

# ОЦЕНКА ИМПУЛЬСНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ, ПРИ КОТОРЫХ ВОЗМОЖЕН ФАЗОВЫЙ ПЕРЕХОД В НАСЫЩЕНИЕ МУЛЬТИФЕРРОИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЖЕСТКИХ ДИСКАХ

**Хлопов Борис Васильевич,**

д.т.н., начальник отдела, Акционерное общество "Центральный научно-исследовательский радиотехнический институт им. академика А.И.Берга", Москва, Россия, [hlopov@yandex.ru](mailto:hlopov@yandex.ru)

**Чучева Галина Викторовна,**

д. ф.-м. н., зам. директора, Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники им. академика В.А. Котельникова Российской академии наук, Фрязино, Московская обл., Россия, [gvc@ms.ire.rssi.ru](mailto:gvc@ms.ire.rssi.ru)

**Митягина Алла Борисовна,**

ведущий инженер, Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники им. академика В.А. Котельникова Российской академии наук, Фрязино, Московская обл., Россия, [alla-mityagina@yandex.ru](mailto:alla-mityagina@yandex.ru)

**Шашурин Василий Дмитриевич,**

д.т.н., профессор, зав. кафедрой "Технологии приборостроения", МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия, [shashurin@bmstu.ru](mailto:shashurin@bmstu.ru)

*Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 16-07-00642А).*

*Ключевые слова:* мультиферроидные материалы, носитель информации, магнитная система, фазовый переход, коэрцитивная сила, тонкопленочный слой.

Проведены исследования свойств мультиферроидных магнитных материалов, применяемых в системах внешней памяти на НЖМД. Уточнено значение коэрцитивной силы магнитных материалов, типовых носителей информации при намагничивании как перпендикулярно с направлением вектора поля записи к диску, так и касательно плоскости магнитной пленки. Разработано технологическое оборудование, воздействующее внешним импульсным магнитным полем на мультиферроидный магнитный материал диска до насыщения. Качество изменения структуры тонкопленочного магнитного материала и его фазовый переход в режим насыщения контролировались методом атомной силовой микроскопии на разработанном стенде, обеспечивающим пространственное разрешение в магнитном изображении не хуже 20 нм. Экспериментально полученные картины магнитного рельефа подтвердили перемагничивание и переход в область насыщения мультиферроидных магнитных материалов, используемых в исследовании. Определена область режима насыщения исследуемых мультиферроидных магнитных материалов дисков типовых широко используемых винчестеров. Фазовый переход магнитного материала в режим насыщения возможен при воздействии внешним импульсным магнитным полем с длительностью импульса не менее 2,5 мс, превышающим значение коэрцитивной силы магнитного материала в 2,5 раза. Надёжное перемагничивание и переход в область насыщения мультиферроидных магнитных материалов обеспечивает стирание информации магнитного носителя. Чтение этой информации штатными методами и магнитными головками НЖМД практически неосуществимо. Результаты исследований систематизированы, и сведены в таблицы с полученными значениями коэрцитивной силы тонкопленочных мультиферроидных магнитных материалов типовых жестких дисков с учетом химического состава, толщины тонкопленочного мультиферроидного слоя и материала подложки диска. Качество изменения структуры мультиферроидного материала и его фазовый переход в режим насыщения контролировались с точностью, которая обеспечивалась разработанным аттестованным стендом и методом атомной силовой микроскопии. Изменения структуры тонкопленочного мультиферроидного материала и его фазовый переход в область насыщения экспериментально подтверждено полученными картинами магнитного рельефа в виде туманного пейзажа с отсутствием записанной информацией.

## Для цитирования:

Хлопов Б.В., Чучева Г.В., Митягина А.Б., Шашурин В.Д. Оценка импульсных магнитных полей, при которых возможен фазовый переход в насыщение мультиферроидных материалов в жестких дисках // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2016. – Том 10. – №10. – С. 17-22.

