

<http://www.ixbt.com/storage/hdd50years.shtml>

### IBM/Hitachi чествует полувековую историю целой индустрии магнитных накопителей

Года полтора назад ИТ-сообщество во главе с корпорацией Intel [праздновало](#) сорокалетие знаменитого «закона Мура», на многие годы вперед предугадавшего технологические темпы развития индустрии создания полупроводниковых интегральных микросхем (памяти, микропроцессоров и пр.) и по сей день остающегося одним из краеугольных ориентиров для тех, кто двигает ИТ-бизнес.

Но сегодня у нас есть не менее, а может и более весомый повод для празднования юбилеев: 13 сентября 1956 года, то есть *ровно полвека назад* компания IBM представила свой первый накопитель на жестких магнитных дисках (позднее данные устройства получили полуофициальное прозвище «винчестер»).



И это изобретение со временем фактически создало огромную индустрию магнитных накопителей, без которых сейчас немыслимо ни одно мало-мальски мощное вычислительное устройство, поскольку подавляющее большинство информации, которыми оперируют эти самые вычислительные устройства, хранится именно на магнитных носителях.

- Bright future for HDDs – no technology to displace magnetic recording in foreseeable future
- Today – with 50 million-fold miniaturization decrease over 50-year HDD history, we've achieved 500 GB on one 3.5-inch, 3-platter hard drive
- Unabated innovation & demand:
  - Areal density growth continues – HDD capacity to double every two years
  - Ubiquity – hard drives becoming a common household item – estimated CE HDD shipment to be 24% of total HDD shipment in 2008 (IDC); IT remains strong
  - Sky-rocketing demand – IDC predicts industry will ship more hard drives in next 5 years than in previous 50
  - Hitachi shipment expected to approach 200 million units annually by decade-end



Sept. 13, 1956 – RAMAC – first hard drive shipped with 5 MB on 50 24" diameter disks



Today – we've achieved 500 GB on one 3.5-inch, 3-platter hard drive

Фактически, более чем на полвека накопители на жестких магнитных дисках стали *основным* средством хранения и оперативной выдачи, бурно накапливаемой человечеством информации, победив и ленточные накопители, и оптические носители, и полупроводниковые ППЗУ/флэш. И хотя будущее магнитных накопителей не раз подвергалось сомнениям (ввиду различных физических ограничений, которые ученым каждый раз удавалось успешно преодолевать с помощью новых эффектов и технологий), на ближайшие десятилетия они все же останутся в строю ввиду уникального *сочетания* важных потребительских свойств. А переживут ли накопители на магнитных дисках свой вековой юбилей, мы узнаем совсем скоро — по прошествии следующих 50 лет. ;)

И закон Мура мы помянули неспроста — развитие отрасли магнитных накопителей идет все эти годы бок о бок с полупроводниковой индустрией. Между ними гораздо больше общего, чем может показаться на первый взгляд. Даже темпы миниатюризации (роста плотности элементов), «предопределенные» законом Мура для микросхем, почти в точности те же и для магнитных носителей информации. Достаточно сказать, что минимальные размеры битов магнитной записи на пластинах винчестеров сейчас (и в течение ряда последних лет) очень точно повторяли минимальные размеры элементов кремниевых транзисторов в самых современных микропроцессорах и памяти.

Интересно, что первая микросхема, предопределившая другую, основную ветвь развития индустрии информационных и компьютерных технологий (ИКТ), появилась даже позднее, чем первый «винчестер»: она заработала 12 сентября 1958 года в компании Texas Instruments (изобретателями микросхемы по праву считают Джека Килби и одного из основателей Intel Роберта Нойса). Кстати, за её изобретение в 2000 году присудили Нобелевскую премию по физике, хотя физики как таковой при создании микросхемы было немного. Просто Килби и Нойс «всего-навсего»

придумали технологию, которая совершила полный переворот в электронной промышленности. К сожалению, за изобретение винчестера «Нобеля» пока никому не дали. И уже вряд ли дадут...

