Запоминающие устройства на оптических дисках

Накопители на оптических дисках являются относительно "молодым" видом запоминающих устройств, разработанных в восьмидесятых годах прошлого столетия. Как и некоторые другие технологические новинки, оптические диски появились в вычислительной технике из другой области: из цифровой звукозаписи. Однако им удалось довольно быстро занять прочное место в общей иерархии памяти ЭВМ (и не только!) в качестве устройств, используемых для долговременного хранения больших объемов информации.

В отличие от жестких дисков, в которых привод и носитель входят в состав одного устройства, оптические диски съемные и являются самостоятельными компонентами, а привод представляет собой отдельное устройство.

***Общие сведения***

Оптические диски изготавливаются из пластмассы, на поверхность которой наносится отражающий слой. Для записи информации используется различие интенсивности (или фазы) отраженного света, соответствующего нулю и единице данных, возникающее за счет углублений (ямок, *pits*), формируемых в отражающем слое, либо за счет изменения коэффициента отражения света от этого слоя.

В отличие от жесткого диска на большинстве оптических дисков информация размещается не на множестве концентрических дорожек (цилиндров), расположенных с обеих сторон магнитного диска, а на одной спиральной дорожке, расположенной (обычно) с одной стороны оптического диска и начинающейся с его центральной части. Ширина ямок на дорожке 0,5 мкм, шаг спирали - 1,6 мкм, что дает более 22 тысяч витков спирали на диске диаметром 120 мм.

Информация считывается при освещении диска лазерным лучом с длиной волны порядка 0,6 - 0,8 мкм. Ровные поверхности (как ямки, так и их отсутствие) соответствуют нулевым битам, перепады высот (края ямок) - единичным битам (это соответствует методу записи "без возврата к нулю" на магнитных поверхностях). Протяженность ровной поверхности определяет количество подряд идущих нулей. Минимальная длина ямки (две "1" подряд) составляет порядка 1 мкм. Нетрудно подсчитать, что плотность записи информации в этом случае для обычных оптических дисков составит порядка 0,5 Гбит/кв. дюйм, т.е. примерно в 100 раз меньше, чем у жестких магнитных дисков. Так же, как и для жестких дисков, плотность записи зависит от возможности точного позиционирования механизмов записи/считывания, а также от точности фокусировки светового луча и размера светового пятна, попадающего на отражающую поверхность. Для простых оптических дисков диаметр пятна составляет 0,9 мкм. В перспективных разработках смогли уменьшить размер пятна до 0,1 мкм и менее.

При указанных типовых размерах на диске можно было поместить около 700 Мбайт информации.

Первые оптические диски, параметры которых и приведены выше, получили название компакт-дисков или CD (*Compact Disk*), а поскольку они не допускали записи (изменения хранимой) информации, то их, по аналогии с постоянными ЗУ (*Read-Only Memory*), стали называть CD-ROM, хотя это название точнее отнести к паре диск-привод, считывающий с диска информацию.

В настоящее время используются различные типы оптических дисков, различающиеся:

* по *типу*носителя;
* возможности *смены информации*, записанной на диске;
* *формату*хранения данных;
* *способу записи*и некоторым другим особенностям.

По *типу носителя* различают компакт-диски (CD) и DVD диски (*Digital Versatile Disks* - цифровые универсальные диски). Собственно говоря, DVD можно рассматривать как следующее поколение оптических дисков, обеспечивающее более высокую плотность хранения информации и скорость передачи данных за счет иной организации носителя.

*Компакт-диски* в стандартном варианте допускают запись 650 - 700 Мбайт информации, хотя в лабораторных разработках достигнуты величины на 3 порядка выше.

*DVD диски* внешне похожи на CD диски и по размерам, и по материалу, из которого изготовлена их основа. Однако они имеют несколько иную организацию. Во-первых, размеры ямок и шаг витков спиральной дорожки DVD в два с лишним раза меньше, чем у CD (шаг витка 0,74 мкм вместо 1,6 мкм, а минимальная длина ямки 0,4 мкм вместо 0,84 мкм). Во-вторых, на DVD дисках информация может быть записана не в один, а в два слоя, да еще и на обе стороны диска, а не на одну, как у компакт-диска. Кроме того, в DVD дисках применяют иное кодирование. Все перечисленное позволяет записывать на стандартные DVD до 17 Гбайт данных.

