

низкочастотных составляющих видеосигнала. На рис. 4 приведены полученные с экрана осциллографа огибающие распределений светового поля вдоль угловой и частотной координат. Вид распределения на рис. 4, *a* соответствует диаграмме направленности 5-элементной АР. По положению главного лепестка распределения в зоне обзора  $Z$  может быть определена угловая координата источника излучения. Положение максимума распределения по частотной оси (рис. 4, *b*) однозначно связано с частотой сигнала. В описанном эксперименте центральная частота ЛЧМ-сигнала равнялась 130 МГц, девиация — 20 МГц, частота звукового генератора — 250 Гц, частотное разрешение — 50 Гц.

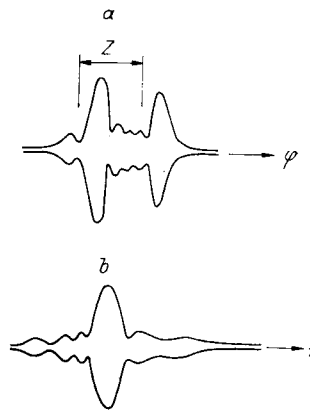


Рис. 4

Проведенное рассмотрение показывает перспективность применения многоканальных АО-схем с временным интегрированием для обработки сигналов АР. Особый интерес представляет использование таких схем в случаях, когда при анализе сигналов требуется высокое частотное разрешение, а также при работе с радиосигналами большой длительности.

В заключение авторы хотели бы отметить, что идея выполнения настоящего исследования возникла в ходе обсуждения совместных работ с Г. Е. Паппе, которой авторы выражают благодарность.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Родес У. Т. Акустооптическая обработка сигналов. Свертка и корреляция // ТИИЭР.— 1981.— 89, № 1.
2. Тернин Т. М. Спектральный анализ сигналов оптическими методами // Там же.
3. Ламберт, Арм, Аймет. Электронно-оптическая обработка сигналов в фазированных антенных решетках // Зарубеж. радиоэлектрон.— 1968.— № 8.
4. Левис. Оптический метод обработки сигналов для направленных антенн с круговыми решетками // Зарубеж. радиоэлектрон.— 1970.— № 11.
5. Бондарцев С. Ю., Водоватов И. А., Высоцкий М. Г., Рогов С. А. Исследование схемы оптической обработки сигналов кольцевой антенной решетки со спектральным анализом // Труды ЛПИ.— 1982.— № 387.

Поступила в редакцию 17 апреля 1990 г.

УДК 681.327.68

Б. Д. АБДРИСАЕВ, А. А. КУТАНОВ, И. А. СНИМЩИКОВ  
(Фрунзе)

#### ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА И СТАБИЛИЗАЦИЯ ЛИНЕЙНОЙ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ ФОТОТЕРМОПЛАСТИЧЕСКОГО ДИСКОВОГО НОСИТЕЛЯ ПРИ ЛОКАЛЬНОЙ ЗАПИСИ МИКРОГОЛОГРАММ

В дисковых голографических запоминающих устройствах (ГЗУ) регистрация голограмм проводится при вращении носителя с постоянной угловой скоростью [1—3]. Такие системы наиболее просто реализуемы и отработаны в конструкциях магнитных ЗУ и звукозаписывающей аппаратуры. Однако при реализации дискового ГЗУ на фототермопластических носителях (ФТПН) данный принцип неприемлем. Это связано с многоэтапностью ФТП-процесса записи, включающего зарядку, экспонирование и нагрев носителя, а также изменением параметров регистрации микроголограмм в значительных пределах при изменении линейной скорости вращения.

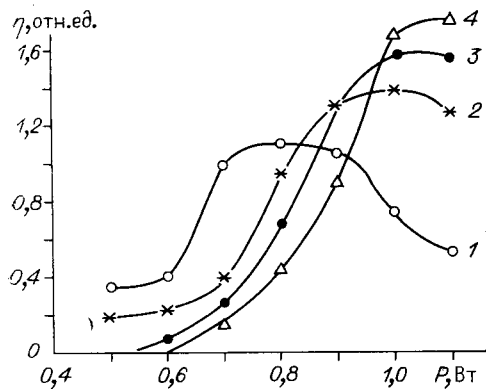


Рис. 1. Зависимость дифракционной эффективности от мощности проявляющего ИК-пучка при различных длительностях импульса нагрева (мс):

