

УДК 543.62

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ПРЕДЕЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ ЗАПИСИ ИНФОРМАЦИИ НА МАГНИТНЫХ НОСИТЕЛЯХ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕЕ УНИЧТОЖЕНИЯ

В.А. КОНДРАТЕНОК, Н.Н. НОВИЦКИЙ, А.И. СТОГНИЙ, О.В. ЧУРКО

Военная академия Республики Беларусь  
Гуртьева, 1, Минск, 220057, Беларусь

Поступила в редакцию 22 апреля 2009

Представлен краткий анализ состояния развития методов осуществления предельной плотности записи информации на магнитных носителях информации и рассмотрена возможность их использования для анализа эффективности уничтожения информации.

*Ключевые слова:* плотность записи, термоактивируемая магнитная запись.

### Введение

Настоящим прорывом в информационных технологиях является плотность записи информации 1 Тб/дюйм<sup>2</sup>, анонсированная компанией IBM, что позволит на носителе размером с троллейбусный талон записать 10 млрд. страниц текста.

Современные технологии уже шагнули в область нанометровых масштабов и требуют соответствующего диагностического инструментария, позволяющего обеспечивать контроль параметров и диагностику рабочих поверхностей и других элементов накопителей.

В перечень типовых задач такого оборудования входит и контроль эффективности уничтожения информации на магнитных носителях информации (МНИ), ведь даже многократная перезапись информации не гарантирует ее полного уничтожения, что проиллюстрировано на рис. 1 [1, 2].

На рис. 1 видны "следы" дорожек записи, а также "остатки" от предыдущих записей. Данные изображения получены разными методами, на разных МНИ, с различным разрешением, но все они иллюстрируют параллельное развитие средств записи информации и средств ее несанкционированного получения.

### Квантовый предел плотности магнитной записи

С 1997 г. плотность магнитной записи удваивается ежегодно. Это происходит благодаря тому, что исследователям удается получать все более маленькие и стабильные магнитные гранулы. Для каждого магнитного материала и температуры существует критический размер для его формы в виде отдельных гранул, меньше которого гранулы спонтанно перемагничиваются в результате термических флуктуаций. Для преодоления этого ограничения необходимо получать материалы с высокой анизотропией или коэрцитивностью. Другой подход к увеличению плотности записи заключается в понижении температуры и подавлении термических флуктуаций. Действительно, состояния с правильной и обратной намагниченностью гранулы, помещенной в перемагничивающее внешнее поле соседних гранул, разделены потенциальным барьером. Преодолеть этот барьер можно в результате

термической активации. Этот процесс существенно подавляется с понижением температуры. Но при этом развивается другой возможный процесс перемагничивания — за счет туннелирования и обмена электронами проводимости. Туннелирование не зависит от температуры. Это и есть квантовый предел плотности записи на магнитных носителях, установленный самой природой.

В 2001 г. сотрудники IBM T.J. Watson Research Center произвели расчет этого предела на основе теории макроскопического квантового туннелирования для различных материалов. Критерий стабильности магнитной записи состоял в том, что каждый бит должен сохранять 95% своей намагниченности в течение 10 лет.

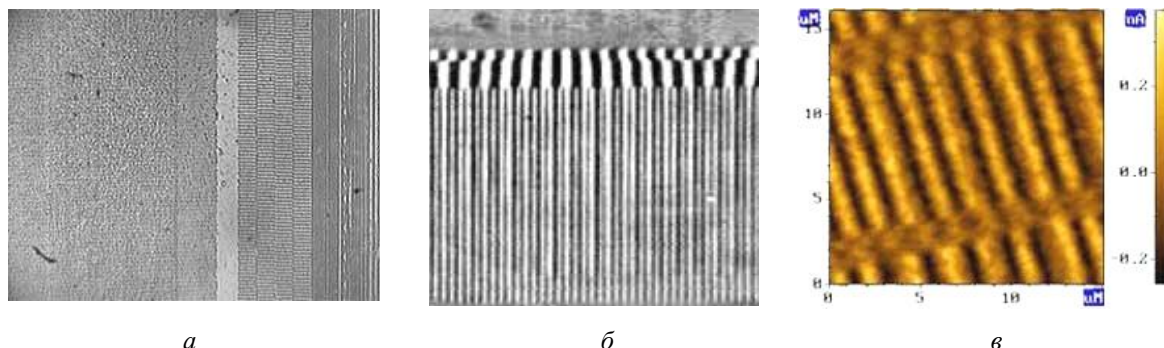


Рис. 1. Результаты визуализации информации на МНИ с использованием: *a* — метода Битера (разрешение при использовании электронных микроскопов до 100 нм); *б* — магнитооптических методов (разрешение на пленках феррит-гранатов до единиц микрон); *в* — магнитной силовой микроскопии (разрешение до 10 нм)

Оказалось, что для сплавов кобальта, на которых была продемонстрирована магнитная память с плотностью записи 10 Гбит/дюйм<sup>2</sup>, можно прийти до 1,9 Тбит/дюйм<sup>2</sup> при температуре 0,1 К, после чего вступает в силу квантовое ограничение. Для среды же с наночастицами FePt было получено ограничение в 43 Тбит/дюйм<sup>2</sup> при температуре 1,3 К. Однако в нанослойной модификации материал FePt кроме того, что обладает высокой коэрцитивностью, еще характеризуется и высокой температурой Кюри, что представляет собой большую трудность для записи и перезаписи информации.

