

ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ ФОТОНИКИ

УДК 535.241.13 : 237.228

А. В. ГУК, П. И. КОЛЕННИКОВ, В. Р. МАЛАХОВСКИЙ, Е. Г. ПАПЕРНО
(Минск)

ИССЛЕДОВАНИЕ МУЛЬТИПЛЕКСНЫХ МЕТОДОВ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ МОДУЛЯЦИИ СВЕТА В ОДНОМЕРНЫХ ЦТСЛ КЕРАМИЧЕСКИХ ПВМС

Мультиплексные методы пространственно-временной модуляции светового потока позволяют существенно сократить объем управляющих электронных схем при сохранении высоких светомодуляционных параметров многоэлементных электрооптических приборов. Подобные методы характеризуются тем, что каждый электронный канал поочередно управляет рядом световых клапанов (СК), принадлежащих к различным последовательно селективируемым электрооптическим модулям. Число управляющих электронных каналов при этом равно количеству СК в одном модуле, которое обычно составляет от нескольких десятков до нескольких сотен. С учетом схем управления селектором электрооптических модулей минимальное число электронных каналов в пространственно-временном модуляторе света (ПВМС), имеющем N СК, может составлять лишь $2\sqrt{N}$.

Параэлектрическая керамика ЦТСЛ 9/65/35 является весьма удобным модулирующим материалом для мультиплексных ПВМС, поскольку ее электрофизические характеристики, и в частности диапазон рабочих частот ($\omega \geq 1$ МГц), дают возможность создавать многоэлементные приборы с достаточно высоким быстродействием (10—100 кГц), несмотря на потери, связанные с мультиплексированием управления.

В процессе работы мультиплексного ЦТСЛ керамического ПВМС селекция электрооптических модулей может осуществляться оптическим либо электронным путем. В предложенном нами устройстве [1] реализуется оптический способ. ПВМС в этом случае состоит из двух последовательно расположенных линеек СК, помещенных в скрещенных поляризаторах (рис. 1, а). Одна из линеек является информационной и содержит m модулей, каждый из которых имеет систему из $(n+1)$ параллельных электродов, образующих n информационных СК аналогично ПВМС со встречно-штыревой электродной структурой [2]. Одноименные электроды всех модулей объединены, и общее число управляющих входов в этой линейке составляет $(n+1)$. Вторая линейка, оптически сопряженная с первой, осуществляет селекцию ее электрооптических модулей. Все СК второй линейки разделены на m групп (по количеству модулей в первой линейке), а каждая группа имеет n одновременно включаемых СК (по числу СК в отдельном модуле). Как видно из рис. 1, а, такой ПВМС, обладая $m \times n$ оптическими каналами модуляции, требует только $(n+m+2)$ управляющих электронных каналов.

Работа прибора аналогична работе динамического двумерного ПВМС с разнесенной матрицей СК [3]. В каждый конкретный момент времени

