

М. СИНИСОО

ОБЛАСТЬ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ТОНКИХ МАГНИТНЫХ ПЛЕНОК В ЗАПОМИНАЮЩИХ УСТРОЙСТВАХ

В работе [1] приведена методика построения областей теоретической работоспособности пяти наиболее известных систем запоминающих устройств (ЗУ) на ферритовых сердечниках, а именно: матричной системы с совпадением двух токов (3-мерное ЗУ), системы z (2-мерное ЗУ) с разнополярной записью, системы z с однополярной записью единицы, системы z с однополярной записью нуля и 2,5-мерной системы ЗУ.

Дальнейшее развитие ЗУ, в частности разработка ЗУ на цилиндрических тонких магнитных пленках (ЦТМП), требует рассмотрения вопросов построения областей работоспособности реальных ЦТМП в режиме работы ЗУ. Ясно, что область работоспособности ЦТМП в ЗУ может быть построена теоретически на основе однодоменной модели ЦТМП Стокера—Вольфарта [2], например, с учетом действия размагничивающего поля вдоль образующей цилиндра [3]; однако построенная таким образом область работоспособности имеет лишь ограниченное значение для практики, ибо не учитывается влияние движения доменных границ.

Методика построения областей работоспособности, приведенная в [1], может быть применена для ЦТМП в ЗУ лишь в общих чертах, так как ЦТМП на проволочной подложке не идентична тороидальному магнитному сердечнику с одновитковой обмоткой.

Возможность прошивки ферритовых сердечников несколькими проводниками позволяет создавать ферритовые ЗУ различных систем, в которых запись и считывание информации происходит определенными комбинациями адресных и разрядных токов.

ЦТМП, осажденные непосредственно на проволочные подложки, позволяют использовать подложку только в качестве одной шины (отсутствует возможность гальванического разделения цепей тока по подложке), а намотанные на пленку соленоиды — в качестве второй. Для сохранения однодоменности при толщине пленки до 1 мкм, исключения размагничивающих полей в статическом состоянии, увеличения помехоустойчивости и уменьшения влияния внешних внешних магнитных полей целесообразно применять пленки с циркулярной осью легкого намагничивания (ОЛН).

Конкретно эти ограничения диктуют следующее: применение ЦТМП с циркулярной ОЛН; выбор определенного адреса адресным током I_a по оси тяжелого намагничивания (ОТН); запись информации разнополярным разрядным током I_p по ОЛН. Следовательно, в случае применения ЦТМП из рассмотренных в [1] пяти систем ЗУ могут быть ре-

лизованы лишь две: система z (2-мерное ЗУ) с разнополярной записью и 2,5-мерное ЗУ [4].

Двумерная система ЗУ на ЦТМП построена по следующему принципу.

Проволочные подложки пленок являются одновременно разрядными шинами записи и считывания. Запись происходит разнополярными токами. Полярность сигнала считывания определяет хранимую в памяти двоичную информацию. На каждой разрядной проволоке пленка разбита на независимые участки по количеству адресов в памяти. На каждый участок намотан соленоид; соленоиды разных разрядных проводов, относящиеся к одному адресу, соединены последовательно и составляют один адресный провод. Следовательно, ЗУ на n адресов по k разрядов состоит из k проволочных подложек, покрытых пленкой, на которые намотано по n соленоидов.

2,5-мерная система ЗУ отличается от 2-мерной тем, что количество проволок с пленкой увеличено в m раз и составляет mk , а количество адресных проводов, следовательно, и количество соленоидов на каждой проволоке в m раз меньше и составляет n/m . Выбор адреса происходит выбором одного из n/m адресных проводов и определенных k проволок из общего количества mk . Практическое преимущество 2,5-мерной системы заключается в том, что по сравнению с 2-мерной снижено количество адресных проводов, уменьшена нагрузка разрядных формирователей и сокращена длина разрядной цепи считывания на входах усилителей.

