

[12] D y n e s R.C. et al. // Phys. Rev. Lett. 1984, N 53. P. 2437.

[13] T s a i J.S. et al. // Physica C. 1989. N 157. P. 537.

Поступило в Редакцию
11 марта 1991 г.

Письма в ЖТФ, том 17, вып. 9

12 мая 1991 г.

12

© 1991

О НОВОМ НАПРАВЛЕНИИ В ТЕХНИКЕ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ МАГНИТНЫХ ЗАПОМИНАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

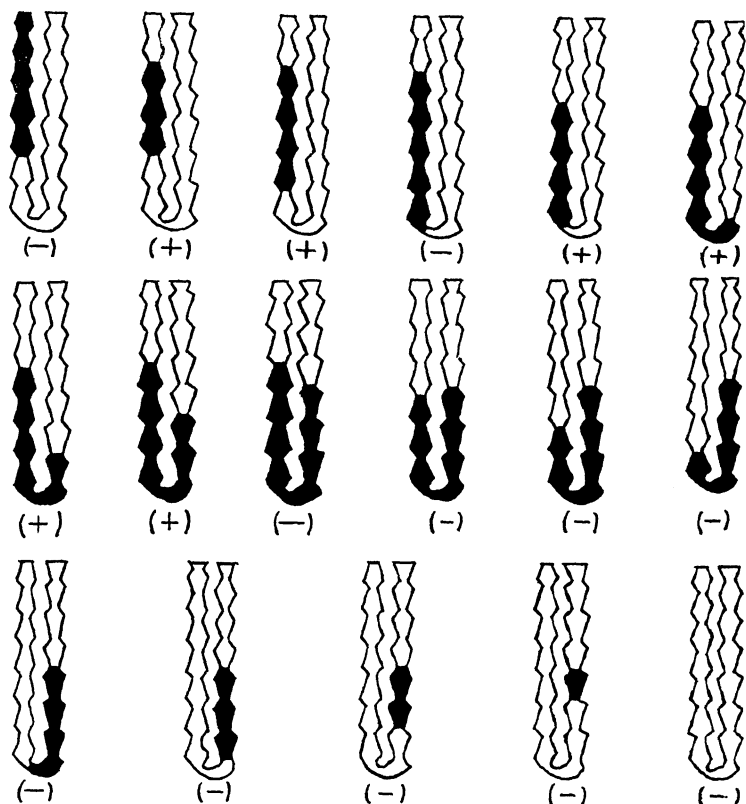
А.Н. А в е р к и н, В.П. Д м и т р и е в

В настоящей работе описаны первые экспериментальные результаты, относящиеся к новому направлению в микроэлектронной технике магнитной записи, а также приводятся краткие их обоснования.

В качестве информационной среды нами были использованы тонкослойные полосы магнитоодноосного материала с осью легкого намагничивания (СЛН), перпендикулярной плоскости полосы, с периодически меняющейся шириной и смещенным от середины периода максимумом ширины. На рисунке приведены фотографии одного из таких носителей информации - область поворота замкнутого сдвигового регистра с периодом 8 мкм, выполненный из ферритгранатового материала с намагниченностью насыщения $4\pi M_S = 170$ Гс толщиной 0.5 мкм.

В таком носителе в отсутствии внешних полей подмагничивания (смещения) устойчиво существует монодоменное состояние (светлая часть полосы на фотографиях). В то же время воздействием локального импульсного магнитного поля, коллинеарного ОЛН, в носителе может быть осуществлена генерация доменов с намагниченностью, антипараллельной исходному доменному состоянию, и столь же устойчивых (темная часть полосы на фотографиях). В отсутствие внешних полей доменные границы (ДГ) занимают положения в локусах полосы, где их энергия минимальна.

Перемещение ДГ происходит под действием однородного в пределах всего регистра магнитного поля, ориентированного параллельно ОЛН. Поле старта, то есть величина поля, при котором ДГ начи-



Последовательные фазы движения домена в СИАК-регистре.

нает перемещаться из локуса в сторону расширяющейся части клина, определяется, без учета коэрцитивности материала, выражением вида

$$V = \tilde{\sigma} \operatorname{tg} \varphi / M_s d,$$

где $\tilde{\sigma}$ – плотность энергии ДГ, d – минимальная ширина полосы, φ – половина угла между образующими клина в заданном направлении. Последовательная периодическая трансляция ДГ осуществляется импульсами однородного магнитного поля, длительность которых должна быть достаточной, чтобы ДГ достигла максимума ширины полосы (далее граница движется без поля), но не должна превышать времени перемещения ДГ между соседними локусами.