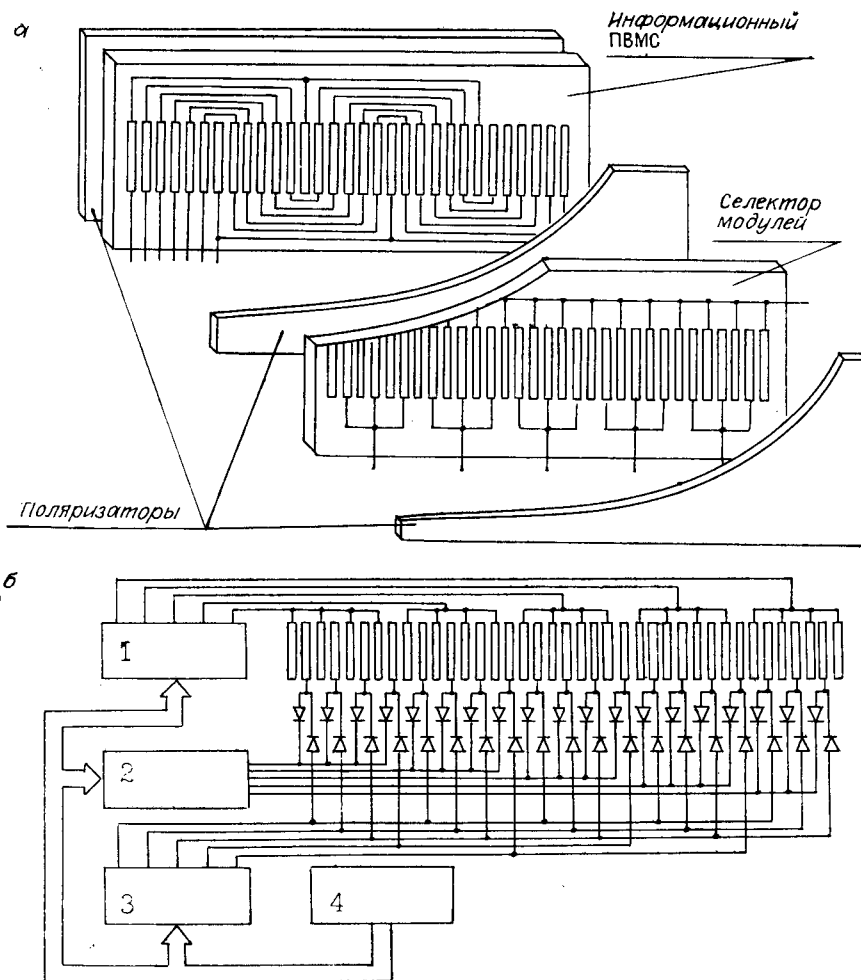


Рис. 1. Мультиплексный ПДМС с оптической (а) и электронной (б) селекцией модулей.
 1—3 — блоки ключей разрешения, стирания и информационных ключей соответственно; 4 — информационный канал

модуляция светового потока осуществляется только в том электрооптическом модуле первой линейки СК, селекция которого обеспечивается включением в это же время соответствующей группы СК второй линейки — селектора модулей. Особенностью рассматриваемой конструкции является то, что в первой линейке СК каждый электрод с номерами 1 и $(n + 1)$ обслуживает одновременно два смежных электрооптических модуля, примыкающих к данному электроду. При этом нумерация электродов в четных модулях противоположна нумерации в нечетных. Такая конфигурация позволяет сохранить неизменной ширину электрода при переходе от одного модуля к другому без сбоев шага расположения СК и упростить электрическую коммутацию информационных электродов. Коммутационные шины в этом случае выполняются фотолитографическим путем одновременно с самими электродами на той же ЦТСЛ керамической пластине.

Мультиплексные ПДМС с оптической селекцией модулей характеризуются сравнительной простотой при высокой степени интеграции СК, что обусловлено встречно-штыревой конструкцией их электродных систем. Их контрастные характеристики не отличаются от соответствующих параметров встречно-штыревых ПДМС. Экспериментально получены значения контраста 150 : 1 для образцов толщиной 0,25 мм с односторонними электродами, ширина которых была равна величине межэлектрод-

ных промежутков и составляла 0,1 мм. Исследования проводились для света с длиной волны $\lambda = 633$ нм при частоте управляющих сигналов 10 кГц. Однако такие приборы обладают двумя характерными недостатками. С одной стороны, использование трех поляризаторов, имеющих значительное собственное поглощение света, существенным образом снижает оптическую эффективность устройства: максимальное светопропускание цикла:

$$\langle M \rangle = \frac{1}{T_{\text{ц}}} \int_0^{T_{\text{ц}}} M(t) dt.$$

В результате рассматриваемые ПВМС характеризуются низким коэффициентом использования светового потока, что ограничивает область их возможных применений [4].

Более высокими оптическими параметрами обладают мультиплексные ПВМС с электронной селекцией модулей. В этом случае СК каждого модуля выполняются по схеме с общим электродом, подача на который разрешающего потенциала и обеспечивает селекцию конкретного модуля в процессе работы ПВМС [5].

