

Методы повышения эффективности защиты информации, хранящейся в накопителях на жестких магнитных дисках

Ключевые слова:

защита информации, жесткое магнитное поле, технологии записи, винчестер, экстренное уничтожение информации



Лобанов Б.С.,
генеральный директор,



Гикulya А.И.,
зам. генерального директора,



Хлопов Б.В.,
к.т.н., главный конструктор направления
ФГУП "ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга",
208_otd@mail.ru

Рассматривается подход к проблеме повышения эффективности защиты информации, хранящейся в накопителях на жестких магнитных дисках, дан анализ развития новых направлений перпендикулярной записи на винчестерах и способов уничтожения информации с магнитных носителей, конструирование магнитных систем стирающего устройства. Экспериментально исследовано влияние воздействия импульсных магнитных полей на качество информации на современных винчестерах.

Основным средством хранения информации в компьютерных сетях различного применения являются накопители на жестких магнитных дисках (НЖМД). Развитие этих устройств характеризуется выпуском НЖМД с перпендикулярной записью. Прогрессивное изменение технологии магнитной записи приводит к необходимости анализа существующих методов и разработки экологически чистых и экономически выгодных устройств уничтожения информации, изучения направлений совершенствования этих методов.

Учитывая, что постоянно обновляется и формируется рынок предложений аппаратных и программных средств, обеспечивающих защиту и эффективное уничтожение информации, размещенной на магнитных носителях, производители этих устройств широко рекламируют и представляют средства наилучшим образом, тем самым, обеспечивают их конъюнктуру на рынке сбыта. Это, как правило, затрудняет оценку реальных экономических достоинств и технических характеристик средств уничтожения информации.

Перспективные направления в технологии записи

Применение технологий перпендикулярной записи на пластины дисков лишь на время отодвигает супермагнитный предел, который характеризуется явлением, наблюдаемым при изменении направления намагниченности частицами [1]. В этом случае домен меняет направленность магнитного момента, а уменьшение размеров частицы означает уменьшение энергетического барьера, который необходимо преодолеть для смены направления и поэтому частица становится менее стабильной. Период

стабильности частицы может меняться от 100 лет до 10 нс. В этом случае частицу нельзя отнести к разряду постоянных магнитов. На пластине диска размещается огромное количество хаотически расположенных намагниченных частиц, произвольно меняющих свой вектор направленности. Микроскопические свойства такой структурной среды похожи на свойства парамагнетиков.

Улучшением технологии перпендикулярной записи является HAMR (Heat Assisted Magnetic Recording) — запись с предварительным нагревом с помощью лазера [2]. Реализация этого метода осуществляется с помощью операции кратковременного нагрева (1 пикосекунда) участка, на который производится запись, до 100 градусов Цельсия. В этом случае магнитные частицы имеют больше энергии. В записываемом слое оказываются частицы с большой энергетикой, а это означает, что головке записи не нужно генерировать поле большой напряженности.

Другое перспективное направление — использование материалов, частицы в которых выстроены в битовый массив (Bit Patterned Media). Технология структурных носителей заменяет обычные пластины дисков, которые дают области записи с некоторым количеством случайно расположенных доменов, пластинами с нанесенной структурой. В этом случае поверхность носителя информации разбита на магнито-изолированные "островки" [3]. Каждый отдельный бит хранится на этом "островке", а не в массиве из доменов. На рис. 1 представлен фрагмент поверхности носителя информации поясняющий размещение на нем частиц. Это направление позволяет улучшить целостность хранения данных и повысить плотность записи.

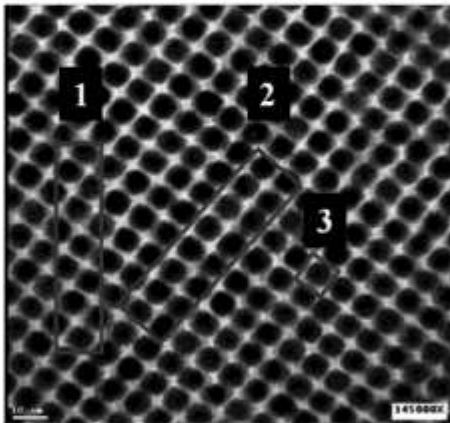


Рис. 1. Фрагмент поверхности носителя информации: 1 — область, хранящая единичный бит при шплатном подходе; 2 — битовый массив, границы которого совпадают с границами частиц; 3 — одна частица (хранит 1 бит)

Такой материал возможно создать искусственно с помощью литографии, либо применить сплав с подходящей самоорганизующейся структурой.