Информация в 2-мерную и 2,5-мерную системы ЗУ записывается одновременным воздействием адресного (по ОТН) и разрядного (по ОЛН) токов. Считывание происходит адресным током (по ОТН).

Сформулируем условия, разграничивающие область работоспособности ЦТМП в 2-мерной и 2,5-мерной системах ЗУ.

Условие устойчивой записи информации. Совместное одновременное воздействие адресного тока I_a и разрядного тока I_p должно перемагнитить пленку в одно из двух крайних устойчивых состояний в соответствии с полярностью разрядного тока записи по ОЛН. Критерием устойчивой записи может служить, например, некоторая минимальная амплитуда сигнала считывания. Можно считать, что точка на плоскости токов I_p, I_a является точкой области работоспособности, если в этой точке сигнал считывания имеет достаточную амплитуду. На границе этой области $I_p = I_{p \text{ мин}}(I_a)$, где $I_{p \text{ мин}}$ — минимальное значение I_p , обеспечивающее устойчивую запись информации при заданном I_a . Плоскость I_p, I_a состоит из двух полуплоскостей с разной полярностью тока I_a . Так как на каждой полуплоскости имеются как область устойчивой записи единицы, так и область устойчивой записи нуля, то можно работать однополярным адресным током I_a и построить области работоспособности только на одной полуплоскости.

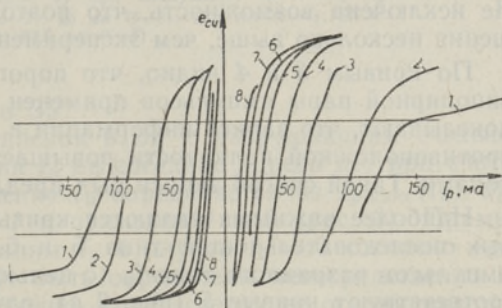


Рис. 1. Зависимость сигнала считывания $e_{сч}$ от разрядного тока записи I_p при следующих значениях адресного тока I_a : кривая 1 — 0 ма; 2 — 12,5 ма; 3 — 25 ма; 4 — 37,5 ма; 5 — 50 ма; 6 — 62,5 ма; 7 — 75 ма; 8 — 87,5 ма.

Области устойчивой записи нуля и единицы могут оказаться несимметричными относительно оси $I_p = 0$ (это объясняется скосом осей магнитной анизотропии пленки относительно ее геометрических осей), поэтому необходимо построить отдельные области устойчивости по записи нуля и единицы.

На рис. 1 приведены экспериментальные кривые зависимости сигнала считывания $e_{сч}$ от тока I_p при разных значениях I_a .

Условия устойчивого хранения информации. Так как определенный участок пленки подвержен одновременному воздействию полей адресного и разрядного токов только при записи на него информации, то порог устойчивости записанной информации может быть определен уже последовательностями разрушающих разрядных и отделенных от них во времени адресных импульсов. Это верно в том случае, если расстояние между соседними пленками в матрице достаточно для предотвращения взаимного влияния полей рассеяния пленок. Известны результаты Т. Х. Бифорта [5] по изучению эффекта сползания в плоских пленках, где сползание не наблюдалось в случае несовмещенных во времени импульсов ОТН и ОЛН. Однако автор настоящей статьи при экспериментах с цилиндрическими пленками наблюдал эффект сползания также и в случае несовмещенных импульсов ОТН и ОЛН. Следовательно, эффект сползания должен быть учтен при определении границ области устойчивого хранения информации для цилиндрических пленок.

Для определения порогов разрушения информации импульсами по ОТН и ОЛН магнитная пленка с записанной информацией подвергалась разрушающему воздействию большого числа (порядка 10^6 групп в последовательности) следующих типов элементарных групп импульсов: 1) импульс по ОТН, 2) биполярная пара импульсов по ОТН, 3) импульс по ОЛН, 4) биполярная пара импульсов равной амплитуды по ОЛН, 5) импульс по ОТН и биполярная пара импульсов по ОЛН, 6) импульс по ОТН и импульс по ОЛН.

