

Устройство жесткого диска

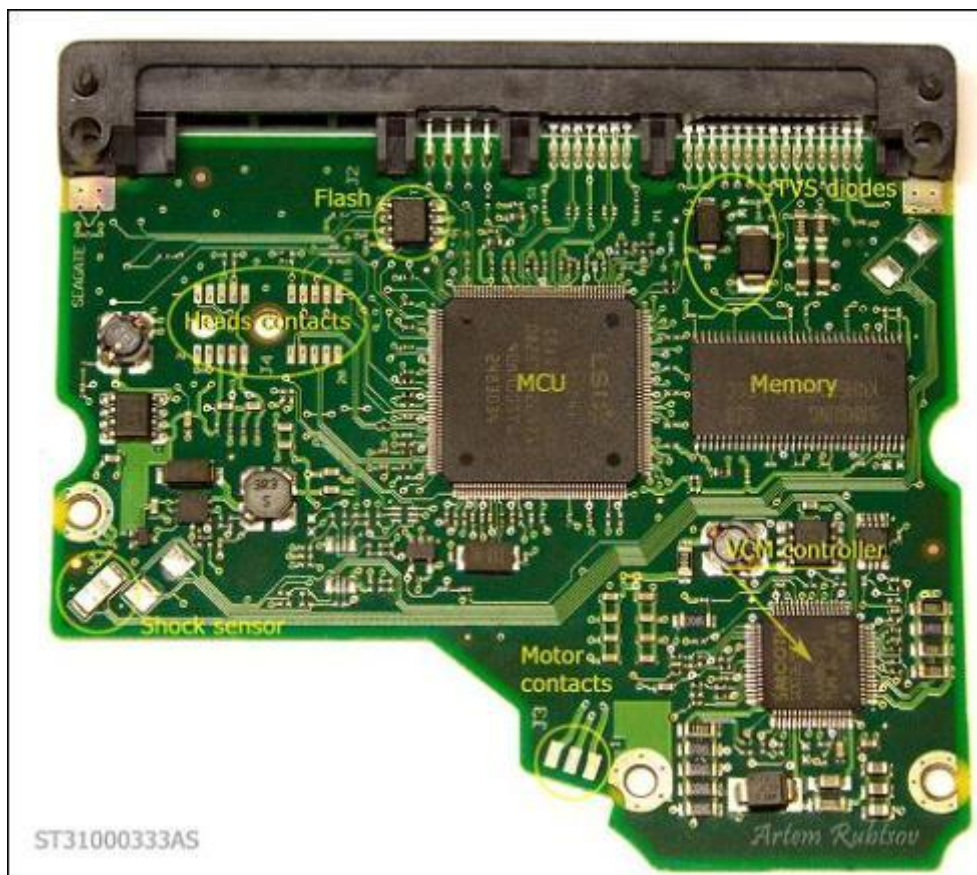
Цель этой статьи - описать устройство современного жёсткого диска, рассказать о его главных компонентах, показать, как они выглядят и называются. Кроме того, мы покажем связь между русскоязычной и англоязычной терминологиями, описывающими компоненты жестких дисков.

Для наглядности, разберём 3.5-дюймовый SATA диск. Это будет совершенно новый терабайтник Seagate ST31000333AS. Осмотрим нашего подопытного кролика.



Зелёный текстолит с медными дорожками, разъемами питания и SATA называется платой электроники или платой управления (Printed Circuit Board, PCB). Она служит для управления работой жесткого диска. Чёрный алюминиевый корпус и его содержимое называется гермоблоком (Head and Disk Assembly, HDA), специалисты также называют его «банкой». Сам корпус без содержимого также называют гермоблоком (base).

Теперь снимем печатную плату и изучим размещённые на ней компоненты.



Первым в глаза бросается большой чип, расположенный посередине – микроконтроллер, или процессор (Micro Controller Unit, MCU). На современных жёстких дисках микроконтроллер состоит из двух частей – собственно центрального процессора (Central Processor Unit, CPU), который производит все вычисления, и канала чтения/записи (read/write channel) - особого устройства, преобразующего поступающий с головок аналоговый сигнал в цифровые данные во время операции чтения и кодирующий цифровые данные в аналоговый сигнал при записи. Процессор имеет порты ввода-вывода (IO ports) для управления остальными компонентами, расположенными на печатной плате, и передачи данных через SATA-интерфейс.

