

3. Л. Д. Бахрах, О. Н. Владимирова, А. П. Курочкин, Г. А. Соболев, Г. Х. Фридман. Применение методов когерентной оптики и голографии к задачам антенной техники и обработки информации.— В кн.: Антенны, № 2. М., «Связь», 1967.
4. Г. Б. Гельфрейх, А. Н. Коржавин. Оптическое моделирование диаграмм антенн с отражателем переменного профиля.— «Радиотехника и электроника», 1968, т. 13, вып. 7, с. 1176—1190.
5. Н. А. Есепкина, В. Ю. Петрунькин, И. А. Водоватов, Г. К. Виноградов, М. Г. Высоцкий. Использование методов когерентной оптики и голографии для исследования характеристик радиотелескопов.— Тезисы докладов Восьмой Всесоюзной конференции по радиоастрономии. Пушино, Изд. ОНТИ Научного центра АН СССР, 1975.
6. М. С. Жук, Ю. Б. Молочков. Проектирование антенно-фидерных устройств. М.—Л., «Энергия», 1966.
7. Н. А. Есепкина, Д. В. Корольков, Ю. Н. Парийский. Радиотелескопы и радиометры. М., «Наука», 1973.
8. Н. А. Есепкина, Н. А. Кайдановский, Б. Г. Кузнецов, Г. В. Кузнецова, С. Э. Хайкин. Исследование характеристик излучения остронаправленных зеркальных антенн с отражателем переменного профиля.— «Радиотехника и электроника», 1961, т. 6, вып. 12, с. 1947—1961.

Поступила в редакцию 24 мая 1976 г.

УДК 621.396.535.3

А. Н. ЛУКЬЯНОВА, В. И. НАЛИВАЙКО, Б. И. РАПОПОРТ

(Ленинград — Новосибирск)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ТЕЛЕВИЗИОННОЙ СИСТЕМЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО МОДУЛЯТОРА НА ЖИДКОМ КРИСТАЛЛЕ

Введение. Широкое применение телевидения в промышленности и науке предъявляет требования к увеличению возможностей и повышению эффективности не вещательных телевизионных систем [1]. Расширить возможности передающей телевизионной системы можно, используя на ее входе пространственно-временные модуляторы света (ПВМС) [2, 3].

В последние годы появились сообщения о возможности создания пространственно-временных модуляторов света на жидких кристаллах [4—6] и использования их для проекции на большой экран. Модуляторы на слоистой структуре фотопроводник — жидкий кристалл могут быть применены на выходе телевизионной системы, что позволит увеличить рабочие размеры фотокатода и, следовательно, входного изображения, осуществить преобразование спектрального состава падающего света, разделить функции отдельных звеньев входного устройства и открывает возможности унификации телевизионных камер различного применения.

В статье приводятся результаты исследования возможности использования экспериментального преобразователя с регулируемой памятью в малокадровой телевизионной системе.

Пространственно-временной модулятор на структуре фотопроводник — жидкий кристалл. Конструкция преобразователя представлена на рис. 1. Слой жидкого кристалла типа МББА, толщина которого (~7 мкм) определялась пленочной прокладкой, электрически контактирует с фотопроводником посредством изолированных друг от друга, зеркально отражающих свет проводников стеклометаллической шайбы. Полупрозрачные электроды на поверхности клиновидного стекла и фотопроводника служат для подачи постоянного рабочего напряжения на преобразователь.

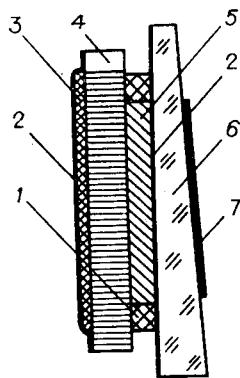


Рис. 1. Структурная схема ПВМС:

1—пленочная прокладка, 2—полупрозрачные электроды, 3—фотопроводник, 4—стеклометаллическая планшайба, 5—слой жидкого кристалла, 6—защитное стекло с клином, 7—просветляющее покрытие.