На рис. 2, а изображены характеристики разрушения — зависимость амплитуды сигнала считывания $e_{сч}$ от I_a , представленные для последовательностей типа 1 (кривые 1) и типа 2 (кривые 2). По кривым 1 и 2 видно, что порог разрушения значительно выше в случае однополярных импульсов по ОТН, которые поэтому целесообразно применять в ЗУ.

Последовательностям типа 3 и 4 соответствуют характеристики разрушения 3 и 4 (рис. 2, б), при снятии которых для считывания состояния пленки был применен небольшой по амплитуде импульс по ОТН. Не исключена возможность, что поэтому действительный порог разрушения несколько выше, чем экспериментальное значение.

По кривым 3 и 4 видно, что порог разрушения ниже, если вместо биполярной пары импульсов применен одиночный импульс. Эти кривые доказывают, что запись информации в ЗУ на ЦТМП двумя импульсами противоположной полярности повышает порог разрушения разрядными токами. Такой способ записи был предложен, например, С. Вабеном [6].

Наиболее важными являются кривые разрушения в случае смешанных последовательностей типа 5 и 6. Применению биполярных пар импульсов разрядного тока I_p (с целью повышения порога разрушения) соответствуют кривые 5 (рис. 2, в), случаю одиночных импульсов I_p — кривые 6 (рис. 2, г). По кривым 5 и 6, снятым при разных значениях I_p , видно, что порог разрушения действительно выше в случае биполярных импульсов I_p .

По кривым 5 и 6 можно определить также зависимость $I_{p\max}(I_a)$, т. е. максимально-допустимый в режиме разрушения информации ток I_p

в зависимости от I_a , которая ограничивает область работоспособности ЗУ с неразрушающим считыванием (НРС) информации.

Построение области работоспособности на плоскости токов I_p, I_a . Изобразим сперва на плоскости I_p, I_a зависимости $I_{p\text{ мин}}(I_a)$ на основе кривых рис. 1, а также $I_{p\text{ макс}}(I_a)$ — для обоих способов записи информации, соответственно кривым 5 и 6 рис. 2, в, г (см. рис. 3, кривые 1—3).

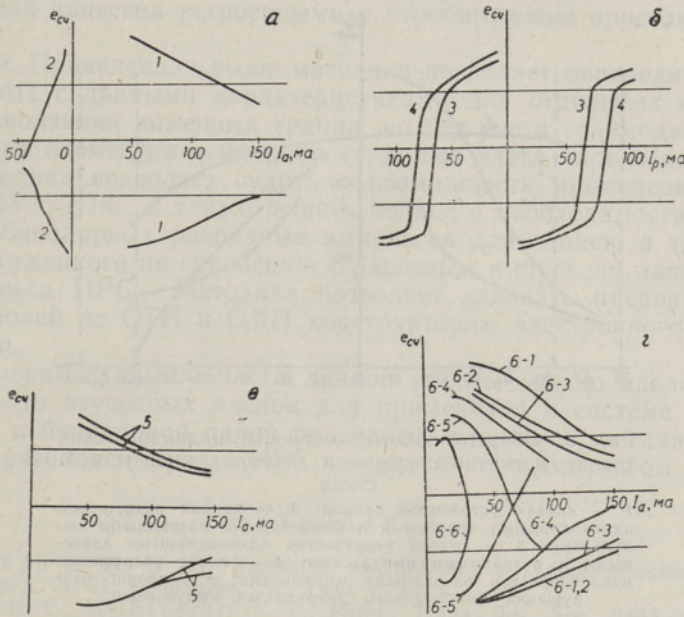


Рис. 2. Кривые разрушения информации.