Итак, первый винчестер оказался на 2 года *старше* первой микросхемы! (Кстати, готовьтесь — ровно через 2 года, 12 сентября 2008 индустрия будет отмечать полувековой юбилей микросхем. ;)) Что представлял собой первый накопитель на магнитных дисках? В отличие от маленькой микросхемы (кристалла, который и тогда, в 1958 году умещался на одном пальце) первый жесткий диск был огромным шкафом, в котором находился пакет из 50 большущих пластин диаметром 24 дюйма (более 60 см) каждая.



Диск носил имя RAMAC (Random Access Method of Accounting and Control) и был разработан в лаборатории IBM в калифорнийском городе Сан-Хосе (позднее ставшем сердцем Силиконовой долины). Пластины диска были покрыты «краской» из магнитного оксида железа — подобной той, что использовалась при строительстве знаменитого на весь мир моста Golden Gate в Сан-Франциско.



Информационная емкость этого гиганта составляла 5 Мбайт (5 млн. байт), что по нынешним понятиям кажется смешной цифрой, но тогда это был High-End сегмента Enterprise. ;) Пластины были смонтированы на вращающемся шпинделе, а механический кронштейн (один!) содержал головки чтения и записи и перемещался вверх-вниз на вертикальном стержне, причем время доставки головки до нужной магнитной дорожки составляло менее одной секунды.



Как видим, данная концепция во многом послужила прототипом для всех последующих жестких дисков — вращающиеся жесткие пластины («блины») с магнитным покрытием, концентрические дорожки записи, быстрый доступ к любой случайно выбранной дорожке (см. название RAMAC). Только теперь для каждой магнитной поверхности используется отдельная пара головок чтения-записи, а не общие на весь диск. Метод быстрого доступа к произвольному месту носителя (random access) произвел настоящую революцию в устройствах хранения, поскольку по сравнению с главенствующими тогда магнитными лентами позволял резко увеличить производительность при доступе. Один такой RAMAC весил почти тонну (971 кг) и сдавался в аренду по цене 35 000 долларов в год (тогда это равнялось стоимости 17 новых легковых автомобилей)!

В эти дни компания Hitachi Global Storage Technologies, которая является правопреемницей винчестерного бизнеса IBM, и впитала в себя ее умудренный опытом разработки жестких дисков специалистов, бурно празднует 50-летие этого гиганта на проходящей в Санта-Кларе (Калифорния) выставке [DISKCON USA 2006](#).

Следующим знаковым шагом IBM на этом поле стало создание накопителя IBM 3340. Этот «шкафчик» был уже меньше (высотой около метра),



и во время своего появления в июне 1973 году рассматривался как научное «чудо». При плотности магнитной записи 1,7 Мбит на квадратный дюйм он оснащался маленькими аэродинамическими головками (то есть головки впервые стали «парить» над вращающейся магнитной поверхностью под действием аэродинамических сил) и герметичной «коробкой» («банкой»), в которой помещались пластины с головками. Это защищало диски от пыли и загрязнений и позволяло кардинально уменьшить рабочее расстояние между головкой и пластиной (высоту «полета»), что привело к существенному росту плотности магнитной записи. IBM 3340 по праву считают отцом современных жестких дисков, поскольку именно на этих принципах они и строятся. Данные накопители имели несменяемую емкость 30 Мбайт плюс столько же (30 Мбайт) в сменном отсеке.



Что и дало причину называть его «Винчестером» — по аналогии со знаменитой [винтовкой 30-30 Winchester](#). Прогресс, кстати, коснулся не только конструкции и плотности записи, но и времени доступа, которое разработчикам удалось уменьшить до 25 миллисекунд (сравните это с 10-20 мс для современных куда более миниатюрных жестких дисков)!

