Министерство образования и науки Украины

Запорожский национальный технический университет

кафедра КСС

Реферат

на тему: «Жесткие диски с перпендикулярной записью»

выполнил ст. гр. ИОТ-613 Фик С.А.

принял Рыбин В.О.

г. Запорожье

2005 г.

**СОДЕРЖАНИЕ**

1 Магнитная запись: выход в третье измерение 3

2 Первые опытные образцы HDD на новой технологии 8

3 Взгляд в будущее 9

Литература 11

**1 Магнитная запись: выход в третье измерение**

Процесс развития жестких дисков, безусловно, является одним из самых успешных в IT-индустрии. Изобретенные в начале 50-х годов уже прошлого века и ставшие необходимым атрибутом ПК жесткие диски с середины 80-х за полстолетия продемонстрировали впечатляющие рекорды увеличения емкости и скорости работы, уменьшения физических размеров и стоимости. Разработчики также находили новые пути преодоления технологических барьеров для постоянного движения вперед.

Новые технологии наиболее ярко выглядят на фоне решаемых с их помощью проблем. Поэтому прежде чем переходить к основной теме реферата –– технологии перпендикулярной записи на магнитные диски, –– кратко рассмотрим те трудности, которые преодолевала технология записи на магнитные диски по мере ее развития, и напомним основы общепринятой сегодня продольной записи и проблемы, которые возникают на пути повышения ее эффективности.

История создания накопителей на жестких дисках несколько необычна. В январе 1952 г. IBM поручила возглавить новую исследовательскую лабораторию Рейнольду Джонсону (Reynold Johnson), своему инженеру. При этом она дала ему карт-бланш в отношении выбора области исследований. К этому времени Рейнольд Джонсон работал в корпорации уже 18 лет и имел более 50 патентов. Одним из первых проектов, которому он отдал предпочтение, было устройство хранения с произвольным доступом. Результатом стал первый в мире накопитель на жестких дисках IBM 350 Disk File, в 1956 г. вошедший в систему RAMAC 350. Устройство содержало 50 дисков диаметром 24 дюйма, вмещало около 5 MB данных, скорость вращения шпинделя составляла 1200 об/мин, среднее время доступа -- 1 с, а поверхностная плотность -- 2 Kb на квадратный дюйм. При этом оно было размером с два холодильника, а стоимость 1 MB достигала 10 тыс. долл. (заметим, что цена 1 MB уже в 1997 г. снизилась до 10 центов).

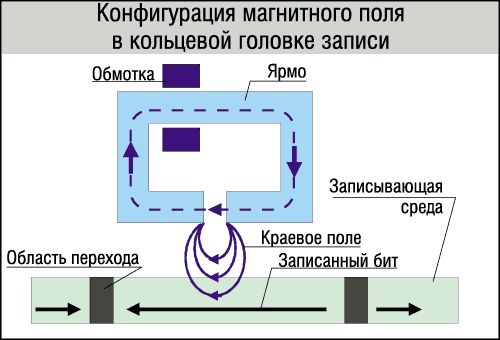
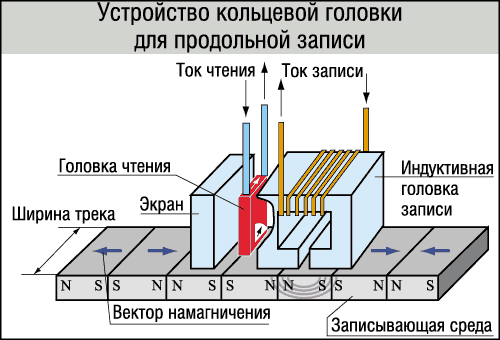