Из этих условий следует, что амплитуда импульса магнитного поля, перемещающего ДГ в направлении более пологой части клиновидной структуры (назовем это направление „прямым“) меньше, а длительность – больше, чем для импульсов, осуществляющих обратное, реверсивное перемещение границ. Для приведенного примера клиновидного регистра периодическая трансляция ДГ в прямом

направлении осуществлялась импульсами амплитудой 10 Э и длительностью 0,8 мкс, а в обратном направлении – соответственно 25 Э и 0,1 мкс.

С точки зрения динамических характеристик рассмотренная клиновидная структура феноменологически может быть представлена как структура с искусственной анизотропной коэрцитивностью (СИАК), характеризующаяся различными полями старта в двух различных направлениях движения ДГ, что и позволяет контролируемо осуществлять перемещение границ в прямом и обратном направлениях.

На приведенных фотографиях показаны различные фазы прохождения домена через поворот СИАК регистра в прямом направлении. Видно, что передняя и задняя границы домена движутся под действием импульсов различной полярности обозначенных на фотографиях соответственно символами (+) и (-). В представленной последовательности соответствующий символ между соседними фотографиями указывает полярность импульса, под действием которого получена данная позиция из предыдущей. Как видно, для перемещения домена на один период клиновидной СИАК структуры необходимо воздействие одного цикла из двух знакопеременных импульсов. Говоря иначе, за один цикл импульсов все ДГ в такой структуре перемещаются на один период, а при непрерывной подаче циклов знакопеременных импульсов все ДГ последовательно перемещаются вдоль регистра в заданном направлении.

На представленной серии фотографий обращает на себя внимание последний кадр, где зафиксированы две доменные границы в одном локусе регистра, что экспериментально подтверждает факт устойчивости доменов в СИАК структуре. Устойчивость домена в отсутствие внешнего поля обусловлена малым взаимодействием между собой двух независимых, незамкнутых доменных границ (НДГ) в рассматриваемых структурах.

Все сказанное в равной степени относится и к структурам меньших размеров. В частности, аналогичные результаты были получены при визуальном наблюдении НДГ в структурах с периодом 4 и 2 мкм. Более того, как показывают теоретические оценки, нижним пределом размеров структур, содержащих НДГ, являются величины порядка толщины ДГ [1].

Рассмотренные магнитные структуры могут быть использованы в качестве носителя информации, если наличию НДГ в локусе структуры приписывать „1“, а отсутствию – „0“ (в двоичном коде). Считывание информации может проводиться обычными датчиками, например магниторезистивными. Размер ячейки хранения информации равен периоду такой СИАК структуры, а площадь, приходящаяся на один бит информации, как видно из фотографий, не превышает квадрата периода. Исходя из приведенных экспериментальных результатов минимальная плотность записи информации подобных запоминающих устройств (ЗУ) порядка 1 Мбит/см², а с учетом теоретического предела, а также современных достижений литографической техники максимальная информационная плотность может составить

величину порядка 10 Гбит/см^2 . Что касается быстродействия рассматриваемых ЗУ, то нижний предел тактовых частот перемещения - считывания информации по приведенным выше экспериментальным результатам можно оценить величиной $1\div 10 \text{ МГц}$, а верхний предел частот, исходя из минимальных достижимых размеров СИАК элементов, можно обозначить величиной не менее 100 МГц , определяемой, в частности, техническими возможностями создания соответствующих источником магнитных полей и ряда других конструктивных элементов ЗУ.

К достоинствам рассматриваемых устройств относится их технологичность. Так, для формирования простой клиновидной структуры продвижения необходимо литографическое разрешение около 10 пикселов на бит информации. В то же время разрешение фотолитографии $\sim 5 \cdot 10^8 \text{ пикселов/см}^2$, рентгеновской и электронной литографии $\sim 10^{10} \text{ пикселов/см}^2$, а ионной литографии $\sim 10^{12} \text{ пикселов/см}^2$, что вполне достаточно для создания клиновидных и более сложных СИАК структур продвижения НДГ с информационной плотностью вплоть до $\sim 10 \text{ Гбит/см}^2$. Круг возможных для использования магнитных материалов оказывается весьма широк. В частности, возможно использование аморфных магнетиков, что значительно дешевле используемых в микроэлектронике магнитных ЗУ феррит-гранатов, а также открывает перспективу создания многослойных объемных ЗУ.

Таким образом, существо направления заключается в использовании в качестве информационной среды анизотропных магнитных структур, характеризующихся, с одной стороны, метастабильным монодоменным состоянием, и, с другой стороны, анизотропией формы и соответственно анизотропией параметров, определяющих динамические характеристики структуры, что позволяет производить запись информации и осуществлять ее перемещение.

В заключение авторы выносят благодарность Л.А. Суслину за постоянные интерес и помощь в работе.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] В о н с о в с к и й С.В., Ш у р С.Я. Ферромагнетизм, М.: ГИФМЛ. 1949.

Поступило в Редакцию
9 марта 1991 г.