

Я. ПИХЛАУ

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО МАГНИТОПЛЕНОЧНОГО ЭЛЕМЕНТА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АССОЦИАТИВНОЙ ПАМЯТИ

Приводятся основные результаты исследования работоспособности магнитопленочного элемента, выполненного на цилиндрической тонкой магнитной пленке с круговой анизотропией на проволочной подложке и предназначенного для построения ячеек ассоциативной памяти.

**Описание элемента.** Исследуемый элемент представляет собой разновидность цилиндрического тонкопленочного запоминающего элемента, применяемого в обычной адресной памяти. Отличие его от других соответствующих элементов состоит в том, что у него проволока-подложка является адресным, а плетеная обмотка — разрядным проводником выборки. Следовательно, для выполнения записи без разрушения информации в невыбранных ячейках памяти требуется, чтобы ток, создающий осевое поле записи, равнялся току, создающему осевое поле разрушающего считывания. Аналогичное требование предъявляется к магнитопленочному элементу в запоминающем устройстве с совпадением токов выборки.

На базе этого элемента можно реализовать ячейки ассоциативной памяти с различными характеристиками, используя от одного до четырех элементов на бит (рис. 1). Разрядный ток  $I_p$  пропускается через обмотку, расположенную на проволоке, которая для простоты на рисунке показана одновитковой. Проволока-подложка служит для съема выходного напряжения  $E_{\text{вых}}$ , а также для пропуска адресного тока записи  $I_a$ . Импульсы разрядного тока на временных диаграммах  $I_p(t)$ ,  $I_{p1}(t)$ ,  $I_{p2}(t)$ ,  $I_{p3}(t)$  носят следующие обозначения: 1 — импульс опроса «1» (двоичный выход); 0 — импульс опроса «0» (двоичный выход); 1' — импульс опроса «1» (трюичный выход); 0' — импульс опроса «0» (трюичный выход).

В случае трюичного выхода выходной сигнал имеет три значения: 1) сигнал совпадения признака опроса с записанной информацией, 2) сигнал несовпадения опрошенной «1» с записанным «0», 3) сигнал несовпадения опрошенного «0» с записанной «1». Это позволяет при поразрядном опросе памяти, начиная с самого старшего разряда, определить числа, которые либо равны признаку опроса, либо больше или меньше его. При двоичном выходе различаются только сигналы совпадения и несовпадения.

Выражая признак опроса либо временем включения, либо временем выключения разрядного формирователя опроса, получаем вариант

