

Оптический коммутатор может быть создан на поверхности одной подложки, например сапфировой с толщиной 50—100 мкм, на которой с помощью технологии КНС (кремний на сапфире) сформированы пороговые фотоприемники, электрооптические слои, электроды (в том числе прозрачные для света). С учетом вышеуказанных энергетических затрат на переключение одного логического элемента можно оценить производительность структуры как  $10^{14}$  Гц · вентиль/см<sup>3</sup>.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аишев П. А., Ачасова С. М., Бандман О. Л. и др. Методы параллельного микропрограммирования.— Новосибирск: Наука, 1981.
2. Косцов Э. Г., Мишин А. И. Особенности построения оптических ЦВМ // Микроэлектроника.— 1977.— 6, вып. 2.
3. Егоров В. М., Косцов Э. Г. Перспективы создания оптических цифровых высокопроизводительных вычислительных устройств // Автометрия.— 1985.— № 4.
4. Lee S. H., Esener S. C., Title M. A., Drabik T. J. Two-dimensional silicon/PLZT spatial light modulators: design considerations and technology // Opt. Eng.— 1986.— 25, N 2.— P. 250.
5. Esener S. C., Wang J. H., Drabik T. J. e. a. One-dimensional silicon/PLZT spatial light modulators // Opt. Eng.— 1987.— 26, N 5.— P. 406.
6. Келдыш Л. В. О влиянии сильного электрического поля на оптические характеристики непроводящих кристаллов // ЖЭТФ.— 1958.— 34, № 5.
7. Wood T. H., Burrus C. A., Miller D. A. B. e. a. High-speed optical modulation with GaAs/GaAlAs quantum well in a p-i-n diode structure // Appl. Phys. Lett.— 1984.— 44(1).— P. 16.
8. Miller D. A. B., Chemla D. S., Damen T. C. e. a. The quantum well self-electrooptic effect device: optoelectronic and oscilation and self-linearized modulation // IEEE J. Quantum Electron.— 1985.— QE-21.— P. 1462.
9. Мустель Е. Р., Парыгин В. П. Методы модуляции и сканирования света.— М.: Наука, 1970.
10. Вапюрихин А. И., Герчановская В. П. Опτικο-электронные поляризационные устройства.— Киев: Техника, 1984.
11. Жук Б. В., Зленко А. А., Прохоров А. М. и др. Быстродействующий фототранзистор на гетероструктуре // ФТП.— 1988.— 22, № 8.
12. Анцыгин В. Д., Косцов Э. Г., Стерелюхина Л. П. Импульсная электрооптическая модуляция света в тонких сегнетоэлектрических пленках // Автометрия.— 1983.— № 5.
13. Antsigin V. D., Egorov V. M., Kostsov E. G. e. a. Ferroelectric properties of thin strontium barium niobate films // Ferroelectrics.— 1985.— 63.— P. 235.
14. Smith P. W. On the physical limits of digital optical switching and logic elements // The Bell Syst. Techn. J.— 1982.— 61, N 8.— P. 1975.
15. Каляев А. В. Однородные коммутационные регистровые структуры.— М.: Сов. радио, 1978.

*Поступила в редакцию 26 декабря 1988 г.*

УДК 681.325

**В. Р. ГРИГОРЬЕВ, С. М. КОЛОБАШКИН**  
(Москва)

#### РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА СБОРКИ ВЕКТОРА НА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОМ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКОМ КОММУТАТОРЕ

При решении массовых задач на параллельном процессоре необходимо иметь специальное устройство, поддерживающее эффективную загрузку всех обрабатывающих элементов. Эта необходимость приводит к требованию сбора и уплотнения результатов по окончании определенного этапа выполнения программы, а также перераспределения данных по обрабатывающим элементам. Эффективное выполнение операций перестройки и преобразования структур данных становится одним из клю-

чевых моментов в организации быстрых вычислений и обработки данных при использовании параллельных процессоров типа матричных клеточных автоматов [1—3].

