

УДК 681.142.6:539.216.2

ВОЗМОЖНОСТИ МАГНИТНО-ПЛЕНОЧНОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕД

Е.П. Балашов, А.И. Кноль, В.М. Сидоров

Дальнейший прогресс в области переработки дискретной информации неразрывно связан с совершенствованием структуры и функциональной организации вычислительных систем, а также методов их производства. При этом одновременно с проблемой совершенствования технологии могут быть решены задачи повышения надежности, снижения стоимости, габаритов и потребляемой мощности вычислительных систем.

Одним из возможных направлений развития технологии является создание магнитно-полупроводниковых комплексов, в которых хранение и обработка информации осуществляется элементами на тонких магнитных пленках (ТМП), а полупроводники используются в схемах усиления сигналов и выработки тактовых импульсов. Такие комплексы могут быть построены на различных логических и физических принципах.

Анализ физических особенностей ТМП позволяет выделить три основных принципа построения схем магнитно-пленочной логики. Во-первых, это магнитные усилители на ТМП, охваченные низкоомной петлей связи; во-вторых, элементы, основанные на параметрических явлениях как в самой ТМП, так и в колебательном контуре с нелинейной индуктивностью на ТМП; в третьих, элементы,

основанные на продвижении и взаимодействии доменов, а также доменных стенок в магнитно-пленочных полосках. О перспективах других физических принципов, а именно магнитооптического эффекта, магниторезистивного эффекта, неравномерного распределения магнитного потока и т.д., в настоящее время не накоплено достаточно количества экспериментального материала, чтобы делать определенные выводы.

Для осуществления логики на магнитных элементах необходимо выполнение следующих условий:

- 1) коэффициент усиления потока K_Φ должен быть равен или больше единицы в случае изменения информации, записанной в ячейке, и $K_\Phi < 1$ - в случае ее сохранения;
- 2) информационный поток должен быть односторонним.

В магнитных усилителях на ТМП выполнение первого условия достигается за счет совместного действия полей - тактового в направлении оси трудного намагничивания и управляющего по оси легкого намагничивания (рис. 1). При этом тактовый импульс вы-

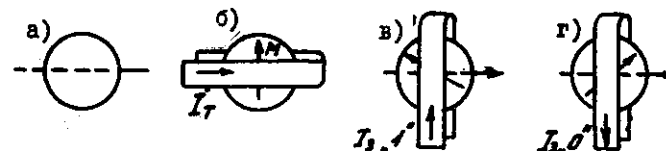


Рис. 1

Режимы функционирования магнитно-пленочного логического элемента: а) геометрия элемента; б) возбуждение элемента тактовым импульсом I_T ; в) запись "единицы"; г) запись "нуля".

водит вектор намагниченности ТМП в точку неустойчивого равновесия, и для вращения вектора намагниченности в ту или другую сторону достаточно лишь слабого толчка управляющего поля. Обратный поток информации в данном случае отсутствует, поскольку слабый сигнал в петле связи не в состоянии изменить направления намагниченности ТМП в отсутствие тактового сигнала. На основании указанного принципа было реализовано несколько макетов

устройств обработки цифровой информации [1,2]. Тактовая частота в таких устройствах может составлять единицы-десятки меггерц, поскольку процесс перемagnetизирования осуществляется за счет вращения вектора намагненности. Главные недостатки таких структур обусловлены технологическими трудностями изготовления замкнутых петель связи и трудностями обеспечения хорошего по-токосцепления пленки с петлей связи.

Магнитно-пленочные элементы, работа которых основана на различного рода параметрических явлениях, наиболее полно исследованы и описаны в литературе [3-5]. Однако, несмотря на широкие логические возможности, довольно высокая сложность изготовления параметризов на ТМН, затруднения, связанные с их согласованием, и довольно большое потребление мощности заставляют сомневаться в возможностях их применения для вычислительных сред.

В логических элементах на магнитно-пленочных полосках устойчивость передачи потока достигается за счет разницы между полем образования домена H_g и полем продвижения границы домена H_n [6]. В традиционном материале 82% Ni и 18% Fe $\frac{H_g}{H_n} \approx 1,3$ [7], тогда как в специальном материале, имеющем состав 57% Ni, 13% Fe, 30% Co, данное отношение больше десяти [8], что повышает надежность передачи информации по полосковой линии. Однонаправленность передачи обеспечивается трехтактной системой токов продвижения. Последние разработки в области полосковых ТМН показывают преимущества двухслойных структур, достаточно просто обеспечивающих выполнение логических операций [9]. На рис. 2 приведена геометрия схемы запрета.

