и др.} \end{array}$$

Конструкция, с помощью которой вызывается EXF, должна соответствовать правилам синтаксиса языка BASIC и наиболее часто явля-