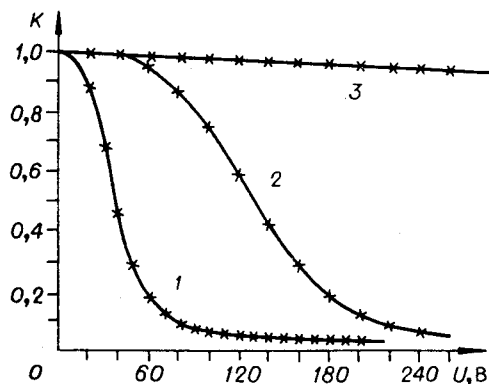


Рис. 2. Контрастные характеристики одного элемента преобразователя:

1—при возбуждении фотопроводника светом, 2—через минуту после прекращения возбуждения, 3—в отсутствие возбуждения после стирания.

Стеклометаллическая шайба в зависимости от характера решаемой задачи выбирается либо с упорядоченным расположением отражающих элементов с числом, например, 16×16 , либо со случайным распределением и высокой плотностью до 10^4 см^{-2} . Шайба механически разъединяет химически активный жидкий кристалл от слоя фотопроводника, а также частично выполняет роль граничного слоя. Диаметр рабочей площади преобразователя 60 мм.

Особенность преобразователя в отличие от известных — его возможность работать в режиме регулируемой памяти [7]. Эта возможность поясняется на рис. 2 контрастными характеристиками одного элемента преобразователя в зависимости от напряжения. Коэффициент контрастности K определялся как отношение светового потока, отраженного от элемента при наличии напряжения на преобразователе, к потоку в отсутствие напряжения. Стационарная характеристика рассеяния света преобразователем во время возбуждения фотопроводника управляющим светом показана кривой 1. Кривая 2 характеризует работу преобразователя в режиме с памятью. При напряжении на преобразователе 200 В через одну минуту после прекращения возбуждения фотопроводника уменьшение остаточного контраста составляло 10%. Кривая 3 характеризует начальное рассеяние преобразователя в зависимости от напряжения в отсутствие возбуждающего света на фотопроводнике.

Наличие остаточного контраста в этом случае обусловлено свойствами используемого халькогенидного стеклообразного фотопроводника, который в сильных электрических полях порядка 10^5 В/см обладает эффектами длительного оптического накопления и памяти. Для стирания изображения необходимо снять электрическое напряжение с преобразователя на несколько секунд. В случае слабого электрического поля (10^3 В/см) на фотопроводнике эти эффекты не проявляются и время релаксации динамического рассеяния преобразователя определяется инерционностью фотопроводника ($\sim 50 \text{ мс}$). Таким образом, изменяя величину рабочего напряжения, можно переходить от динамического режима работы преобразователя к режиму работы с накоплением и памятью.

Экспериментальная установка. Эксперимент проводился на лабораторной установке, состоящей из оптической схемы (рис. 3) и теле-

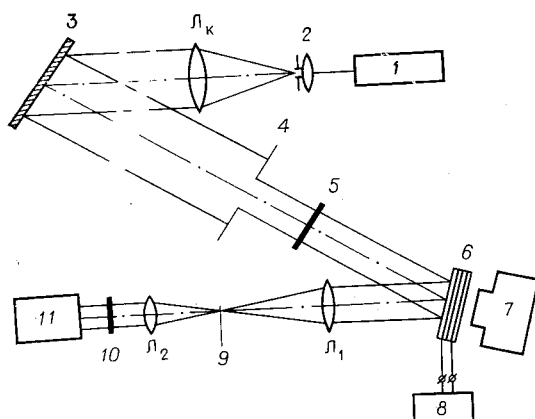


Рис. 3. Оптическая схема экспериментальной установки:

1 — ОКГ, 2 — узел микрообъектив — диафрагма, 3 — зеркало, 4 — экран-диафрагма, 5, 10 — нейтральные светофильтры, 6 — ПВМС, 7 — проектор, 8 — блок питания, 9 — экран, 11 — телевизионная камера, L_k — коллиматорная линза, L_1 и L_2 — линзы схемы преобразования Фурье.

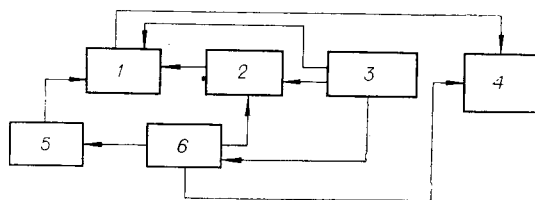


Рис. 4. Блок-схема телевизионного канала:

1 — телевизионная камера, 2 — блок разверток, 3 — блок питания, 4 — ВКУ, 5 — генератор стробирующего импульса, 6 — синхрогенератор.