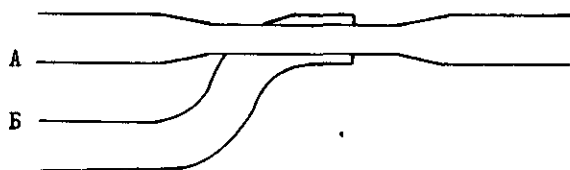


Рис. 2
Функциональная схема магнитно-пленочного
полоскового элемента запрета.

та. При возникновении в управляющем канале Б домена обратной намагненности осуществляется запрет продвижения аналогичного домена по каналу А. Это возможно за счет действия поля пленки Б на канал А. Если принять величину поля захвата за H_z , а величину тактового поля за H_T , то условия работоспособности схемы запрета запишутся следующим образом:

$$H_T - H_z < H_n, \quad (1)$$

$$H_n < H_T + H_z < H_g \quad (2)$$

Условие (1) в данном случае соответствует запрету передачи информации, а неравенство (2) обуславливает устойчивую передачу информации при отсутствии в канале Б домена обратной намагненности. Необходимо отметить, что элементы на пленочных полосках не обладают высоким быстродействием, поскольку процесс перемagnetизирования осуществляется за счет смещений доменной стенки, однако, простота конструкции позволяет надеяться, что такие элементы найдут свое применение.

Не менее интересные и более реальные перспективы в области вычислительных сред открывает возможность совмещения операций хранения информации и логических операций в запоминающих устройствах (ЗУ) на ТМН, которая выявляется на основе анализа работы двоичного элемента памяти. Основной принцип обращения к элементу памяти, практически независимо от его конструкции, можно пояснить на основе рис. 1. Все тонкопленочные элементы памяти одного слова в ЗУ охвачены одной шиной считывания, магнитодвижущая сила (МДС) которой создает поле в направлении осей трудного намагненения. Запись осуществляется по разрядным линиям, охватывающим все элементы памяти одного разряда, МДС этих шин создает поле в направлении легкой оси. Причем импульс записи приходится на задний фронт импульса считывания. Функционирование элемента памяти на ТМН в ЗУ описывается функцией переходов

$$q(t+1) = [S, v S_0 q]^t \quad (3)$$

при условии

$$[S, \cdot S_0]^t = 0, \quad (4)$$

где q - состояние элемента памяти, S_i и S_o - сигналы, поступающие по разрядной шине при записи нуля и единицы, соответственно.

Если $S_i(t)$ и $S_o(t)$ представить как функции от входной переменной $x(t)$, каждая из которых реализуется двухвентильной схемой на соответствующем входе элемента памяти, а $q(t)$ как функцию $\varphi[y(t)]$ переменной $y(t)$, то получим микроавтомат с памятью (рис. 3). Выходной сигнал $z(t)$ данного микро-

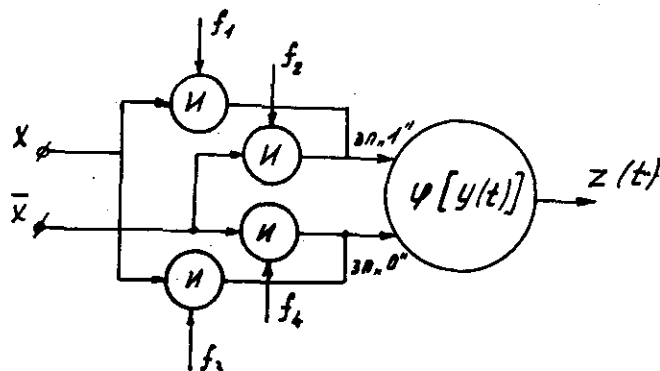


Рис.3. Микроавтомат элемента ЗУ с совмещением операций.

роавтомата определяется только его состоянием и наличием сигнала считывания. Сигналы $S_i(t)$ и $S_o(t)$ определяются выражениями:

$$S_i(t) = [x f_1 \vee \bar{x} f_2]^t, \quad (5)$$

$$S_o(t) = [x f_3 \vee \bar{x} f_4]^t, \quad (6)$$

где $f_i = 1, 2, 3, 4$ - сигналы управления соответствующего вентиля.