## For citation:

Hlopov B.V., Chucheva G.V., Mityagina A.B., Shashurin V.D. Evaluation of pulse magnetic field in which possible phase transition in the saturation multiferroic materials in hard drives. T-Comm. 2016. Vol. 10. No.10, pp. 17-22. (in Russian)

**Введение**

На жестких магнитных носителях информации (НЖМД) хранится большое количество конфиденциальной информации, которая подлежит защите. К наиболее перспективным методам защиты в случае возникновения непредвиденных событий, как то: атака террористов, похищение коммерческих и государственных секретов, баз данных – относится метод стирания информации воздействием импульсными магнитными полями на носитель информации, подлежащей немедленному уничтожению до степени насыщения магнитных материалов (т.е. до его полного уничтожения). Актуальным становится вопрос определения области возможного фазового перехода в насыщение мультиферроидных магнитных материалов носителей информации. Магнитные материалы носителя информации, их свойства и технология получения, как правило, являются производственными секретами фирм – производителей. Анализ специальной литературы, презентаций ведущих фирм-производителей и их исследовательских центров вкпе с появляющимися экспериментальными образцами позволяет достаточно точно понимать тенденции развития материаловедения данного научного направления.

Исследования свойств мультиферроидных магнитных материалов, применяемых в системах внешней памяти на НЖМД, позволили оценить преимущество перпендикулярной записи относительно традиционного метода касательной записи [1].

При касательной записи на диске магнитные частицы располагаются магнитными моментами параллельно плоскости диска. У границ намагниченных частиц возникает поле рассеяния, которое забирает энергию у магнитных полей частиц. В результате, крайние домены частицы теряют часть заряда и становятся менее стабильными. При перпендикулярной записи под тонким защитным слоем расположен записывающий слой, состоящий из окисленного сплава кобальта, платины и хрома. Подложка состоит из двух слоев химического состава, называемых антиферромагнитносвязанными слоями. Эти слои подложки позволяют снять внутренние напряженности магнитного поля. Благодаря этому домены, хранящие разные значения, не отталкиваются друг от друга, потому что намагниченные частицы повернуты друг другу разными полюсами. При анализе магнитных характеристик мультиферроидных материалов для запоминающих записывающих устройств учитывались плотность записи, превышающая 170 Гб/кв. дюйм (Seagate ST3750640AS, емкость 750 Гб), и возможность увеличения коэрцитивной силы магнитного материала, что обеспечивает дополнительную стабильность намагниченных частиц относительно друг друга [2].

**Коэрцитивная сила при намагничивании вектором поля записи**

Исследованы литературные данные и экспериментальные результаты, полученные при изготовлении, напылении и испытаниях тонкопленочных мультиферроидных магнитных слоев на подложках диска с разными материалами.

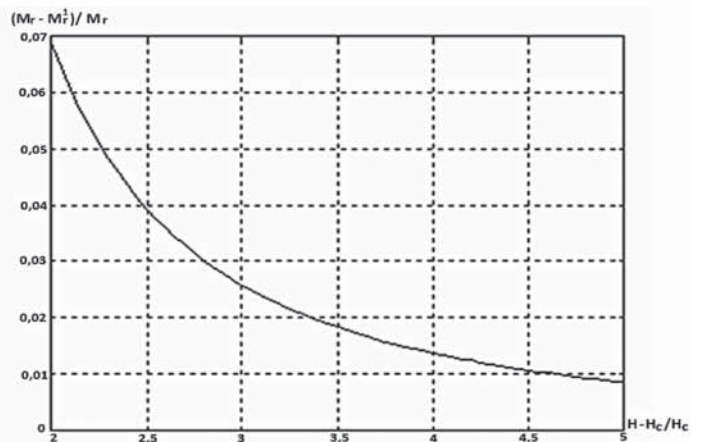
Результаты исследования мультиферроидных магнитных материалов кобальт-содержащих, кобальт-хромовых, барий-ферритовых, железосодержащих, аморфных сред, электролизного и химического осаждения помогли определить предельные значения коэрцитивной силы при намагничивании как перпендикулярно с направлением вектора поля записи к

диску, так и касательно плоскости магнитной пленки [2]. Коэрцитивная сила при намагничивании перпендикулярно плоскости пленки лежит в пределах  $H_c^{\perp} = 100 - 240$  кА/м. Коэрцитивная сила при намагничивании касательно плоскости пленки составляет величину  $H_c^{\parallel} = (0,6 - 0,75) H_c^{\perp}$ . Качественную оценку необходимого намагничивающего поля  $H$  можно получить, исходя из следующей формулы, аппроксимирующей форму петли гистерезиса [2]:

$$M = \frac{2}{\pi} M_s \arctg\left(\eta \frac{H - H_c}{H_c}\right), \tag{1}$$

где:  $\eta = \tg\left(\frac{\pi K_n}{2}\right)$ ,  $K_n = M_r/M_s$  – критерий прямоугольности,