Рис. 1 Рис. 2

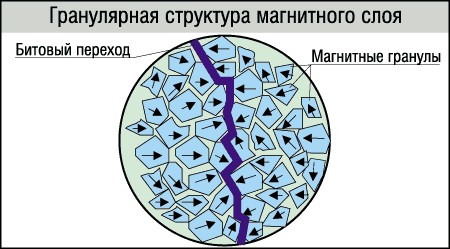


Рис. 3

Используемые для дисков материалы обладают резко выраженной анизотропией магнитных свойств, проявляющейся в существовании направлений труднейшего и легчайшего намагничивания (в последнем случае часто используют термин "легкая ось"). Жесткие диски для продольной записи изготовляют таким образом, что легкая ось магнитного носителя лежит в плоскости записывающего слоя. Данные на магнитном носителе записываются с помощью кольцевой головки (рис. 1), которая посредством краевого поля (рис. 2) намагничивает участок трека либо в положительном, либо в отрицательном направлении относительно выбранного способа его обхода. Чтение выполняется магниторезистивной головкой, определяющей, изменилось или сохранилось направление вектора намагничивания на битовом переходе, что соответствует, скажем, значениям 0 и 1. Головка чтения меняет свое сопротивление в присутствии магнитного поля. В современных жестких дисках применяются так называемые сверхмагниторезистивные головки.

Обычная магнитная среда имеет гранулярную структуру, так что каждый бит состоит из нескольких магнитных гранул, или кластеров. Магнитные гранулы обычно располагаются нерегулярно и упаковываются случайным образом. Следовательно, структуры составляющих бит гранул и битовых переходов не совершенны (рис. 3). При этом, естественно, всегда будет существовать некоторое количество гранул, магнитная ориентация которых не будет совпадать с направлением магнитной ориентации домена. И чем больше количество таких несориентированных гранул, тем выше уровень шума при считывании и соответственно ниже значение соотношения «сигнал/шум» (Signal-to-Noise Ratio, SNR). Таким образом, соотношение «сигнал/шум» пропорционально квадратному корню количества гранул, приходящегося на ширину дорожки, то есть:

,



где n — число гранул, приходящееся на ширину дорожки.

Поэтому для того, чтобы сокращать размер магнитного домена, не меняя при этом соотношения «сигнал/шум», необходимо уменьшать размер самих магнитных гранул. Сегодня типичный размер гранул составляет 5–15 нм.

Вообще, поверхностная плотность является наиболее значительным фактором для дисков, поскольку она определяет его основные параметры: физические размеры, емкость, производительность и стоимость одного мегабайта. Как известно, жесткий диск состоит из нескольких обработанных с высокой точностью стеклянных или алюминиевых пластин с магнитным покрытием, которые, собственно, и являются хранилищем информации. В свою очередь, поверхностная плотность зависит от двух факторов: плотности треков, определяемой числом треков на дюйм (Track Per Inch –– TPI), и линейной плотности –– количеством бит на дюйм трека (Bit Per Inch –– BPI). Впрочем, часто для оценки поверхностной плотности используют такую интегральную характеристику, как количество бит на квадратный дюйм. Заметим, что поскольку треки –– концентрические окружности, не все они записываются с одинаковой линейной плотностью. Обе эти величины зависят от размера каждого бита, который представлен некоторой намагниченной площадью на поверхности диска. И здесь кардинальным является вопрос, насколько малой можно сделать эту площадь? Ведь ее значительное уменьшение приводит к нестабильности данных. Опишем вкратце суть проблемы.