### Термоактивируемая магнитная запись информации

Коллектив ученых и инженеров из Seagate на страницах Nature Photonics [3] предложил реализацию термоактивируемой магнитной записи (ТАМЗ или HAMR (heat-assisted magnetic recording)), основанную на применении физических эффектов плазменного резонанса наноразмерного золота. Принцип ТАМЗ [4] применяется для записи информации на поликристаллических пленках материалов с экстремально высокой константой магнитокристаллической анизотропии ( $L_{10}$  FePt, SmCo<sub>5</sub>, Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B; обозначение  $L_{10}$  используется применительно к сплаву FePt, чтобы обозначить т.н. гранецентрированную тетрагональную магнито-жесткую структуру, где слои атомов железа чередуются со слоями атомов платины). Атомы железа и платины, расположенные статистически в кубической решетке, формируют магнито-мягкий материал. Стандартный диск состоит из чередующихся слоев платины (около 1 нм) и кобальта (0,3–0,5 нм) и имеет толщину до 20–30 нм. Такая структура обладает большой перпендикулярной магнитной анизотропией и температурой Кюри в районе 300±50°C, которая зависит от конкретного дизайна "сэндвича". Для таких материалов не хватает силы поля у записывающих головок, обычно используемых в "перпендикулярной" записи ( $H_{eff} < 20$  кОе). Для решения этой задачи необходимый участок потенциального носителя информации кратковременно нагревают до температуры Кюри ( $T_C$ ). Коэрцитивная сила ( $H_C$ ) при этом падает до нуля, силы поля головки хватает, чтобы записать бит информации, после чего участок охлаждается и постепенно достигает прежнего значения  $H_C$  (рис. 2). Локальный нагрев производят сфокусированным при помощи специально оформленного волновода лазером. Ключевым элементом записывающей головки является волновод (рис. 3), который представляет собой лепесток из оксида тантала, покрытого оксидом алюминия. В таком

устройстве были успешно получены треки битов шириной порядка 105 нм на мультислойном Co/Pt диске (локальная температура в этом случае достигала 275°C). Шириной же трека определяется плотность записи информации.

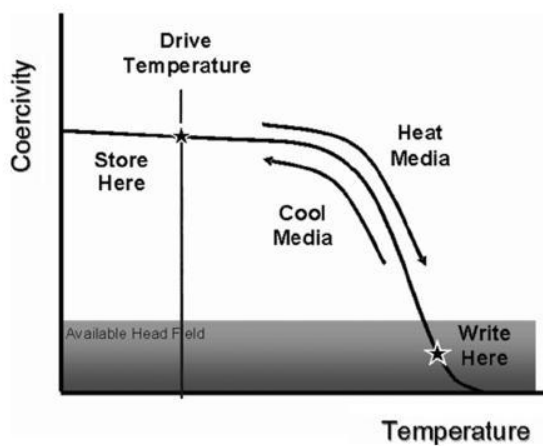


Рис. 2. Принцип термоактивируемой магнитной записи (ТАМЗ) [4]

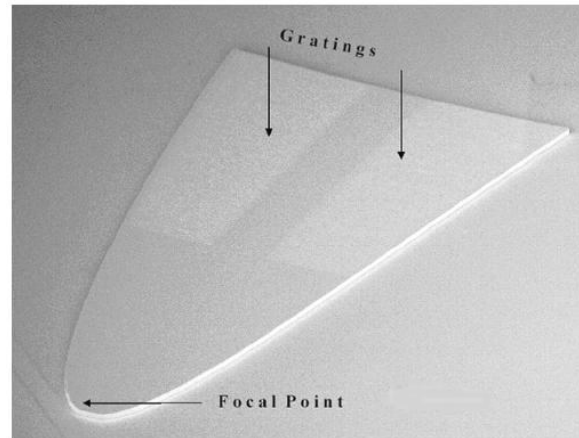


Рис. 3. Электронное фото SIM на основе  $Ta_2O_5/Al_2O_3$  [4]: SIM — элемент, фокусирующий свет в точку размером порядка  $1/4$  длины волны лазера