- а — разрушение однополярными (кривые 1) и биполярными (кривые 2) импульсами I_a .
- б — разрушение однополярными (кривые 3) и биполярными (кривые 4) импульсами I_p .
- в — разрушение информации однополярными адресными и биполярными разрядными импульсами (кривые 5). Изображена зависимость сигнала считывания $e_{сч}$ от I_a . Кривые, снятые при предельных значениях I_p (−50, 0 и +55 ма) практически идентичны.
- г — разрушение информации однополярными адресными и разрядными токами I_a и I_p (кривые 6) при следующих значениях I_p : 0 ма (кривая 6-1); 12,5 ма (6-2); 25 ма (6-3); 37,5 ма (6-4); 50 ма (6-5); 62,5 ма (6-6).

Рассмотрим случай 2-мерного ЗУ.

Область работоспособности пленок в ЗУ с разрушающим считыванием (разрушающего воздействия I_a на соседние адреса нет при считывании и записи; пороговое значение I_p определяется из $I_{p\text{ макс}}(I_a)$ при $I_a = 0$) ограничивается кривой 1 и прямыми 4 и 5 (рис. 3). Прямые соответствуют пороговым значениям I_p в случае $I_a = 0$ согласно кривым 5 и 6 рис. 2, в, г или могут быть определены непосредственно по кривым 3 и 4 рис. 2, б. Отсюда видно, что I_a сверху не ограничивается. При испытании готовых матриц ЗУ оказалось, что I_a все-таки ограничен сверху, так как при больших I_a сильные поля рассеяния адресных соленоидов разрушают информацию по соседним адресам.

В случае НРС можно представить два режима работы памяти: 1) с равными токами I_a при записи и считывании, 2) с большим значением I_a

записи и меньшим значением I_a считывания. Первый режим работы может быть осуществлен, если область работоспособности между кривыми 1 и 2 или 1 и 3 рис. 3 достаточно велика. Если это не так, то ток I_a при записи выбирается таким же, как в случае ЗУ с разрушающим считыванием, а при считывании — как в ЗУ с НРС, т. е. ниже кривых 2 или 3 рис. 3, но выше значения, обеспечивающего достаточный сигнал на входе усилителя считывания.

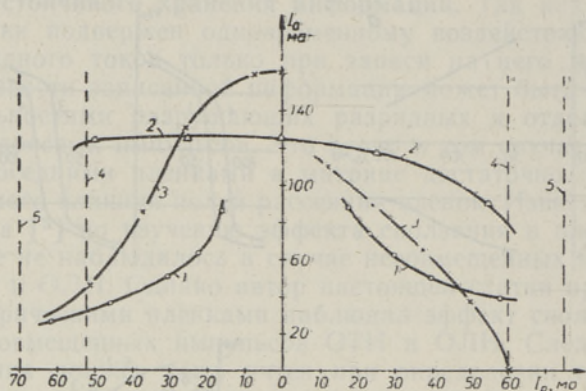


Рис. 3. Область работоспособности цилиндрических тонких магнитных пленок в запоминающих устройствах.

1 — кривая устойчивой записи; 2 — кривая разрушения однополярными адресными и биполярными разрядными импульсами; 3 — кривая разрушения однополярными адресными и разрядными импульсами; 4 — порог разрушения однополярными разрядными импульсами; 5 — порог разрушения биполярными разрядными импульсами.

Реализовать 2,5-мерное ЗУ легче, если предусмотреть НРС (в случае разрушающего считывания требуется восстановление информации по m адресам при каждом обращении к памяти). Область работоспособности пленок в 2,5-мерном ЗУ с НРС ограничивается кривыми 1 и 2 или 1 и 3 (последние — в случае двух импульсов записи). Применение повышенного значения I_a при записи не представляется возможным, так как это вызывает потерю информации в $m - 1$ соседних адресах.