Таким образом, DVD диски имеют несколько разновидностей. Первоначально они ориентировались на видео рынок, и даже буква V в их названии означала *Video*.

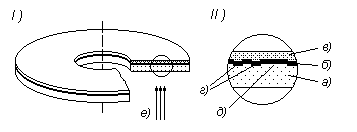
По *возможности смены хранимой информации*, будучи по своей природе функциональными "родственниками" постоянных ЗУ, оптические диски также разделяются на *прессованные*, с *однократной*записью (записываемые – *Recordable*или R) и*перезаписываемые*(*Rewritable*или RW, хотя есть и иные аббревиатуры). Нетрудно заметить полную аналогию с тремя видами полупроводниковых ПЗУ: программируемыми изготовителем, с однократным программированием и перепрограммируемыми.

***CD-диски***

Прессованные компакт-диски изготавливаются на заводах, обычно большими тиражами, что обеспечивает низкую их себестоимость. Они имеют самый простой носитель, состоящий из трех слоев, показанных на рис. 10:

* пластмассовой (поликарбонатной) основы, на которой отштампована спиральная дорожка с ямками, несущая записанную информацию;
* отражающего слоя алюминиевой металлизации;
* слоя лака, защищающего отражающий слой от царапин и пыли, на который может быть нанесено полиграфическое оформление диска.

Прессованные диски можно отличить по белому (алюминиевому) цвету рабочей поверхности.

 Рис. 10 - Пресованный компакт-диск (I) и его сечение (II): a) поликарбонатная основа, б) отражающий слой, в) защитный слой лака, г) витки спиральной дорожки с ямками в месте сечения, д) виток спиральной дорожки без ямки в месте сечения, е) направление считывающего луча лазера.

Технология изготовления компакт-дисков в чем-то схожа с технологией изготовления грампластинок, но только более прецизионна и сложна. Сначала изготавливается так называемый мастер-диск. На стеклянную основу (совпадающую по размерам с конечным диском) наносится фоторезист, на который лазерным лучом "записывается" информация будущего диска, тем самым участки, где должны быть ямки, засвечиваются. Затем фоторезист проявляется в специальном растворе, в результате чего (в отличие от фотопленки) удаляются засвеченные участки и образуется поверхность с ямками, соответствующая той, которая должна быть получена на конечном диске. Стекло используется только как подложка для фоторезиста.

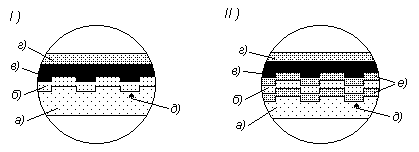
После этого вакуумным напылением на диск наносится слой серебра, толщиной в несколько молекул, а затем на этот слой из раствора сульфата никеля электролитически осаждается слой металлического никеля. Отделив этот слой от стеклянного диска с фоторезистом, получают, практически, уже готовую форму (матрицу) для штамповки пластмассовых дисков. Правда, непосредственно эту форму не используют, а делают с нее несколько копий пресс-форм, с помощью которых потом и штампуют пластмассовые основы будущих дисков.

После штамповки пластмассовых (поликарбонатных) основ на них наносят металлизацией алюминиевый слой, который затем лакируют. Диск готов.

Диски с однократной записью (компакт-диски такого типа называют CD-R - *recordable* - записываемые), имеют несколько иную технологию изготовления носителя и записи информации. Такой диск состоит уже из четырех слоев, показанных на рис. 11, (*I*):

* пластмассовой (поликарбонатной) основы;
* записывающего слоя из специального красителя;
* отражающего металлизированного слоя (из золота или серебра, что позволяет уменьшить коррозию этого слоя);
* защитного слоя лака, на который может наноситься полиграфическое оформление диска.

