

А. Н. КАСПЕРОВИЧ, В. И. НАЛИВАЙКО, В. И. ПРОКОПЕНКО,
В. И. СОЛОНЕНКО, В. А. СТЕРЕЛЮХИН
(Новосибирск)

УПРАВЛЯЕМЫЙ ОТ ЭВМ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ ТРАНСПАРАНТ

В ряде задач обработки оптической информации возникает необходимость построения оптических изображений в когерентном свете по цифровым кодам этих изображений, хранящихся в памяти ЭВМ [1]. Для этой цели могут быть использованы жидкокристаллические транспаранты [2]. Основные трудности, возникающие при создании таких транспарантов, связаны с разработкой электронного устройства адресной коммутации элементарных ячеек транспаранта. Так, при матричной схеме управления транспарантом с числом элементов в строке 10^2 количество ключей становится большим $\sim 10^4$, а дешифратор — сложным.

В настоящей работе описываются жидкокристаллический транспарант для построения когерентных изображений, коммутация ячеек которого осуществляется электронным лучом, и электронная система, связывающая этот транспарант с ЭВМ. Основной целью работы была экспериментальная проверка возможности использования последовательного поэлементного метода построения непрерывных во времени изображений в когерентном свете. Иными словами, необходимо было убедиться, что общее время поэлементного построения изображения может быть меньше времени памяти элементарной ячейки транспаранта.

Жидкокристаллический транспарант был изготовлен на основе электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) со стеклометрическим экраном, подобным описанному в работе [3] (стеклометаллический экран П представляет собой стеклянную пластину, пронизанную тонкими проволочками, торцы которых являются отражательными элементами ЭЛТ). В нашем случае число этих проволочек равнялось 10^2 шт/мм². Эта ЭЛТ имела электростатические управление и фокусировку. Однако для повышения разрешения она была снабжена добавочной электромагнитной фокусировкой. Слой жидкого кристалла (ЖК) толщиной около 20 мкм располагался между стеклометаллическим экраном и проводящим полупрозрачным покровным стеклом (С). Модуляция отраженного от экрана когерентного света происходила за счет эффекта динамического рассеяния в жидком кристалле типа МББА при подаче на него электрического поля с помощью электронного луча. Рабочее поле ЭЛТ составляет 40×40 мм.

Электронная система, связывающая транспарант с мини-ЭВМ «Электроника-100», предназначена для формирования сигналов, управляющих отклонением электронного луча в ЭЛТ, управления модулятором ЭЛТ и преобразования параллельных кодов, считываемых из памяти ЭВМ, в последовательные.

Проведем грубую временную оценку требуемого быстродействия системы. Пусть необходимо формировать растр, состоящий из $N = 10^4$ элементов (100×100), за время $T_n \sim 10^{-3}$ с. Тогда время $T_{эл}$, отводимое на инициирование одного элемента, будет составлять

$$T_{эл} = T_n / N \sim 10^{-7} \text{ [с]}.$$

При этом 12-разрядные слова ЭВМ должны выдаваться через интервалы времени $T_{сл} \approx 10^{-6}$ с. Подобная скорость может быть получена только при использовании канала прямого доступа к памяти ЭВМ.

Блок-схема разработанной электронной системы ввода изображений из ЭВМ в когерентную оптическую систему показана на рис. 1. Сканирование осуществляется аппаратными средствами. Выдача данных происходит через канал прямого доступа к памяти ЭВМ, а интерфейс программного канала (ИПК) ЭВМ используется для установки констант и специальных режимов сканирования. Канал видеосигнала управления модулятором трубки начинается в МОЗУ ЭВМ. Машинное слово, каждый бит которого содержит данные об одной элементарной ячейке транспаранта, выгружается через регистр числа интерфейса прямого доступа к памяти (ИПД) и переписывается в регистр сдвига (РС). Импульсы последовательного кода передаются по кабелю на контейнер ЭЛТ, где усиливаются и через высоковольтный конденсатор С поступают на модулятор М. После окончания вывода текущего слова в регистр данных заносится новое слово из следующей ячейки памяти и процесс построения изображения продолжается. Такая структура канала вывода данных из памяти ЭВМ удобна для экспериментатора, поскольку легко реализует простейшие тесты.

Система отклонения (ОС) луча состоит из двух одинаковых комплексов (x и y) регистров: счетчиков, ЦАП, кабелей связи с ЭЛТ (8 м) и высоковольтных усилителей отклонения U_{1x} , U_{2x} , U_{1y} , U_{2y} , размещенных в контейнере ЭЛТ. Переключением связей в счетчиках x и y можно изменять число элементов растра в пределах от 32×32 до 512×512 .