Эксперимент. Экспериментальная часть работы была выполнена в лаборатории магнитных элементов Института кибернетики АН ЭССР. Исследуемая пленка была осаждена электролитически на проволочную подложку из бериллиевой бронзы диаметром 0,22 мм, пленка имела толщину порядка 1 мкм, коэрцитивную силу 1,3 эрстед, поле анизотропии 2,0 эрстеда, скос ОЛН относительно циркулярной геометрической оси $1^{\circ}20'$, угол дисперсии ОЛН 9° . Импульс I_a по ОТН имел длительность 300 нсек с фронтами по 40 нсек, импульс I_p по ОЛН — 500 нсек с такими же фронтами. Магнитное состояние пленки определялось треугольным импульсом тока по ОТН амплитудой 1,8 эрстед* при длительности по основанию 150 нсек. Сигнал считывания не превышал 5 мв.

Кривые рис. 1 и 2 записывались непосредственно на двухкоординатном самописце; необходимые для записи пиковые значения импульсов тока и сигнала считывания были выделены стробированием, для чего

* Поле в соленоиде без поправки на размагничивающее воздействие соответствует току $I_a \sim 18$ ма.

применялись стробирующие приставки типа С1-21. Сигнал считывания с пленки (до стробирования) был предварительно усилен трехступенчатым дифференциальным усилителем на транзисторах с трансформаторным выходом на нагрузку 75 ом. Расширенные выходные импульсы стробирующих приставок преобразовывались в пропорциональное пиковому значению импульса постоянное напряжение с помощью пиковых детекторов. Выходы пиковых детекторов подключались непосредственно к входам следящих систем самописца. Координатная сетка записанных кривых была нанесена встроенными в стробирующие приставки калибраторами.

Выводы. Приведенная выше методика позволяет определить пригодность ЦТМП с данными характеристиками для отдельных систем ЗУ с учетом сползания доменных границ, но без учета взаимодействия записываемых элементов в матрице (т. е. без учета характеристик матриц). Методика позволяет судить о возможности применения данных пленок в ЗУ с НРС, а также решить вопрос о необходимости применения пары биполярных разрядных импульсов для записи, а также применения сниженного по сравнению с адресным импульсом записи адресного импульса НРС. Методика позволяет задавать предварительные значения полей по ОТН и ОЛН конструкторам электронного обрамления матриц.

Из экспериментальной части данной работы можно сделать вывод о пригодности изученных пленок для применения в системе 2-мерного ЗУ с НРС и биполярной парой разрядных импульсов, а также со сниженным значением импульса НРС по сравнению с импульсом I_a записи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Росницкий О. В., В сб.: Хранение информации в кибернетических системах. под ред. Л. П. Крайзера, М., 1969, с. 24.
2. Stoner E. C., Wohlfarth E. P., Philos. Trans. Roy. Soc., 240A, 599 (1946—1948).
3. Розенблат М. А., ЖТФ, XXIV, вып. 4 (1960).
4. Gilligan T. G., IEEE Trans. El. Comp., EC-15, No. 4 (1966).
5. Beeforth T. H., Intern. J. Control, 1-st Ser., 1, No. 4 (1965).
6. Waaben S., IEEE Trans. El. Comp., EC-16, No. 3, 335 (1967).

Институт кибернетики
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
7/VII 1970

M. SINISOO

SILINDRILISTE MAGNETKILEDE STABIILSE TÖÖ PIIRKOND MÄLUSEADMETES

Esitatakse meetod silindrilise magnetkile stabiilse töö piirkonna määramiseks 2- ja 2,5-mõõtmelises mäluseudmes. Uurimuse eksperimentaalses osas on esitatud informatsiooni stabiilse salvestamise ja säilitamise tunnuskõverad, mis arvestavad roomamisanähtustest tingitud magnetilise seisundi muutust. Töö tulemuste põhjal on esitatud soovitud mäluseudme töörežiimi valikuks vastavalt magnetkile omadustele.

M. SINISOO

DRIVE CURRENT MARGINS FOR PLATED WIRE MEMORY SYSTEMS

The paper presents a method for mapping marginal word and digit drive currents for 2D and 2.5D plated wire memory systems in the plane of drive currents. The method is based on experimental data on creep process, allowing to draw conclusions concerning the feasibility of some memory systems with destructive and nondestructive readout. This is achieved by analysing the response of plated wire to test pulse sequences.