Создание средствами традиционной микроэлектронной технологии специализированных аппаратных средств, выполняющих с большой скоростью достаточно широкий набор таких операций с многозарядными входными операциями, представляет сложную задачу. Подобные устройства при большом количестве коммутационных узлов  $S$  ( $S > 2^5$ ) требуют соответствующего объема оборудования и наличия громоздкой и сложной сети коммутационных связей. Реализация переключательных сетей электронными методами вызывает трудности, связанные с проблемами переключения проводников, многокаскадности схем, что в конечном итоге приводит к увеличению задержек при распространении сигнала. К существенным недостаткам электронных коммутаторов, используемых в параллельных матричных ЭВМ, можно отнести и ограниченный набор коммутаций вследствие неполного сочетания связей коммутационных элементов. Как правило, такие коммутаторы являются неполнодоступными [4]. Ввиду сложности организации динамических сетей с перекрестными соединениями, выполняемыми электронными способами (требуется  $S^2$  переключателей), обычно используются более простые сети, например: Vaseline [5], Omega [6], двоичная сеть  $n$ -Cube [7], Banyan [8], сеть с полным перебором [9]. Они требуют меньше переключателей, чем коммутатор с перекрестными соединениями, но их показатели хуже. Так как переключательные сети фиксированы для данного вида вычислений и изменение их производится редко, основное внимание при создании таких сетей уделяется параллелизму, т. е. числу каналов, а не быстродействию. Однако при этом обнаруживается проблема, связанная с правилом Рента: количество выводов на единичном кристалле ограничивает размерность сети, которая может быть интегрирована в нем.

Одной из возможных альтернатив созданию эффективных коммутирующих сетей большой размерности становится использование для этих целей оптики [10].

Перспективность использования оптического коммутатора обусловлена присущими ему отличительными от электронного аналога свойствами: возможностью быстрой параллельной передачи массива данных по многим каналам со скоростью света; четким переключением на частотах, близких к оптическим (управляемый свет обеспечивает передачу сигналов с частотами порядка  $10^{14}$  Гц); возможностью коммутации потоков данных в плоскости и объеме, т. е. трехмерной организацией коммутирующей сети; возможностью произвольного изменения узора соединений в процессе коммутации за счет формирования в устройстве новых масок (рисунков) соединений в соответствии с управляющими сигналами; эффективной межканальной развязкой при ширине пропускания в несколько мегагерц, т. е. благодаря слабому фотон-фотонному взаимодействию снимается проблема отделения одного оптического импульса от другого, что резко увеличивает помехоустойчивость системы в целом.

Комплексное использование указанных свойств стало основой проектирования специализированных электрооптических коммутаторов (ЭОК) на основе трехмерных оптических интегральных схем (ТМ ОИС), выполняющих операции преобразования структур данных в параллельных матричных процессорах.

Создание оптических (оптоэлектронных) коммутаторов матричного типа на основе тонкопленочных многослойных структур позволит резко сократить объем оборудования, значительно повысить быстродействие, качественно изменить процесс преобразования, так как в этом случае возможна реализация произвольного узора соединений в соответствии с алгоритмом преобразования без необходимости подключения новых наборов вентиляльных переключателей, как это имеет место в электронных аналогах. Таким образом, в подобных устройствах реализуется принцип настройки в зависимости от данных, т. е. от входных наборов аргументов.

В ТМ ОИС все каналы связи могут быть изготовлены в едином технологическом процессе, что приведет к однородности соединений во всем объеме устройства при известных преимуществах диэлектрического канала.

