

Я. ПИХЛАУ

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРЯДНОГО ОКНА ПРОВОЛОЧНЫХ МАГНИТОПЛЕНОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПАМЯТИ

J. PIHLAU. TRAAFMAGNETKELME-MÄLUELEMENTIDE JARGUAKNA UURIMINE

J. PIHLAU. STUDY OF DIGIT WINDOW IN PLATED WIRE MEMORY ELEMENTS

Проволочные магнитопленочные элементы памяти прочно удерживают свои позиции несмотря на быстрый прогресс полупроводниковых запоминающих устройств (ЗУ), обеспечивая неразрушающее считывание, сохранность информации при отключении или сбоях питания, широкий температурный диапазон и работоспособность в условиях радиации внешней среды. Замечательным примером таких ЗУ являются магнитопленочные накопители на орбитальных станциях «Викинг», которые совершили в 1976 г. мягкую посадку на Марсе.

Область работоспособности проволочных магнитопленочных элементов памяти наглядно иллюстрируется с помощью т. н. разрядного окна [1, 2], показывающего зависимость величины выходного сигнала элемента от амплитуды синхронно изменяющихся разрядных токов записи и разрушения при фиксированной величине адресного тока, что чрезвычайно важно в практике.

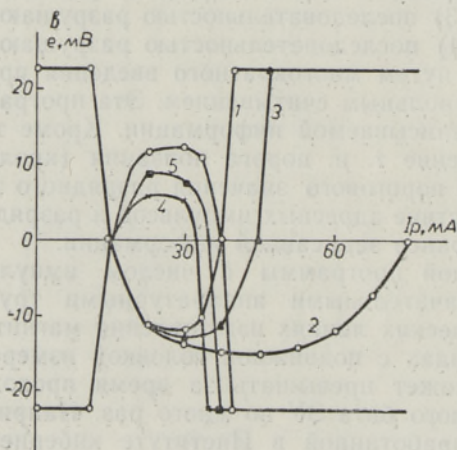
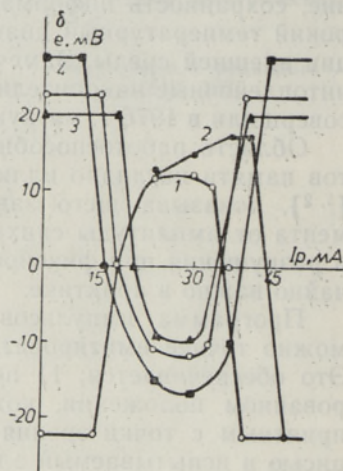
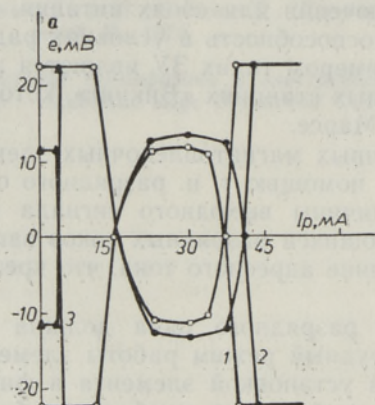
Программа импульсов при снятии разрядного окна должна как можно точнее имитировать наиболее трудный режим работы элемента. Это обеспечивается: 1) первоначальной установкой элемента в фиксированном положении, которое обычно выбирается наиболее неблагоприятным с точки зрения последующего цикла записи, 2) разовой записью в испытываемый элемент, 3) последовательностью разрушающих импульсов в данном элементе, 4) последовательностью разрушающих импульсов по соседним адресам путем многократного введения противоположной информации, 5) контрольным считыванием. Эта программа повторяется для обоих знаков записываемой информации. Кроме того, интерес представляет и определение т. н. порога ползания (кролем), так как по достижении какого-то порогового значения разрядного тока одновременное многократное действие адресных импульсов и разрядных токов может привести к потере ранее записанной информации.

Реализация полной импульсной программы с числом импульсов $n = 10^6$ и более связана со значительными аппаратными трудностями. В частности, в технологических линиях изготовления магнитных пленок и на измерительных стендах с подвижной головкой измерения сдвиг испытываемого участка может превышать за время прохождения всей программы ширину одного бита ЗУ во много раз. Например, адресная обмотка матрицы, разработанной в Институте кибернетики

АН ЭССР, имеет ширину 1 мм, в то время как сдвиг проволоки в технологической линии (при скорости 20 см/мин) за 3 сек, необходимые для выполнения всей программы при $n = 10^5$, частоте повторения импульсов 2 МГц и при отсутствии контроля за ползанием, в 10 раз больше (10 мм). Поэтому в практике приходится идти на некоторое упрощение программы испытания. Учитывая это, автором был разработан прибор МКМ-2, позволяющий автоматически развертывать на экране осциллографа разрядное окно проволочных магнитопленочных элементов памяти. Прибор имеет подвижную измерительную головку, адресный ток устанавливается в пределах от 0 до 250 мА, разрядный ток автоматически меняется от нуля до 100 мА.