$+M_r$  – остаточная намагниченность, соответствующая в исходной записи условной битовой единице,  $M_s$  – намагниченность насыщения. Условному битовому нулю в исходной записи соответствует остаточная намагниченность, равная  $-M_r$ . После воздействия положительного внешнего магнитного поля намагниченность исходного битового нуля становится равной  $+M_r$ . Величина битовой единицы  $+M_r$  остается без изменений, поскольку ее перемагничивание происходит практически по предельной петле гистерезиса. При воспроизведении информации величина сигнала прямо пропорциональна  $M_r$ . Очевидно, что если разность  $M_r - M_r^1$  будет давать сигнал воспроизведения меньше порога срабатывания компаратора воспроизводящего устройства, то информация не сможет быть прочитана штатной системой воспроизведения. Если разность  $M_r - M_r^1$  при любом доступном методе восстановления информации не позволяет получить отношение  $S/\Pi$  больше единицы, то, учитывая непериодический характер записанного сигнала, можно считать, что запись будет гарантированно уничтожена, и магнитный материал, размещенный на диске окажется в режиме насыщения. На рисунке 1 приведена зависимость  $(M_r - M_r^1)/M_r$  от величины нормированного намагничивающего поля, рассчитанная на основе вышеприведенной формулы (1). Из рисунка 1 следует, что, если  $S/\Pi$  при воспроизведении исходной записи не превышал 30 дБ, то во внешнем поле, превышающем коэрцитивную силу в 2.5-3 раза, будет обеспечен фазовый переход магнитного материала в режим насыщения, что подтверждает уничтожение информации. [3, 4]



**Рис. 1.** Зависимость нормированной разности остаточной намагниченности битовых нуля и единицы после приложения намагничивающего стирающего поля. Коэффициент прямоугольности петли гистерезиса принят равным 0,9

Таблица 2

**Результаты исследования методом атомной силовой микроскопии структуры записываемой информации на диск до и после внешнего воздействия магнитного импульсного поля**

Исследование возможности фазового перехода тонкопленочных мультиферроидных материалов в насыщение экспериментально проверено воздействием на мультиферроидный магнитный материал диска внешним импульсным магнитным полем, создаваемым технологическим устройством [5], представляющим собой законченную конструкцию прибора для стирания информации с дисков, используемых в ПЭВМ. В состав прибора входят: блоки формирования магнитного импульса; блоки управления, имеющие в своем составе встроенную систему контроля (ВСК) работоспособности устройства; устройство вторичного источника электропитания; приспособление для размещения образцов дисков. Технологическое устройство обеспечивает воздействие импульсными магнитными полями со значением напряженности, изменяющейся в пределах от 100 КА/м до 1200 КА/м с шагом 100 КА/м [6]. Магнитные поля ориентированы продольно (касательно плоскости диска) и поперечно (ортогонально плоскости диска) с возможностью фиксированного изменения длительности воздействующего импульса магнитного поля в пределах от 1,0 мс до 4,5 мс [7,8]. Полученные результаты регистрировались, анализировались и систематизировались. Исследовалась модификация предварительно записанной информации на тонкопленочных мультиферроидных магнитных материалах дисков, отличающихся высокой плотностью записи различных фирм изготовителей.

Таблица 1

Тип HDD	Емкость, ГБ	Тип записи	К-во пластин	Скорость Зап. МБ/с	Стоимость US Дол.	Интерфейс
Samsung SP2514 N	250	Касательная	2	120	66-70	IDE
Western Dig. WD3200 AAJB	320	Касательная	3	59	80-90	IDE
Seagate ST37506 40A	750	Перпендикулярная	4	63	250-270	IDE
Samsung SP2504C	250	Касательная	2	120	66-70	SATA2
Western Dig. WD5000 AAKS	500	Касательная	4	59	140-150	SATA2
Seagate ST37506 40AS	750	Перпендикулярная	4	63	250-270	SATA2

В таблице 1 приведены основные параметры жестких магнитных носителей широко используемых в ПЭВМ, магнитные материалы которых исследовались для определения области фазового перехода в насыщение тонкопленочных мультиферроидных материалов.

Качество изменения структуры мультиферроидного материала и его фазовый переход в режим насыщения контролировались методом атомной силовой микроскопии на стенде.

