

А. В. Дзянович, Г. В. Снитцын, С. П. Аглодастевич

## МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ОПТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ В ПЛАНАРНЫХ МАТРИЦАХ БИСТАБИЛЬНЫХ ПИКСЕЛЕЙ

Взаимовлияние бистабильных элементов, являющееся проявлением поперечных эффектов оптической бистабильности, может служить базисом для разработки новых архитектурных решений в оптических системах обработки и передачи информации. Ранее были продемонстрированы результаты экспериментальной реализации элементарного звена сдвигового регистра и кольцевого планарного процессорного элемента [1, 2], состоящих из связанных поперечными взаимодействиями групп оптически бистабильных пикселей в плоскости вакуумно-напыленного тонкопленочного полупроводникового интерферометра (ТПИ) Фабри-Перо. Подобные цепи могут обеспечить направленный транспорт цифровых сигналов и их обработку, в том числе последовательно-параллельное и обратное преобразование потоков данных, выполнение логических и арифметических операций и т. п. В настоящей работе мы представляем цепь, обеспечивающую мультиплексирование, демультиплексирование и разветвление потоков данных в плоскости гексагональной матрицы бистабильных пикселей.

В такой матрице каждый пиксель с тремя ближайшими соседями можно представить как узел соединения трех планарных каналов транспорта информационного сигнала, и в зависимости от направления транспорта может выполнять роль мультиплексора с одним выходом и двумя входами (формат  $2 \times 1$ ), либо демультиплексора (формат  $1 \times 2$ ).

Сдвиг цифровых данных обусловлен распространением волн переключения вдоль цепи пикселей. Алгоритм управления стадиями сдвига, а также условия, определяющие выбор уровней мощности излучения и плотность размещения пикселей в матрице подобны описанным в [1, 2]. Вид последовательности, определяющей работу узла в режиме демультиплексора, показан на рис. 1. Состояние исходно выключенного пикселя, подсвечиваемого пучком с мощностью, входящей на гистерезисную область передаточной характеристики пикселя, будем называть чувствительным, поскольку в нем реализуется условие поперечного распространения состояния от включенного соседнего

пикселя. Ниже временной диаграммы схематически показаны соответствующие стадии последовательного движения битов в цепи со входа (верхний пиксель) к выходам (нижние левая и правая двухпиксельные цепочки). Все три крайних пикселя цепи тактируются фазой 1, центральный - фазой 2, а каналобразующие соседни соответственно 3а и 3б. Сигнал, диаграмма которого помечена  $W_r$ , представляет изменения мощности добавочного пучка для входного (верхнего) пикселя цепи, задающего входной поток данных для демультиплексора. С его помощью производится принудительная запись состояния данного пикселя в течение средней трети активного состояния фазы.

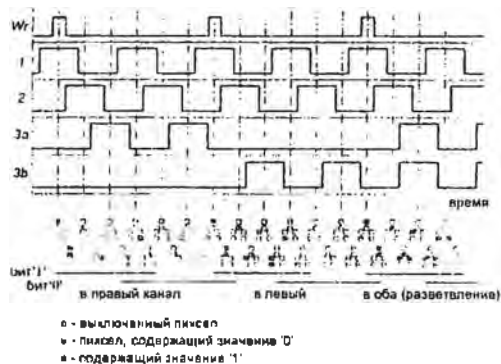


Рис. 1. Схема тактирования пикселей в планарном демультиплексоре и соответствующие фазы транспорта битов по цепи

Схематически изображенные состояния пикселей узла в соответствующие моменты времени иллюстрируют выполнение последовательных операций транспорта двоичного числа "01" в правый выход, затем в левый, и наконец, в оба одновременно. Такой транспорт может интерпретироваться как демультиплексирование одного входного канала в два выходных, а последнюю из операций можно рассматривать как разветвление сигнала. Отметим также, что в условиях отсутствия тактирования одного из каналов другой можно рассматривать как звено линейной савиговой цепи, или что тоже, сдвигового регистра [1]. Отрезки линий ниже схематических изображений стадий работы узла соответствуют времени прохождения каждого из входных битов по цепи.

Мультиплексирование двух входных каналов в один выходной

происходит в той же схеме тактирования, но ось времени принимает противоположное направление, а назначение входов и выходов цепи меняется на противоположное. Особенностью функционирования схемы в режиме мультиплексора является возможность состояния коллизии, «симметричное» для функции расщепления потока данных в демультимплексоре. При разработке схемотехники планарных узлов следует либо принимать дополнительные меры по устранению коллизий, либо вводить в алгоритм планарных цепей обработки данных их учет. Конфликты мультиплексирования устраняются, если тактовые последовательности для обоих каналобразующих входных пикселей никогда не переводят их в чувствительное состояние одновременно.

Экспериментальное моделирование узла, определение режимов работы и устойчивости транспорта информационного сигнала выполнялись на стенде, описание которого приведено в [3], с использованием в качестве бистабильной среды вакуумно-напыленного ТПИ с промежуточным слоем из ZnS. Пиксели диаметром  $\sim 20$  мкм формировались фокусировкой подсвечивающих лучков объективом с фокусным расстоянием  $f = 58$  мм. Межпиксельное расстояние составляло около 40 мкм между их центрами. Мощность включения для одиночного пикселя при этом достигала 15–20 мВт. Использование объектива с  $f = 17$  мм позволило уменьшить размер пикселя до 7 мкм, межпиксельные расстояния до 12–15 мкм, а соответствующие мощности световых лучков до 5–10 мВт. Рассогласование рабочих точек бистабильных пикселей из-за неточностей в пространственном распределении их по узлам матрицы приводило к увеличению указанных уровней мощности на 10–20 %. Характерные времена переключения пикселей находились в пределах 50 и 10 мкс для одиночных элементов с размерами 20 и 7 мкм соответственно. Поперечная трансляция состояния происходила за времена в 2–3 раза большие.