Пластмассовая основа имеет углубления, образующие спиральную дорожку, имеющую такой же шаг - 1,6 мкм, как и у штампованного диска, в местах расположения которой и будет записываться информация. Запись производится тепловым воздействием сфокусированного лазерного луча на красящий слой, в результате чего в местах воздействия лазера слой темнеет ("прожигается") и при считывании данных отраженный луч в них оказывается слабее, что подобно наличию ямок штампованных дисков в этих местах. Конечно, такой способ дает заметно меньшую интенсивность сигнала, чем в случае прессованного диска (порядка 70 %).

 Рис. 11. Сечение записываемых (I) и перезаписываемых (II): компакт-дисков, a) поликарбонатная основа, б) записывающий слой (красителя (I) или композитного материала(II)), в) отражающий слой, г) защитный слой лака, д) канавки витков спиральной дорожки для записи данных, е) слои диэлектрика

Записываемые диски имеют цвета зеленоватых или синих оттенков, что зависит от материала отражающего слоя и используемого в записывающем слое красителя.

Перезаписываемые диски ( ReWritable - CD-RW или DVD-RW, правда, последние имеют целый ряд разновидностей) обладают еще более сложной структурой носителя. Они состоят уже чаще всего из шести слоев, показанных на рис. 11, (II):

* пластмассовой (поликарбонатной) основы;
* слоя диэлектрического материала;
* записывающего слоя из специального материала;
* отражающего слоя металлизации;
* еще одного слоя диэлектрического материала;
* защитного слоя лака.

Пластмассовая основа такая же, как и у записываемого диска, с заготовленной спиральной дорожкой. Записывающий слой представляет собой композитный материал (например, смесь серебра, иридия, теллура и антимония), который может изменять свое фазовое состояние, переходя либо в кристаллическую фазу, либо в аморфное состояние. Причем переход в одно или другое состояние происходит при нагреве материала сфокусированным лазерным лучом и последующим охлаждением.

Нагрев до температуры порядка 200°C с последующим охлаждением переводит материал в аморфную фазу (стирание информации), а нагрев до температуры 500-700°C и последующее охлаждение переводят соответствующий участок записывающего слоя в кристаллическое состояние. Области кристаллизации при чтении обеспечивают лучшее отражение считывающего луча лазера, тогда как области, находящиеся в аморфном состоянии, в значительной степени поглощают этот луч.

Диэлектрические слои служат для отвода избытка тепла при записи, а сам лазер должен обеспечивать три режима:

* запись, в котором мощность луча лазера максимальна;
* стирание, с меньшей мощностью луча;
* чтение, с минимальной мощностью лазерного луча, не позволяющей изменить состояние записывающего слоя.

Однако отраженный луч у CD-RW значительно слабее, чем у записываемых и тем более прессованных дисков. Поэтому не все старые CD-ROM приводы могли их читать.

CD-RW диски можно отличить по сероватому цвету их поверхности.

***DVD-диски***

С точки зрения возможности смены записанной информации DVD диски имеют такие же разновидности, как и компакт-диски, правда, перезаписываемых вариантов этих дисков несколько: DVD-RAM, DVD-RW и DVD+RW.

DVD диски состоят из двух соединенных между собой половинок ("сторон") толщиной по 0,6 мм каждая. Такое построение диска обусловлено тем, что поликарбонатная основа DVD делается тоньше, чем у CD, в связи с необходимостью считывания сигналов, отражаемых от ямок меньших размеров и от второго слоя, если он используется. Но это дает толщину как раз около 0,6 мм, и такой диск был бы слишком мягким и неудобным в использовании. Поэтому для придания диску жесткости (впрочем, и для увеличения его информационной емкости) две половинки и соединяют вместе (специальным адгезивным слоем).