Структурные носители должны появиться на рынке в 2012 г., но термомагнитная запись, по информации Hitachi, будет использоваться не ранее 2015 г. Сочетание двух технологий позволит достичь емкости до 50 Тбайт в 3,5 дюймовых винчестерах или 12 Тбайт в 2,5 дюймовых накопителях информации для ноутбуков.

Утилизация информации на магнитных носителях

Внедрение новых технологий, применяемых при разработке современных НЖМД, магнитной записи обуславливают необходимость пересмотра существующих подходов к уничтожению информации с магнитных носителей. Основные методы уничтожения информации с магнитных носителей делятся на два направления. На рисунке 2 приведена структурная схема, поясняющая подходы к повышению эффективности защиты информации хранящейся на НЖМД методами, применяемыми при экстренной утилизации винчестеров.

Одним из немногих подходов экологически чистым и экономически перспективным является уничтожение информации при помощи изменения состояния тонкопленочных слоев магнитных носителей, т.е. без изменения конструкции носителя информации.

Другое направление с изменением конструкции носителя информации или его составных частей, которое приводит к полному уничтожению информации на дисках магнитного носителя, но, как правило, сопровождается утилизацией с применением вредного производственного процесса.

Известные способы уничтожения информации — программные (перезапись и стирание) возможны только на исправном НЖМД, а надежное экстренное уничтожение информации эти способы не гарантируют. При гарантированном уничтожении информации должны соблюдаться требования полное отсутствие защищаемой информации и невозможность ее восстановления существующими средствами восстановления с применением любых известных способов.

Наиболее перспективными для утилизации при экстренном уничтожении информации с магнитных носителей следует признать физические, обеспечивающие создание кратковременного мощного электромагнитного поля, достаточного для модификации магнитных состояний тонкопленочных слоев магнитных носителей информации до уровня насыщения.

Уничтожение информации происходит за счет намагничивания поверхности пластины носителя информации импульсным магнитным полем с определенными значениями напряженности и направлением ориентации вектора магнитного поля.

Методы стирания магнитной записи, предусматривающие создание одного или нескольких импульсов намагничивающего поля с ориентацией, близкой к направлению вектора записи [4], так же не дают полной гарантии уничтожения информации. Их низкая надежность стирания обусловлена тем, что перемагничивание ячеек с различной исходной ориентацией векторов намагниченностей происходит несимметричным образом, то есть углы между направлением стирающего поля и на-

магничиваниями векторов намагниченностей и существенно различаются. При неидеальной прямоугольности петли гистерезиса магнитного носителя это приводит к остаточной намагниченности указанных ячеек, которая может быть использована для восстановления записи. Этот недостаток можно исключить новыми конструкторскими и схемотехническими решениями, защищенными патентами ФГУП "ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга".

Способ создания суммарного магнитного поля с помощью симметричной магнитной системы с взаимно перпендикулярными полями, образованной многосекционной полеобразующей системой с соленоидами, выполненными в виде логарифмической спирали [5]. На рис. 3 приведена эпюра характеристика распределения значения напряженности суммарного магнитного поля в рабочем объеме полеобразующей системы.

На рисунке 4 приведен фрагмент конструкции полеобразующей системы (ПС).

Воздействие на магнитный носитель информации суммарным магнитным полем, создаваемым несимметричной магнитной системой, выполненной в виде плоских соленоидов с логарифмической спиралью [6]. На рис. 5 приведен вариант размещения винчестера и полеобразующей несимметричной магнитной системы.