1 — при  $\tau_{и} = 2$ ; 2 — 1,88; 3 — 1,72; 4 — 1,6

На рис. 1 приведен график зависимости дифракционной эффективности голограмм от мощности падающего на носитель ИК-излучения для различных длительностей импульса нагрева. Полученные зависимости показывают, что для оперативного проявления ФТП-записи требуется нагрев импульсом ИК-излучения со стороны регистрирующего слоя длительностью  $t < 10$  мс, обеспечивающим энергию проявления ФТП-записи  $\sim 3,7\text{--}4,0$  Дж/см<sup>2</sup>. Это объясняется отсутствием спада электростатического потенциала на поверхности термопластического слоя в процессе нагрева при коротких временах и эффективным использованием электростатических деформирующих сил. Нагрев ФТП-носителя импульсом ИК-излучения длительностью  $t > 10$  мс дает худшие результаты в связи с отводом тепла в глубь стеклянной подложки и, следовательно, неэффективным использованием энергии ИК-излучения для проявления ФТП-записи. Данные зависимости показывают, что наиболее качественная запись микроголограмм при минимальных затратах энергии ИК-излучения для проявления ФТП-записи обеспечивается для длительностей нагрева, не превышающих время распространения тепла за счет теплопроводности на глубину проникновения ИК-излучения в подложку  $h$ :  $\tau \sim h^2/a$ , где  $a$  — коэффициент температуропроводности стеклянной подложки;  $h \sim 20\text{--}40$  мкм для  $\lambda = 10,6$  мкм.

На основании полученного результата можно сформулировать требование к выбору линейной скорости вращения дискового ФТП-носителя следующим образом:

$$V \sim ad/h^2,$$

где  $d$  — диаметр записываемых микроголограмм.

Далее оценим влияние изменения линейной скорости вращения на основные характеристики записи в дисковых ГЗУ на ФТПН.

Для канала экспонирования, например, изменение линейной скорости вращения влияет на глубину модуляции записи [3]. Коэффициент модуляции определяется соотношением  $g = \text{sinc}^2(\Omega l/2V)$ , где  $\Omega = 2\pi f$  — круговая частота работы модулятора сигналов;  $V$  — линейная скорость вращения;  $l$  — размер голограммы по направлению движения. Например, для случая записи сигнала с частотой 20 кГц при скорости движения носителя на ближней дорожке носителя  $V = 10$  см/с и  $l = 2,5$  мкм получим глубину модуляции  $g = 0,4$ . В то же время увеличение скорости в 3 раза, т. е. до значения  $V = 30$  см/с, соответствует  $g = 0,9$ . Уменьшение глубины модуляции ухудшает отношение сигнал/шум, поэтому качество регистрации информации будет снижаться от дальней информационной дорожки к ближней.

При вращении диска с постоянной угловой скоростью значительно

В данной работе рассмотрены вопросы выбора и стабилизации линейной скорости вращения ФТП-диска при локальной записи одномерных микроголограмм с целью обеспечения стабильности характеристик записи информации по всей поверхности носителя.

На основе экспериментальных исследований был определен критерий выбора линейной скорости вращения ФТП-диска. Использовались ФТП-материалы типа ПЭПК + 3 % ТНФ толщиной 1,1–1,3 мкм, нанесенные на стеклянную подложку с проводящим слоем SnO<sub>2</sub>. Проявление фазового рельефа записи осуществлялось излучением СО<sub>2</sub>-лазера (ЛГ-74).

снижается плотность записи голограмм, а соответственно и емкость памяти, которая определяется соотношением

$$C_1 = 2\pi R_1 m \rho,$$

где  $R_1$  — радиус ближней к центру диска дорожки;  $m$  — количество дорожек;  $\rho$  — линейная плотность записи.

Для постоянной линейной скорости вращения общая длина дорожек где  $R_m$  — радиус дальней дорожки диска.

Если отношение радиуса дальней дорожки к ближней равно  $n = R_m/R_1$ , то  $C_2 = \pi m R_1 (n + 1)$ .

Сравним емкости памяти дискового ГЗУ для обоих случаев записи:

$$C_2/C_1 = (n + 1)/2,$$

т. е. чем больше радиус дискового носителя, тем больше потери емкости памяти для случая постоянной угловой скорости. Например, если  $R_m = 60$  мм,  $R_1 = 20$  мм, то  $n = 3$  и, следовательно,  $C_2/C_1 = 2$ .