где устанавливалась телевизионная камера, размер передаваемого изображения был уменьшен в 2,6 раза по сравнению с исходным, проектируемым на фотослой ПВМС.

Регистрация изображения, полученного с ПВМС, осуществлялась при помощи малокадрового [8] телевизионного канала (время кадра 2,5 с) с полосой пропускания усилительного тракта 80 кГц и размером раstra на фотокатод передающей трубки $9,5 \times 12,7$ мм. Входной каскад видеоусилителя передающей телевизионной камеры выполнен на полевом транзисторе типа КП303Г. Между входом видеоусилителя и сигнальной пластиной трубки осуществлена безъемкостная связь. Нагрузочное сопротивление в цепи сигнальной пластины 10 МОм, что позволяет увеличить отношение сигнала к шумам; динамический диапазон по току входного сигнала $1,5 \cdot 10^{-10} \div 1,5 \cdot 10^{-7}$ А, шумовой ток первого каскада $I_{\text{ш}} = 1,5 \cdot 10^{-11}$ А.

В качестве передающей трубки в камере использовался высокочувствительный видикон с мишенью на основе селенида кадмия [9]. При работе в малокадровой системе разложения такая трубка дает возможность получать сигналы от мелких деталей порядка $2 \div 12$ нА при облученностях на фотокатод $10^{-9} \div 10^{-8}$ Вт/см² (рис. 5). Максимум спектральной характеристики данного видикона находится на длине волны $0,6 \div 0,65$ мкм, что позволило оптимально согласо-

визионного канала (рис. 4). В качестве источника считывающего света использовался ОКГ типа ЛГ-38 с длиной волны излучения $\lambda = 0,63$ мкм. Проекция изображения на фотослой ПВМС осуществлялась с помощью проектора с источником света типа А.

Вся оптическая схема условно может быть разбита на два звена: входное звено — от выхода ОКГ до плоскости установки жидкокристаллического преобразователя и выходное звено — от плоскости входного окна телевизионной камеры. В задачу входного звена входит формирование равномерного параллельного светового потока, осуществляющего считывание изображения с преобразователя.

Отраженный от преобразователя промодулированный изображением считывающий световой поток поступает в выходное звено оптической схемы. Выходное звено представляет собой схему двойного Фурье-преобразования. В задней фокальной плоскости линзы L_2 ,

вать ее со спектром излучения примененного ОКГ.

Светоэнергетические соотношения. Эти соотношения были получены с помощью термоэлемента, в качестве измерительного прибора использовался микровольтнаноамперметр Ф-128/2. Измерения производились при отсутствии напряжения на электродах преобразователя; угол падения считывающего потока составлял 26° к нормали поверхности преобразователя.

Потери считывающего света складываются из потерь на отражение от первой и второй поверхностей защитного стекла со стороны слоя жидкого кристалла, потерь на поглощение в защитном стекле с полупрозрачным электродом, потерь при прохождении через кристалл, потерь в стеклометаллической шайбе. Световой поток, отраженный от преобразователя и попадающий в оптическую схему обработки, не превышал 5% от общего считывающего потока. Световой поток, поступающий в схему обработки, складывается из двух потоков: отраженного от стеклометаллической планшайбы и являющегося рабочим при формировании изображения, и потока, отраженного от внутренней поверхности защитного стекла с электродом и совпадающего с рабочим отраженным потоком. Измерения показали, что 3,5% от общего считывающего потока составляет отраженный рабочий поток и 1,5% — паразитная составляющая, которая дает в конечном итоге фоновую подсветку изображения, снижая его контраст.

Наиболее опасной составляющей является часть потока, проникающая на фотослой преобразователя и создающая вредный фон, снижая контраст изображения.

Таким образом, отношение полезного информационного потока к считываемому потоку, падающему на преобразователь, составляет 0,035.