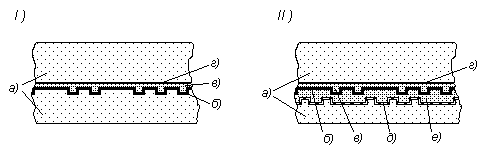
Если одна из половинок не используется для хранения информации, то такие диски называют *односторонними*, если же данные хранятся на обеих половинках, то это *двусторонние*диски (схожие в этом отношении с грампластинками). При этом если половинка имеет один слой для хранения (записи) информации, то такой диск называют *однослойным*, а если данные хранятся в двух слоях, то - *двухслойным*. Обычно, если диск двусторонний, то обе половинки имеют одинаковое количество слоев, хотя это и не обязательно.

Конструкции DVD дисков у разных производителей могут несколько отличаться друг от друга, но основные их компоненты одинаковы.

Прессованные DVD в зависимости от типа исполнения (однослойный/двухслойный и односторонний/двухсторонний) состоят из различного количества слоев. Так, показанный на рис. 12, (*I*) односторонний однослойный DVD состоит:

* из пластмассовой (поликарбонатной) основы, на которой отштампована спиральная дорожка с ямками, несущая записанную информацию;
* отражающего слоя;
* защитного слоя лака, покрывающего отражающий слой;
* соединительного (адгезивного ) слоя между двумя половинами диска (этот слой может совмещаться с защитным);
* пластмассового слоя ("второй", неиспользуемой половинки-стороны), дополняющего диск до стандартной толщины 1,2 мм.

Такой диск позволяет хранить 4,7 Гбайт и называется DVD-5.

 Рис. 12 - Сечение односторонних однослойного (I) и двухслойного (II) DVD дисков: a) поликарбонатная основа и дополнительные слои, б) отражающий слой, в) слой лака, г) адгезивный слой, д) полупрозрачный отражающий слой двухслойного диска, е) слой фотополимера, на котором записаны данные второго слоя диска

На рис. 12, (*II*) показано сечение одностороннего двухслойного DVD, который имеет два слоя, хранящих информацию. В этом случае один (нижний) из отражающих слоев полупрозрачный, поэтому оказывается возможным считывать данные как с этого слоя (*д*), так и с расположенного над ним обычного отражающего слоя (*б*) посредством фокусировки считывающего луча лазера на нужном слое. Причем переключение между слоями оказывается даже быстрее по времени, чем позиционирование на другое место в одном и том же слое.

Правда, для обеспечения считывания из двух слоев плотность записи информации приходится делать несколько меньше. Поэтому односторонний двухслойный диск имеет немного меньший объем, чем два однослойных или двусторонний однослойный диск (8,5 Гбайт и 9,4 Гбайт соответственно).

У двухсторонних дисков верхняя половина идентична нижней.

Прессованные DVD диски часто обозначают как DVD-5, DVD-9, DVD-10, и DVD-18, что примерно соответствует их информационной емкости. Это соответственно односторонний однослойный (SS/SL - *Single Sided*, *Single Layer*), односторонний двухслойный (SS/DL), двусторонний однослойный (DS/SL) и двусторонний двухслойный (DS/DL - *Double Sided*, *Dual Layer*). Почти так же, как у старых гибких дисков, да и стандарт высокой плотности (HD DVD), при котором на одностороннем диске размещается 15-20 Гбайт, тоже готов к освоению.

Записываемые и перезаписываемые DVD диски организованы аналогично CD дискам, используя в качестве записывающего слоя краситель и материал, изменяющий фазовое состояние соответственно. Эти диски могут быть односторонними и двусторонними, но в основном однослойными, хотя начинают появляться и двухслойные варианты.

***Организация данных на оптических дисках***

Данные записываются на оптических дисках в различном формате. Эти различия возникли из-за использования оптических дисков в разных областях. При этом почти для каждого из применений первых оптических дисков был даже разработан свой стандарт. Это и привело к наличию довольно большого разнообразия форматов данных, особенно для компакт дисков (CD).

При разработке стандартов для DVD постарались избежать такого положения, что удалось, но только отчасти. И если форматы представления данных на DVD удалось сделать более или менее стандартными, то технологические поиски разработчиков все-таки привели к появлению различных по используемым технологиям и не всегда совместимых друг с другом физически носителей.