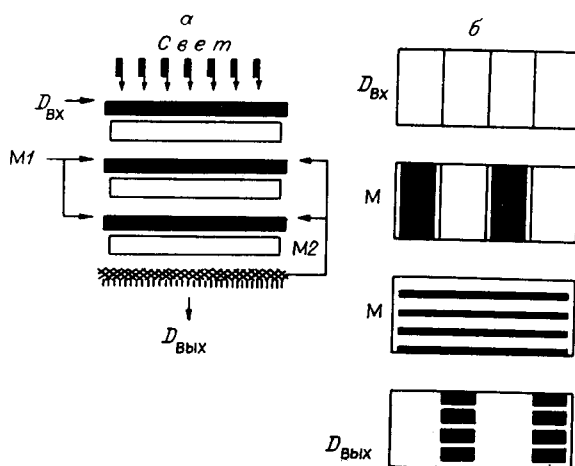
Такой подход прокладывает дорогу к созданию достаточно простых многоканальных оптических вычислительных устройств, способных работать в сочетании с обычными микроэлектронными СБИС.

Создание многослойных интегрально-оптических структур требует отработки технологии последовательного нанесения тонких электрооптических слоев. Реальность получения тонких пленок сегнетоэлектриков, обладающих переключаемыми характеристиками, показана в [11]. Проведенные исследования демонстрируют также способ создания многослойных электрооптических структур в интегральном исполнении по технологии, совместимой с технологией изготовления современных СБИС.

Принципиальной является возможность обеспечения связей ячеек в качестве примера реализации многоразрядных функционально ориентированных коммутаторов на ТМ ОИС рассматривается устройство, выполняющее характерную для параллельных матричных процессоров операцию уплотнения информации (операцию сборки). По такому же принципу действия реализуются ТМ-устройства, осуществляющие операцию разборки, а также комплексные устройства, которые производят на базе этих операций полную коммутацию (сборка-разборка)  $S$ -разрядных входных операндов данных в соответствии с  $S$ -разрядной управляющей маской.

**Организация работы и структура многоразрядного ЭОК на основе ТМ ОИС.** Электрооптический коммутатор (см. рисунок) представляет собой многослойную трехмерную структуру из последовательно нанесенных тонкопленочных электрооптических слоев (на рисунке показаны черным цветом), совмещенных со слоями прозрачных электродов, и матрицы фотоприемников со встроенной сетью цепей управления (см. рисунок, *а*).

Входной  $S$ -разрядный вектор маски  $M1$  разбивается на  $S/k$  групп разрядов, поступающих в коммутационные ячейки ЭОК ( $k$  — размерность ячейки). На рисунке, *б* показана 4-разрядная коммутационная ячейка (КЯ). С помощью аппаратно реализованной таблицы группа разрядов упорядочивается таким образом, что единичные разряды сводятся в крайние левые свободные разряды (эта процедура осуществляется одновременно в каждой КЯ).



Новый вектор отсекается на  $k/2$  разрядов слева и справа. Усеченный вектор из  $(S - k)$ -разрядов в виде маски  $M2$  вновь поступает на входы КЯ. Для  $M2$  повторяется та же процедура, что и для  $M1$ . К полученному результату добавляются (на «своем месте») оставшиеся  $k$  разрядов  $M1$ , и новый  $S$ -разрядный вектор снова поступает на входы КЯ. Так продолжается до тех пор, пока со всех КЯ

одновременно не поступит сигнал «Нет сдвига». На этом процесс коммутации заканчивается.

Физически это достигается за счет табличной реализации закона коммутации в ТМ-структуре. Управляющая маска М1 поступает во второй и третий слои ЭОК (см. рисунок, а), устанавливая соответствующие модуляторы света (вертикальные и горизонтальные полоски на рисунке, б) в режим пропускания или затемнения. Операция выполняется в 1-м канале обработки, если 1-й разряд маски равен 1, и не выполняется, если этот разряд равен 0. Необходимое для организации внутренних коммутаций большое количество связей задается с помощью направленного лучка света от одного общего источника, пронизывающего всю многослойную структуру. Каждое «окошко» для отдельного разряда поступающей на вход битовой последовательности является отдельным вычислительным каналом (система по вертикали ТМ-структуры односвязна, т. е. информация проходит последовательно через все слои по фиксированным путям по принципу один в один). Переменная 0 в маске относится к нулевой передаче света или к непрозрачному «окошку» в маске, переменная 1 — к полному прохождению света или открытому «окошку». Использование прозрачности электрооптических пленок для организации входной картинки из открытых и закрытых «окошек» в качестве маски обеспечивает фиксированную топологию соединений в ТМ-структуре (см. рисунок, б). Возбужденная прошедшим через электрооптические слои светом комбинация элементов в фотоприемной матрице ( $D_{\text{вых}}$  на рисунке, б) есть результат коммутации в соответствии с управляющей маской М. После этого через верхнюю пленку организуется входной поток данных в оптическом коде в виде матрицы бинарных изображений (см.  $D_{\text{вх}}$  на рисунке).