Положительные результаты получены при воздействии на магнитный носитель информации ортогональным магнитным полем одноканальной магнитной системы с косоугольной намоткой соленоидов полеобразующей системы [7]. На рис. 6 приведен вариант косоугольной



Рис. 2. Структурная схема методов утилизации

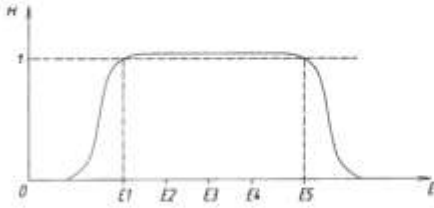


Рис. 3. Эпюра распределения значения напряженности импульсного магнитного поля в полеобразующей системе

намотки соленоида на каркас полеобразующей системы, выполненный в форме параллелепипеда. Угол намотки определяется необходимыми амплитудными значениями напряженности для каждого в отдельности вектора направленности (H_+ , H_{II}) к плоскости диска и значением напряженности вектора направленности суммарного магнитного поля (H).

Повышение качества надежности уничтожения информации с магнитных носителей также обеспечивается при воздействии на магнитный носитель информации пространственно изменяющимся внешним магнитным полем с зигзагообразной намоткой соленоидов полеобразующей системы [8].

На рис. 7 приведен вариант зигзагообразной намотки соленоида полеобразующей системы.

Пространственно изменяющееся внешнее импульсное магнитное поле насыщения в процессе изменения за время воздействия импульса длительностью $\tau_n \geq 2,0$ мс обеспечивает переманчивание ячеек памяти с различной исходной ориентацией векторов намагниченностей, то есть углы между значением векторов напряженности внешнего импульсного магнитного поля насыщения и направлениями векторов намагниченностей последовательно совпадают, а затем ориентируют в направлении суммарного вектора внешнего магнитного поля, что приводит к снижению остаточной намагниченности ячеек.

Значение суммарной напряженности намагничивания носителя информации импульсным, кратковременно создаваемым мощным с изменяющимся вектором напряженности магнитным полем удалось получить на энергоэффективном устройстве уничтожения информации [9] и источника импульсных магнитных полей [10].

На рис. 8 приведена электрическая схема источника импульсных магнитных полей.