Результаты эксперимента. Были проведены эксперименты по использованию ПВМС на жидком кристалле на входе телевизионной системы. В качестве исходного теста было использовано негативное изображение вертикального телевизионного клина с шириной одного штриха на отметке 600 в плоскости фотослоя преобразователя 150 мкм

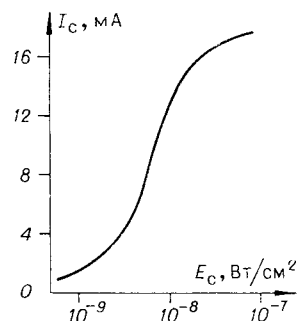


Рис. 5. Свет-сигнальная характеристика трубки с мишенью CdSe.

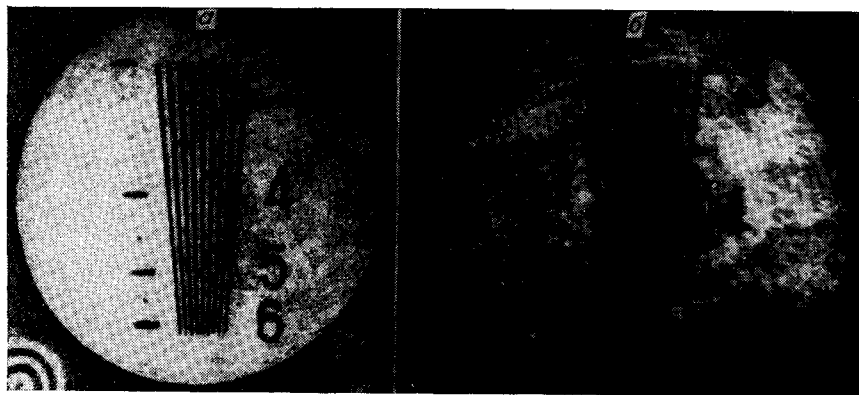
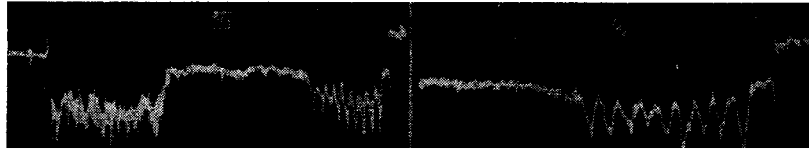


Рис. 6. Изображение, полученное с ПВМС при проекции на фотослой негативного клина:

а — в плоскости входного окна передающей телевизионной камеры, б — с экрана ВКУ после телевизионного тракта.



(на отметке 450 соответственно 200 мкм). Облученность в белом свете на фотослое ПВМС была 10^{-4} Вт/см², рабочее напряжение 130 В. Облученность в падающем на преобразователь считывающем потоке составляла $7,5 \cdot 10^{-7}$ Вт/см². В частотной плоскости для устранения паразитной составляющей потока использовался специальный экран, плоскость которого устанавливалась по нормали к оптической оси схемы, перекрывая центральный (нулевой) порядок и часть частотной плоскости. В результате произведенных в частотной плоскости операций в фокальной плоскости линзы L_2 формировалось позитивное изображение клина (рис. 6, а).

Облученность в плоскости фотокатода передающей трубки была $5 \cdot 10^{-9}$ Вт/см². Полученные на выходе телевизионные изображения разрешались удовлетворительно (см. рис. 6, б). При этом осциллограммы тока выделенной телевизионной строки (рис. 7, а, б) показывали 100%-ную модуляцию сигнала при размере штриха на фотослое ПВМС 200 мкм. На уровне отметки 450 телевизионный сигнал равнялся соответственно $7 \cdot 10^{-9}$ и $3 \cdot 10^{-9}$ А. Предельная разрешающая способность модулятора составляла около 15 тел. лин/мм.

ВЫВОДЫ

1. Использование пространственно-временного модулятора света на жидком кристалле в телевизионной системе дает возможность увеличить ее угол обзора за счет увеличения рабочей площади фотослоя, произвести преобразование спектрального диапазона падающего света и его усиление, оптимальным образом согласовать оптическое звено с телевизионной передающей трубкой. В связи с этим особый интерес представляет использование разработанного ПВМС для преобразования изображений в мягкой рентгеновской области спектра, принимая во внимание достаточную рентгеночувствительность используемого фотопроводника [10] и малую толщину ($\sim 0,1$ мкм) входного окна, выполняющего одновременно роль полупрозрачного электрода.