Необходимо помнить, что на значения управляющих сигналов накладываются ограничения, определяемые из (4) - (6):

$$[f_1 f_3 \vee f_2 f_4]^t = 0. \quad (7)$$

функция переходов микроавтомата записывается как

$$q(t+1) = [x f_1 \vee \bar{x} f_2 \vee (x f_3 \vee \bar{x} f_4) \cdot \varphi(y)]^t. \quad (8)$$

В таблице приведены реализуемые микроавтоматом логические

Управляющие сигналы		Значения аргументов функций				Выполняемая операция
$[f_1 f_2 f_3 f_4]^t$		$x(t)$	$y(t)$			
0	0	0	0	0	1	$[y]^t$
0	0	0	1	0	0	$[x \wedge y]^t$
0	0	1	0	0	0	$[\bar{x} \wedge y]^t$
0	0	1	1	0	0	$[0]^t$
0	1	0	0	1	1	$[\bar{x} \vee y]^t$
0	1	1	0	1	0	$[\bar{x}]^t$
1	0	0	0	0	1	$[x \vee y]^t$
1	0	0	1	0	0	$[x]^t$
1	1	0	0	1	1	$[1]^t$

операции при разрешенных комбинациях управляющих сигналов и различных его исходных состояниях. Очевидно, что все операции, выполняемые микроавтоматом, реализуются и в ЗУ [10]. Таким образом, определенным набором управляющих сигналов в ЗУ на ТМП могут быть синтезированы любые желаемые логические функции, как выполнено, например, в работе [11].

Краткий обзор физических принципов построения и способов функциональной организации магнитно-плёночной логики показывает, что элементы на ТМП могут найти применение в однородных вычислительных средах совместно с полупроводниковыми. Технологически оправданным, по-видимому, окажется построение таких си-

стем в виде крупных блоков, на каждом из которых размещается до нескольких тысяч элементов на ТМП. Полупроводниковые элементы обрращения в этом случае будут выполнять роль мощных генераторов и усилителей.

Л и т е р а т у р а

1. WILLIAMS M. Thin magnetic films create logic circuits. Electronics, 1963, vol.36, N 8, p.62.

2. DICK G.W. and FARMER W.D. Plated wire magnetic logic using resistive coupling. - IEEE Transactions on Magnetics, vol. MAG-2, N 3, 1966, p.343-347.

3. KAUFMAN B.A., PFIEFFER W.G., RANDERY V.K., KOLK A.J. Engineering characteristics of cylindrical thin-film parametrons for use in digital systems. - Proceedings-Fall Joint Computer Conference, 1963, p. 551.

4. ДОБРОМЫСЛОВА В.Т., СТРОКОВ Ю.В. Экспериментальное исследование тонкопленочного параметрона в стационарном режиме. - Труды ЛПИ им. М.И. Калинина, 1966, № 275.

5. АСОЯН Л.М., АБАДЖАН С.С., ГЕВОРКЯН М.Г. Параметроны на цилиндрических пленках. - Запоминающие устройства. Тонкие магнитные пленки, "Наука", 1968, стр. 140-144.

6. GIANOLA U.F. Integrated magnetic circuits for synchronous sequential logic machines. The Bell System Technical Journal, 1960, N 2, p.295.

7. ИВАНОВ И.С. Логические элементы с использованием перемещения доменов в магнитной пленке. - Кибернетическая техника, "Наукова думка", Киев, 1965.

8. TICKLE A.C. Control of properties of magnetic thin-film for shifting registers. Journal of Applied Physics, vol. 35, N 3, part 2, 1964, p.768-769.

9. SPAIN R.J. and JAUVTIS H.I. DTPL - New thin-film technique for magnetic logic. - Journal of Applied Physics, vol.38, N 3, 1967, p. 1201.

10. БАЛАШОВ Е.И., КНОЛЬ А.И. Выполнение в оперативных запоминающих устройствах логических операций. - Изв.ЛЭТИ им.В.И. Ульянова (Ленина), 1967, вып. 65, часть 2.

11. БАЛАШОВ Е.И., КНОЛЬ А.И. Выполнение в оперативных запоминающих устройствах операций сдвига, счета и суммирования. - Изв. ЛЭТИ им В.И. Ульянова (Ленина), 1967, вып. 65, часть 2.

Поступила в редакцию
3.XI.1969