Чип памяти (memory chip) представляет собой обычную DDR SDRAM память. Объем памяти определяет размер кэша жёсткого диска. На этой печатной плате установлена память Samsung DDR объемом 32 Мб, что в теории даёт диску кэш в 32 Мб (и именно такой объём приводится в технических характеристиках жёсткого диска), но это не совсем верно. Дело в том, что память логически разделена на буферную память (кэш) и память прошивки. Процессору требуется некоторый объём памяти для загрузки модулей прошивки. Насколько нам известно, только Hitachi/IBM указывают действительный объём кэша в описании технических характеристик; относительно остальных дисков, об объёме кэша остаётся только гадать.

Следующий чип – контроллер управления двигателем и блоком головок, или «крутилка» (Voice Coil Motor controller, VCM controller). Кроме того, этот чип управляет вторичными источниками питания, расположенными на плате, от которых питается процессор и микросхема предусилителя-коммутатора (preamplifier, preamp), расположенная в гермоблоке. Это главный потребитель энергии на печатной плате. Он управляет вращением шпинделя и движением головок. Ядро VCM-контроллера может работать даже при температуре в 100° С.

Часть прошивки диска хранится во флэш-памяти. При подаче питания на диск микроконтроллер загружает содержимое флэш-чипа в память и приступает к исполнению кода. Без корректно загруженного кода, диск даже не пожелает раскручиваться. Если на плате отсутствует флэш-чип, значит, он встроен в микроконтроллер.

Датчик вибрации (shock sensor) реагирует на опасную для диска тряску и посылает сигнал об этом контроллеру VCM. Контроллер VCM немедленно паркует головки и может остановить вращение диска. Теоретически, такой механизм должен защищать диск от дополнительных повреждений, но на практике он не работает, так что не роняйте диски. На некоторых дисках датчик вибрации обладает повышенной чувствительностью, реагируя на малейшую вибрацию. Полученные с датчика данные позволяют контроллеру VCM корректировать движение головок. На таких дисках установлено как минимум два датчика вибрации.

На плате имеется ещё одно защитное устройство - ограничитель переходного напряжения (Transient Voltage Suppression, TVS). Он защищает плату от скачков напряжения. При скачке напряжения TVS перегорает, создавая короткое замыкание на землю. На этой плате установлено два TVS, на 5 и 12 вольт.

Теперь рассмотрим гермоблок.



Под платой находятся контакты мотора и головок. Кроме того, на корпусе диска имеется маленькое, почти незаметное отверстие (breath hole). Оно служит для выравнивания давления. Многие считают, что внутри жёсткого диска находится вакуум. На самом деле это не так. Это отверстие позволяет диску выравнивать давление внутри и снаружи гермозоны. С внутренней стороны это отверстие прикрыто фильтром (breath filter), который задерживает частицы пыли и влаги.

Теперь заглянем внутрь гермозоны. Снимем крышку диска.