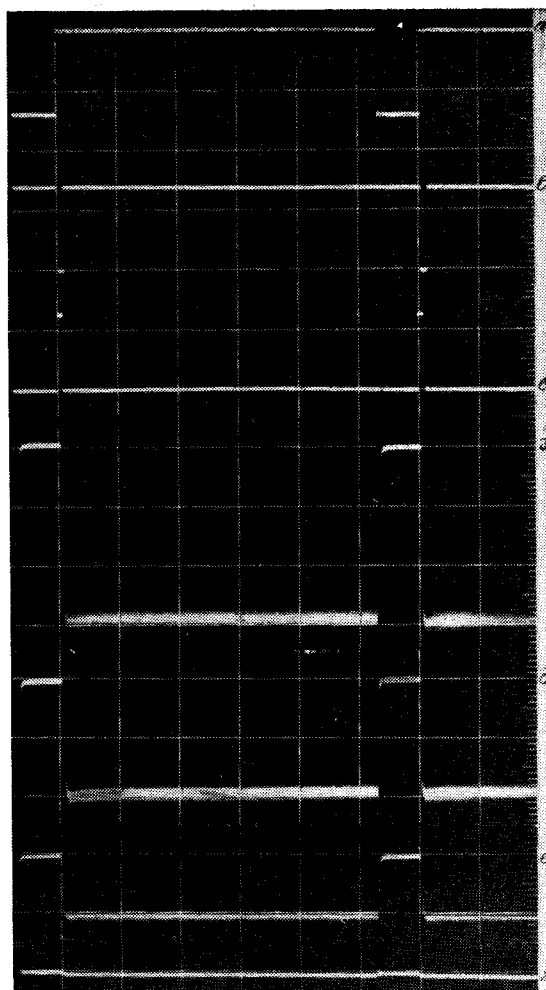
Эффективность мультиплексного метода пространственно-временной модуляции света в приборах с электронной селекцией модулей повышается, если каждый СК модулятора функционирует в режиме динамической электрооптической «памяти» [6]. Такой режим обусловлен длительным релаксационным разрядом электрической емкости через высокоомный элемент и формируется с помощью диодных развязок между электродами, образующими СК, и шинами управления (рис. 1, б). При этом, если, например, в жидкокристаллических приборах, электрическая емкость СК которых мала (≈ 1 пФ), реализация такого режима требует специальных накопительных конденсаторов, заряд на которых искусственно поддерживает СК в возбужденном состоянии, то ЦТСЛ керамические ПВМС позволяют отказаться от подобного конденсаторного ЗУ. Типичное значение собственной емкости ЦТСЛ керамического СК составляет величину порядка 100 пФ при пренебрежимо малых токах утечки, что дает возможность использовать в качестве накопительного конденсатора непосредственно емкость СК.

Осциллограммы на рис. 2 иллюстрируют мультиплексный метод пространственно-временной модуляции света в экспериментальном ЦТСЛ керамическом ПВМС, СК которого работают в режиме динамической памяти. ПВМС был создан по стандартной технологии микроэлектроники и имел одностороннюю систему электродов на ЦТСЛ керамическом образце толщиной 0,25 мм. Ширина электродов и рабочий зазор между ними составляли по 0,1 мм.

В исходном состоянии ключи разрешения 1 (см. рис. 1, б) закрыты, что обуславливает высокий импеданс в цепи общего электрода каждого электрооптического модуля. Аналогично запертые ключи стирания 2 поддерживают высокий импеданс в цепях шин стирания. При занесении информации в определенный модуль предварительно вырабатывается сигнал стирания (рис. 2, а), который, снимая заряд со всех СК данного модуля, осуществляет подготовку его к очередному рабочему циклу. Далее, синхронно с поступлением на шины входных данных распределения потенциалов, соответствующего информационному слову, которое необходимо занести в этот модуль, формируется сигнал разрешения (рис. 2, б). Общий электрод модуля коммутируется на «землю», и происходит заряд СК до напряжения, определяемого управляющим сигналом записи

Рис. 2. Осциллограммы мультиплексного ПВМС с электронной селекцией модулей:

сигналы стирания (а) и разрешения (б), информационный сигнал (в), оптические отклики при амплитуде информационного сигнала 250 В (г), 200 В (д), 150 В (е) и 0 В (ж). Масштаб по оси ОХ 100 нс/см



(рис. 2, в). После этого восстанавливается высокий импеданс в цепи общего электрода, и модуль переходит в режим хранения. Значительная величина постоянной времени разряда собственной емкости СК через обратное сопротивление диода ($RC = 0,3$ с при использовании диодов КД 102 Б) позволяет сохранять практически неизменным уровень возбуждения СК в течение временных интервалов, на два-три порядка превышающих длительность управляющих электрических импульсов ($t_{в} = 10^{-5}$ с). Пропускание СК в течение всего этого времени однозначно определяется параметрами управляющего сигнала (рис. 2, г — ж). Продолжающийся при этом процесс записи данных в другие электрооптические модули ПВМС не влияет на уже занесенную информа-

цию, что обусловлено диодными развязками информационных электродов и высоким импедансом в цепи общего электрода каждого не адресуемого в данный момент модуля. Обеспечиваемый оптический контраст составляет величину 100:1. Очевидно, что в рассматриваемом ПВМС мультиплексный режим фактически не снижает интегральную глубину модуляции света, поскольку в отличие от ПВМС с оптической селекцией модулей уровень возбуждения включенных СК остается почти неизменным в течение всего рабочего цикла $T_{ц}$ вплоть до поступления стирающего импульса. Длительность последнего на практике не превышает длительности записываемого сигнала, т. е. мала в сравнении со временем $T_{ц}$ (на осциллограммах рис. 2 длительность стирающего сигнала увеличена для большей наглядности).