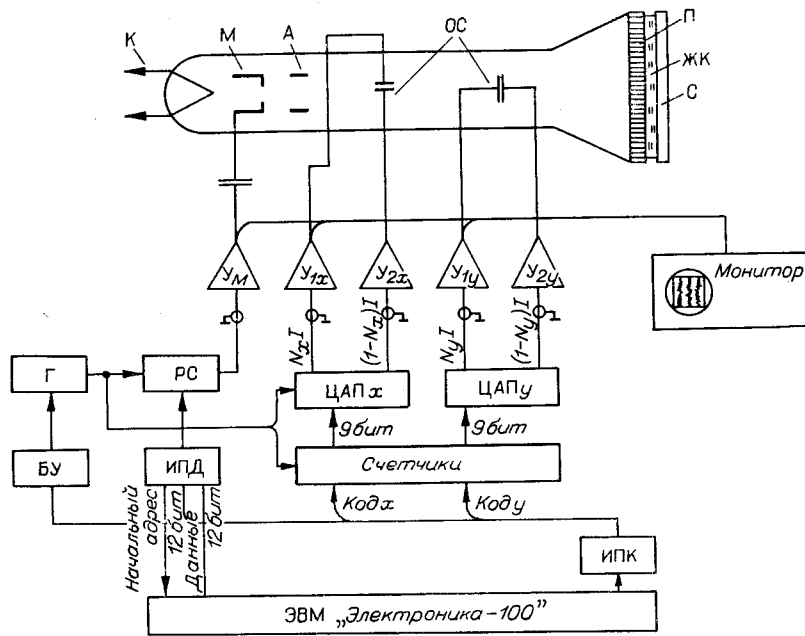


Рис. 1.

Для реализации максимально возможного для данной системы быстродействия был выбран токовый вариант связи ЦАП со входом отклоняющего усилителя. В системе использовались ЦАП с токовым выходом, основанные на включении матрицы $R-2R$ в эмиттеры генераторов тока [4]. В качестве ключевых элементов применены переключатели тока на транзисторах. Эти переключатели органически вписались в ЦАП для управления системой отклонения (рис. 2), поскольку легко позволяли реализовать парафазный выход, необходимый для уменьшения астигматизма электронного пучка в ЭЛТ. Отклоняющие усилители, обеспечивающие достаточную полосу пропускания и малый входной импеданс, основаны на каскаде с общей базой. Эти усилители формируют парафазное отклоняющее напряжение в пределах ± 150 В. Минимальное значение периода тактовых импульсов, которое было достигнуто в разработанной системе, равно 750 нс.

Кинетика рассеяния жидкокристаллической мишени изучалась путем наблюдения светового сигнала, отраженного от элементарной ячейки прозрачного. Считывание сигнала производилось с помощью ФЭУ. Выяснилось, что ячейка прозрачного может инициироваться импульсами тока длительностью до 0,5 мкс и более, а минимальная постоянная времени исчезновения рассеяния (стирания) при запирании электронного луча равнялась 20 мс. Кроме того, установлено, что в ячейке в зависимости от значения тока луча появляется эффект запоминания. При нарастании тока луча время запоминания

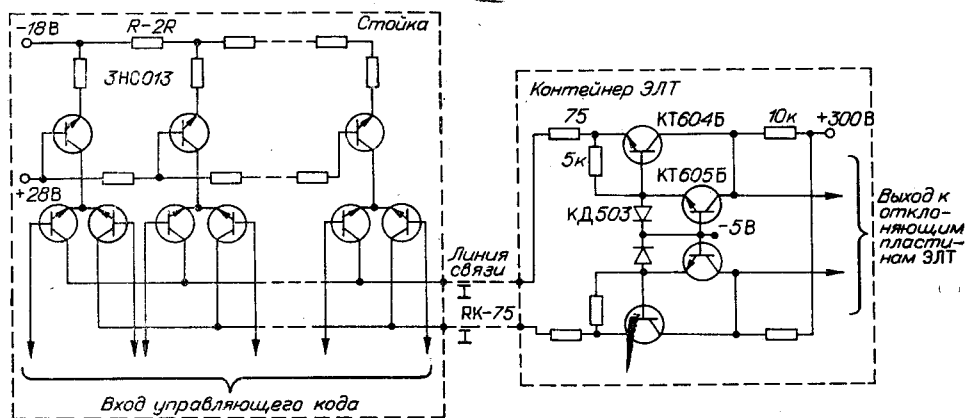


Рис. 2.