№ пп.	Наименование тонкопленочных мультиферроидных материалов	Толщина тонкопленочного мультиферроидного слоя, нм	Подложка диска (материал)	Коэрцитивная сила материала, КА/м	Коэрцитивная сила насыщения, КА/м
1	2	3	4	5	6
1.	Кобальт – хромовые слои Co; Cr	<130	покрытая углеродом стеклянная	48 Н    104 Н⊥	120
2.	80% Co; 20% Cr	150	покрытая углеродом стеклянная	40 Н    80 Н⊥	400
3.	75% Co; 25% Cr	500	покрытая углеродом стеклянная	240 Н⊥	450
4.	Co, C2 осажденные на 79%Ni, 17%Fe, 4% Mo	до 1500	стеклянная	130 Н    Н⊥300	490
5.	Барий-ферритовые слои	≈100	кремневая	100 Н⊥	300
6.	(Ba * 6 Fe2 O3)	>150	кремневая	200 Н⊥	400
7.	Кобальт (Co0) содержащие слои	200	полистироловая (полимерная 9,0 мк/м)	104 Н⊥ 72 Н	250 200
8.	Co-Co0	200	полиэтилен	160 Н⊥ Н	350
9.	Co Cr Nb (ниобий)	<150	налафталатовая	3,2 Н	100
10.	Железосодержащие (Fe3 O4) слои 2% CO	<500	стеклянная	96 Н⊥	200
11.	Fe Cr, Fe Nb, FeSnO, FeTi В зависимости от % состава	до 1000	кремневая	100 - 124⊥ 120 Н⊥ Н	250
12.	Аморфные слои Nb, Fe, Co, Ti (железотирбневые)	от 1000 до 1500	стеклянная стеклянная	от 40 до 150 Н⊥ Н	от 200 до 300
13.	Электролизные слои Co, Ni, Mn, ReP	от 1000 до 1500	алюминиевая основа (Mg Al)	35-102 Н    Н⊥	от 104 до 252
14.	Электроосаждение (химическое)	от 1000 до 1500	полиэтилен налафталатовая	120 Н    Н⊥	240
15.	1-ый слой Ni MoP 2-ой слой Co Ni ReP (электролизное осаждение)	от 1000 до 1500	полимерная полителен-терафталатовая	от 4 до Н    6,8	50

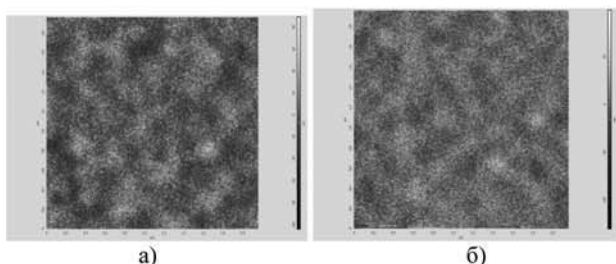
Воздействие импульсных магнитных полей на поверхность магнитного материала каждого диска с записанной и со стертой информацией оценивалось по результатам регистрации магнитного рельефа поверхности каждого диска в нескольких точках до и после воздействия импульсных магнитных полей [9, 10]. Анализ специальных литературных источников, подтвержденный экспериментальными резуль-

татами, полученными при воздействии внешним импульсным магнитным полем на мультиферроидный магнитный материал диска носителя информации [11], были проанализированы и сведены в таблицу 2. Фотография стенда для исследования мультиферроидных магнитных структур приведена на рисунке 2. АСМ «Смена А» обеспечивает пространственное разрешение в магнитном изображении не хуже 20 нм с высоким контрастом между физическими нулём и единицей.



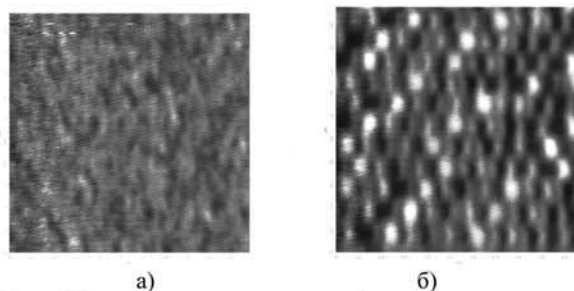
**Рис. 2.** Фотография стенда для исследования мультиферроидных магнитных структур: 1 – атомный силовой микроскоп (АСМ); 2 – блок сопряжения АСМ с ПК; 3 – образец диска НЖМД; 4 – микроскоп МБС-10; 5 – ПК с набором приводов для записи информации; 6 – наборы кантиллеров и калибровочные решётки