Также в экспериментах использовался жидкокристаллический интерферометр. Зеркала интерферометра с  $R = 57$  % разделялись кольцевой тефлоновой прокладкой толщиной 25 мкм. Зазор между зеркалами заполнялся жидкокристаллической средой ЖК 5СВ, допированной красителем метиловый красный. Высокий коэффициент нелинейности  $n_2 \sim 10$  см<sup>2</sup>/Вт [4] позволил снизить мощности в управляющих пучках до уровня 100–150 мкВт без тщательной оптимизации параметров интерферометра и нелинейной среды, заполняющей резонатор. Времена переключения в такой системе возросли до 35 мсек. При существен-

ном превышении управляющих мощностей над порогом наблюдались скачкообразные изменения структуры светового поля прошедших и отраженных пучков в ходе трансляции информационных битов. Тем не менее поведение моделируемой цепи осталось качественно подобным наблюдаемому в образцах ТПМ.

Рис. 2, 3 представляют серии снимков изображения бистабильной матрицы, зафиксированных при помощи TV-камеры. Серии иллюстрируют работу узла по транспорту единичного бита в режиме демультиплексора. На рис. 2 представлены все стадии трансляции состояния, соответствующие коммутации единичного бита в левый канал. Отметим, что одновременно в цепи бывают во включенном состоянии (точнее, чувствительном, поскольку при транспорте нулевого бита пиксели во включенное состояние не переходят) не более двух соседних пикселей. Снимки были сделаны на протяжении нескольких циклов транспорта сигнала ввиду ограниченного быстродействия системы захвата кадров. Каждый цикл повторял временную диаграмму тактирования, представленную на рис. 1.

Аналогичным образом реализован режим продолжительной работы узла в режиме мультиплексора.

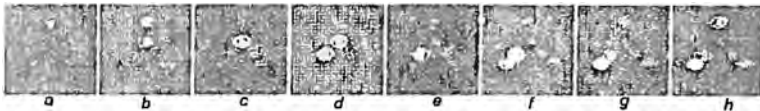


Рис. 2. Снимки последовательных фаз транспорта единичного бита в левый выход демультиплексора

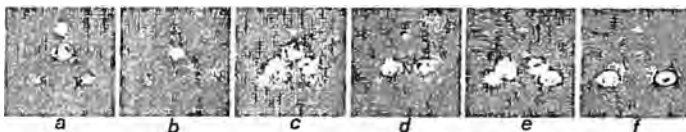


Рис. 3. Разветвление потока данных в цепи

Наконец, при одновременном тактировании ближайших к центральному узлу выходных пикселей продемонстрировано разветвление сигнала с одного входа на два выхода (рис. 3). Если предыдущие серии отражают алгоритм, инверсия которого приводит к операции мультиплексирования каналов по времени с форматом передачи данных  $2 \times 1$ , то результатом функциональной инверсии разветвителя является планарный двухходовый логический элемент "ИИП".

Таким образом, в результате работы экспериментально опробован ряд полностью оптических двумерных единичных устройств, использующих возможности каналов передачи данных между процессорными элементами в плоскости одной матрицы, для разработки вычислительных устройств с "поперечной" архитектурой. Продемонстрирована неспецифичность предлагаемой концепции планарных полностью оптических устройств транспорта и обработки цифровых информационных сигналов по отношению к выбору бистабильной среды. Определены особенности выбранных алгоритмов сдвига цифровых оптических информационных сигналов в различных условиях работы узла. Отмечено, что узел способен не только к мультиплексированию и демultipлексированию потоков данных, но и к работе в качестве разветвителя с сохранением исходной амплитуды сигнала, а также к выполнению отдельных логических операций.

Работа выполнена при частичной поддержке Белорусского республиканского Фонда фундаментальных исследований, проект Ф01-277.

#### Литература

1. All-Optical Implementation of Information Shift on the Base of Transverse Effects in Optical Bistability / G.V. Sinitsyn, S.P. Apanasevich, A.V. Lyakhovich, F.V. Karpushko // SPIE series. 1993. Vol. 1806 P. 559-565
2. Планарный кольцевой регистр сдвига для цифровых систем оптической обработки информации / А.М. Гончаренко, Г.В. Синицын, С.П. Апанасевич, А.В. Ляхнович // Изв. Гомельского гос. университета им. Ф. Скорины. Проблемы взаимодействия света с веществом 2001. Т. 8, № 5 С. 46-50
3. Ляхнович А.В., Синицын Г.В., Апанасевич С.П. Применение компьютерного управления в эксперименте по моделированию полностью оптических планарных цепей // Настоящий сборник С. 127-131
4. Extremely nonlinear photosensitive liquid crystals for image sensing and sensor protection / I.C. Khoo, M.V. Wood, M.Y. Shih, P.H. Chen // Optics Express 1999, Vol. 4, P. 432-442.