Анализ технических предложений

Рассмотренные технические предложения проверялись на многодисковых винчестерах с

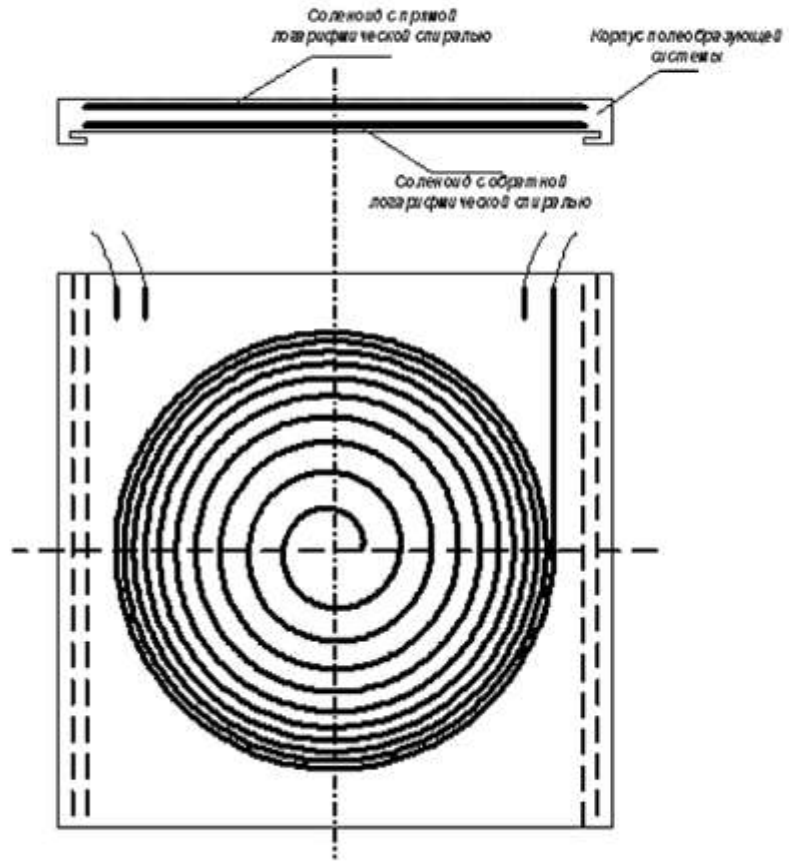


Рис. 4. Полеобразующая система

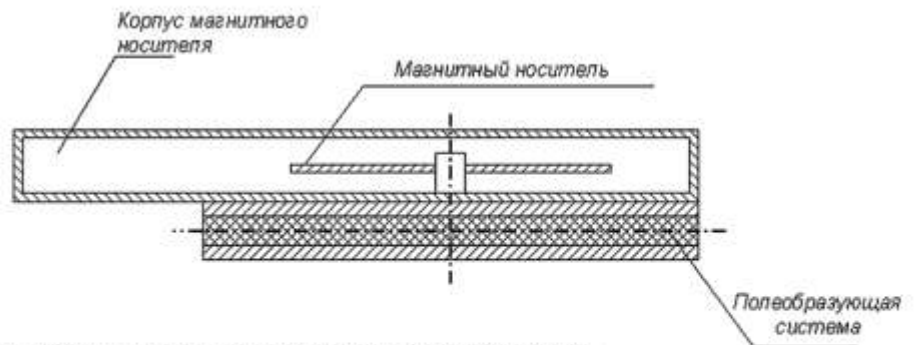


Рис. 5. Вариант размещения винчестера и полеобразующей системы

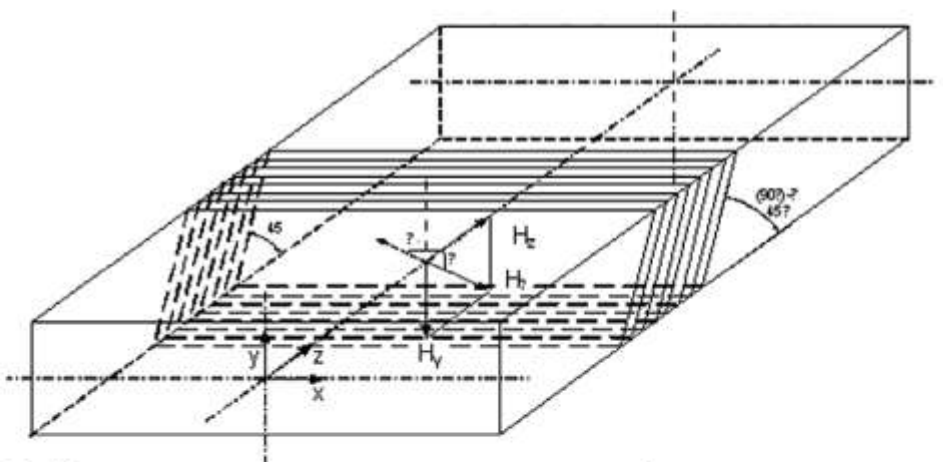


Рис. 6. Фрагмент косоугольной намотки на прямоугольный каркас полеобразующей системы