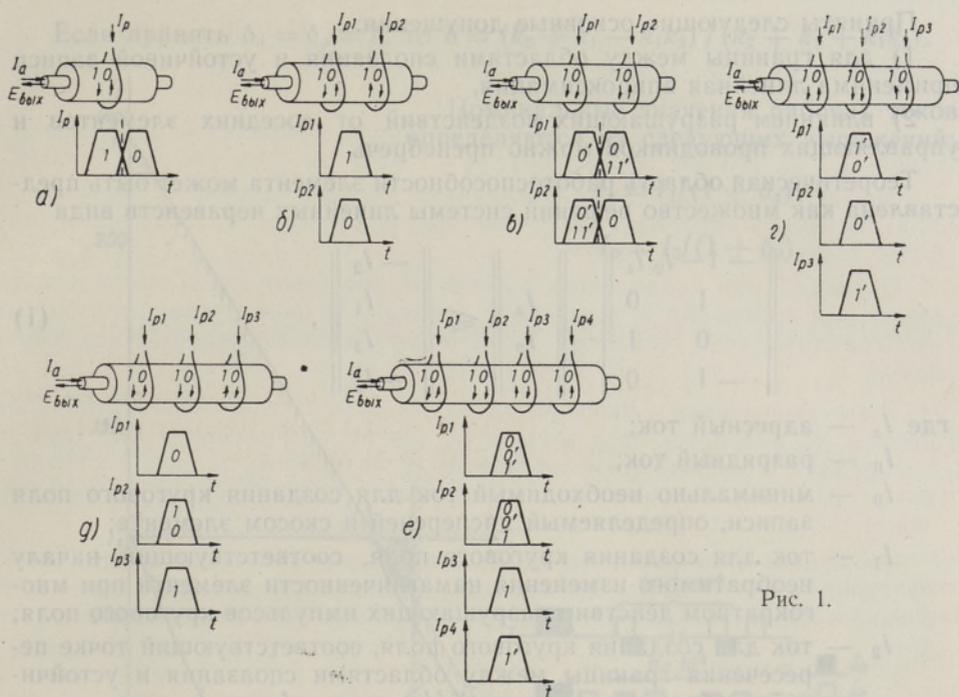


Рис. 1.

рис. 1а, у которого сигналы совпадения и несовпадения отличаются только по полярности. То же самое дает стробирование усилителя чтения во время переднего или заднего фронта импульса опроса. При опросе по фиксированным фронтам (например, всегда по передним фронтам) такие же характеристики имеет вариант рис. 1б, у которого на одном элементе хранится прямой код и на другом — обратный код записываемой информации. Недостаток этих вариантов заключается в невозможности выполнения параллельно-разрядного поиска и в отсутствии троичного выхода. Устранение этих недостатков в варианте рис. 1в достигается опросом обоих элементов по одному фронту (поиск «0») или первого элемента — по этому же фронту, а второго — по противоположному фронту (поиск «1»). При этом записанная информация представлена либо намагниченностью первого и второго элементов в одном направлении («1»), либо намагниченностью первого элемента в том же направлении, а второго элемента в противоположном направлении («0»). При опросе по фиксированным фронтам такими же характеристиками обладает вариант рис. 1е. Если получение троичного выхода не требуется, то, опуская в варианте рис. 1е крайний правый элемент, получаем вариант рис. 1д. Если требуется получить только троичный выход, то можно использовать трехэлементный вариант рис. 1г.

Запись информации может происходить следующим образом. Сначала совпадением токов  $I_p$  и  $I_a$  намагниченности устанавливаются в одном требуемом направлении, а затем (за исключением записи «0» и «1» у варианта 1а и записи «1» у варианта 1в) совпадением токов  $I_p$  и противоположного  $I_a$  производится переключение намагниченностей в другое требуемое направление.

**Теоретический расчет работоспособности.** Определяем теоретически условия работоспособности элемента, исходя из общей методики, разработанной О. В. Росницким [1].

Приняты следующие основные допущения:

- 1) для границы между областями сползания и устойчивой записи применима линейная аппроксимация,
- 2) влиянием разрушающих воздействий от соседних элементов и управляющих проводников можно пренебречь.

Теоретическая область работоспособности элемента может быть представлена как множество решений системы линейных неравенств вида

$$\begin{vmatrix} -1 - I_2/I_4 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} I_a \\ I_p \end{vmatrix} \leq \begin{vmatrix} -I_2 \\ I_1 \\ I_3 \\ -I_0 \end{vmatrix}, \quad (1)$$

где  $I_a$  — адресный ток;

$I_p$  — разрядный ток;

$I_0$  — минимально необходимый ток для создания кругового поля записи, определяемый дисперсией и скосом элемента;

$I_1$  — ток для создания кругового поля, соответствующий началу необратимого изменения намагниченности элемента при многократном действии разрушающих импульсов кругового поля;

$I_2$  — ток для создания кругового поля, соответствующий точке пересечения границы между областями сползания и устойчивой записи на диаграмме  $I_p(I_a)$  с осью  $I_a$ ;

$I_3$  — максимальный ток для создания осевого поля, не приводящий при многократном действии импульсов осевого поля к необратимому изменению намагниченности элемента;

$I_4$  — ток для создания осевого поля, соответствующий точке пересечения границы между областями сползания и устойчивой записи на диаграмме  $I_p(I_a)$  с осью  $I_p$ .