Первый стандарт на компакт-диски, разработанный компаниями *Philips* и *Sony* и появившийся в 1980 году, описывал диски, предназначенные для цифровой записи музыки: CD-DA (*Compact Disk Digital Audio*). Этот стандарт получил у разработчиков название "Красная книга", хотя имеется и другая его редакция от *International Electronic Commission* - IEC (60)908, и он продолжает пополняться. В нем, в частности, был введен получивший широкое распространение формат оцифровки звука: 16-битное аналого-цифровое преобразование с частотой снятия отсчетов 44,1 кГц.

В этом стандарте были определены:

* спецификация диска, включая его физические параметры, допуски на них и характеристики окружающей среды;
* оптические характеристики;
* допустимые отклонения параметров и частота ошибок;
* системы модуляции сигнала и коррекции ошибок;
* порядок размещения информации и управляющих данных (подканалов) на диске и др.

В 1984 году те же компании разработали стандарт, описывающий компакт-диски, предназначенные специально для хранения данных для ЭВМ. В технологической части (спецификация диска, световых сигналов, модуляции и коррекции, размещения данных) он основывался на спецификациях "Красной книги", а структуру и формат хранимых данных определял в виде, более приспособленном для хранения информации в компьютерах. Стандарт стал известен под названием "Желтой книги" (позже появились его версии ISO-10149 и редакция ECMA-130 Европейской ассоциации производителей ЭВМ - *European Computer Manufacturers Association*), а определяемые им диски и стали называть CD-ROM.

Впоследствии появилось еще несколько стандартов-"книг" (зеленая, оранжевая, белая и синяя), описывающих различные диски. В частности, "Оранжевая книга" определяла стандарты магнитооптических дисков, записываемых и перезаписываемых дисков CD-R (точнее, они сперва назывались дисками с однократной записью CD-WO - *Write Once*) и CD-RW.

При оптическом считывании количество ошибок достаточно велико. Это потребовало использования сложной схемы представления данных и их кодирования. Причем если при воспроизведении звука необнаруженные или неисправленные ошибки считанных данных приведут лишь к ухудшению качества звучания, то при считывании файлов для ЭВМ недопустимы ошибки даже в одном бите. Поэтому организация хранимых данных для CD-DA и CD-ROM несколько различна.

Данные записываются на диски блоками по 2352 байта, называемые также секторами (как и у жестких дисков), которые и являются минимально адресуемыми единицами информации. Блоки эти состоят из 98 кадров по 24 байта каждый (соответствующих в CD-DA группе из шести 16-разрядных выборок - отсчетов при квантовании (оцифровке) стереофонического звукового сигнала).

В CD-DA байты блока информационные, а у CD-ROM только 2048 или 2336 байтов могут быть информационными (в зависимости от режима), остальные - служебные, которые используются для синхронизации, управления и контроля.

Однако физически на диске эти блоки занимают существенно больше (примерно в 3 - 3,5 раза) места, так как для уменьшения количества ошибок используют специальные контрольные коды и избыточное кодирование. Это и позволяет получить приемлемую частоту ошибок считывания данных.

Для CD-ROM каждый блок начинается 12-байтовым полем синхронизации (байт 00h, 10 байтов FFh и байт 00h), за которым следуют четыре байта заголовка (адрес и режим), а затем область данных. Если на область данных выделено 2048 байтов, то последние 288 байтов используются для контрольных кодов, в противном случае все 2336 байтов информационные. В CD-DA блок содержит только поле данных.