Естественно, что любое изменение параметров импульсной программы (числа или длительности импульсов, амплитуды адресного тока и т. д.) влечет за собой какие-то изменения разрядного окна, а следовательно, и области устойчивой работы магнитопленочных элементов ЗУ. Для конкретного выяснения этих изменений автором был выполнен комплекс экспериментальных исследований, основные результаты которых приводятся ниже.

Эксперименты выполнялись на изготовленной в Институте кибернетики модифицированной матрице с шагом стандартных 10-витковых со-



Разрядные окна проволочных магнитопленочных элементов памяти: e — величина выходного сигнала; I_p — амплитуда разрядного тока (пояснение остальных параметров см. в тексте).

леноидальных адресных обмоток от 1,5 до 3 мм. На рисунке показано типичное «разрядное окно» (кривые 1). Оно соответствует импульсной программе, имитирующей наиболее трудный режим одного элемента, свободного от влияния соседних адресов. Цикл разрушения состоял из серии чередующихся адресных и разрядных импульсов с числом $n = 10^6$. Длительность обоих импульсов равнялась 200 нсек, крутизна фронтов адресного импульса — 25 нсек, его амплитуда — 100 мА. Первоначальная установка элемента достигалась насыщением всей магнитной пленки в одном направлении, а запись — совпадением адресного и разрядного импульсов, причем адресный импульс опережал разрядный на 100 нсек. Исследованием выявлено, что если при длительности 200 и 300 нсек разрядные окна практически совпадают, то при 100 нсек область работоспособности несколько увеличивается (кривая 2, а). Кривая 3 (а) изображает окно ползания. Для его снятия были выполнены разовая запись и цикл разрушения с разрядным током 30 мА. Подготовленный таким образом элемент был подвергнут многократной ($n = 10^6$) перезаписи (в первоначальное насыщенное направление) с увеличивающимся от нуля разрядным током. Из рисунка (а) видно, что перезапись начинается при токе ~ 4 мА, что и является порогом ползания элемента.

Разрядные окна изображены ради упрощения рисунков (б и в) только для одного знака информации. Исключение составляют кривые 1, приведенные с целью сравнения. Кривая 2 отличается от кривой 1 (б) тем, что в цикле разрушения на элемент подавались сначала все 10^6 разрядных, а затем все 10^6 адресных импульсов, в результате чего разрядное окно получалось шире, чем в случае чередования этих импульсов. Кривые 3 и 4 отличаются от кривой 1 (б) лишь величиной адресного тока (соответственно 75 и 150 мА). Как и следовало ожидать, повышение адресного тока приводит к расширению разрядного окна и к увеличению выходного сигнала. Но дальнейшее повышение адресного тока ограничивается по достижении порога неразрушающего считывания, а также такими факторами, как понижение порога ползания, усиление влияния соседей и т. д.

Посторонние постоянные магнитные поля достаточной величины могут оказывать существенное влияние на область устойчивой работы магнитопленочных элементов ЗУ. Когда величина постоянного поля ограничивается только геомагнитным полем, то согласно [3, 4], это влияние заметно сказывается только при небольших амплитудах адресного тока (в данном случае ниже 50 мА), и им можно пренебречь.

Зависимость параметров разрядного окна от числа импульсов разрушения характеризуют кривые 2 и 3 (в) при n соответственно $2 \cdot 10^2$ и 10^3 . Как видно, уже при $n = 10^4$ кривая разрядного окна мало отличается от кривой 1, снятой, как было сказано, при $n = 10^6$.

Ранее существовало мнение, что запись с помощью двухполярного разрядного тока значительно расширяет рабочую область магнитопленочных элементов памяти. Вопреки этому мнению, эксперименты автора подтвердили результаты [5], согласно которым при достаточно большой величине адресного тока и при длительности разрядных импульсов свыше 100 нсек это расширение весьма незначительно. Оказывается, когда программа разрушения состоит из серии чередующихся адресных и двухполярных разрядных импульсов, причем первый разрядный импульс направлен на подтверждение, а второй — на разрушение записанной информации, то при более неблагоприятном знаке записанной информации разрядное окно мало отличается от такового в однополярном случае.

Кривые 4 и 5 (в) характеризуют влияние соседних адресов на выбранный элемент. В первом случае расстояние его от левого соседа составляет 1,5 мм и от правого — 1,75 мм, во втором случае соответственно 2,25 и 2,5 мм. Программа, использованная при снятии кривой 1, была дополнена многократным ($n = 10^6$) введением противоположной информации в соседние адреса. Видно, что под влиянием соседей область устойчивой работы проволочных магнитопленочных элементов ЗУ несколько сужается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sallo, J. S., Ransom, L. D., IEEE Trans. Magnetics, **MAG-5**, 516 (1969).
2. Sugita, Y. et al, IEEE Trans. Magnetics, **MAG-7**, 626 (1971).
3. Пихлау Я. В., В сб.: Магнитные элементы автоматики и вычислительной техники, М., 1972, с. 134.
4. Пихлау Я. В., Автомат. и вычисл. техн., 7, 72 (1973).
5. Doyle, W. D., Josephs, R. M., IEEE Trans. Magnetics, **MAG-8**, 306 (1972).

Институт кибернетики
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
15/XII 1976