Изменение линейной скорости вращения в больших пределах особенно сильно влияет на режимы проявления голограмм на дисковом ФТП-носителе. Температура поверхности ФТП-слоя определяется выражением [4]

$$T = PA\sqrt{a_2 t} / S\sqrt{\pi k_2},$$

где  $P$  — мощность лазерного ИК-излучения;  $A$  — поглощательная способность структуры  $\text{SnO}_2 + \text{стекло}$ ;  $k_2$ ,  $a_2$  — коэффициенты теплопроводности и температуропроводности стеклянной подложки соответственно;  $t$  — длительность нагрева лазерным излучением. Поэтому при изменении линейной скорости вращения диска в  $n$  раз получим изменение температуры  $T_2 = T/\sqrt{n}$ , где  $T$  — температура поверхности ФТП-слоя на ближней к центру диска дорожке, а  $T_2$  — температура на дальней дорожке. Исходя из критичности этапа проявления к температурному режиму, можно сделать вывод о непригодности способа записи голограмм на ФТП-диске, вращающемся с постоянной угловой скоростью.

Следовательно, единственно приемлемой для применения в дисковом ГЗУ на фототермопластических носителях является запись голограмм при постоянной линейной скорости вращения носителя.

Исходя из этого, было реализовано устройство стабилизации линейной скорости вращения дискового ФТП-носителя. Основные требования, предъявляемые при его разработке: обеспечение высокой точности поддержания постоянного значения линейной скорости по всей поверхности носителя, возможности регулирования требуемого параметра в широких пределах и управления процессом от микроЭВМ.

В основе работы данного устройства лежат свойства умножающих цифроаналоговых преобразователей (ЦАП), обеспечивающих выполнение для вращающегося диска соотношения

$$V = 2\pi v R,$$

где  $v$  — угловая скорость вращения диска;  $R$  — радиус дорожки записи;  $V$  — линейная скорость движения точек диска, лежащих на дорожке радиуса  $R$ .

Значение радиуса  $R$  для диска с концентрическими дорожками изменяется дискретно и может быть использовано для указания номера дорожки

$$N = R/b.$$

Здесь  $b$  — расстояние между дорожками.

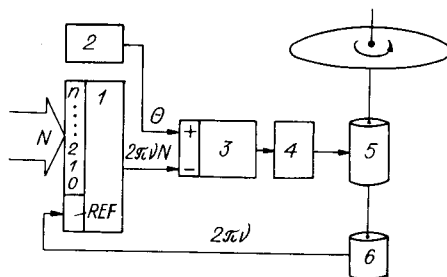


Рис. 2. Функциональная структурная схема стабилизации линейной скорости вращения ФТП-диска

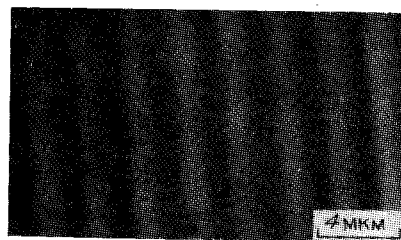


Рис. 3. Фотография микрорельефа дорожки записи

Выходной сигнал умножающего ЦАП равен

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}} K / 2^q,$$

где  $U_{\text{вх}}$  — входной (опорный) сигнал на ЦАП;  $K$  — цифровой код на входе ЦАП, соответствующий номеру дорожки;  $q$  — количество двоичных разрядов входного кода ЦАП.

На рис. 2 приведена функциональная структурная схема привода дискового голографического запоминающего устройства (ДГЗУ), обеспечивающая стабилизацию линейной скорости вращения диска. Схема содержит: 1 — умножающий ЦАП, 2 — регулятор скорости (РС), 3 — дифференциальный усилитель (ДУ), 4 — усилитель мощности (УМ), 5 — электродвигатель (ЭД), 6 — датчик угловой скорости диска (Д), ФТП-диск.

Электродвигатель 5 предназначен для вращения ФТП-диска. Питание на ЭД 5 поступает с усилителя мощности 4. С валом двигателя механически соединен оптоэлектронный датчик угловой скорости вращения 6. Уровень постоянного напряжения на выходе датчика 6 прямо пропорционален угловой скорости вращения вала  $2\pi v$ .

РС 2 представляет собой регулируемый источник образцового постоянного напряжения для задания требуемой линейной скорости движения ФТП-носителя.

На цифровой вход ЦАП 1 от контроллера поступает двоичный код номера дорожки на диске. На вход опорного напряжения REF поступает сигнал от датчика угловой скорости 6. В ЦАП 1 происходит перемножение сигнала от датчика 6 и входного кода  $N$ . В результате выходной сигнал ЦАП 1 становится прямо пропорциональным произведению  $2\pi v N$ .