Каждый кадр блока при записи на диск подвергается серии преобразований: сперва (для CD-ROM), вспомогательному "перемешиванию" - скремблированию битов кода, затем кодированию на логическом уровне специальным помехозащищенным кодом Рида-Соломона (CIRC - *Cross Interleaved Read-Solomon Code*), при котором в кадр вставляется 8 контрольных байтов, кроме того, в начало кадра вставляются 24 бита синхронизации и специальный символ (т.н. субкод восьми (дополнительных) каналов P, Q, … ,W, предназначенных для управляющих данных), а также по три дополнительных бита между байтами, называемых битами слияния. Далее все байты, кроме битов синхронизации и битов слияния, кодируются специальным кодом, представляющим каждый байт четырнадцатью битами, называемыми в стандарте канальными битами. Таким образом, один кадр, содержащий 24 байта данных, занимает 24 (синхронизация) + 3 (биты слияния) + 14 (код подканалов) + 3 (биты слияния) + (14 + 3) x 32 (байты данных с битами слияния) = 588 бит. Последовательность этих преобразований иллюстрируется также на рис. 13.

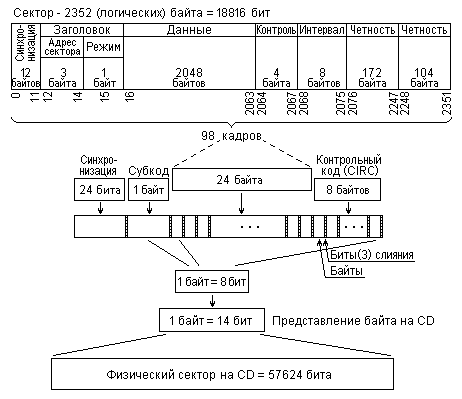


Рис. 13. Представление сектора данных на компакт диске

Формально, избыточность записи можно определить при наиболее полном контроле (т.е. при 2048 байтах информации в секторе) отношением 588 x 98 / 2048 x 8 = 57624 / 16384 ≈ 3,52, т.е. физически для записи одного байта информации нужно около 3,5 байтов. Если все байты блока информационные, то избыточность оценивается отношением 588 x 98 / 2352 x 8 = 57624 / 18816 ≈ 3,06, т.е. примерно троекратна.

Как отмечалось выше, дорожка для записи у оптического диска одна, спиральная (как у грампластинки - сказалась специализация разработчиков), развертывающаяся по всему диску от его внутренней части к внешнему краю (наоборот, по отношению к грампластинке). Поскольку первые оптические диски CD-DA использовались в звукозаписи, а ее традиционными носителями были грампластинки и магнитофонная лента, на которых записывалось непрерывное звучание в пределах одной композиции и одна последовательность композиций, то адресация в них была организована по времени.

CD-ROM также сохранили эту схему, при которой местоположение сектора указывается в минутах от 0 до 74 (79), секундах (0-59) и 1/75 долях секунды (или, иначе, номере блока в секунде, так как при нормальном звучании аудио дисков воспроизводится 75 блоков в секунду) от начала воспроизведения соответствующей зоны диска.

Конечно, время, будучи определенной величиной, предполагает некоторую фиксированную скорость считывания, а, как известно, скорости у приводов CD-ROM могут быть различны. Поэтому время задается именно для скорости считывания 75 блоков/с. Этому соответствует скорость передачи данных 176400 байт/с (75 блоков/с x 98 кадров x 24 байта), которая соответствует частоте квантования 44,1 кГц стереофонического (двухканального) аудио сигнала при 16-битной (2-байтной) точности аналого-цифрового преобразователя (2 канала x 2 байта x 44100 Гц).

Однако широко распространенная единица измерения скорости записи информации на CD соответствует несколько меньшей величине - 150 Кбайт/с, так как один блок цифровых данных при наличии контрольных кодов в секторе (см. рис. 35) содержит не 2352 байта данных, а только 2048 байтов, что дает 2048 байтов x 75 блоков/с = 153600 байт/с или, при пересчете на K=1024, ровно 150 КБайт в секунду.

Следует помнить, что реальная скорость считывания с диска в 3-3,5 раза выше, учитывая избыточность записанных данных (75 блоков/с x 98 кадров x 588 бит = 4321800 бит/с, или, приводя к 8-битному байту, 540225 байт/с).

