

Шилинг Галина Сергеевна

канд. физ.-мат. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет им. В.М. Шукшина»

г. Бийск, Алтайский край

ВОЗМОЖНОСТЬ МАГНИТНОЙ ЗАПИСИ НА ДОМЕННЫХ ГРАНИЦАХ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ПЛЕНКИ

Аннотация: в статье идет речь о записи информации на магнитных носителях, которая имеет огромное прикладное значение. В первую очередь такая запись используется в вычислительной технике. В данной работе обсуждаются вопросы, связанные с возможностью магнитной записи на доменные границы в тонкой монокристаллической пластинке. Обсуждаемый метод отличается от классических методов, когда в качестве информационного бита используют сам домен, а не его границу. Такой метод может существенно повысить плотность записи. Именно эта задача является первоочередной в сфере магнитной записи: повысить плотность информационной записи, уменьшить размеры носителя информации.

Ключевые слова: магнитная запись, домен, поверхностная анизотропия, плотность магнитной записи, доменная граница.

Введение

Запись информации на магнитных носителях имеет огромное прикладное значение. В любом случае, возникает ряд вопросов, требующих разрешения. В данной работе рассматривается проблема увеличения плотности магнитной записи. Ее обычно определяют как число информационных битов, приходящихся на квадратный дюйм (bit/inch^2). Ранее использовалась планарная и перпендикулярная записи, которые используют домены, ориентированные нормально к плоскости дорожки записи. В традиционных методах магнитной записи с поликристаллическими дорожками, магнитная запись осуществляется путем формирования информационных битов путем намагничивания кристаллитов

в разных направлениях. По мнению автора работы [1] предельная плотность записи традиционными методами может достигать 1 Tbit/inch^2 . В работе [2] прогнозируется возможность записи на поликристаллической структуре с плотностью до 10 Tbit/inch^2 . Плотность магнитной записи на поликристаллической структуре ограничивается эффектом суперпарамагнетизма.

В магнитных средах можно использовать другие способы записи, используя, например, запись на доменных границах или на элементах доменных границ. В настоящей работе оцениваются такие возможности методом микромагнитного моделирования, без каких-либо предварительных предположений о равновесном распределении намагниченности \mathbf{M} в дорожке записи.

Описание метода

Идея альтернативного метода записи состоит в магнитной записи на монокристаллической дорожке, при которой собственным (магнитостатическим) полем дорожки формируется полосовая доменная структура, а информационными битами являются блоховские границы доменов.

Отрезок дорожки магнитной записи моделируем пластинкой одноосного магнетика с размерами по координатным осям x , y и z , равными 80, 20 и 10 нм соответственно. Ориентация координатных осей показана на рис. 1, а начало координат расположено в центре левой грани пластиинки. Поле намагниченности $\mathbf{M} = \mathbf{M}(x, y, z)$ предполагается трехмерным. Поле насчитывается с использованием уравнения Ландау-Лифшица, которое можно записать в следующем безразмерном виде:

$$\frac{\partial \mathbf{m}}{\partial \tau} = -\mathbf{m} \times \mathbf{h}_{eff} - \lambda \mathbf{m} \times (\mathbf{m} \times \mathbf{h}_{eff}), \quad (1)$$

где \mathbf{m} – вектор намагниченности,

$$\mathbf{h}_{eff} = \frac{\mathbf{H}_{eff}}{M_s} = -\nabla U + \frac{\mathbf{H}_{ext}}{M_s} + \frac{2A}{M_s^2 L^2} \Delta \mathbf{m} + \frac{2}{M_s^2} \mathbf{w}(\mathbf{m} \cdot \mathbf{w})(K_1 + 2K_2(1 - (\mathbf{m} \cdot \mathbf{w})^2)) - \text{ выражение, учитывающее напряженность внешнего поля } \mathbf{H}_{ext}.$$

A – константа обмена; L – характерный линейный размер (одна из сторон пластиинки); K_1, K_2 – константы внутриобъемной анизотропии; \mathbf{w} – единичный

вектор направления оси легкого намагничивания; U – потенциал магнитостатического поля.