Таким образом, работа ЭОК складывается из двух процессов: задания режима коммутации и перекачки данных. При этом в конструкции устройства ЭОК реализованы основные принципы работы: 1) параллельные электрические цепи используются для управления ЭОК на ТМ-структуре и для питания фотоприемной матрицы; 2) параллельные функциональные связи осуществляются по оптическим каналам.

**Реализация алгоритма сборки вектора.** Одной из важных задач при организации параллельных вычислений является следующая. Пусть в  $n$  из  $S$  процессорных элементов (ПЭ) получены промежуточные результаты вычислений. Для упорядочивания дальнейшей работы требуется, используя коммутационные связи между ПЭ, переслать полученные результаты из памяти одного ПЭ в память другого таким образом, чтобы все промежуточные результаты располагались в памяти первых  $n$  процессорных элементов [13].

Так как признаком наличия промежуточного результата может служить 1, а признаком отсутствия — 0, записанные в одноименный разряд памяти каждого ПЭ, то операции сравнения можно проводить не с самими промежуточными результатами, а с элементами  $S$ -мерного вектора из 0 и 1 признаков этих результатов. Следует отсортировать этот вектор так, чтобы в первых  $n$  позициях были записаны 1, а в остальных  $S - n$  позициях — 0. Такая задача называется задачей сборки вектора [13]. Рассмотрим реализацию алгоритма сборки вектора с помощью предложенного коммутатора. Введем ряд обозначений:

$V_0$  — исходный вектор из 0 и 1 длины  $S$ , для которого будет осуществлена сборка;

$V_i$  — вектор, получающийся из  $V_0$  после  $i$  коммутации,  $V_{ij}$  —  $j$ -я компонента вектора  $V_i$ ;

$X_j$  — множество натуральных чисел от  $(j-1)k+1$  до  $jk$ , где  $k$  — величина сдвига в коммутаторе,  $0 < j < S/k + 1$ ;

$Y_j$  — множество натуральных чисел от  $(j-1)k + k/2 + 1$  до  $jk + k/2$ , где  $0 < j < S/k$ ,  $R(i, V)$  — номер такого равного 1 элемента вектора  $V$ , что ровно  $i-1$  элементов с номерами, меньшими  $R(i, V)$ , тоже равны 1;

$S(i, j, V)$  — вектор длины  $j - i + 1$ , компоненты которого соответственно равны  $V_i, V_{i+1}, \dots, V_j$ ;

КНН — коммутация с нечетным номером, т. е. получение вектора  $V_j$  из вектора  $V_{j-1}$ , где  $j > 0$  — нечетное число. При этом осуществляется одновременная сборка тех частей вектора  $V_{j-1}$ , компоненты которых имеют номера из одного множества  $X_i, 0 < i < S/k + 1$ ;

КЧН — коммутация с четным номером. Определяется аналогично КНН, только берутся не  $X_i$ , а  $Y_i, 0 < i < S/k$ . К вектору  $V_0$  применяется КНН, к полученному результату — КЧН, затем вновь КНН и т. д., пока не завершится сборка вектора. Приведем этот процесс:

Сборка вектора ( $S = 8, k = 4$ )

$$\begin{array}{l} 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \text{ — исходный вектор } V_0, \\ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \text{ — вектор } V_1 \text{ (после КНН)}, \\ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \text{ — вектор } V_2 \text{ (после КЧН)}. \end{array}$$