Логически сектора объединяются в информационную дорожку (*трек* - термин из звукозаписи), количество секторов в треке переменное, от 300 секторов. Трек может соответствовать, например, музыкальной композиции на CD-DA или какому-либо файлу (группе файлов) на CD-ROM, причем, согласно стандарту, он может занимать как часть физической дорожки диска, так и всю ее и даже более чем один диск.

Данные записываются в так называемую информационную область диска (кроме нее в CD с записью имеется еще системная область). Эта область, в свою очередь, делится на три зоны (*areas*): *зону ввода* (*lead-in*), *зону данных* (*user data*) и *зону вывода* (*lead-out*). Располагаются они в названном порядке, начиная от внутренней части диска, как показано на рис. 14.

*Зона ввода* предназначена для позиционирования считывающей системы на дорожке и синхронизации. В этой зоне имеется только одна информационная дорожка, на которой (в служебной области - канале Q) записывается таблица содержимого диска (TOC -Table of Contents). В ней может быть указано до 99 адресов информационных дорожек (треков).

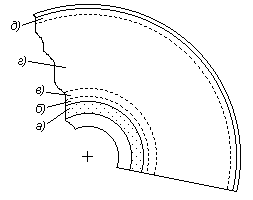
*Зона данных* предназначена для собственно хранения данных и может содержать до 99 информационных треков, адресуемых, как указано выше: в минутах, секундах и долях секунды.

*Зона вывода* завершает зону данных и содержит только один (с записью тишины или нулей) информационный трек.

Записываемые и перезаписываемые CD, согласно требованиям "Оранжевой книги", имеют дополнительную область - системную (SUA - *System Use Area*). Эта область расположена в центральной части диска, до начала информационной, и разделяется на две части: *зону калибровки мощности*(PCA - *Power Calibration Area*) и *зону памяти программ* (PMA - *Program Memory Area*).

Первая из них используется при записи для подбора мощности записывающего сигнала лазера и допускает до 99 таких операций, выполняемых при каждой записи. Вторая - служит для записи до 99 номеров треков и адресов их начала и конца, что выполняется по окончании сеанса записи.

Кроме того, зона, эквивалентная зоне данных (*User Data Area*) информационной области CD-ROM, в записываемых дисках называется программной зоной (*Program Area*).

 Рис. 14 - Расположение основных зон на компакт диске: а) зона калибровки, б) зона памяти программ, (а и б только для записываемых и перезаписываемых дисков); в) зона ввода, г) зона данных пользователя (программная зона), д) зона вывода

Ряд особенностей организации имеют также *многосессионные*записываемые диски (*Multisession* CD).

Организация данных на DVD дисках, в целом, аналогична рассмотренным вариантам. Однако для записи данных в них используются другие способы кодирования.

Кроме рассмотренных выше основных типов компакт-дисков CD-DA и CD-ROM, имеются также еще более десятка их разновидностей. Среди них, в частности, диски для хранения изображений - Photo CD, для хранения видеозаписей с MPEG-сжатием - Video CD и Super Video CD, интерактивные диски с разными типами данных CD-I, воспроизводимые специальными проигрывателями, мультимедийные диски CD Plus и другие.

Среди DVD дисков количество различных форматов не столь велико, и, кроме рассмотренных DVD-ROM, DVD-R, имеются три разновидности перезаписываемых дисков DVD-RAM, DVD-RW и DVD+RW, а также DVD-Video и DVD-Audio.

***Приводы оптических дисков***

Существующие приводы оптических дисков различаются по ряду признаков:

* по выполняемым действиям: чтение, запись, перезапись;
* типу дисков, с которыми они работают: CD, DVD, комбо-приводы, позволяющие работать с дисками разных типов;
* исполнению: внутренние, внешние, портативные;
* способу загрузки диска: с выдвигающимся загрузочным лотком, со щелевой загрузкой и с загрузкой в футляре (caddy);
* количеству загружаемых дисков: с одним диском и со сменой нескольких дисков (disk changer); - по виду интерфейса: IDE, SCSI, USB (для внешних);
* по реализуемым стандартам записи (особенно для DVD дисков) и др. признакам.