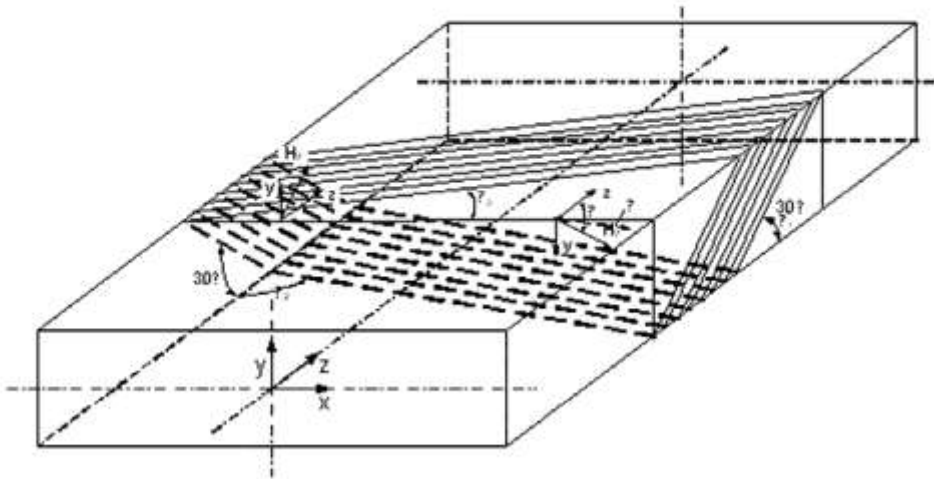


Рис. 7. Фрагмент катушки на каркасе полеобразующей системы, выполненной в виде параллелепипеда

перпендикулярной записью, например, типа Seagate ST375064AS, емкость 750 Гб, количество пластин четыре, скорость записи 63 Мб/с, интерфейс SATA2. Многодисковые винчестеры большого объема дополнительно снабжены металлическими элементами конструкции, разделяющими магнитные диски (пластины). Наличие металлических элементов уменьшает вибрации, биение пластин и повышает точность считывания записанной информации. Однако, они экранируют большие участки носителей информации от воздействия внешних импульсных магнитных полей при экстренном уничтожении. На рис. 9 а, б приведены фрагменты рельефов на участках поверхностей пластин со служебной и записанной информацией.

Изображения фрагментов магнитного рельефа были получены с помощью зондового силового микроскопа. Перпендикулярный магнитный слой на диске винчестера испускает сигнал по всей плоскости частицы, а благодаря подслою вектор этого сигнала направлен параллельно плоскости диска. По этому для его пространственного разрешения необходимо максимально приближать иглу микроскопа к исследуемой поверхности [11], а это в свою очередь уменьшает допустимую амплитуду колебаний контрлевера и уменьшает амплитуду полезного сигнала. Однако, при определенных условиях и настройках удается получить довольно качественные изображения рельефа участков поверхностей носителей информации для идентификации наличия или отсутствия информации.

На рис. 10 а, б, в, г приведены фрагменты рельефов на участках пластин четырех дискового винчестера после воздействия на него внешним импульсным магнитным полем, со значением напряженности равным $H_+ = 450$ кА/м

и длительностью импульса $T_{и} = 1,5$ мс (по уровню 0,5 амплитудного значения), создаваемым утилизатором с косоугольной катушкой полеобразующей системы.

Приведенные на рис. 10 изображения фрагментов магнитного рельефа участков поверхности пластин дисков имеют области как с полностью уничтоженной информацией, так и с явно выраженными остаточными следами информации на рис. 10 в и 10 г. Эти магнитные изображения рельефа относятся к четырех дисковому винчестеру, типа Seagate ST3750640A, информация на котором уничтожалась без разбора винчестера. Проведенные

эксперименты на других типах многодисковых винчестерах с параллельным типом записи Western Dig. WD5000AAKS, WD3200AABJ подтвердили наличие отдельных участков с остатками информации.

Экранирующее влияние корпусов НЖМД на характеристики воздействующего поля.

Было установлено, что это связано с экранирующим действием корпусов, составляющих частей и самих пластин дисков винчестера [12]. На рис. 11 приведены составляющие части винчестера, которые повышают коэффициент экранирования пластин от воздействия внешнего импульсного магнитного поля.

Для повышения надежности при экранированном уничтожении информации при тех же условиях увеличили энергию магнитного импульса до амплитудного значения напряженности $H_+ = 600$ кА/м и длительность импульса $\tau_{и} \geq 2,5$ мс (по уровню 0,5 амплитудного значения). Эффект экранирования уменьшился, толщина скин слоя увеличилась почти в два раза, ослабление поля для четырех дисковых винчестеров, выбранных для испытаний не превысило 10 %.

На рис. 12 а, б, в, г приведены изображения фрагментов магнитного рельефа на участках пластин, подверженных наибольшему экранированию, после воздействия суммарным ортогональным импульсным магнитным полем одноканальной магнитной системы [8].