Устойчивость данных к внешним воздействиям обеспечивается рядом параметров. Если говорить о температуре окружающей среды, проявляющейся в виде тепловых флуктуаций в записывающем слое, то основным стабилизирующим фактором здесь является энергетика магнитного анизотропного поля. Рассмотрим для простоты небольшую частицу, которая представляет собой постоянный магнит. Поскольку магнитная среда, как упоминалось выше, является анизотропной, то силы, действующие на магнит, заставляют его расположиться вдоль одного из направлений легкой оси. Энергия частицы пропорциональна sinΘ, где Θ –– угол между вектором намагничивания и направлением легкой оси. При абсолютном нуле магнит занимает одно из двух состояний с наименьшей энергией (равен 0 или 180°). Если внешним воздействием магнит вывести из состояния равновесия, то он начнет колебаться с резонансной частотой (в типичном случае это несколько десятков гигагерц) и вернется в одно из вышеописанных состояний при затухании колебаний. Когда температура поднимается, то вектор намагничивания испытывает случайные флуктуации, в результате которых он может изменить свое направление на противоположное. Вероятность этого события весьма сильно зависит от размера гранулы. Так, существуют порядки величин, когда уменьшение диаметра гранулы в два раза приводит к изменению среднего времени инверсии направления вектора намагничивания со 100 лет до 100 наносекунд. В первом случае считается, что среда стабильна, тогда как во втором макроскопически мы наблюдаем ансамбль частиц, в котором отсутствует остаточная намагниченность и который имеет малую магнитную проницаемость, хотя в любой момент времени каждая частица полностью намагничена в некотором направлении. Такое состояние называется суперпарамагнетизмом, поскольку макроскопические свойства среды подобны таковым для парамагнитных материалов. Это явление известно как суперпарамагнитный эффект, или суперпарамагнитный предел, который препятствует уменьшению размеров бит. Конечно, реальная жизнь намного сложнее. Размеры частиц имеют какое-то распределение, сами частицы взаимодействуют друг с другом и с внешними магнитными полями, так что энергетический барьер суперпарамагнитного эффекта зависит от записываемой битовой структуры данных и от магнитного взаимодействия соседних частиц.

Многие исследовательские центры ищут пути преодоления суперпарамагнитного предела. Один из них –– перпендикулярная запись. Среди преимуществ этой технологии –– возможность получения более высокой амплитуды и более коротких импульсов записывающего поля, более толстый записывающий слой, отсутствие размагничивающих полей на битовых переходах, более высокая амплитуда сигнала при считывании. Некоторые из них мы и обсудим ниже.