**Утверждение 1.** Использование коммутатора позволяет осуществить сборку любого вектора из 0 и 1.

Для доказательства утверждения достаточно показать, что если  $V_{i-1} = V_i$ , то  $V_{ij} > V_{ij+1}$ , где  $i > 1, 0 < j < S + 1$ . Пусть это не так, т. е.  $\exists j: V_{ij} = 0$ , а  $V_{ij+1} = 1$ . Пусть  $i$  — четное число, тогда по определению КНН  $\exists l: j \in X_l$ , а  $j + 1 \in X_{l+1}$ . Значит,  $j \in Y_l, j + 1 \in Y_l$ . Однако  $V_i = V_{i-1}$ . Следовательно,  $V_{i-1j} = 0$  и  $V_{i-1j+1} = 1$ . Это противоречит определению КЧН. Утверждение доказано.

Утверждение 1 доказывает результативность использования коммутатора для сборки вектора из 0 и 1. Оценим время (измеряемое в числе коммутаций) работы коммутатора при сборке произвольного вектора.

**Лемма.** Если вектор  $W_0$  получен из  $V_0$  заменой  $S(j - 1, j, V_0) = \langle 10 \rangle$  на  $S(j - 1, j, W_0) = \langle 01 \rangle$ , то время сборки  $W_0$  не меньше, чем время сборки  $V_0$ .

Пусть  $n$  — число 1 в векторе  $W_0$  (или  $V_0$ ). Докажем, что  $\forall l \geq 0$  и  $\forall i: 0 < i < n + 1, R(i, V_i)$  всегда не превосходит  $R(i, W_i)$ . Доказательство проведем индукцией по значению  $i$ .

1. Пусть  $i = 1$ . Если  $R(1, W_0) < j$ , то  $S(1, R(1, V_0), V_0) = S(1, R(1, W_0), W_0)$  и, следовательно,  $R(1, V_1) = R(1, W_1)$ . Если  $R(1, W_0) = j$ , то возможны два случая.

А.  $\exists m: j - 1 \in X_m$  и  $j \in X_m$ . Тогда, начиная с  $l = 1, R(1, V_l)$  совпадает с  $R(1, W_l)$ .

Б. Случай А не выполняется, но  $\exists m: j - 1 \in Y_m$  и  $j \in Y_m$ . Тогда  $j - 1 \in X_m$ , а  $j \in X_{m+1}$ . Следовательно,  $R(1, W_l) = R(1, V_l) + k$ , где  $k$  — величина сдвига в коммутаторе. База индукции доказана.

2. Пусть лемма верна для всех  $i < n$ .

3. Докажем лемму для  $i = n$ . Доказательство проведем индукцией по  $l \geq 0$ .

3.1. Пусть  $l = 0$ . Доказательство очевидно.

3.2. Пусть лемма верна для числа коммутаций, меньших  $l$ .

3.3. Докажем, что  $R(n, V_l) < R(n, W_l) + 1$ , считая  $R(n, V_m) < R(n, W_m) + 1$  для  $m < l$  (следует из 3.2) и  $R(n - 1, V_m)$  меньше  $R(n - 1, W_m) + 1$  для  $m < l$  и  $m = l$  (следует из 2).

Возможны следующие взаимоисключающие случаи (без ограничения общности будем считать, что  $l$  — четное число).

А.  $\exists j: R(n - 1, V_{l-1}) \in X_j$  и  $R(n, V_{l-1}) \in X_j$ , тогда  $R(n, V_l)$  совпадает с  $R(n - 1, V_l) + 1$ . Так как  $R(n - 1, W_{l-1}) \geq R(n - 1, V_{l-1})$ , то  $R(n - 1, W_l) \geq R(n, V_l) - 1$ , но  $R(n, W_l) \geq R(n - 1, W_l) + 1$ . Следовательно,  $R(n, V_l) < R(n, W_l) + 1$ .