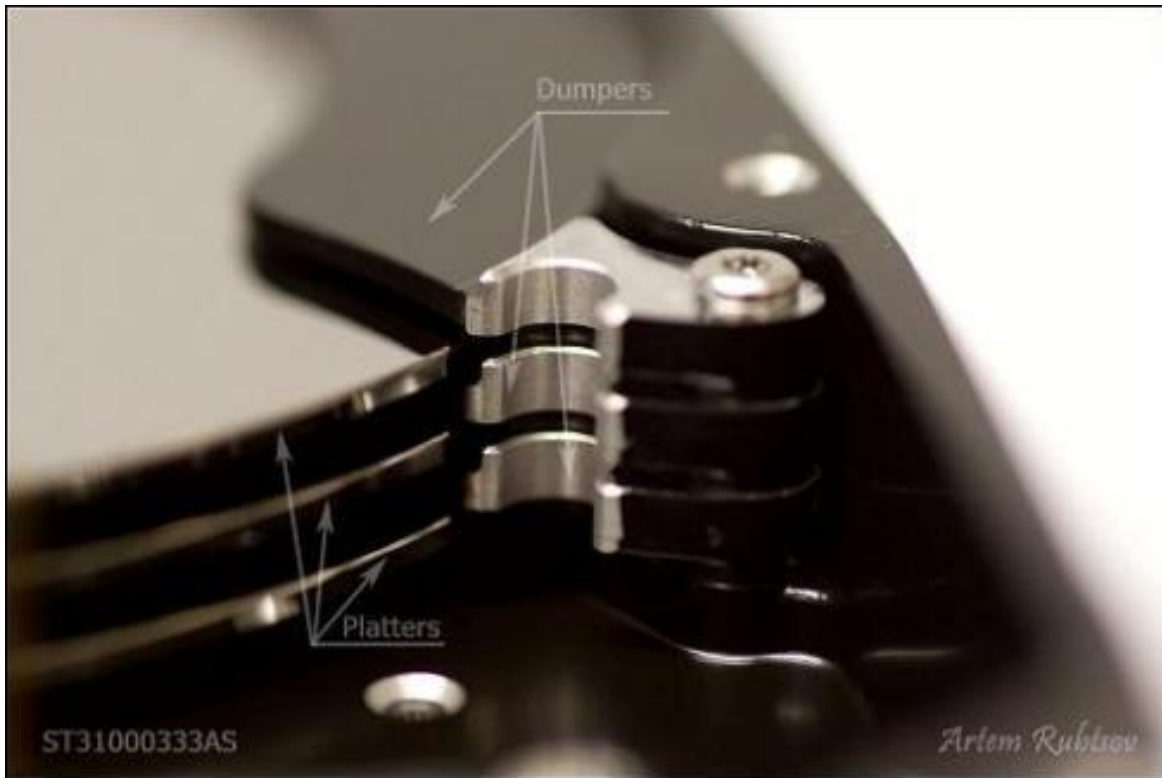


Сама крышка не представляет собой ничего интересного. Это просто кусок металла с резиновой прокладкой для защиты от пыли. Наконец, рассмотрим начинку гермозоны.



Драгоценная информация хранится на металлических дисках, называемых также блинами или пластинами (platters). На фотографии вы видите верхний блин. Пластины изготавливаются из полированного алюминия или стекла и покрываются несколькими слоями различного состава, в том числе ферромагнитным веществом, на котором, собственно, и хранятся данные. Между блинами, а также над верхним из них, мы видим специальные пластины, называемыми разделителями или сепараторами (dampers or separators). Они нужны для выравнивания потоков воздуха и снижения акустических шумов. Как правило, их изготавливают из алюминия или пластика. Алюминиевые разделители успешно справляются с охлаждением воздуха внутри гермозоны.

Вид блинов и сепараторов сбоку.



Головки чтения-записи (heads), устанавливаются на концах кронштейнов блока магнитных головок, или БМГ (Head Stack Assembly, HSA). Парковочная зона - это область, в которой должны находиться головки исправного диска, если шпиндель остановлен. У этого диска, парковочная зона расположена ближе к шпинделю, что видно на фотографии.



На некоторых накопителях, парковка производится на специальных пластиковых парковочных площадках, расположенных за пределами пластин.

Жёсткий диск - механизм точного позиционирования, и для его нормальной работы требуется очень чистый воздух. В процессе использования внутри жёсткого диска могут образовываться микроскопические частицы металла и смазки. Для немедленной очистки воздуха внутри диска имеется циркуляционный фильтр (recirculation filter). Это высокотехнологичное устройство, которое постоянно собирает и задерживает мельчайшие частицы. Фильтр находится на пути потоков воздуха, создаваемых вращением пластин.