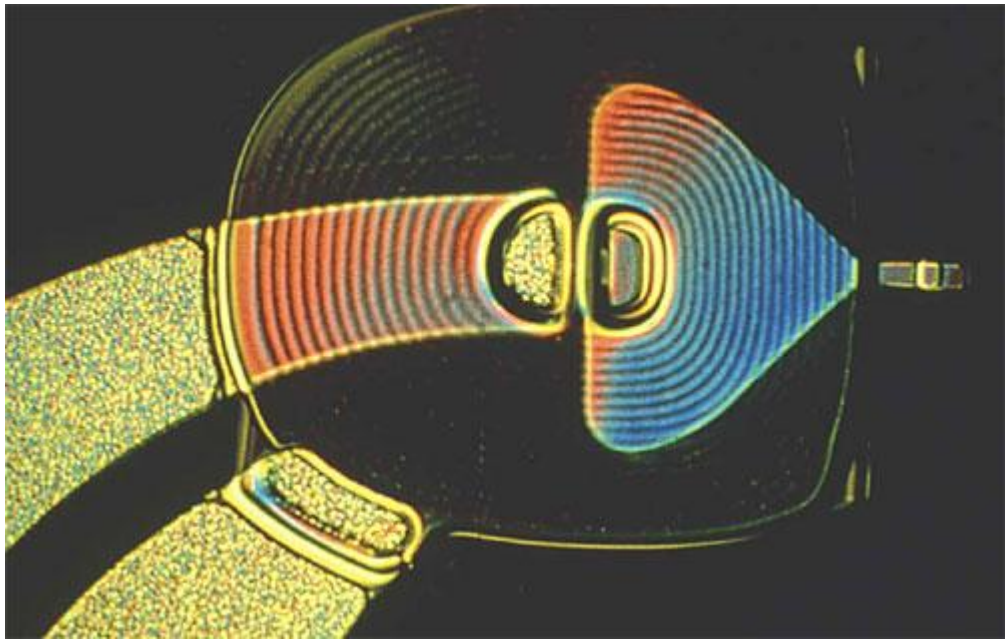
Позднее в этом же 1973 году IBM выпустила и первый в мире малогабаритный жесткий диск FHD50, основанный на принципах IBM 3340: в полностью закрытый корпус были заключены магнитные пластины с головками, причем головки не перемещались между пластинами.



Кстати, само внедрение принципа «одна магнитная поверхность — одна пара головок» (то есть отказ от перемещения головок *между* пластинами) произошло чуть ранее: в 1971 году IBM выпустила модель 3330-1 Merlin (названную в честь мифического средневекового волшебника), где и применила этот принцип. К этому же событию относится и первое внедрение серво-технологии для позиционирования головок на пластинах, позднее трансформировавшуюся в TrueTrack Servo Technology от IBM (только по ней у IBM более 40 патентов). В современных дисках сервометки располагаются на расстоянии примерно 240 нм друг от друга и позволяют позиционировать головку на дорожке с точностью до 7 нанометров!

Любопытно, что накопители типа IBM 3340 предназначались для коллективного пользования, то есть компании могли арендовать место на этом жестком диске по цене 7,81 доллара за мегабайт в месяц. Поэтому необходимость в малогабаритных индивидуальных накопителях тоже была.

В 1979 году IBM ввела в обращение тонкопленочную технологию изготовления магнитных головок. Это позволило довести плотность магнитной записи до 7,9 млн. бит на квадратный дюйм.



В 1982 году компания Hitachi, Ltd. удивила мир, впервые выпустив накопитель H-8598 объемом 1 Гбайт, то есть, преодолев психологически значимый рубеж.