После воздействия фиксированными значениями импульсных магнитных полей на образцы диска с записанной информацией в пределах от 100 КА/м до 1200 КА/м снималось по 5 картин остаточного магнитного рельефа с различных участков каждой поверхности диска [12]. Переход в область режима насыщения мультиферроидных магнитных материалов определялся визуально по картине магнитного рельефа предварительно записанной информации при обнаружении на дисках участков поверхности с полностью стёртой информацией. На рисунке 3 приведены примеры картин характерных магнитных рельефов с разных участков поверхности одного из дисков трёхдискового, незранированного крышечкой винчестера Hitachi Travelstar 5K500 после воздействия магнитными полями стирающего устройства, значением напряженности 450 КА/м с длительностью импульса 2,5 мс. На картине (рис. 3), полученной с помощью АСМ, визуально запись не наблюдается, откуда можно сделать заключение, что информация полностью стёрта. Мультиферроидный магнитный материал диска перешел в область режима насыщения.



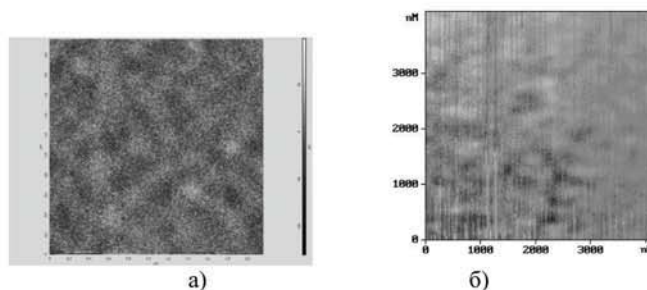
**Рис. 3.** Примеры картин магнитного рельефа поверхностей дисков Hitachi Travelstar 5K500, после воздействия импульсными магнитными полями ориентированными: а) поперечно (ортогонально плоскости диска); б) продольно (касательно плоскости диска)

На рисунке 4 представлены картины магнитного рельефа в разных участках поверхностей дисков Hitachi Ultrastar A7K1000. На первом диске винчестера Hitachi Ultrastar A7K1000 имеются участки как со стёртой информацией, так и с её остатками. Картина магнитного рельефа, полученная при визуализации разных участков поверхности пятого диска, характерна для картин дисков в случаях обнаружения частично стёртой информации. Такие картины магнитного рельефа наблюдаются в многодисковых винчестерах с защитными экранами между стеклянными или кремниевыми подложками дисков.



**Рис. 4.** Картины магнитного рельефа в разных участках поверхностей дисков Hitachi Ultrastar A7K1000 после воздействия импульсным магнитным полем, поперечно (ортогонально плоскости диска): а) первый диск; б) пятый диск

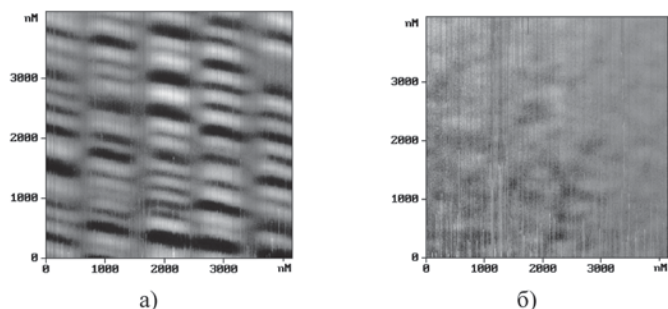
Для полного перехода в область режима насыщения мультиферроидного магнитного материала всех пяти дисков винчестера необходимо напряженность внешнего воздействующего импульсного магнитного поля увеличить в 2,5 раза [1, 11].