Сигналы с выходов РС 2 и ЦАП 1 поступают на дифференциальные входы усилителя 3. Разностный сигнал с выхода дифференциального усилителя 3 усиливается на УМ 4 и управляет вращением двигателя 5, кинематически соединенного с ФТП-диском.

Таким образом, схема представляет собой систему автоматического регулирования, образцовым параметром которой является необходимая линейная скорость движения  $V$ . Стремясь к равенству сигналов на входах ДУ 3, схема реализует постоянство линейной скорости вращения ФТП-носителя на любой заданной дорожке диска.

При переходе головки записи с дорожки на дорожку контроллер устанавливает на входе схемы новый код номера дорожки  $N$  и угловая скорость вращения дискового ФТП-носителя изменяется по закону  $v = V / 2\pi R \sim 1/N$ , компенсируя изменение линейной скорости ФТП-носителя.

Экспериментальные исследования по локальной записи микроголограмм на движущийся ФТП-диск показали правильность предложенного подхода к реализации дискового ГЗУ на ФТПН. На диске диаметром 133 мм с рабочей зоной, определяемой  $R_m = 60$  мм и  $R_1 = 20$  мм, были записаны 127 дорожек шириной 250 мкм. Линейная скорость вращения

дискового ФТП-носителя составила 15 см/с. Получена качественная запись микроголограмм по всей поверхности носителя. На рис. 3 приведена фотография микрорельефа дорожки записи, полученная с помощью растрового электронного микроскопа, демонстрирующая практическое отсутствие шумов в виде «морозных» деформаций.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Isao Satoh, Makoto Kato. Holographic disk recording with fringe stabilization // Appl. Opt.— 1988.— 27, N 14.— P. 2987.
2. Kubota K., Ono Y., Kondo M. Holographic disk with high data transfer rate: it's application to an audio response memory // Appl. Opt.— 1980.— N 6.— P. 944.
3. Микаэлян А. Л., Ванин А. Ф., Гулания Э. Х. и др. Голографический диск-накопитель информации // Квантовая электрон.— 1987.— 14, № 5.
4. Акаев А. А., Жумалиев К. М., Кутанов А. А. Запись микроголограмм на фототермопластические носители при проявлении излучением CO<sub>2</sub>-лазера // Квантовая электрон.— 1983.— 10, № 7.

*Поступила в редакцию 3 июля 1990 г.*

УДК 681.327.68

А. А. ВОЕВОДА, В. А. ЖМУДЬ, В. С. СОБОЛЕВ

*(Новосибирск)*

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ СЛЕЖЕНИЯ ЗА ФОКУСОМ И ДОРОЖКОЙ ДЛЯ МАГНИТООПТИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ ПО МЕТОДУ ЛОКАЛИЗАЦИИ

Магнитооптические дисковые системы памяти (МО-системы) по праву считаются системами будущего, так как могут обеспечить большие (до 20 Гбайт) объемы памяти при малых габаритных размерах и допускают возможность смены дисков [1, 2]. Магнитооптическое запоминающее устройство объединяет в себе преимущества твердых дисков типа «Випчестер» и гибких дисков, значительно превосходя их по объему памяти. Чтение и запись в системах МО-памяти осуществляются бесконтактным способом с помощью острогофокусированного пучка света полупроводникового лазера диаметром около 1 мкм. Технологически неустраняемые биения диска по радиусу и вдоль оси вращения требуют создания прецизионных и надежных автоматических систем слежения за фокусом и дорожкой записи-чтения, выгравированной на диске.

Проектирование подобных систем встречается множество трудностей. Во-первых, объект управления — микрообъектив с электромагнитным приводом (актюатором) вместе с оптико-электронными датчиками положения — является нестационарным. Статический коэффициент передачи такого объекта пропорционален коэффициенту отражения диска, который в соответствии с требованиями стандарта может изменяться от 0,1 до 0,9. Кроме того, статический коэффициент передачи объекта управления пропорционален мощности излучения лазера, которая при переходе от режима чтения к режиму записи меняется на порядок. Во-вторых, объект управления может обладать нелинейными свойствами (например, сухое трение). В-третьих, в силу специфики оптического детектирования слабых сигналов датчики положения вносят в систему значительный шум. В-четвертых, из-за высоких скоростей вращения диска (до 20 об./с) и значительной инерции актюатора в сравнении с требуемым быстродействием регулятор должен обеспечить высокое качество слежения в широкой полосе частот: до частот, соответствующих существенному затуханию собственной передаточной функции объекта и значительным фазовым сдвигам.