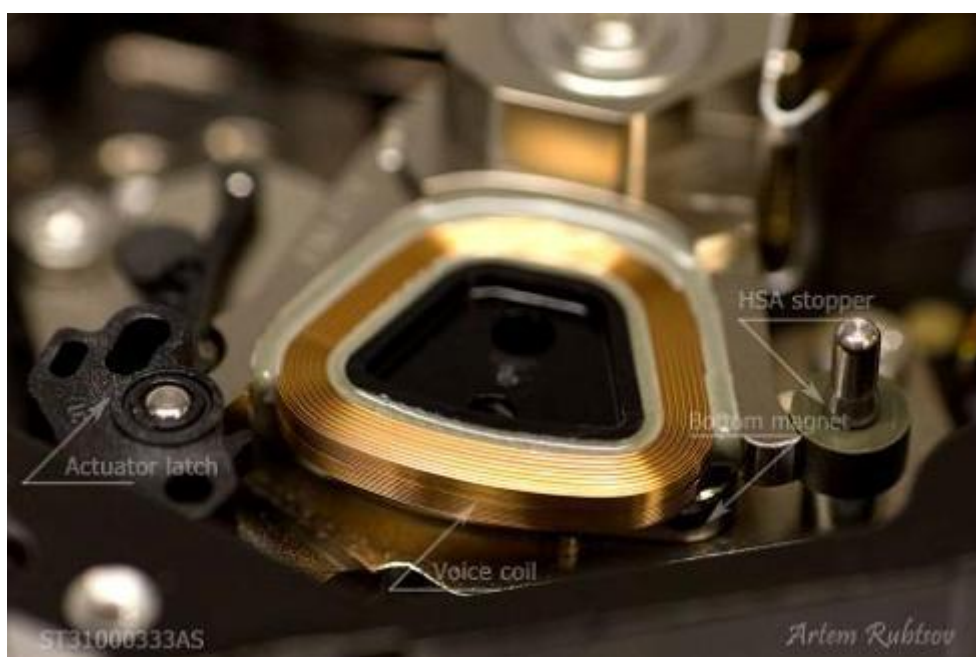


Теперь снимем верхний магнит и посмотрим, что скрывается под ним.



В жёстких дисках используются очень мощные неодимовые магниты. Эти магниты настолько мощны, что могут поднимать вес в 1300 раз больший их собственного. Так что не стоит класть палец между магнитом и металлом или другим магнитом - удар получится очень чувствительным. На этой фотографии изображены ограничители БМГ. Их задача - ограничить движение головок, оставляя их на поверхности пластин. Ограничители БМГ разных моделей устроены по-разному, но их всегда два, они используются на всех современных жестких дисках. На нашем накопителе, второй ограничитель расположен на нижнем магните.

Вот что можно там увидеть.



Ещё мы видим здесь катушку (voice coil), которая является частью блока магнитных головок. Катушка и магниты образуют привод БМГ (Voice Coil Motor, VCM). Привод и блок магнитных головок, образуют позиционер (actuator) - устройство, которое перемещает головки. Чёрная пластиковая деталь сложной формы называется фиксатором (actuator latch). Это защитный механизм, освобождающий БМГ после того как шпиндельный двигатель наберёт определённое число оборотов. Происходит это за счёт давления воздушного потока. Фиксатор защищает головки от нежелательных движений в парковочном положении.

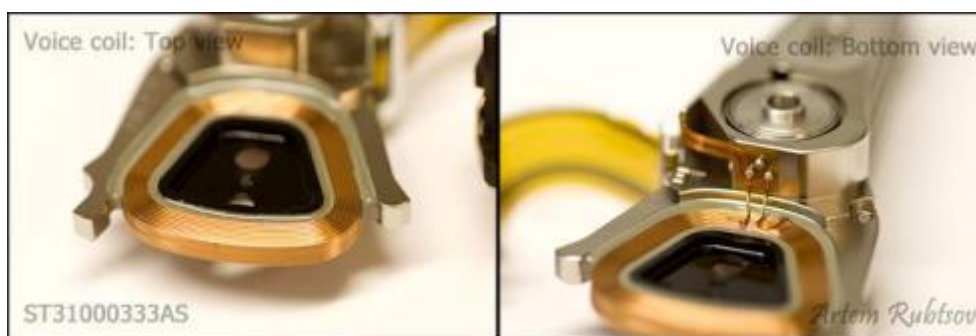
Теперь снимем блок магнитных головок.



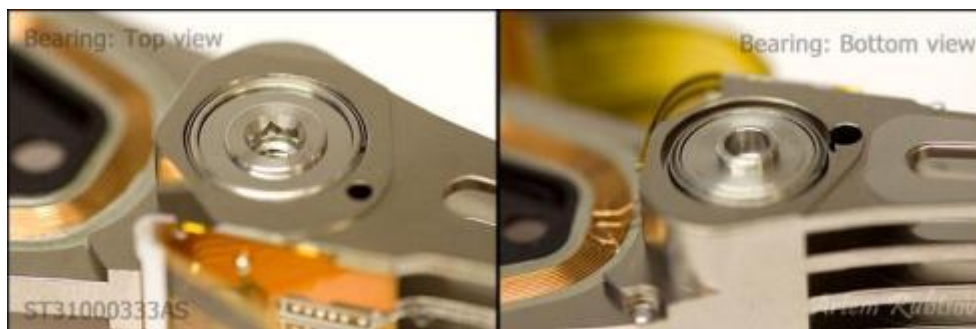
Точность и плавность движения БМГ поддерживается прецизионным подшипником. Самая крупная деталь БМГ, изготовленная из алюминиевого сплава, обычно называется кронштейном или коромыслом (arm). На конце коромысла находятся головки на пружинной подвеске (Heads Gimbal Assembly, HGA). Обычно сами головки и коромысла поставляют разные производители. Гибкий кабель (Flexible Printed Circuit, FPC) идёт к контактной площадке, стыкующейся с платой управления.