Обычно  $I_p \leq I_4(1 - I_0/I_2)$ , и (1) упрощается:

$$\begin{vmatrix} -1 - I_2/I_4 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} I_a \\ I_p \end{vmatrix} \leq \begin{vmatrix} -I_2 \\ I_1 \\ I_3 \end{vmatrix}. \quad (2)$$

Графически система (2) определяет три границы, которые образуют зону устойчивой работы элемента в виде треугольника (рис. 2).

Заменяем (2) системой уравнений при наихудшем сочетании предельных отклонений:

$$\begin{cases} I_a(1 - \delta_a) + I_p I_2(1 - \delta_p)/I_4 = I_2, \\ I_a(1 + \delta_a) = I_1, \\ I_p(1 + \delta_p) = I_3, \end{cases} \quad (3)$$

где  $\delta_a$  — максимальное отклонение тока  $I_a$  от номинала;

$\delta_p$  — максимальное отклонение тока  $I_p$  от номинала.

Из (3) получим важное соотношение, связывающее допустимые отклонения рабочих токов с параметрами пленки  $k_1$  и  $k_2$ :

$$(1 - \delta_a)/(1 + \delta_a) = k_1 - k_1(1 - \delta_p)/k_2(1 + \delta_p),$$

где

$$k_1 = I_2/I_1, \quad k_2 = I_4/I_3.$$

Если принять  $\delta_a = \delta_p = \delta$ , то  $\delta = (k_2 + k_1 - k_1 k_2) / (k_2 + k_1 + k_1 k_2)$ .

Номинальные значения рабочих токов определяются из следующих выражений:

$$I_a = I_1 / (1 + \delta_a),$$

$$I_p = I_3 / (1 + \delta_p).$$

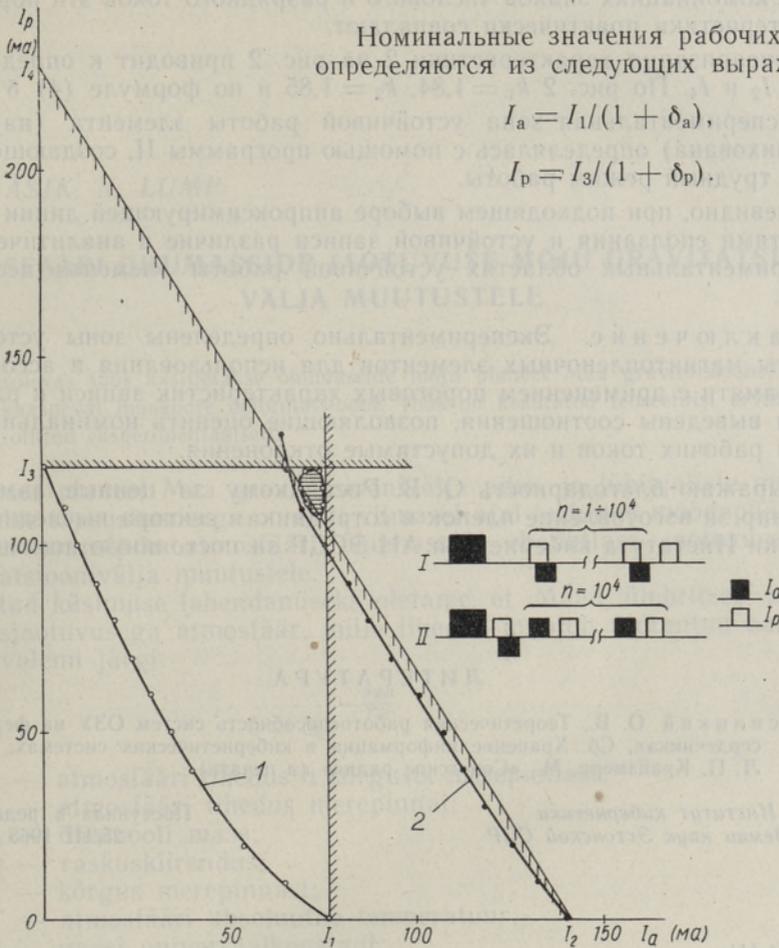


Рис. 2. 1 — пороговая характеристика разрушения; 2 — пороговая характеристика записи по программе I ( $n = 1$ ).