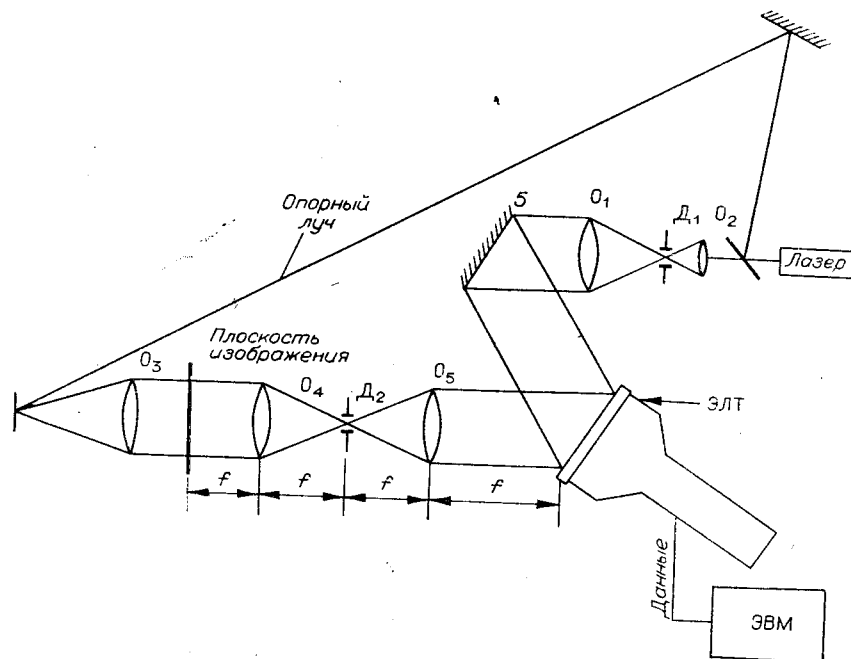


Рис. 3.

увеличивается и при токе луча 12 мкА составляет 500 мс, а при токе в 20 мкА — 700 мс. Измерения выполнялись при растре, состоящем из 512×512 элементов.

Для определения возможности получения голограмм изображений, построенных с помощью разработанного транспаранта, был проведен эксперимент по записи Фурье-голограммы тестового изображения — набора из 32 полос. Запись проводилась с помощью оптической схемы, изображенной на рис. 3. Световой пучок He-Ne лазера ($\lambda = 0,63$ мкм) коллимировался объективами O_1 и O_2 . Параллельный пучок, отраженный от стеклометаллического экрана ЭЛТ, с помощью объективов O_4 и O_5 создавал в плоскости изображения двухградационную картину. (Плоскость изображения на рис. 3 не параллельна плоскости экрана ЭЛТ, что несколько ухудшало качество изображения по краям экрана.) Диафрагма D_2 отрезала свет, рассеянный жидким кристаллом (а также свет, отраженный от покровного стекла), обеспечивая формирование изображения в нерассеянном свете. Объектив O_3 осуществлял его Фурье-преобразование в плоскости фотоматериала. Восстановление по полученной голограмме изображения тестового объекта показало, что восстановленное изображение (рис. 4, а) мало отличается от исходного (см. рис. 4, б).

Проведенные исследования показали, что созданный жидкокристаллический управляемый от ЭВМ транспарант позволяет формировать изображения с числом элементов 100×100 при размере изображения 40×40 мм. Минимальное время цикла записи — стирание, определяющее требуемую частоту регенерации изображения, больше 20 мс.

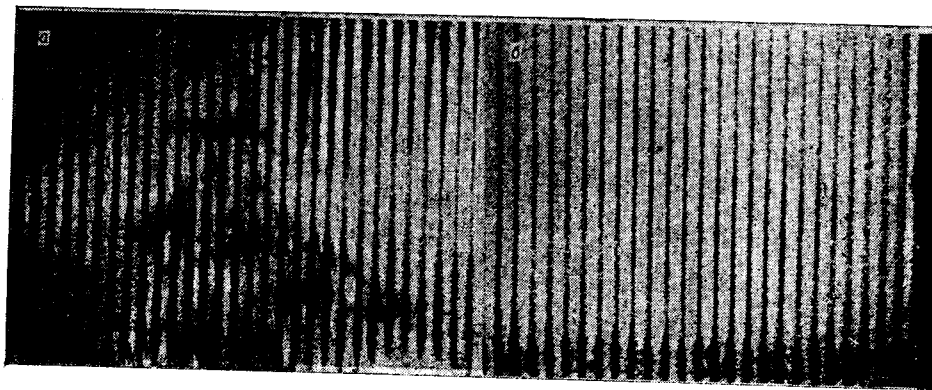


Рис. 4.