Рассмотрим составляющие БМГ подробнее.

Катушка, соединенная с кабелем.



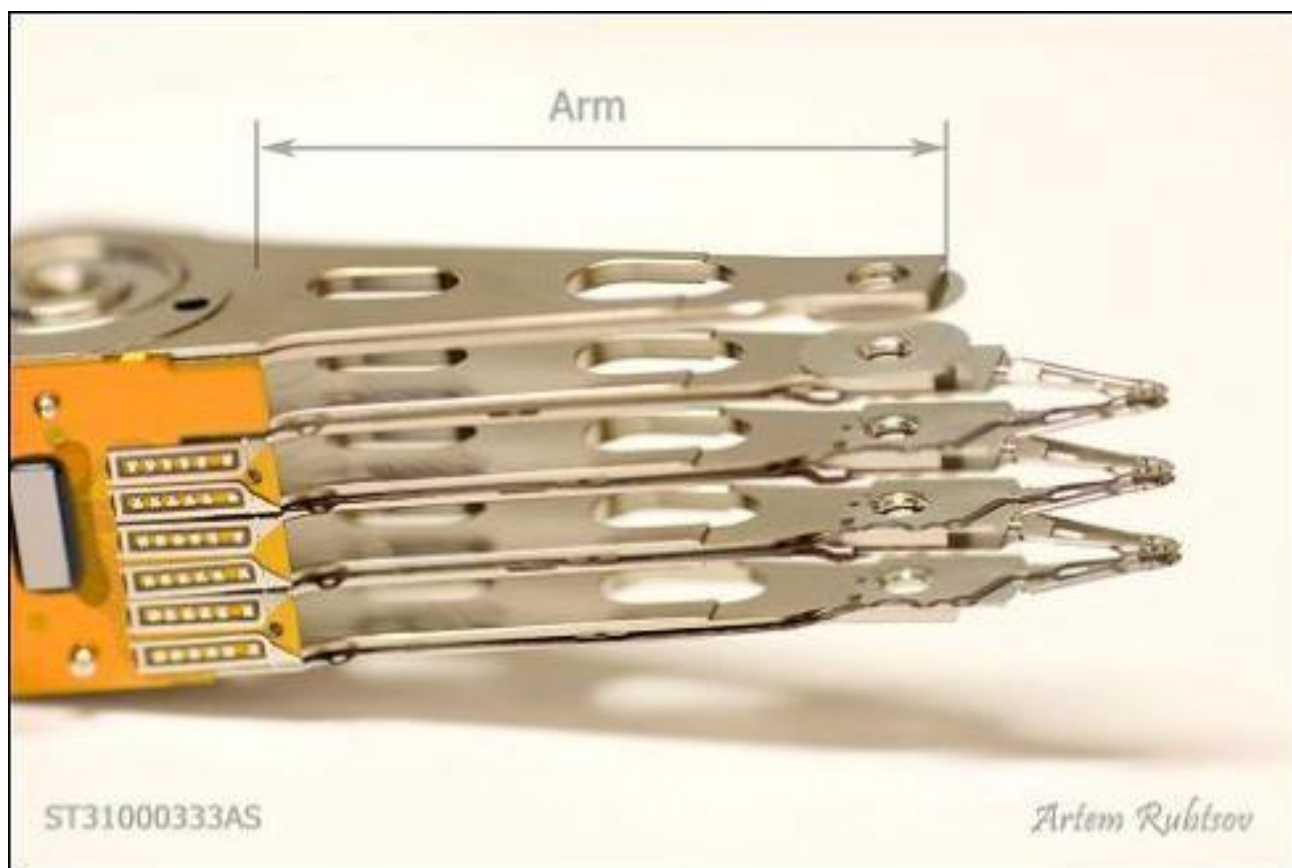
Подшипник.



На следующей фотографии изображены контакты БМГ.