Б.  $\exists j, r: j < r$  и  $R(n - 1, V_{l-1}) \in X_j, R(n, V_{l-1}) \in X_r$ . Тогда  $R(n, V_l) = S/k(r - 1) + 1$ , но  $R(n, W_{l-1}) \geq R(n, V_{l-1})$ . Тогда по определению КЧН

$R(n, W_l) = S/k(r - 1) + 1$ , если  $R(n, W_{l-1}) \in X_r$  и  $R(n - 1, W_{l-1})$  не принадлежит  $X_r$ ;

$R(n, W_i) > S/k(r-1) + 1$  в остальных случаях.

Следовательно,  $R(n, V_i) < R(n, W_i) + 1$ . Лемма доказана.

**Утверждение 2.** Время сборки любого вектора длины  $S$  не превышает значения  $2S/k$ , где  $S$  — разрядность коммутатора;  $k$  — величина сдвига.

Из леммы следует, что если вектор  $V$  содержит  $n$  единиц, то время сборки такого вектора не превышает времени сборки вектора  $W$ , в котором первые  $S-n$  компонентов равны 0, а последние  $n$  компонентов — 1. Анализ времени сборки  $W$  не составляет труда. Это время равно  $2S/k - 1$ , если число единиц (или нулей) нацело делится на  $k/2$  или меньше чем  $k/2$ . В остальных случаях время сборки  $W$  равно  $2S/k$ . Утверждение 2 доказано.

**Сравнение ЭОК на ТМ ОИС с известными электронными коммутаторами.** В настоящее время сравнение ЭОК с соответствующими электронными аналогами возможно провести только на качественном уровне. Реальное время сборки (или другой операции) вектора в ЭОК зависит не только от числа тактов коммутации (оценка этой величины в работе получена), но и от значения таких параметров, как такт коммутации и величина сдвига. Эти параметры, в свою очередь, зависят от конкретной физической реализации коммутатора (размерность коммутационной ячейки, фотоприемной матрицы и др.), а в данной работе ЭОК рассматривается только на концептуальном уровне.

Качественное отличие ЭОК на ТМ ОИС от электронного аналога заключается в следующем:

- возможность реализации на каждом шаге всего требуемого набора коммутаций вне зависимости от других ранее проложенных связей;

- простота настройки: достаточно подать на граничные входы новый управляющий вектор (маску) и в схеме автоматически (вследствие табличного задания) устанавливается новый вид соединений, задаваемый этим вектором;

- однородность используемых каналов связи и элементов;

- возможность паращивания числа разрядов во входных операндах;

- пространственное разделение каналов вследствие гальванической развязки;

- полное разделение цепей управления и информационных цепей;

- возможность организации независимых друг от друга параллельных каналов обработки разрядов входного вектора;

- оформление независимых каналов в виде типовой конструкции, что обеспечивает простоту резервирования и паращивания;

- ограниченность энергетических потерь: структура ЭОК (количество слоев) не зависит от размерности входного вектора  $S$ . С ростом  $S$  увеличивается только размерность фотоприемной области, а это не приводит к возрастанию энергетических потерь в цепях управления (емкость между слоями  $C = \text{const}$ ), в то время как в электронных коммутаторах отвод мощности при больших значениях  $S$  становится одной из основных проблем.

## ВЫВОДЫ

Для матричных ЭВМ предложен новый коммутатор на основе трехмерных интегрально-оптических схем с электрическим входом и выходом для чисел и оптическим окном для считывающего пучка света, организующего все необходимые внутренние соединения.

Описанный коммутатор допускает совмещение по управляющим потенциалам и быстрдействию с микроэлектронными СБИС.

Рассмотренный электрооптический коммутатор позволяет осуществить сборку произвольного вектора из 0 и 1.