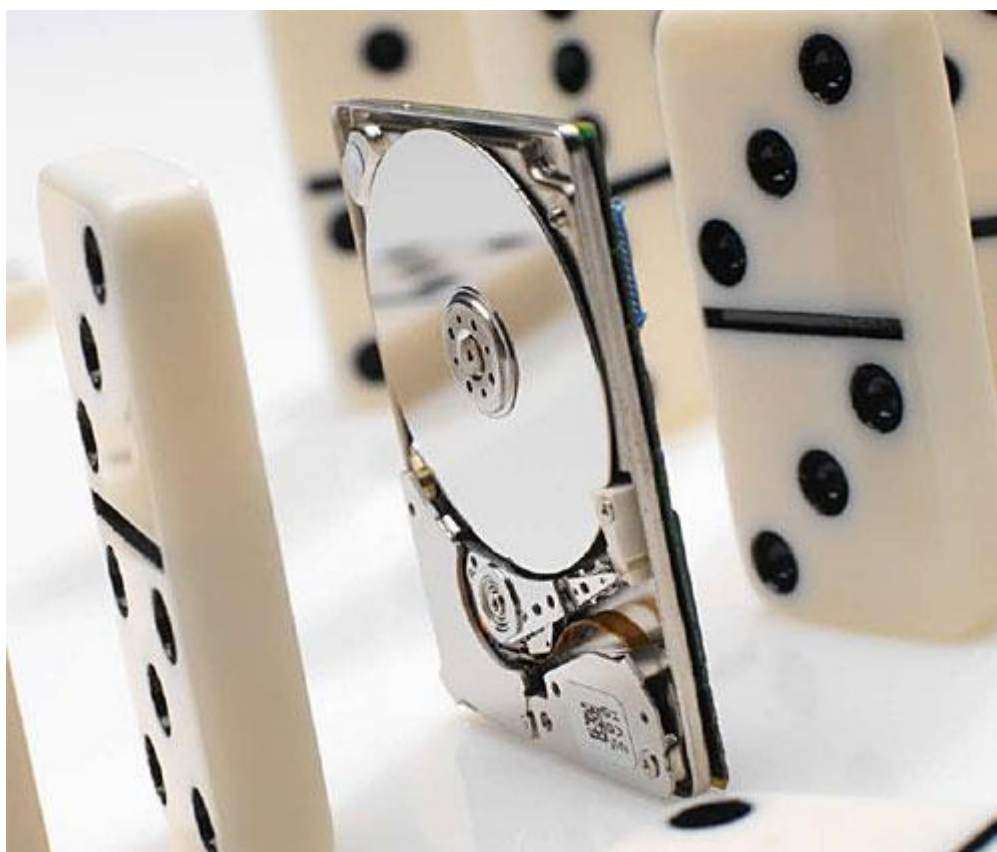


Этот накопитель емкостью 1,2 Гбайт насчитывал десять 14-дюймовых пластин и два набора головок чтения/записи в двухактуаторной конфигурации. При скорости чтения в 3 Мбайт в секунду (для сравнения — в настольных винчестерах такая скорость была достигнута лишь примерно десятилетие спустя) модель H-8598 работала на 87% быстрее, чем продукты предшествующего поколения. Спустя 6 лет

Hitachi снова поставила рекорд, выпустив накопитель емкостью 1,89 Гбайт, использующий 8 дисков диаметром по 9,5 дюймов. Эта модель H-6586 стала первым диском класса мэйнфреймов, который человек мог переносить (весила около 80 кг).

В 80-х годах прошлого века произошло еще два знаменательных события для индустрии магнитных накопителей. Сначала были выпущены компактные накопители форм-фактора 5,25 дюйма, которые помещались в соответствующие отсеки персональных компьютеров IBM PC (первый IBM 5100 Portable Computer был создан в 1975 году, и некоторое время изделия этой линейки 51х0, а позднее и знаменитые IBM PC 5150 использовали кассетные накопители). А затем в конце 80-годов американская компания Conner Peripherals, основанная в 1986 году сооснователем Seagate Финисом Коннером (Finis Conner), первой в мире выпустила на рынок 3,5-дюймовые жесткие диски с соленоидным мотором. Это открыло новую эру в индустрии магнитных накопителей — данный форм-фактор уже давно считается основным для жестких дисков, а более крупные (по габаритам) винчестеры вскоре прекратили выпускать как бесперспективные.

IBM не раз была пионером в выпуске как миниатюрных винчестеров для ноутбуков, так и первой в мире представила в 1999 году однодюймовый жесткий диск — знаменитый Microdrive.



Любопытно, что эти сверхминиатюрные диски использовали ту же скорость вращения пластин (3600 об./мин.), что и гигантские модели H-8598 и H-6586, но их вместительность и скорость при этом оказалась заметно выше! И этот прогресс был достигнут всего за какие-то 10-15 лет! Если сравнивать Microdrive с RAMAC, то в пространство последнего поместятся 323 тысячи «микродрайвов», а их суммарная емкость составит 2 500 терабайт! В 2005 году Hitachi GST выпустила уже 10-миллионный Microdrive. А первый 2,5-дюймовый винчестер был выпущен именно

IBM — в 1991 году — и носил имя Tanba-1 (появление линейки Travelstar). Он имел объем 63 Мбайт, весил всего 215 грамм (3,5-дюймовые диски той поры весили раза в 3 больше). Хотя ударостойкость этих носимых малюток была никудышная по нынешним меркам — в 60 раз меньше, чем у современных аналогов.