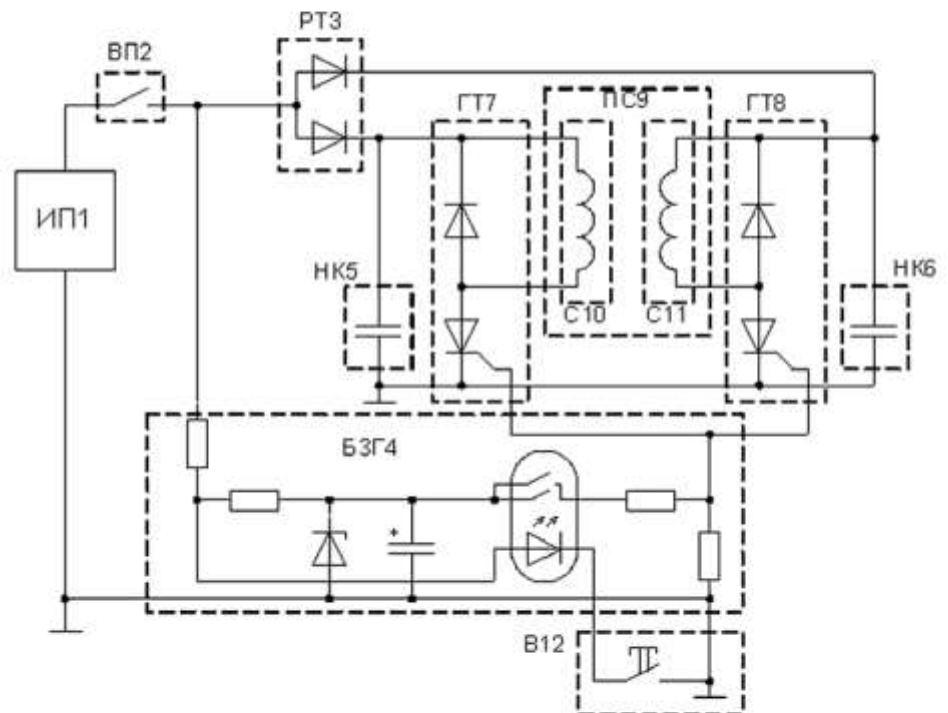


Рис. 8. Функциональная электрическая схема источника импульсных магнитных полей: ИП1 — источник питания, ВП2 — выключатель, РТ3 — разветвитель, БЗГ4 — блок задающего генератора, НК5, НК6 — накопитель конденсаторный, ГТ7, ГТ8 — генератор тока, ПС9 — полеобразующая система, С10, С11 — соленоид, В12 — кнопка включения

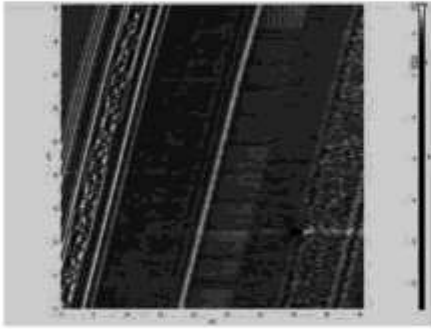


Рис. 9а. Фрагмент рельефа пластины диска служебной информации

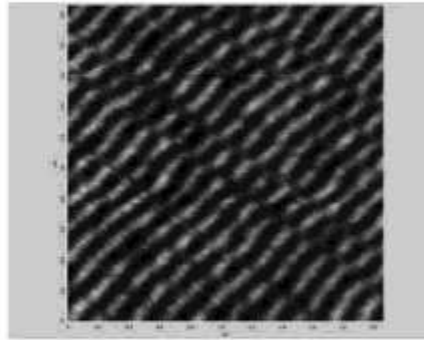
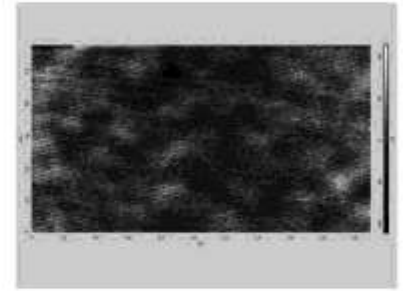
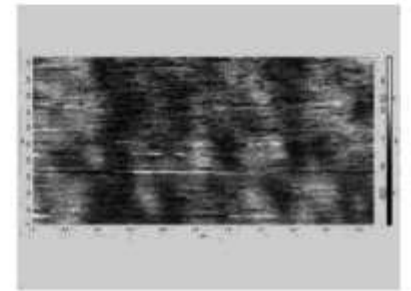