**Экспериментальное исследование работоспособности.** В проведенных экспериментах были использованы элементы пермаллоевой пленки толщиной 1—1,5 мк, осажденные на проволоку диаметром 0,2 мм из бериллиевой бронзы марки БрБ2, плетеные пятивитковыми разрядными обмотками из провода ПЭВ-2 диаметром 0,07 мм.

Для снятия экспериментальных характеристик были использованы токовые программы I и II (рис. 2), причем длительность первого импульса установки состояния «глубокой записи» составляла 2 мксек, последующих импульсов тока  $I_a$  — 100 нсек (с фронтами 75 нсек) и импульсов тока  $I_p$  — 80 нсек (с фронтами 40 нсек).

С помощью программы I (число импульсов в серии  $n = 10^4$ ) была снята зависимость  $I_p(I_a)$  в режиме разрушения (так наз. пороговая характеристика разрушения) и измерены величины токов  $I_1$  и  $I_3$ . Используя эту же программу (число  $n = 1$ ), снимали зависимость  $I_p(I_a)$  в режиме записи (так наз. пороговая характеристика записи). Для исследуе-

мого образца, имеющего небольшое значение угла скоса, при всех четырех комбинациях знаков числового и разрядного токов эти пороговые характеристики практически совпадают.

Линеаризация характеристики 2 на рис. 2 приводит к определению токов  $I_2$  и  $I_4$ . По рис. 2  $k_1 = 1,84$ ,  $k_2 = 1,85$  и по формуле (4)  $\delta = 0,04$ .

Экспериментальная зона устойчивой работы элемента (на рис. 2 заштрихована) определялась с помощью программы П, создающей наиболее трудный режим работы.

Очевидно, при подходящем выборе аппроксимирующей линии между областями сползания и устойчивой записи различие в аналитических и экспериментальных областях устойчивой работы элемента несущественно.

**З а к л ю ч е н и е.** Экспериментально определены зоны устойчивой работы магнитопленочных элементов для использования в ассоциативной памяти с применением пороговых характеристик записи и разрушения и выведены соотношения, позволяющие оценить номинальные значения рабочих токов и их допустимые отклонения.

Выражаю благодарность О. В. Росницкому за ценные замечания, М. Саар за изготовление пленок и сотрудникам сектора вычислительной техники Института кибернетики АН ЭССР за постоянную помощь в работе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Росницкий О. В., Теоретическая работоспособность систем ОЗУ на ферритовых сердечниках, Сб. Хранение информации в кибернетических системах, под ред. Л. П. Крайзера, М., «Советское радио» (в печати).

*Институт кибернетики  
Академии наук Эстонской ССР*

Поступила в редакцию  
25/III 1968

*J. PIHLAU*

#### SILINDRILISE MAGNETKILE-ELEMENDI TÕURIMISVOOLUDE TOLERANTSID ASSOTSIAATIIVMÄLUS KASUTAMISE KORRAL

Esitatakse peamised tulemused silindrilise magnetkile-assotsiatiivmäluelemendi tööpiirkonna analüütilise ja eksperimentaalse määramise kohta.

*J. PIHLAU*

#### DRIVE CURRENT TOLERANCES OF A CYLINDRICAL MAGNETIC-FILM ELEMENT FOR ASSOCIATIVE MEMORY APPLICATIONS

The paper is concerned with the investigation of drive current tolerances of a plated wire magnetic-film element for associative memory applications. Theoretical relationships of nominal drive currents and their tolerances are derived and experimental data showing operational area of the element are given.