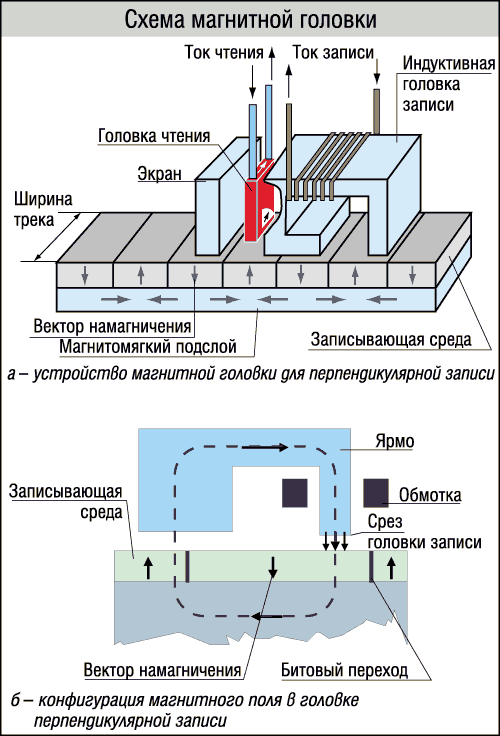


Рис. 4

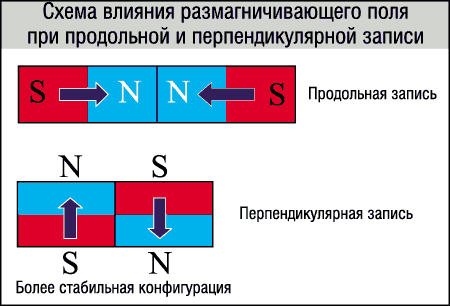


Рис. 5

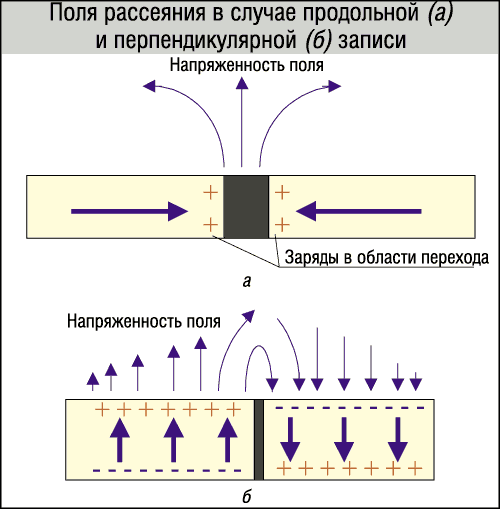


Рис. 6

На рис. 4, а схематично представлена система перпендикулярной записи. Прежде всего обратим внимание на то, что запись выполняется уже не кольцевой головкой для продольной записи, геометрические свойства которой ограничивают верхний предел намагничивания величиной 2πMs, где Ms –– намагниченность насыщения материала головки. При перпендикулярной записи магнитное поле генерируется между срезом полюса и подслоем из магнитомягкого материала (Soft Underlayer –– SUL), расположенного ниже записывающего слоя (рис. 4, б). Такая геометрия повышает предел поля записи до 4πMs, т. е. в два раза.

Одним из основных дестабилизирующих факторов при продольной записи является сильное размагничивающее поле на границе перехода бит. Его возникновение легко объяснить, если заметить, что два смежных бита имеют векторы намагничивания, направленные друг к другу одинаковыми полюсами, что вносит существенный вклад в нестабильность данных. В то же время при перпендикулярной записи возникает более стабильная конфигурация (рис. 5). При этом эффект размагничивания уменьшается с увеличением толщины записывающего слоя, что к тому же способствует возрастанию теплоустойчивости. Это позволяет сделать зону перехода бит тоньше, и следовательно, повысить линейную плотность записи.

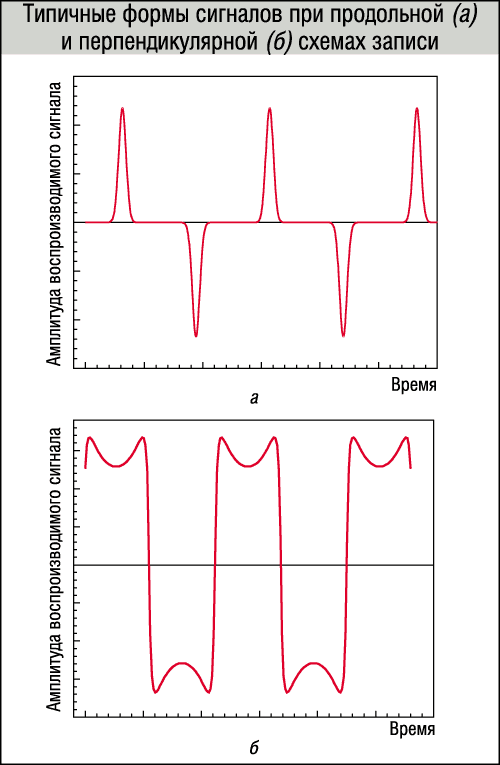


Рис. 7

Однако наиболее сильным различием обсуждаемых технологий записи является форма считываемого сигнала. Рассмотрим схематическую диаграмму полей рассеяния, которые испускаются средой для продольной записи без подслоя (рис. 6, а) и средой для перпендикулярной записи с подслоем (рис. 6, б). Как можно заметить, в случае продольной записи поле рассеяния исходит только из зоны перехода и вектор напряженности магнитного поля в ее окрестности направлен перпендикулярно к плоскости диска. В противоположность этому при перпендикулярной записи поле рассеяния исходит от эффективных магнитных "зарядов", расположенных на верхней поверхности записывающей среды и, благодаря наличию SUL, на эффективной нижней поверхности, вектор напряженности вблизи зоны перехода битов направлен параллельно плоскости диска. Это значит, что если при продольной записи считываемый сигнал присутствует только в зоне перехода (рис. 7, а), то при перпендикулярной –– он считывается со всей зоны, на которой записан бит (рис. 7, б). Конечно, сигнал такой формы не годится для обработки посредством традиционных продольных цепей, однако он содержит больше информации. Это свойство можно использовать в будущих разработках цепей считывания.