Кстати, до сих пор Hitachi GST [занимает](#) уверенное первое место в мире по выпуску малогабаритных жестких дисков.

В середине 90-х годов прошлого века IBM предложила еще как минимум две революционные технологии, которыми сейчас пользуются все производители жестких дисков. Во-первых, это магнитные головки на гигантском магниторезистивном эффекте (так называемые GMR heads, впервые появившиеся в дисках серии Deskstar 16GP в 1997 году), что позволило резко увеличить плотность записи (до 2,7 Гбит/кв.дюйм) и в последующее десятилетие наращивать плотность записи порой даже быстрее, чем «по закону Мура». :) Об этом я [писал](#) не раз, поэтому повторяться не стану. А во-вторых, это так называемый No-ID sector format (новый способ форматирования магнитных пластин), позволяющий увеличить плотность еще на 10%. Это также сейчас используется уже всеми производителями.

Примерно тогда же стали резко возрастать скорости вращения магнитных пластин 3,5-дюймовых винчестеров — диски для ПК дружно «пошустрели» до 5400, а затем и до 7200 об./мин. (последнее — стандарт уже в течение десятилетия), а диски сегмента Enterprise раскрутились до 10 000, а затем и до 15 000 об./мин. Кстати, тоже не без [помощи IBM](#), хотя Seagate считает, что именно она сделала первый в индустрии пятнадцатитысячник. ;) Интересно, однако, что именно компания Hitachi первой повысила скорость вращения выше 10 000 — до 12 000 об./мин. в своей модели DK3F-1 емкостью 9,2 Гбайт, выпущенной в 1998 году и побившей рекорды производительности. В ней использовались новые пластины уникального дизайна с диаметром 2,5 дюйма (позднее они стали стандартом в 15-тысячниках).

В 2003 году IBM ввела в обращение так называемые [фемто-слайдеры](#), размеры которых существенно меньше, чем прежде. Это позволило компании, ставшей уже Hitachi GST, выпустить несколько новых интересных серий дисков. Кстати, полет современных головок над поверхностью пластин по размерам пропорционален полету гигантского авиалайнера на высоте... 1 миллиметр над землей!

Полувековой юбилей жесткого диска индустрия отметила и еще одним замечательным достижением — впервые за 50 лет появились накопители, которые используют иной принцип магнитной записи, чем был применен в RAMAC. А именно — перпендикулярную магнитную запись (PMR), когда магнитные домены ориентированы не вдоль, а поперек тонкой магнитной пленки на поверхности пластины. Hitachi GST продемонстрировала перпендикулярную магнитную запись еще в апреле 2005 года на образцах с плотностью записи 233 Гбит на кв. дюйм. Поперечная ориентация магнитных доменов в тонкой пленке (хотя и несколько более толстой, чем для аналогичных моделей с продольной записью) существенно увеличивает стабильность хранения информации, что необходимо для преодоления последствий так называемого суперпарамагнитного эффекта. Правда, не Hitachi или Toshiba, а Seagate стала первой компанией, которая выпустила в продажу [первые накопители с PRM](#) зимой 2006 года. Зато Hitachi оснастила [свои первые PRM-диски](#), вышедшие летом 2006 года, уже вторым поколением PMR-технологии. Впрочем, отдавая дань времени, отметим, что для RAMAC рассматривалась как продольная, так и перпендикулярная магнитная запись, и тогда было отдано предпочтение продольной, что и определило развитие отрасли на целые полвека! :)

**Hitachi is Strongest in HDD Research & Technology**
**HITACHI**  
Inspire the Next


**Proven Leadership**

- Perpendicular recording
- Femto slider
- Pixie dust media
- Microdrive miniaturization
- GMR head