**Рис. 5.** Картины магнитного рельефа поверхностей дисков винчестера Hitachi Ultrastar A7K1000 после воздействия импульсным магнитным полем ортогонально плоскости диска: а) первый диск; б) пятый диск

На рисунке 5 приведены картины характерных магнитных изображений с поверхности дисков винчестера Hitachi Ultrastar A7K1000 после воздействия импульсным магнитным полем со значением напряженности магнитного поля  $H = 1200$  КА/м. Характерной особенностью является то, что на всех поверхностях 5 дисков информация полностью стёрта. Следует отметить, что картины, приведенные на рисунке 5, характерны для всех 5 дисков указанного типа НЖМД [11]. В многодисковом винчестере с защитными немагнитными экранами между стеклянными или кремниевыми подложками дисков мультиферроидный тонкопленочный магнитный материал на всех пяти дисках перешел в область режима насыщения. Для проверки этого предположения воздействие импульсным магнитным полем осуществлялось непосредственно на каждый диск в отдельности с пошаговым увеличе-

нием значения напряженности магнитного поля. При этом стирание информации было полным, что подтверждалось достаточной величиной амплитуды применяемого магнитного импульса для надёжного перемагничивания мультиферроидных магнитных материалов, используемых в исследованиях [11]. На рисунке 6 приведены примеры информационных фрагментов магнитных рельефов с участков поверхности одного диска винчестера Seagate 1,5 ТБ до воздействия и после воздействия импульсным магнитным полем стирающего устройства без экранирования крышкой винчестера значением напряженности 490 КА/м с длительностью импульса 2,5 мс [12].



**Рис. 6.** Фрагменты информационного магнитного рельефа исследуемого магнитного диска, Seagate 1,5 ТБ: а) до воздействия импульсным магнитным полем; б) после воздействия импульсным магнитным полем

Стирание информации (см. рис. 6,б) можно отнести к полному, так как картина магнитного рельефа представлена в виде туманного пейзажа, что подтверждает надёжное перемагничивание и переход в область насыщения мультиферроидных магнитных материалов, используемых в исследовании. Аналогичные результаты [5] были получены и для Seagate Barracuda <ST31000333AS> (4 магнитных диска, 1ТБ); Seagate Barracuda ES2 <ST31000340NS>(4 магнитных диска, 1 ТБ).

Естественно, при наличии магнитного рельефа, полученного при визуализации разных участков поверхности диска с частично стертой информацией, чтение этой информации штатными методами и магнитными головками НЖМД практически неосуществимо [5, 6]. Методами атомной силовой микроскопии этот рельеф может быть визуализирован, однако восстановление остаточных фрагментов информации сопряжено с большими техническими трудностями.

### Заключение

Проведен анализ литературных данных и полученных экспериментальных результатов тонкопленочных импульсных магнитных полей, при которых возможен фазовый переход в насыщение тонкопленочных мультиферроидных магнитных материалов дисков жестких магнитных носителей информации.

Результаты исследований систематизированы, и определены возможные значения коэрцитивной силы тонкопленочных мультиферроидных магнитных материалов жестких дисков. Качество изменения структуры мультиферроидного материала и его фазовый переход в режим насыщения контролировались методом атомной силовой микроскопии на разработанном стенде.

Экспериментально полученные картины магнитного рельефа в виде туманного пейзажа являются подтверждением перемагничивания и перехода в область насыщения мультиферроидных магнитных материалов, используемых в исследовании. Определена область режима насыщения исследуемых мультиферроидных магнитных материалов дисков типовых широко используемых винчестеров. При стирании информации с жестких магнитных носителей необходимо учитывать ослабление за счет экранирования значения напряженности внешнего воздействующего импульсного магнитного поля.

Показано, что фазовый переход магнитного материала в режим насыщения возможен при воздействии внешним импульсным магнитным полем, превышающим значение коэрцитивной силы магнитного материала в 2,5 раза. Этих полей достаточно, чтобы эффективно и надёжно обеспечить фазовый переход тонкопленочного магнитного материала.