2. Экспериментальные ПВМС имеют чувствительность $10^{-4} \div 10^{-5}$ Вт/см² и разрешающую способность 15 тел. лин/мм. Для широкого применения в телевизионных системах необходимо дальнейшее улучшение характеристик модуляторов на жидком кристалле в части увеличения чувствительности, разрешающей способности, выбора фотослоя и жидкого кристалла и их согласования.

3. Использование ПВМС на основе жидкого кристалла в сочетании с высокочувствительной передающей трубкой позволяет применять для считывания маломощный оптический квантовый генератор ($0,5 \div 1$ мВт в непрерывном режиме). Эффективность модулятора по считываемому потоку (при $\lambda = 0,63$ мкм) составляет $3 \div 4\%$.

Авторы выражают благодарность И. В. Точиленко и М. А. Гофману, принимавшим участие в постановке эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. С. Б. Гуревич. Теория и расчет не вещательных систем телевидения. Л., «Энергия», 1970.
2. В. К. Соколов, А. И. Косарев. Пространственно-временные модуляторы света.— «Зарубеж. радиоэлектроника», 1974, № 8, с. 59.
3. С. Б. Гуревич, В. К. Соколов. Оптические методы обработки информации.— В кн.: Оптические методы обработки информации. Л., «Наука», 1974, с. 5.
4. Жидкий кристалл как световой клапан.— «Электроника», 1970, № 43, с. 23, 34.
5. Г. Ассулин, М. Харенг, Е. Лейба. Преобразователь изображения на жидком кристалле и фоторегистре.— «ТИИЭР», 1971, № 59, с. 9, 86.
6. В. И. Лебедев, В. И. Мордасов, М. Г. Томилини. Жидкие кристаллы в оптике.— «ОМП», 1974, № 7, с. 60.
7. В. М. Любин, В. И. Фомина, Л. Э. Цырлин. Особенности проводимости и фотопроводимости тонких слоев системы Se—As в области сильных электрических полей.— «ДАН СССР», 1965, т. 161, с. 2, 234.
8. И. Л. Валик, Л. И. Хромов. Узкополосные малокадровые телевизионные системы.— «Техника кино и телевидения», 1958, № 12, с. 43.
9. В. М. Любин, Г. А. Федорова, С. А. Плахов, Л. М. Прокатор, Е. И. Федорова. Высокочувствительный видикон с памятью.— «Электрон. пром-сть», 1973, № 3, с. 49.
10. Э. М. Курашев, В. М. Любин, В. И. Наливайко, В. Г. Цукерман. Рентгеновская телевизионная установка с накоплением информации и регулируемой памятью.— В кн.: Автоматизация научных исследований на основе применения ЭЦВМ. Новосибирск, Изд. ИАиЭ СО АН СССР, 1971, с. 205.

Поступила в редакцию 23 ноября 1976 г.

УДК 621.375.826

В. Н. БЕЛЬТЮГОВ, И. И. СУХАНОВ, Ю. В. ТРОИЦКИЙ
(Новосибирск)

ТЕРМИЧЕСКИЕ ИСКАЖЕНИЯ ВНУТРИРЕЗОНАТОРНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЛАЗЕРА ПРИ ПОВЕРХНОСТНОМ ПОГЛОЩЕНИИ ИЗЛУЧЕНИЯ

Одним из факторов, ограничивающих мощность лазеров, являются тепловые эффекты в элементах оптического резонатора; для газовых лазеров речь идет главным образом о пассивных элементах (зеркалах, брестеровских окнах и т. п.), так как искажающее действие активной среды незначительно ввиду ее малой плотности. В работах [1, 2] исследованы термоупругие деформации лазерного зеркала, на поверхность которого падает световой пучок. Эти работы основываются на решении уравнения теплопроводности для полупространства с распределением источников, соответствующим низшей гауссовой моде.

Если оптический элемент находится внутри резонатора, то задача значительно усложняется. В этом случае возможно выделение тепла как на поверхности элемента, так и в его объеме. Помимо деформаций, необходимо учитывать линзовое действие неоднородного температурного поля (приводящего к неоднородности показателя преломления n), изменение оптической толщины детали вследствие нагрева и возникновения анизотропии.