Независимо от числа 0 и 1 в векторе и их взаиморасположения сборка вектора будет осуществлена не более чем за  $2S/k$  коммутаций, где  $S$  — размерность вектора, а  $k$  — величина коммутационной ячейки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фет Я. И. Параллельные процессоры для управляющих систем.— М.: Энергия, 1981.
2. Shafer D. H., Fisher J. R. Beyond the supercomputer // IEEE Spectrum.— 1982.— 19, N 3.— P. 32.
3. Batcher K. E. Design of massive parallel processor // IEEE Trans. Computers.— 1980.— C-29, N 9.— P. 836.
4. Siegel H. J. A model of SIMD machines and comparison of various interconnection networks // IEEE Trans. Computers.— 1979.— C-28, N 12.— P. 907.
5. Wu C., Feng T. On a class of multi-stage interconnections networks // IEEE Trans. Computers.— 1980.— C-29.— P. 694.
6. Lawrie D. H. Access and alignment of data in an array processor // IEEE Trans. Computers.— 1975.— C-24.— P. 1145.
7. Pease M. C. The indirect binary n-cube microprocessor array // IEEE Trans. Computers.— 1977.— C-26.— P. 458.
8. Lipovski G. J. Light pipe implementation of banyan networks. // Digital Systems.— 1982.— IV, N 4.— P. 367.
9. Stone H. S. Parallel processing with the perfect shuffle // IEEE Trans. Computers.— 1971.— C-20, N 2.
10. Sawchuk A. A., Jenkins B. K., Kaghavendra C. S. Optical interconnection networks // Proc. Int. Conf. Parallel Proces.— N. Y.: IEEE, 1985.
11. Андцыгин В. Д., Косцов Э. Г., Стерелюхина Л. И. Импульсная электрооптическая модуляция в тонких электрооптических пленках // Автометрия.— 1983.— № 5.
12. Егоров В. М., Косцов Э. Г. Перспективы создания оптических высокопроизводительных вычислительных устройств // Автометрия.— 1985.— № 1.
13. Batcher K. E. The flip network in Staran // Proc. Int. Conf. Parallel Proces.— N. Y.: IEEE, 1976.

*Поступила в редакцию 6 января 1989 г.*

УДК 681.3.01 : 621.378

**Б. В. ВАНЮШЕВ, Н. И. ВЬЮХИНА, И. С. ГИБИН, А. П. ЛИТВИНЦЕВА,  
Т. Н. МАНТУШ, Б. Н. ПАНКОВ, Е. Ф. ПЕН, А. Н. ПОТАПОВ,  
И. Б. ТАТАРНИКОВА, П. Е. ТВЕРДОХЛЕБ**

*(Новосибирск)*

### **АРХИТЕКТУРА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ БОЛЬШОЙ ЕМКОСТИ**

**Введение.** К основным достоинствам оптической памяти относятся: большой срок (десятилетия) и надежность хранения информации, высокая плотность записи (до  $10^7$  бит/см<sup>2</sup>), низкая стоимость хранения ( $10^{-7}$  коп/бит). Голографическая память, кроме того, обеспечивает возможность параллельного ввода-вывода информации.

Размер кадра (страницы) при использовании двумерных голограмм составляет  $10^3$ — $10^4$  бит, что является хорошей предпосылкой для реализации быстрого ассоциативного поиска и других видов обработки информации на оптическом и оптоэлектронном уровнях в самой памяти (распределенная обработка). Поэтому технология голографической памяти на переверсивных носителях ориентирована нами на применение в машинах баз данных и в других информационно-поисковых системах [1, 2].

Использование голографической памяти в практике информационных систем сдерживается пока недостаточным развитием элементной базы (полупроводниковые лазеры, управляемые транспаранты света, дефлекторы, матричные фотоэлектронные СБИС и др.) и отсутствием совершенной оперативной (реверсивной) среды носителя. Тем не менее для многих приложений (космос, геофизика, машиностроение и др.) требуются системы памяти архивного типа, которые можно строить на переверсивных фоторегистрирующих средах. Решающим требованием к таким систе-