Пространственное разрешение транспаранта ограничивается числом отражающих элементов в стеклометаллическом экране и не превосходит 5 лин/мм. (Размер электронного луча нет смысла делать меньше двойного диаметра отражающего элемента.) К недостаткам транспаранта следует отнести низкий коэффициент использования света (менее 5%) при обеспечении на изображении отношения сигнал/шум 10:1. Плохое использование света определяется главным образом низким коэффициентом отражения стеклометаллического экрана.

Таким образом, при использовании для управления жидкокристаллическим транспарантом ЭЛТ со стеклометаллическим экраном возможна реализация последовательного поэлементного метода построения изображений в когерентном свете. Разработанный двухградационный транспарант совместно с электронной системой, связывающей его с ЭВМ, может найти практическое применение, в частности, для построения изображений в когерентном свете с целью их ввода в голографические запоминающие устройства.

Авторы выражают благодарность за помощь при записи голограмм М. А. Гофману.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. З. Гуревич, Э. И. Крупницкий. Модуляторы света для ввода информации в устройствах оптической обработки.— «Зарубеж. радиоэлектроника», 1972, № 12, с. 49.
2. И. Н. Компанец, В. Н. Морозов, А. А. Васильева, В. В. Никитин. Устройство вывода изображений на жидком кристалле.— В кн.: Квант. электроника № 3. Под ред. Басова. М., «Сов. радио», 1972, с. 79.
3. М. Я. Муляров. Электроннолучевые трубки для электроскопической печати.— «Электрон. техника, сер. 4. Электроннолучевые и фотоэлектрические приборы», 1968, вып. 4, с. 108.
4. А. Н. Касперович, Н. В. Литвинов, В. И. Солоненко. Особенности работы цифроаналогового преобразователя с инвертированной матрицей R-2R.— «Автоматрия», 1974, № 3, с. 74.

Поступило в редакцию 4 мая 1976г.

УДК 681.327 : 535.8

Г. И. ГРОМИЛИН, Г. Е. КАСПЕРОВИЧ, С. Ф. КИБИРЕВ,
Г. С. ПРОКОПЕНКО, А. И. ЧЕРНЫШОВ

(Новосибирск)

ДВУХКООРДИНАТНЫЙ ШЛЕЙФОВЫЙ ДЕФЛЕКТОР С КВАЗИОПТИМАЛЬНЫМ ПО ВРЕМЕНИ УПРАВЛЕНИЕМ

Одним из основных элементов голограммных запоминающих устройств являются дефлекторы света, которые могут быть акустооптическими, электрооптическими и электромеханическими. Последние из них отличаются малыми потерями световой мощности, высоким отношением сигнал/фон и низкой стоимостью. Однако основной недостаток подобных устройств — их небольшое быстродействие (~ 1 мс [1]).

В данной работе описан двухкоординатный шлейфовый дефлектор (на 32×32 позиции) со специальным устройством управления, позволяющим сократить время переключения светового пучка до 100 мкс. Основное внимание уделяется описанию структуры, принципу действия и результатам исследования устройства управления.

Блок-схема дефлектора, управляемого от ЭВМ, приведена на рис. 1. Здесь 1 — лазер; 2, 5, 7, 8 — объективы; 6 — призма Дове; 3, 4 — отклоняющие гальванометры по координатам X и Y; 9 — плоскость сканирования; устройство управления дефлектором (УУД).

Оптическая схема дефлектора, включающая в себя гальванометры 3, 4, объективы 2, 5, 7, 8 и призму Дове 6, характеризуется минимальными геометрическими искажениями выходного раstra и описана в [2].

Работа УУД основана на применении специального квазиоптимального управления [3] гальванометрами дефлектора. Гальванометры в этом случае рассматриваются как линейные системы второго порядка. Переключение гальванометров из одного статического состояния в другое, характеризуемых токами I_1 и I_2 , осуществляется путем выдачи УУД последовательности ускоряющих I_3 и тормозящих I_4 импульсов тока:

$$I(t) = I_1\Pi(t) + (I_3 - I_1)\Pi(t - T_1) + (I_4 - I_3)\Pi(t - T_2) + (I_2 - I_4)\Pi(t - T_3) + (I_3 - I_2)\Pi(t - T_4) + (I_4 - I_3)\Pi(t - T_5) + (I_2 - I_4)\Pi(t - T_6),$$