Каковы же перспективы? Следует подчеркнуть, что перпендикулярная запись позволяет преодолеть суперпарамагнитный предел, характерный для продольной, однако он существует и для первой. Ряд факторов, таких, как более мощное магнитное поле записи, возможность использовать для записи более толстую среду, практически отсутствие размагничивающего поля в зонах переходов, способствует повышению термостабильности, что значительно увеличивает поверхностную плотность записи. Однако даже если принять во внимание все эти факторы, максимальная поверхностная плотность при перпендикулярной записи в существующих ныне схемах по многим оценкам составит 500––1000 гигабит на квадратный дюйм. После этого технология опять подойдет к суперпарамагнитному пределу. Но наука не стоит на месте, и уже сегодня ведутся исследования альтернативных методов записи.

**2 Первые опытные образцы HDD на новой технологии**

Сотрудники одного из японских университетов продемонстрировали прототип 1-дюймового диска, запись на который выполняется с большей плотностью, чем на выпускаемые сейчас модели.

Показатель плотности записи данных на диск приобретает решающий характер при использовании диска в таких миниатюрных устройствах, как цифровые музыкальные плееры.



Рис. 8 – жесткий диск на 10Gb.

На представленный прототип 1-дюймового диска можно записать 10 Гбайт данных. При этом плотность записи, то есть количество бит информации на единицу площади поверхности, составляет 138 Гбит на квадратный дюйм, как сообщил Йошихиша Накамура, возглавляющий работу над проектом в исследовательском институте Research Institute of Electrical Communications в составе университета Tohoku University. Работа по созданию диска высокой плотности его лаборатория ведет в рамках проекта, направленного на повышение емкости карманных электронных устройств.

В прототипном устройстве применена технология перпендикулярной записи, что и позволило увеличить плотность. «Плотность записи в 138 Гбит — это рекорд для дюймовых дисков. Если кому-то и удалось добиться более высокой плотности в лабораторных условиях, то они все еще не продемонстрировали свои образцы», — отметил Накамура.

Многие ведущие мировые производители обнародовали свои планы выпуска носителей с перпендикулярной записью. Три компании — Hitachi Global Storage Technologies, Fujitsu и Toshiba сотрудничали с группой Накамура при разработке технологии.

Накамура полагает, что специалистам его лаборатории удастся довести емкость 1-дюймовых дисков до 500 Гбит на квадратный дюйм к 2007 году. Это значит, что через несколько лет на дюймовые диски можно будет записывать до 30 Гбайт данных. Сейчас максимальная емкость таких дисков составляет 6 Гбайт.

Сотрудники Tohoku University не одиноки в своей работе по освоению перпендикулярной записи. Японская компания Nippon Hoso Kyokai продемонстрировала 10-гигабайтный прототип дюймового диска, в котором реализована данная технология. Это устройство было разработано совместно с Sony. Оно имеет плотность записи 120 Гбит на квадратный дюйм. Эти компании пока не озвучили планов выпуска коммерческой версии диска.

Toshiba сообщила, что ей первой удалось наладить массовое производство жестких дисков с технологией перпендикулярной записи. Технология перпендикулярной записи станет ключевой для увеличения объема жестких дисков еще в течение нескольких лет, прежде чем будет достигнут предел, и только тогда производство начнет переключаться с текущей, уже 32-летней, винчестерской технологии на оптические способы хранения и передачи информации. Первый винчестер 4200 RPM MK4007GAL с новой технологией пока есть только в варианте на одной пластине объемом 40 Гбайт, до конца года будет доступен и диск 4200 RPM MK8007GAH с двумя пластинами с объемом соответственно 80 Гбайт.