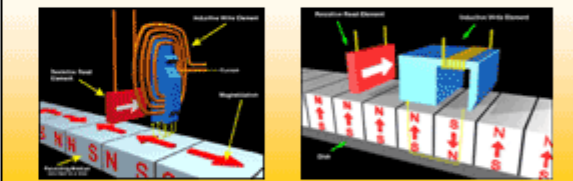
**World Class Technology Team**

- Extending areal density capabilities
  - Head/disk interface performance
  - Current-Perpendicular-to-Plane GMR read sensor
  - Advanced multilayer media
  - Track-per-inch mechanical
  - Patterned media
- Enabling
  - Higher capacity drives
  - Higher quality and reliability
  - Lower cost

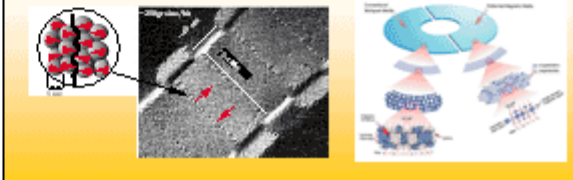
Advanced GMR structures      Femto Slider



Longitudinal Recording      Perpendicular Recording

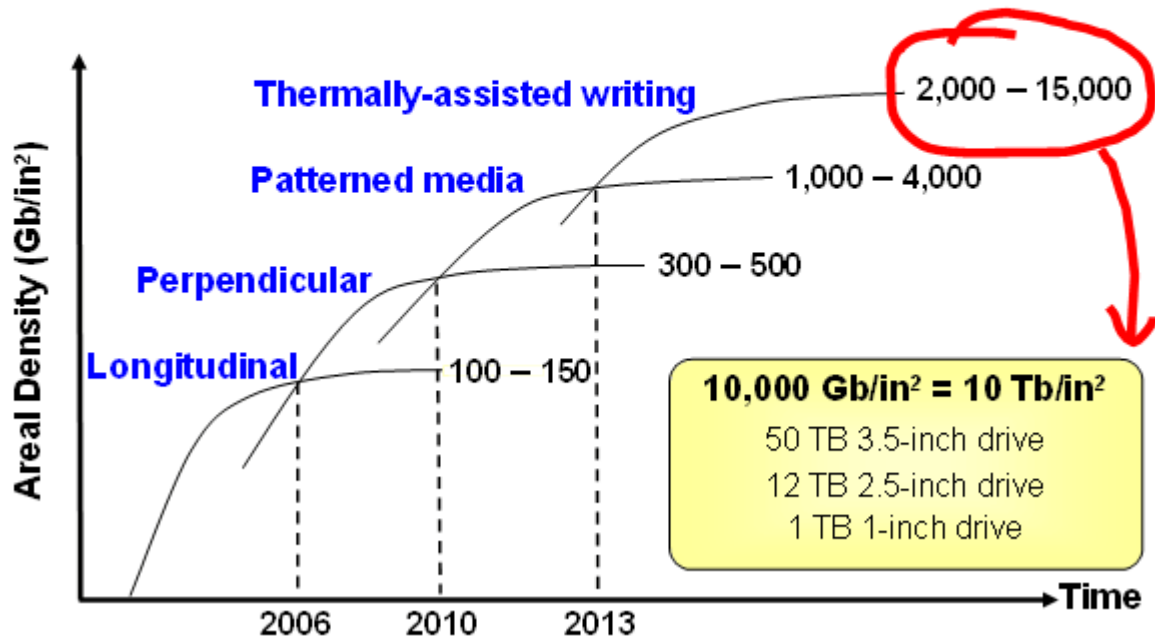


Patterned Media



Теоретически PMR способна поднять плотность магнитной записи до 500 Гбит на кв. дюйм (это примерно 500 Гбайт для емкости 2,5-дюймового винчестера). Дальнейшие же планы по наращиванию плотности магнитной записи в Hitachi связывают с технологией так называемой patterned media (когда пленка исходно «гранулирована» до нужного уровня плотности записи), что позволит повысить емкость носителей еще на порядок. Далее придет очередь термически-активируемой магнитной записи с оцениваемым пределом плотности до 15 000 Гбит на кв. дюйм, что продлит жизнь накопителей на магнитных дисках года так до 2020-го, а то и дольше.