Прокладка (gasket) обеспечивает герметичность соединения. Таким образом, воздух может попасть внутрь блока с дисками и головками только через отверстие для выравнивания давления. У этого диска контакты покрыты тонким слоем золота для улучшения проводимости.



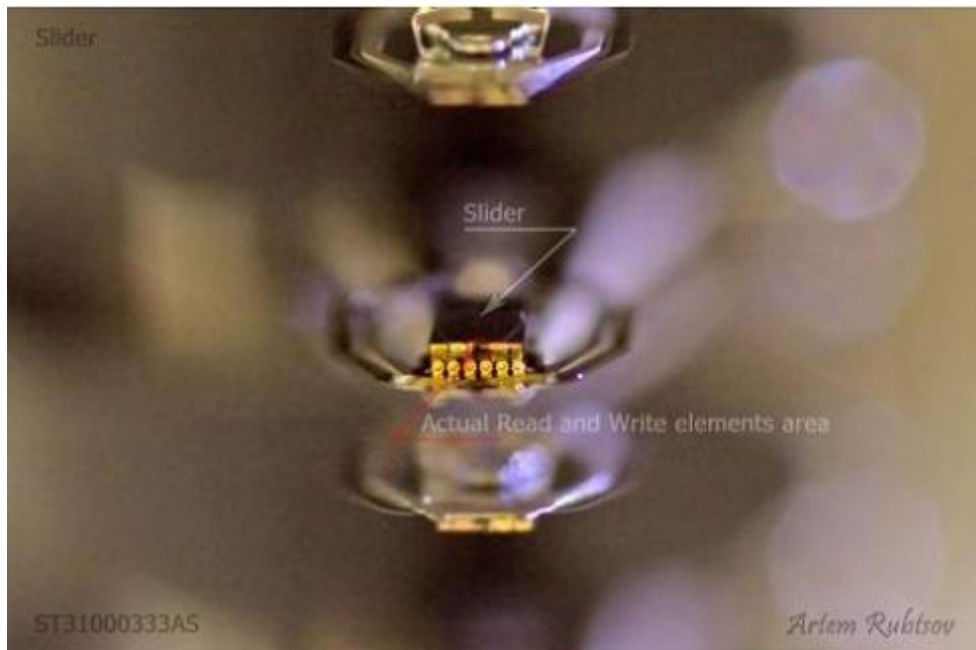
Это классическая конструкция коромысла.



Маленькие чёрные детали на концах пружинных подвесов, называют слайдерами (sliders). Многие источники указывают, что слайдеры и головки - это одно и то же. На самом же деле слайдер помогает считывать и писать информацию, поднимая головку над поверхностью блинов. На современных жёстких дисках, головки движутся на расстоянии 5-10 нанометров от поверхности блинов. Для сравнения: человеческий волос имеет диаметр около 25000 нанометров. Если под слайдер попадёт какая-нибудь частица, это может привести к перегреву головок из-за трения и выходу их из строя, именно поэтому так важна чистота воздуха внутри гермозоны. Сами считывающие и записывающие элементы находятся на конце слайдера. Они так малы, что разглядеть их можно только в хороший микроскоп.