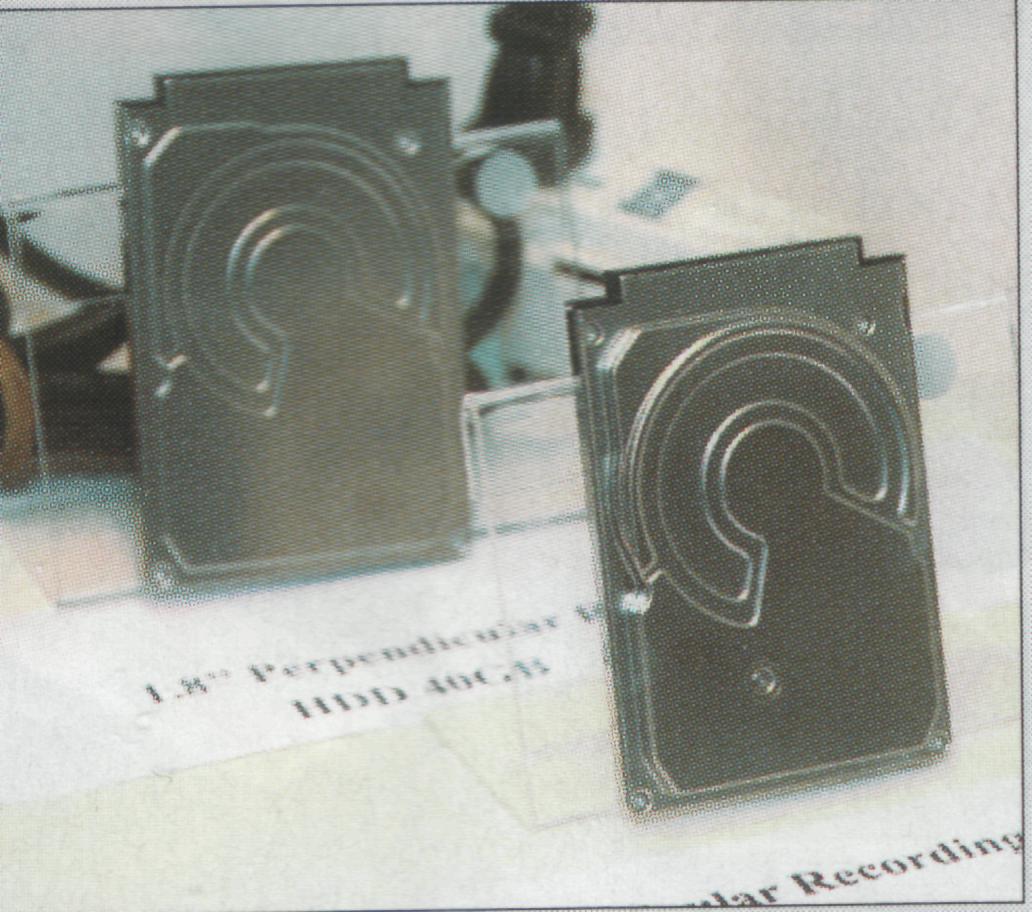


Рис. 9 – жесткие диски MK4007GAL и MK8007GAH.

Также Toshiba в 2006 году обещает представить и 0,85-дюймовые диски с этой технологией объемом 6-8 Гбайт на пластине. Наиболее ожидаемая модель 2,5-дюймового диска с этой технологией будет только в 2007 году, предполагаемая плотность записи составит 200 Гбайт на пластину.

Компания Hitachi начнет продажи жестких дисков с перпендикулярным методом записи уже в конце этого года. В данный момент Hitachi проводит тестирование тестовых образцов, созданных с применением этого метода записи. Специалисты компании считают, что уже в 2007 году емкости обычных винчестеров для десктопов достигнут 1 Тб, а микродрайвы будут иметь емкость ~20 Гб.

Первые диски Hitachi с перпендикулярной записью пока что имеют в своей основе пластины с плотностью записи «всего» в 120 Гбит на квадратный дюйм. Эти диски компания обещает представить общественности уже в конце года. Заявленная емкость дисков, проходящих тестирование сегодня — 100 Гб, формат диска –– 2,5", плотность записи — 80 Гбит на квадратный дюйм. И поскольку отличий от сегодняшних дисков «старого образца» будет минимум — только сам метод записи, а плотность и емкость пока останутся на том же уровне, компания будет продавать их по таким же ценам, что и диски с параллельным методом записи.