Электронная селекция электрооптических модулей в сочетании с режимом динамической «памяти» позволяет организовать аналоговое управление ПВМС. При этом вместо каждого ключа записи используется цифроаналоговый преобразователь с усилительным каскадом на выходе, который формирует управляющий импульс напряжения с амплитудой, соответствующей коду, поступающему из информационного канала. На рис. 3, а приведена осциллограмма последовательности сигналов управления, амплитуда которых возрастает от нуля до 300 В с равномерным шагом 20 В. Соответствующий оптический отклик СК представлен осциллограммой на рис. 3, б. Каждый уровень возбуждения СК удовлетворительно сохраняется до очередного цикла записи, что позволяет в процессе работы воспроизводить стабильную шкалу серых тонов.

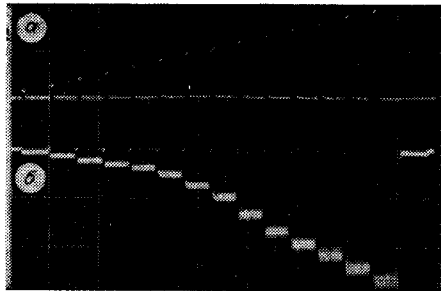


Рис. 3. Осциллограммы, характеризующие режим воспроизведения серой шкалы мультимплексным ПВМС с электронной селекцией модулей:

a — управляющий электрический сигнал (масштаб по оси *OY* 150 В/см); *b* — оптический отклик (масштаб по оси *OX* 200 нс/см)

Таким образом, мультимплексные ЦТСЛ керамические ПВМС могут эффективно использоваться как для цифровой, так и для аналоговой модуляции световых потоков. В цифровом режиме обеспечивается оптический контраст не ниже 100:1, в аналоговом — стабильное воспроизведение не менее восьми градаций равномерной шкалы серых тонов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. с. 1211889 СССР. Фотоэлектрический преобразователь перемещения в код / В. А. Пилипович, А. В. Гук, В. Р. Малаховский и др. — Заявл. 26.04.84; Опубл. 15.02.86, Бюл. № 6.
2. Пилипович В. А., Малаховский В. Р., Гук А. В. и др. Многоканальный электрооптический модулятор на основе прозрачной керамики ЦТСЛ 9/65/35 // ПТЭ. — 1987. — № 2.
3. Тейлор Дж. Метод матричной выборки в схемах оптических вентилях с использованием оптической разности хода и вращения плоскости поляризации // ТИИЭР. — 1970. — 58, № 11.
4. Васильев А. А., Касасент Д., Компанец И. Н., Парфенов А. В. Пространственные модуляторы света. — М.: Радио и связь, 1987.
5. Pat. 4458989 USA. Electro-optic addressing apparatus and novel modulator configurations for use therein / Pin-Seng Tschang. — Publ. 10.07.84.
6. Гук А. В., Коленников П. И., Пилипович В. А. Устройство ввода информации в ГЗУ на основе ЖК управляемого транспаранта // Автометрия. — 1979. — № 1.

Поступила в редакцию 18 февраля 1988 г.

УДК 681.383.181.48 : 681.327.68.778.38

В. А. ЛАБУСОВ, И. В. ПЛЕХАНОВА, Л. В. ФИНОГЕНОВ
(Новосибирск)

ИССЛЕДОВАНИЕ АПЕРТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТОДИОДНЫХ ЛИНЕЕК

Интегральные линейки фотоприемников широко используются в оптико-электронных системах различного назначения в качестве приемников оптического сигнала. Причем наибольшее распространение получили фоточувствительные линейки на ПЗС [1] и МДП фотодиодные линейки [2]. Последние в сравнении с ПЗС-устройствами обладают рядом преимуществ: требуют менее сложных схем управления, в них отсутствуют явления блюминга и неэффективности переноса заряда.

При разработке прецизионных измерительных систем на основе фотодиодных линеек, в которых точность определения параметров светового распределения должна быть сравнима или выше, чем пространственный период элементов [3], необходимо знать апертурные характеристики используемых фотоприемников. Под апертурной характеристикой $A(x, y)$ понимается зависимость эффективности сбора носителей