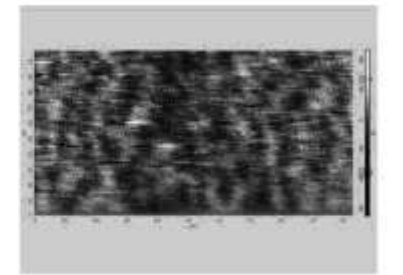
Рис. 9б. Фрагмент рельефа пластины диска с записанной информацией



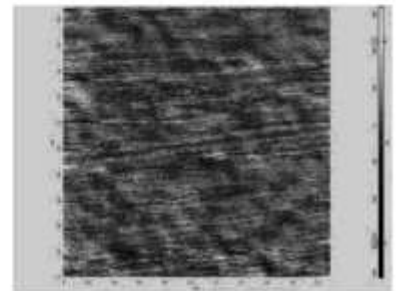
а)



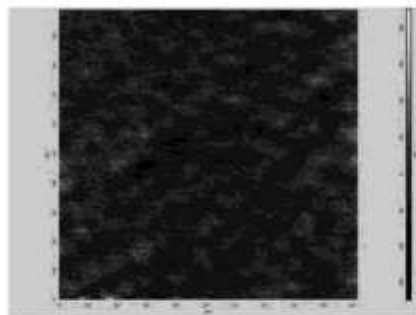
б)



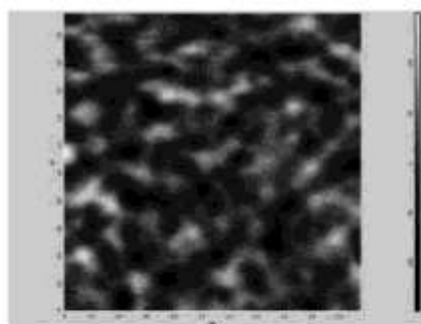
в)



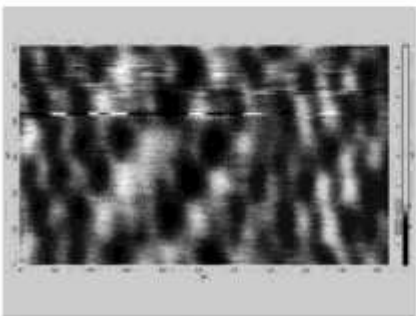
г)



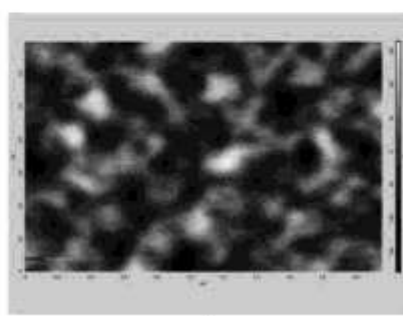
а)



б)



в)



г)

Рис. 10. Винчестер ST3750640A. а) фрагмент магнитного рельефа участка на первой пластине; б) фрагмент магнитного рельефа участка на второй пластине; в) фрагмент магнитного рельефа участка на третьей пластине; г) фрагмент магнитного рельефа участка на четвертой пластине

Рис. 12. Винчестер ST3750640A. а) фрагмент магнитного рельефа участка на первой пластине; б) фрагмент магнитного рельефа участка на второй пластине; в) фрагмент магнитного рельефа участка на третьей пластине; г) фрагмент магнитного рельефа участка на четвертой пластине

Выводы

1. Рассмотрены перспективные направления развития устройств хранения и утилизации информации, обуславливающие необходимость проведения дополнительного комплекса исследований в области экстренного уничтожения информации с магнитных носителей.