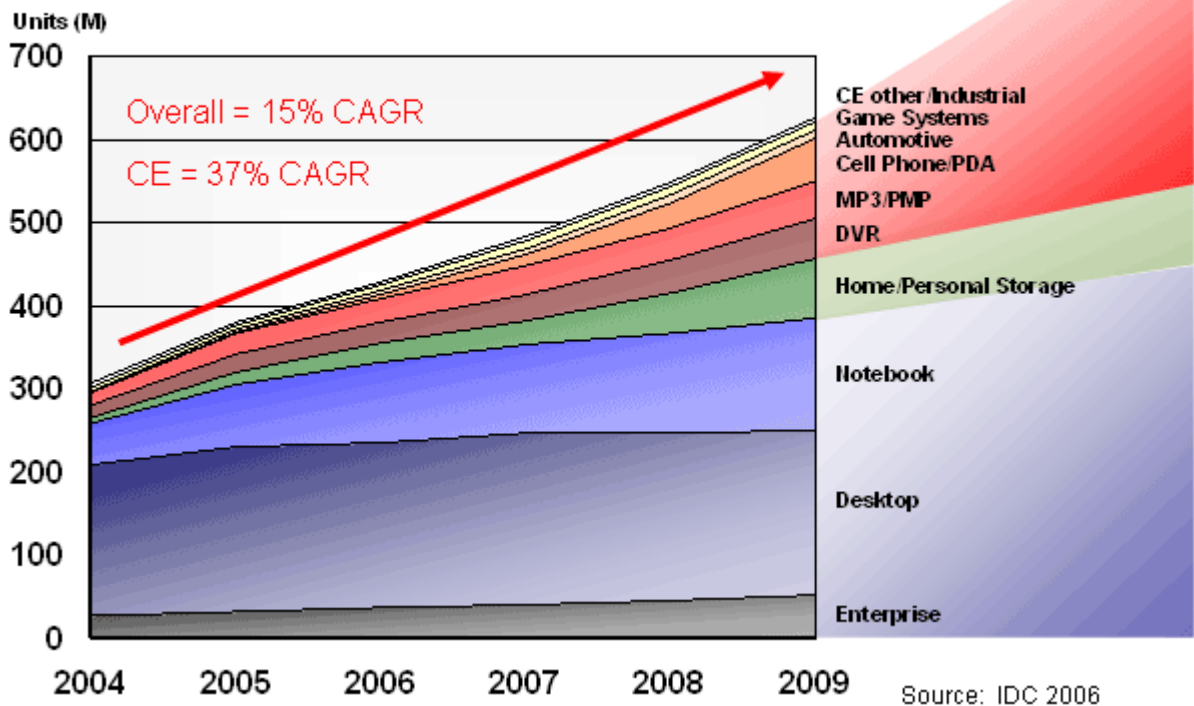
Technology changes coming in the next 10 years will be as radical as the changes that have occurred over the past 50 years.



Далее масштабы магнитных доменов переходят на атомарный уровень, и, возможно, в игру вступит спинтроника или появятся иные хорошие альтернативы магнитным накопителям.

\* \* \*

Согласно исследованиям ученых калифорнийского университета в Беркли, сейчас каждый год создается около 400 000 терабайт новой информации только за счет электронной почты. Население в 6,3 миллиарда человек ежегодно создают по 800 Мбайт информации каждый, то есть около 5 000 000 терабайт новых данных в год, 92% которых хранится на жестких дисках. Сюда, разумеется, не входит многократно копируемая и тиражируемая информация. Индустриальные аналитики прогнозируют ежегодный рост продаж жестких дисков с 409 млн. накопителей в 2006 году до более 650 млн. дисков в 2010 году, то есть на 12-15% ежегодно.