Специалисты Seagate методами литографии и напыления модифицировали кончик зеркала SIM золотым блином (диаметр 350 нм) на золотой палочке (диаметр 50 нм) таким образом, чтобы палочка смотрела вниз, как показано на рис. 4, 5. Благодаря этому, после включения лазера свет через дифракционную решетку попадает на золотой блин и возбуждает плазмон (осциллирующий поверхностный заряд, который накапливает световую энергию) с большой амплитудой. Тот своей энергией, как в воронку, "выливается" через палочку на слой FePt толщиной в 7,5 нм с коэрцитивной силой  $H_C=20,2$  кЭ, недоступной для ранее существовавшей технологии перпендикулярной записи. С помощью лазера с длиной волны 830 нм "золотой леденец" разогревает локальную область до 350°C, благодаря чему индуктивной головкой записи записываются треки шириной 70 нм, как представлено на рис. 6. Оценка показывает потенциальную плотность носителя примерно 1000 Гб/дюйм<sup>2</sup>.

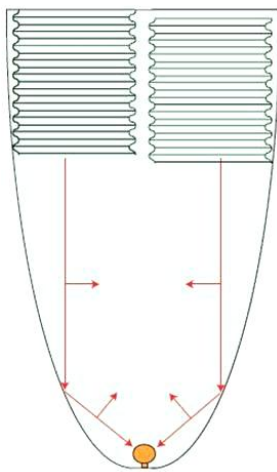


Рис. 4. Схема SIM, модифицированного золотым "леденцом" [3]

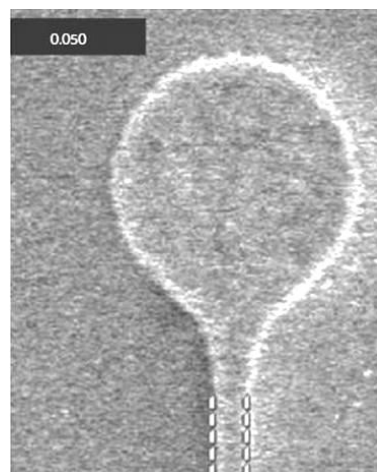


Рис. 5. SEM-изображение золотого "леденца" (расстояние между пунктирными линиями 50 нм) [3]

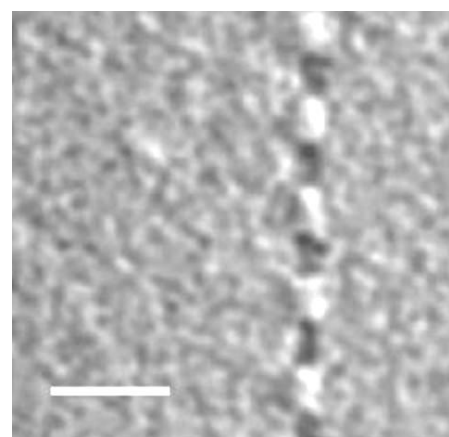


Рис. 6. MFM-изображение записанного трека (размер метки 300 нм)

## Заклучение

Результаты анализа литературы, посвященной развитию носителей информации, проиллюстрированы на рис. 7. Аналог закона Мура указывает, что магнитные наноматериалы могут достигнуть прогнозной плотности записи, которая ограничивается только фундаментальными физическими критериями, к 2020 г. Предположительно, это будут миниатюрные, энергонезависимые чипы, вмещающие на шести квадратных сантиметрах постоянную память десятков современных компьютеров. Информация будет записываться при температуре свыше  $600^{\circ}\text{C}$  и не стираться в магнитных полях свыше 1 Тл, оставаясь невосприимчивой к радиационным воздействиям. Запись и считывание информации будут производиться устройствами, созданными методами микро- и наномеханики, а память может стать недоступной для несанкционированного анализа. Более того, реален прогноз, когда поиск и локализация места нахождения информации станут недоступными для большинства пользователей.

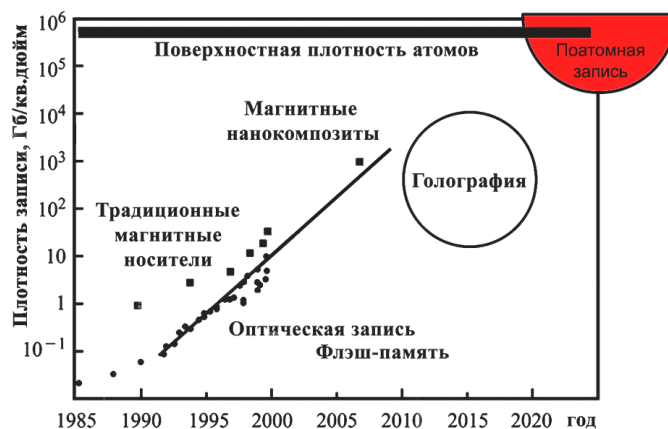


Рис. 7. Эволюция плотности записи информации

Ситуация же с миниатюризацией магнитных материалов в Беларуси однозначна — наноуровень магнитной записи информации сегодня нам недоступен. Анализ — тоже. Уничтожение — пока возможно, но достоверность проверки процесса уничтожения — уже, скорее всего, невозможна.