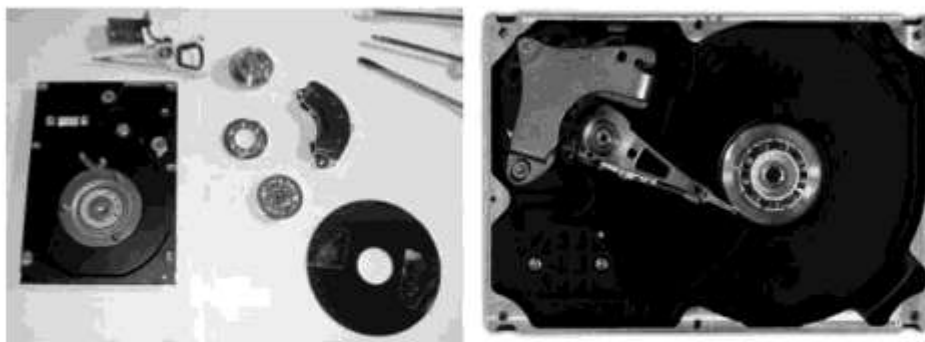


Рис. 11. Составные части многодискового винчестера ST3750640A

2. Исследования, проведенные с указанным режимом импульсного магнитного поля ($H_{\text{п}} = 450 \text{ кА/м}$) позволяют сделать вывод, что не всегда эффективно уничтожается информация с многодисковых винчестеров. Информация после воздействия внешним импульсным магнитным полем, сильно поврежденной может остаться на пластинах дисков винчестера.

3. Предложенные инновационные методы подтверждают возможность создания нового поколения эффективных утилизаторов и устройств экстренного уничтожения информации с магнитных носителей.

4. Учитывая, что магнитные свойства материалов и экранирующие свойства конструкции винчестеров неизвестны, то одним из надежных методов контроля полноты уничтожения информации является силовая микроскопия.

5. Результаты экспериментальных исследований, полученные с помощью устройства экстренного уничтожения информации, с реализо-

ванным в нем суммарным импульсным магнитным полем в полеобразующей системе с амплитудным значением напряженности $H_{\text{п}}$, $H_{\text{п}} \approx 600 \text{ кА/м}$ при длительности импульса $\tau_{\text{и}} \approx 2,5 \text{ мс}$ (по уровню 0,5) и метода силовой микроскопии контроля качества уничтожения информации основанного на регистрации магнитного рельефа поверхности каждого диска винчестера, подтвердили эффективность уничтожения информации и правильность выбранного направления дальнейших исследований.

Литература

1. Хлопов Б.В., Кузьминых А.С., Митягин А.Ю. Перспективы развития устройств хранения информации // Труды XIV Международной научно-технической конференции "Высокие технологии в промышленности России", Москва, изд. ЦНИТИ "Техномаш", 2008., 11-13 сентября. — С. 335-340.
2. <http://www.hitachigst.com/hdd/research/>

3. Радзев А., Пугач Е. HDD будущего, <http://www.ferra.ru/online/storage>

4. Патент № 2144223 от 10.01.2000 г.
5. Решение о выдаче патента на изобретение по заявке № 2008104285 от 18.02.2009 г.
6. Решение о выдаче патента на изобретение по заявке № 2008102967 от 19.02.2009 г.
7. Патент № 2331934 от 20.08.2008 г.
8. Патент № 2346345 от 10.02.2009 г.
9. Патент № 2291500 от 10.01.2007 г.
10. Патент № 2331979 от 20.08.2008 г.
11. Хлопов Б.В., Фесенко М.В., Митягин А.Ю.

Исследование влияния импульсных магнитных полей на сохранение информации на винчестерах // Труды XIV Международной научно-технической конференции "Высокие технологии в промышленности России", Москва, изд. ЦНИТИ "Техномаш", 2008. — 11-13 сентября. — С. 248-257.

12. Гуляев Ю.В., Митягин А.Ю., Хлопов Б.В. Уничтожение информации с накопителей на жестких магнитных дисках // Инженерная физика. — 2004. — №2. — С. 2-12.