### Литература

1. Гуляев Ю.В., Муравьев Э.Н., Герус С.В., Митягин А.Ю., Хлопов Б.В. Уничтожение информации с накопителей на жестких магнитных дисках // Инженерная физика. 2004. № 2. С. 2-12.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. – М.: Наука. 1982. 279, 283. 620 с.
3. Хлопов Б.В., Самойлова В.С., Юрьев И.А. Изменения состояния тонкопленочных слоев магнитных материалов, применяемых в системах внешней памяти жестких магнитных дисков // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2015. №12. С. 5-11.
4. Хлопов Б.В., Соколовский А.А., Темирязева М.П., Митягин А.Ю. Исследование влияния импульсных магнитных полей на сохранение информации на винчестерах // Труды XIV Международной науч.-техн. конференции «Высокие технологии в промышленности России». М.: ЦНИТИ-Техномаш. 2008. 248 с.
5. Гуляев Ю.В., Хлопов Б.В., Митягин А.Ю., Соколовский А.А. Влияние внешних магнитных полей на информационную магнитную структуру современных жестких дисков // Наномикросистемная техника. 2010. № 11. С. 10-14.
6. Митягин А.Ю., Хлопов Б.В. Аппаратура для уничтожения информации с современных носителей. Разработка и создание. Palmarium Academic Publishing. 2012. 168 с.
7. Хлопов Б.В. Труды XI Международной научно-практической конференции «Современные информационные и электронные технологии». 2010. Т.1. 99 с.
8. Гуляев Ю.В., Хлопов Б.В., Митягин А.Ю., Соколовский А.А. Патент на изобретение № 2267170 (приоритет от 05.05.2003 г.). Бюл. №36.
9. Герус С.В., Митягин А.Ю., Соколовский А.А., Темирязева М.П., Хлопов Б.В. Особенности стирания информации с многодисковых винчестеров импульсным магнитным полем //Технология и конструирование в электронной аппаратуре. 2010. №1 (85). С. 14–17.
10. Roy A.G., Jeong S., Laughlin D.E. High-coercivity CoCrPt-Ti perpendicular media by in situ interdiffusion of CrMn ultrathin overlayers // IEEE Transactions on Magnetics. 2002. Vol. 38. № 5. Part 1. Pp. 2018-2020.
11. Герус С.В., Митягин А.Ю., Соколовский А.А., Хлопов Б.В. Экспериментальное исследование качества и полноты уничтожения информации с жестких магнитных дисков // Международная научно-техническая конференция «Информационные технологии и моделирование приборов и техпроцессов в целях обеспечения качества и надежности». Сусс, Тунис. 2006. Т.1. С. 38-43.
12. Герус С.В., Соколовский А.А., Гуляев Ю.В., Митягин А.Ю., Митягин А.Ю., Хлопов Б.В. Устройство для стирания записи с носителей на жестких магнитных дисках // Патент на изобретение № 35919 от 10.02.2004 г.

## EVALUATION OF PULSE MAGNETIC FIELD IN WHICH POSSIBLE PHASE TRANSITION IN THE SATURATION MULTIFERROIC MATERIALS IN HARD DRIVES

**Boris V. Hlopov**, Doctor of Techn. Sciences, Head of Department, Central Heating Radio Engineering Research Institute, Academician A.I. Berg, Moscow, Russia, [hlopovu@yandex.ru](mailto:hlopovu@yandex.ru)

**Galina V. Chucheva**, Doctor of Phys.-Math. Sciences, Professor, Deputy Director, Fryazino branch of the Kotel'nikov Institute of Radioengineering and Electronics of Russian Academy of Sciences, Fryazino, Russia, [gvc@ms.ire.rssi.ru](mailto:gvc@ms.ire.rssi.ru)

**Alla B. Mityagina**, Lead Engineer, Fryazino branch of the Kotel'nikov Institute of Radioengineering and Electronics of Russian Academy of Sciences, Fryazino, Russia, [alla-mityagina@yandex.ru](mailto:alla-mityagina@yandex.ru)

**Vasilii D. Shashurin**, Doctor of Techn. Sciences, Professor, Head of Department "Instrumentation Technology", MGTU of N.E. Bauman, Moscow, Russia, [shashurin@bmstu.ru](mailto:shashurin@bmstu.ru)