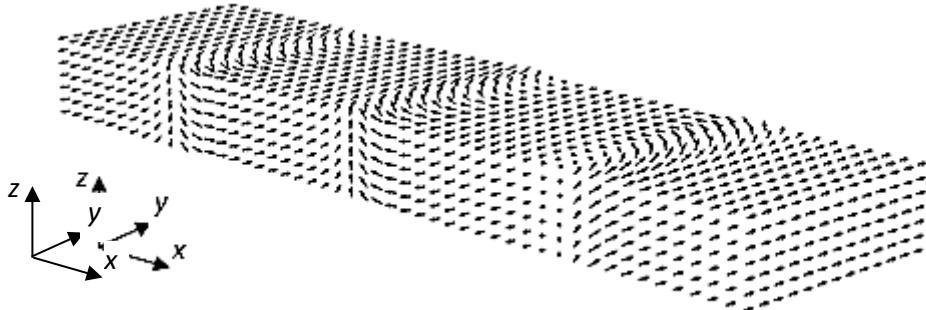


Рис. 1 Общий вид полосовой доменной структуры в пластинке

$80 \times 20 \times 10$ нм

Уравнение можно решить методом явной конечно-разностной схемы. Для вычисления потенциала использовался метод, описанный в работе [3] для случая конечной расчетной области.

Расчеты проводились для пластинки с магнитными параметрами сплава $Nd_2Fe_{14}B$, и параметром $\lambda = 0.2$. Ось легкого намагничивания ориентирована по координатной оси ОY.

Полученные результаты и обсуждение

Из начального размагниченного состояния со случайной ориентацией векторов m получается полосовая доменная структура, показанная на рис. 1.

Если в пластинке (рис. 1) на отрезке между $x = 37.5$ нм и $x = 52.5$ нм длиной 25 нм, содержащем центральную границу, включить внешнее поле напряженностью 2.4×10^5 А/м, направленное нормально к плоскости пластинки и противоположно намагченности границы, то граница перемагнитится по полю. При этом остальная часть доменной структуры остается стабильной. Таким образом, компонента H^z намагченности доменной границы может выполнять функцию информационного бита. Поле, необходимое для перемагничивания границы, уменьшается с уменьшением констант анизотропии K_1 и K_2 , которые уменьшаются с ростом температуры. Таким образом, поле перемагничивания границы

можно уменьшить локальным нагревом участка пластинки, содержащего перемагничиваемую границу.

В заключение следует отметить принципиальное отличие предлагаемого метода магнитной записи на доменных границах от внешне близкого метода записи на доменах, при которой каждый бит информации располагается в одном домене-кристаллите. При записи на доменах, в случае расположения нескольких одинаковых битов подряд, соседние домены-кристалллы намагничиваются в одном направлении. Такое состояние системы можно рассматривать как набор магнитов, одноименные полюса которых ориентированы в одну сторону, и оно энергетически невыгодно. В результате домены будут стремиться перемагнититься так, чтобы с каждой стороны дорожки полюса магнитов чередовались. При записи на доменных границах намагниченность доменов (ориентация магнитов) чередуется при любом расположении информационных битов.

Список литературы

1. Wood R. Future hard disk drive systems / R. Wood // J. Magn. Magn.Mater. – 2009. – Vol. 321. – P. 555–561.
2. Kikitsu A. Prospects for bit patterned media for high-density magnetic recording / R. Wood // J. Magn. Magn.Mater. – 2009. – Vol. 321. – P. 526–530.
3. Толстобров Ю.В. Потенциал магнитостатического поля бесконечно длинного стержня / Ю.В. Толстобров, М.В. Плетнёва, Н.А. Манаков, Е.К. Борзенко // Фундаментальные науки и образование: материалы Всероссийской научно-практической конференции (Бийск, 1–4 февраля 2006 г.) / Бийский пед. гос. ун-т им. В.М. Шукшина. – Бийск: БПГУ им. В.М. Шукшина, 2006. – С. 102–105.