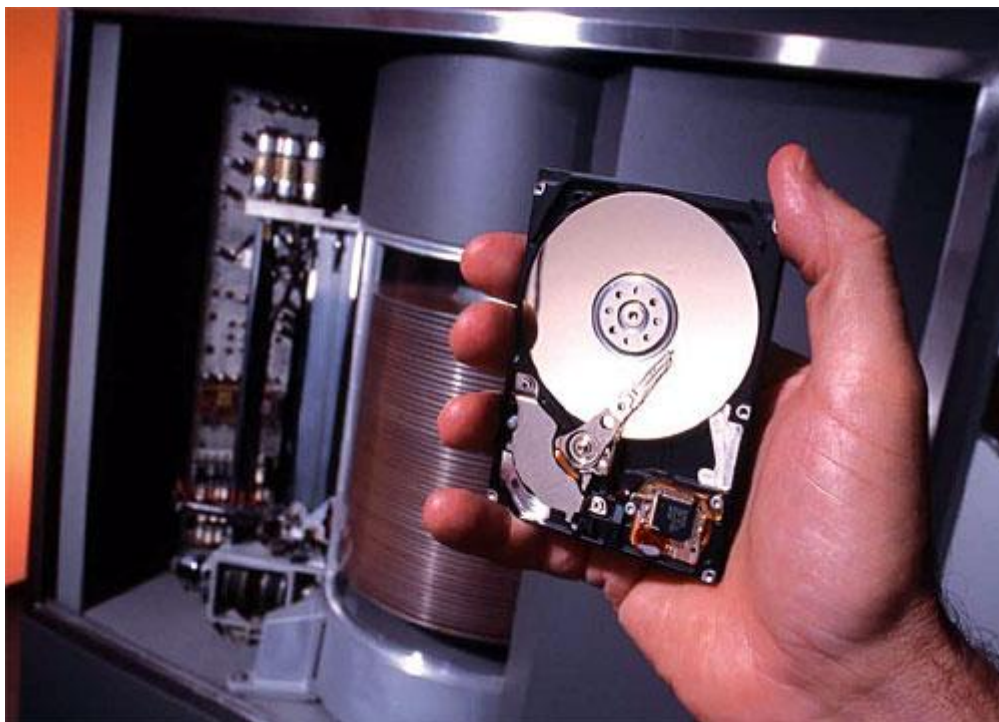
Большая доля этого роста придется на бурно растущий рынок бытовой электроники, то есть скоро жесткий диск станет неременным атрибутом типичных домашних электронных устройств. А спрос, как известно, рождает предложение. Поэтому сомневаться в перспективности и жизнеспособности индустрии накопителей на магнитных дисках в обозримом будущем не приходится.

Индустрия вплотную подошла к тому, чтобы одолеть еще один психологически важный рубеж — на сей раз в 1 Терабайт для емкости единичного накопителя (форм-фактора 3,5 дюйма). Кто станет первым, выпустившим такой диск? Ближе всех к этому подошли Seagate, уже выпустившая 750-гигабайтный винчестер, и Hitachi. Оба этих производителя уже продают жесткие диски на пластинах емкостью по 160 Гбайт (до 187,5 у Seagate). Однако Hitachi давно освоила пятипластинный дизайн, тогда как Seagate пока ограничивается 4-пластинным (а до 250-гигабайтных пластин пока далековато). Следовательно, наиболее близко к терабайтнику подошла именно Hitachi. Более того, сотрудники Hitachi GST утверждают, что уже в конце этого года они начнут отгрузки накопителя емкостью 1 Тбайт! Когда же произойдет официальное объявление этой модели? Уж не в 50-летний ли юбилей винчестера?.. ;)

\* \* \*

Безусловно, развитие индустрии накопителей на жестких магнитных дисках осуществлялось силами не одного только Голубого Гиганта, и многие известные и мощные игроки приняли в этом посильное участие. Было время, когда компаний, выпускающих винчестеры, было больше, чем пальцев у человека (не только на руках ;)). Хотя сейчас их ряды стремительно редуют. :) И в ряду тех, кто первым выпустил тот или иной знаковый для рынка продукт или решение присутствуют и Seagate, и Western Digital, и Quantum, и ряд японских компаний. Однако слава первопроходца здесь, конечно, принадлежит IBM и ее правопреемнице Hitachi GST. И радуется, что даже спустя полвека, преодолев на своем пути немалые трудности (и слияния), эта

именитая команда разработчиков продолжает радовать потребителей новыми и часто революционными продуктами, оставаясь одной из немногих компаний в этой области, кто не паразитирует на чужих идеях и исследованиях, а генерирует свои собственные, вкладывая туда немалые финансы и оставаясь на самой вершине технологической пирамиды. С юбилеем!



*Алекс Карабуто ([lx@ixbt.com](mailto:lx@ixbt.com))  
Опубликовано — 13 сентября 2006 г.*