В лаборатории физики магнитных пленок НПЦ НАН Беларуси по материаловедению ведутся приоритетные исследования по разработке методов получения магнитных наноматериалов. Достигнут уровень размещения магнитных наночастиц в пределах прямой, приведенной на рис. 8, где для примера приведены наноразмерные магнитные среды, синтезированные в НПЦ НАН Беларуси по материаловедению методом ионно-лучевого распыления-осаждения. Но все исследования магнитных свойств этих объектов производятся за пределами Беларуси, а их результаты [5–9] публикуются только совместно с зарубежными соавторами.

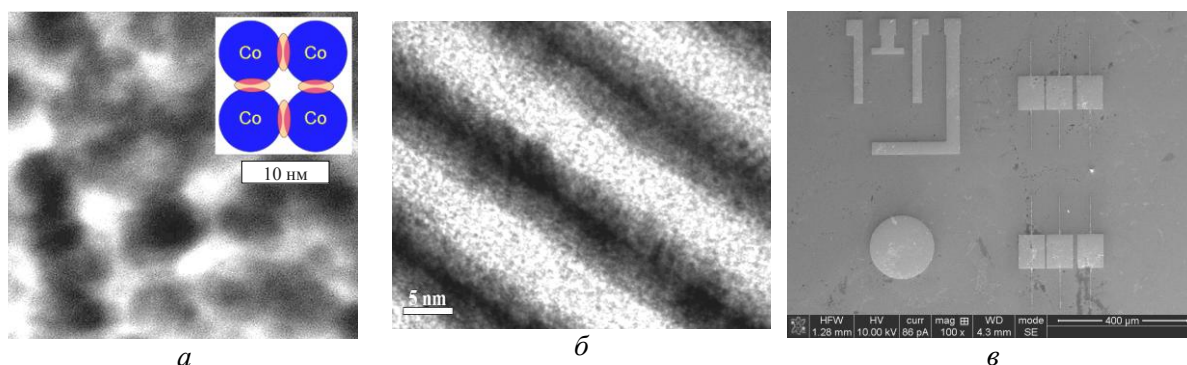


Рис. 8. Результаты исследований: *а* — наночастицы Co диаметром до 6 нм; *б* — двадцатислойная структура Co (5 нм)/TiO<sub>2</sub> (4 нм); *в* — элементы затвора спинтронного транзистора со слоем кобальта толщиной до 2 нм

# THE USING OF HIGH DENSITY WRITING OF INFORMATION ON MAGNETIC CARRIES METHOD FOR INFORMATION DESTROY EFFECTIVE ANALYSIS

V.A. KONDRATYONOK, N.N. NOVITSKII, A.I. STOGNIJ, O.V. CHURCO

## Abstract

The modern condition of a problem of high density writing of information on magnetic carries is briefly considered. The probability of using of some writing methods is reflected.

## Литература

1. Информационная безопасность офиса. Научно-практический сборник. Вып. 1. Технические средства защиты информации. К., 2003.
2. *Кожневский С.Р., Прокопенко С.Д.* Методы сканирующей зондовой микроскопии для исследования поверхностей накопителей информации и восстановления данных. — Электронный ресурс. Режим доступа — <http://epos.kiev.ua/pubs>.
3. *Challener W.A. et al.* // Nat. Photon., doi: 10.1038/NPHOTON.2009.26.
4. *Rottmayer R.E. et al.* // IEEE Trans. Magn., 42, 10, 2006, doi: 10.1109/TMAG.2006.879572.
5. *Stashkevich A., Roussigné Y., Djemia P. et al.* // J. of Applied Physics. 2008. Vol. 104, 093912.
6. *Stashkevich A., Roussigné Y., Stognij A.I. et al.* // Phys. Rev. B. 2008. Vol. 78, N 1.
7. *Borukhovich A.S., Ignat'eva N.I., Galyas A.I. et al.* // J. of Nanoelectronics and Optoelectronics. 2008. Vol. 3, N 1. P. 82–85.
8. *Стогний А.И., Серов А.А., Корякин С.В., Паньков В.В.* // Приборы и техника эксперимента. 4/2008. № 2. С. 162–165.
9. *Паньков В.В., Стогний А.И., Кошевар В.Д., Кецо В.А.* // Неорганические материалы. 2008. Т. 44, № 9.