### Abstract

Investigation of multiferroic properties of magnetic materials used in the systems of external memory on the HDD. Updated value of the coercive force of magnetic materials, typical storage media when the magnetization of a perpendicular with the direction of field recording disk, and on the plane of the magnetic film. Designed production equipment, affecting the external pulsed magnetic field on a multiferroic magnetic disc material to saturation. Quality changes of structure of thin film magnetic material and its phase transition in the regime of saturation was controlled by means of atomic force microscopy developed at the stand, providing spatial resolution in magnetic images is not worse than 20 nm. Experimentally obtained patterns of magnetic relief confirmed remagnetization and the transition to the saturation region of multiferroic magnetic materials used in the study. The range of saturation investigated multiferroic magnetic materials widely used standard disks of winchesters. The phase change magnetic material in saturation mode is possible under the influence of an external pulsed magnetic field with a pulse duration of not less than 2.5 ms, exceeding the value of the coercive force of the magnetic material in 2.5 times. Reliable remagnetization and the transition to the saturation region of multiferroic magnetic materials ensures Erasure of magnetic media. Reading this information, staffing methods, and magnetic heads of the HDD is not feasible. The research results are systematized, tabulated and obtained values of the coercive force magnetic thin-film multiferroic materials standard hard drives according to chemical composition, thickness of thin film multiferroic layer and the substrate material of the disk. Quality changes in the structure of multiferroic material and its phase transition in the regime of saturation was controlled with a precision that was provided was developed by booth and certified by atomic force microscopy. Changes in the structure of thin-film multiferroic material and its phase transition in saturated confirmed experimentally obtained pictures of the magnetic relief in the form of foggy landscape with a lack of recorded information.

**Keywords:** multiferroic materials, data medium, magnetic system, phase transition, coercive force, thin-film layer.

### References

1. Gulyaev Yu.V., Murav'ev E.N., Gerus S.V., Mityagin A.Yu., Khlopov B.V. Destruction of information with the disk drives on hard magnetic disks // *Inzhenernaya fizika* [Engineering physics]. 2004. No. 2. Pp. 2-12. (in Russian)
2. Landau L.D., Lifshitz E.M. *Elektrodinamika sploshnykh sred*. [Electrodynamics of continuous media]. Moscow: Nauka. 1982. 279, 283, 620 p. (in Russian)
3. Khlopov B.V., Samoylova V.S., Yur'ev I.A. Changes the state of the thin-film layers of magnetic materials used in the systems of external memory magnetic hard disk // *T-Comm*. 2015. No. 12. P. 5-11. (in Russian)
4. Khlopov B.V., Sokolovsky A.A., Temiryazeva M.P., Mityagin A.Yu. Study of the effect of pulsed magnetic fields on the preservation of information in hard drives // *Proceedings of XIV International scientific.-tech. conference "High technologies in industry of Russia"*. Moscow: "CNITI-Tekhnomash". 2008. 248 p. (in Russian)
5. Gulyaev Yu.V., Khlopov B.V., Mityagin A.Yu., Sokolovsky A.A. The influence of external magnetic fields on the magnetic structure of information modern hard drives // *Nano-microsystemnaya tekhnika* [Nano-Microsystem Technology]. 2010. No. 11. Pp. 10-14. (in Russian)
6. Mityagin A.Yu., Khlopov B.V. Apparatus for the destruction of modern information media. Design and creation. Palmarium Academic Publishing. 2012. 168 p. (in Russian)
7. Khlopov B.V. *Proceedings of the XI International scientific-practical conference "Modern information and electronic technologies"*. Odessa. 2010. Vol. 1. 99 p. (in Russian)
8. Gulyaev Yu.V., Khlopov B.V., Mityagin A.Yu., Sokolovsky A.A. Invention patent number 2267170 (Priority of 05.05.2003). *Buil. Number 36*. (in Russian)
9. Gerus S.V., Mityagin A.Yu., Sokolovsky A.A., Temiryazeva M.P., Khlopov B.V. Peculiarities of Erasure information from multi-disk drives a pulsed magnetic field // *Technolohiya i konstruirovaniye v elektronnoy aparature* [Technology and designing in electronic equipment]. 2010. No. 1 (85). Pp. 14-17. (in Russian)
10. Roy A.G., Jeong S., Laughlin D.E. High-coercivity CoCrPt-Ti perpendicular media by in situ interdiffusion of CrMn ultrathin overlayers // *IEEE Transactions on Magnetics*. 2002. Vol. 38. No.5. Part 1. P. 2018-2020.
11. Gerus S.V., Mityagin A.Yu., Sokolovsky A.A., Khlopov B.V. Experimental study of the quality and completeness of data destruction from hard magnetic discs // *International scientific and technical conference "Information technologies and modeling of devices and processes to ensure quality and reliability"*. Sousse, Tunisia. 2006. Vol. 1. Pp. 38-43. (in Russian)
12. Gerus S.V., Sokolovsky A.A., Gulyaev Yu.V., Mityagin A.Yu., Mityagin An.Yu., Khlopov B.V. Device for erasing recording media hard disk drives // *Invention patent number 35919 on 10.02.2004*. (in Russian)