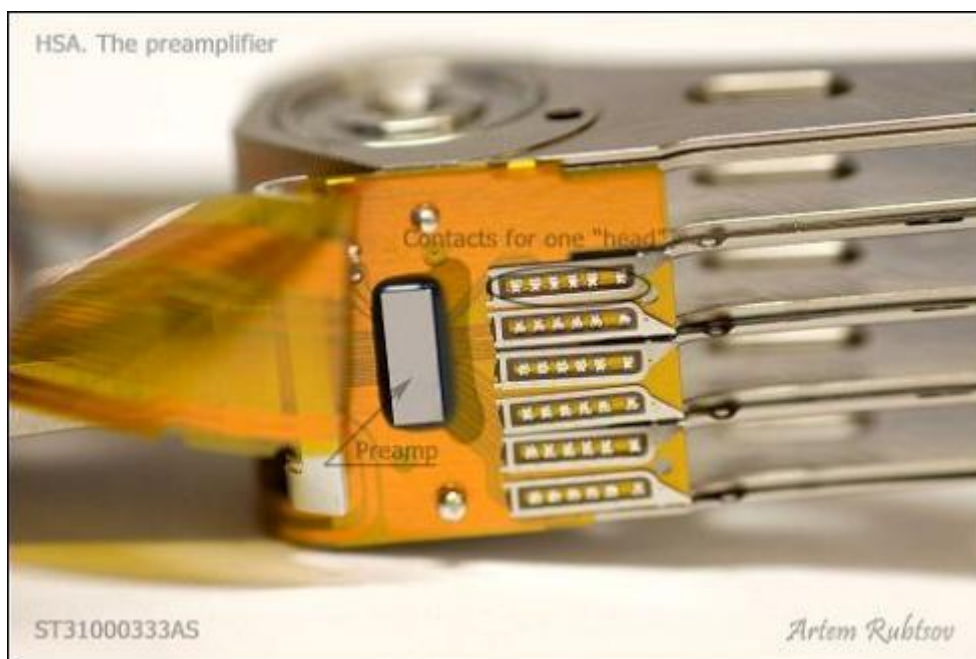


Как видите, поверхность слайдера не плоская, на ней имеются аэродинамические канавки. Они помогают стабилизировать высоту полёта слайдера. Воздух под слайдером образует воздушную подушку (Air Bearing Surface, ABS). Воздушная подушка поддерживает почти параллельный поверхности блина полёт слайдера. Вот ещё одно изображение слайдера.



Здесь хорошо видны контакты головок.

Это ещё одна важная часть БМГ, которая пока не обсуждалась. Она называется предусилителем (preamplifier, preamp). Предусилитель - это чип, управляющий головками и усиливающий поступающий к ним или от них сигнал.



Предусилитель располагают прямо в БМГ по очень простой причине - сигнал, идущий с головок очень слаб. На современных дисках он имеет частоту около 1 ГГц. Если вынести предусилитель за пределы гермозоны, такой слабый сигнал сильно затухнет по пути к плате управления.

От предусилителя к головкам (справа) ведёт больше дорожек, чем к гермозоне (слева). Дело в том, что жёсткий диск не может одновременно работать более чем с одной головкой (парой пишущих и считывающих элементов). Жёсткий диск посылает сигналы на предусилитель, и он выбирает головку, к которой в данный момент обращается жёсткий диск. У этого жёсткого диска к каждой головке ведёт шесть дорожек. Зачем так много? Одна дорожка - земля, ещё две - для элементов чтения и записи. Следующие две дорожки - для управления мини-приводами, особыми пьезоэлектрическими или магнитными устройствами, способными двигать или поворачивать слайдер. Это помогает точнее задать положение головок над треком. Последняя дорожка ведёт к нагревателю. Нагреватель служит для регулирования высоты полёта головок. Нагреватель передаёт тепло подвесу, соединяющему слайдер и коромысло. Подвес изготавливается из двух сплавов, имеющих разные характеристики теплового расширения. При нагреве подвес изгибается к поверхности блина, таким образом, уменьшая высоту полёта головки. При охлаждении подвес выпрямляется.

Хватит о головках, давайте разбирать диск дальше. Снимем верхний сепаратор.

Вот как он выглядит.



На следующей фотографии вы видите гермозону со снятыми верхним разделителем и блоком головок.



Стал виден нижний магнит.
Теперь прижимное кольцо (platters clamp).



Это кольцо удерживает блок пластин вместе, не давая им двигаться друг относительно друга.
Блины нанизаны на шпиндель (spindle hub).



Теперь, когда блины ничто не удерживает, снимем верхний блин. Вот что находится под ним.



Теперь понятно, за счёт чего создается пространство для головок - между блинами находятся разделительные кольца (spacer rings). На фотографии виден второй блин и второй сепаратор.

Разделительное кольцо - высокоточная деталь, изготовленная из немагнитного сплава или полимеров. Снимем его.



Вытащим из диска все остальное, чтобы осмотреть дно гермоблока.



Так выглядит отверстие для выравнивания давления. Оно располагается прямо под воздушным фильтром. Рассмотрим фильтр внимательнее.

Так как поступающий снаружи воздух обязательно содержит пыль, фильтр имеет несколько слоёв. Он гораздо толще циркуляционного фильтра. Иногда он содержит частицы силикагеля для борьбы с влажностью воздуха.

Уточнение связи между русскоязычной и англоязычной терминологией выполнено Леонидом Воржевым.

Автор статьи Артём Рубцов.

Ссылки на первоисточник: [R.LAB](#), [восстановление информации](#).