Seagate анонсировала 8 июня свои планы на следующие три квартала. Компания намерена предоставить десять новых устройств с перпендикулярной записью. Среди них –– HDD для декстопов емкостью 500 GB, 8-гигабайтовые диски формата CF II и накопитель для ноутбуков объемом 160 GB.

Известный производитель пластин, японская компания Showa Denko K.K. (SDK), объявила 19 июня о начале массового выпуска пластин емкостью 40 GB для 1,8-дюймовых устройств.

**3 Взгляд в будущее**

**Термомагнитная запись HAMR.** Несмотря на то, что емкость жесткого диска в терабайт кажется по сегодняшним меркам просто гигантской, требующиеся объемы хранилищ данных увеличиваются с каждым годом в геометрической прогрессии. Трудно даже представить себе, как разрастется операционная система Windows к тому времени, когда емкость диска увеличится до терабайтов. Впрочем, будем оптимистами: компания Microsoft наверняка придумает, чем заполнить свободное место на диске.

Уже сейчас активно разрабатываются технологии записи, позволяющие реализовать еще более высокую плотность записи, чем при применении технологии перпендикулярной записи. Одной из наиболее перспективных технологий магнитной записи является технология термомагнитной записи HAMR (Heat Assistant Magnetic Recording), разрабатываемая компанией Seagate. По этой технологии для того, чтобы отодвинуть ограничение на минимальный размер магнитного зерна, диктуемое явлением супермагнетизма, используются магнитные материалы с высокой коэрцитивной силой, что обеспечивает высокую термостабильность записанных участков. Для намагничивания доменов в таком магнитном слое он предварительно разогревается с помощью кратковременного воздействия лазера. Минимальные размеры области, соответствующей одному биту информации, определяются диаметром сфокусированного светового луча. Магнитное поле подбирается с таким расчетом, чтобы при отсутствии нагрева его величина была бы недостаточной для перемагничивания рабочего слоя. При повышении температуры участка рабочего слоя происходит существенное изменение его магнитных свойств (например, может в 3–4 раза уменьшаться коэрцитивная сила), а нагретые участки перемагничиваются. Подобные области и представляют собой записанную информацию. По оценкам специалистов компании Seagate, термомагнитная запись позволит достичь плотности записи порядка 5 Тбит/кв.дюйм.

**Самоорганизующиеся магнитные решетки SOMA.** Еще одной перспективной технологией записи, позволяющей достичь высокого значения плотности записи, является технология самоорганизующихся магнитных решеток (Self-Organized Magnetic Array, SOMA). Для построения таких самоорганизующихся решеток в настоящее время применяется железо-платиновый сплав (FePt) с добавлением тщательно сбалансированного количества других химических элементов. Основная особенность данных решеток заключается в том, что магнитные зерна в них строго упорядочены и располагаются в узлах самой решетки. В перспективе это даст возможность использовать для хранения одного бита информации всего лишь одно зерно.

Вот что говорит по этому поводу один из разработчиков технологии SOMA, Дитер Уэллер из компании Seagate: «Для записи одного бита информации сейчас необходимо примерно 100 зерен магнитного материала, мы же работаем над тем, чтобы каждое зерно хранило собственный уникальный бит. Это позволит резко увеличить плотность записи информации. Мы ищем способы выстроить магнитные зерна в правильные решетки, что не только даст возможность считывать и записывать данные, но и обеспечит высокую стойкость к температурным воздействиям».

Использование технологии SOMA в перспективе позволит довести плотность записи информации до 50 Тбит/кв.дюйм.

В заключение можно сказать, что в ближайшие десять лет развивающаяся технология магнитного хранения данных сможет удовлетворить растущие потребности рынка.

**Литература**

1 http://itc.ua

2 http://www.osp.ru

3 http://www.lib.csu.ru

4 http://www.ci.ru

5 Журнал ДомашнийПК №9 2005, с. 60-61

6 Журнал Компьютерное Обозрение №24 с.38