Типовой привод состоит из платы электромеханической, оптической и электронной частей.

Электромеханическая часть, в общем аналогичная жестким дискам, имеет некоторые особенности. Она включает в себя двигатель, вращающий шпиндель, систему позиционирования оптической головки (головок при использовании двусторонних дисков) чтения (и записи в записывающих приводах) и систему загрузки дисков.

Кроме того, в отличие от жестких дисков, шпиндель которых вращается с постоянным числом оборотов в минуту (постоянной угловой скоростью), шпиндель привода оптических дисков может вращаться либо с *постоянной линейной скоростью (CLV - constant linear velocity)*, либо с *постоянной угловой скоростью (CAV - constant angular velocity)*. Для первых приводов компакт-дисков использование режима постоянной линейной скорости было обусловлено очевидным требованием постоянства скорости воспроизведения звуковых записей (хотя это и не совпадает с постоянной угловой скоростью проигрывателей грампластинок, но ведь и звукозапись в них аналоговая). Причем ясно, что для сохранения постоянной линейной скорости надо, в зависимости от положения оптической головки, менять угловую.

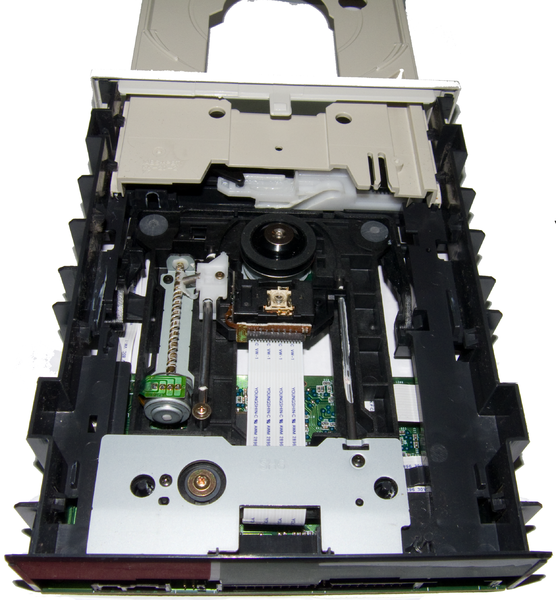


Рис. 15 – Внутреннее устройство оптического привода

Впоследствии в приводах компакт-дисков стала устанавливаться большая буферная память, что позволяло снять жесткость этого требования, скорости их возросли, но режим сохранился. На постоянную угловую скорость приводы обычно переходят при считывании в центральной зоне, где угловая скорость вращения, при одной и той же линейной, должна быть существенно выше, чем у внешнего края диска.

При поиске нужных данных (или фрагментов аудио записей) диск может вращаться с большей скоростью, чем при считывании. Это предполагает соответствующие динамические характеристики двигателя: малые времена разгона и торможения.

Скорость вращения шпинделя у разных CD-приводов различна. Как отмечалось выше, для Audio CD скорость считывания, соответствующая нормальному воспроизведению звука, составляет 150 Кбайт/с. Эта скорость была принята за единицу измерения скорости передачи данных приводов оптических дисков. Для стандартной плотности записи на CD, при которой на нем размещается порядка 650 Мбайт на 22 тысячах с лишним витков спиральной дорожки, такая скорость передачи достигается при средней скорости вращения шпинделя порядка 250-300 об/мин. (Не следует забывать, что диаметры центральных и наружных витков составляют около 25 мм и 115 мм соответственно, т.е. различаются более чем в 4 раза). Для высокоскоростных приводов, работающих со скоростями 48х (в 48 раз больше, чем 150 Кбайт/с, т.е. около 7200 Мбайт/с) скорость вращения шпинделя может достигать 12000 об/мин. Шумы и вибрации при таких скоростях очень велики, а сам диск подвергается воздействию очень больших центробежных сил, которые в некоторых случаях приводили к разрыву некачественных дисков. Поэтому скорости приводов и перестали увеличивать, остановившись на 48-56-кратных. Скорости вращения шпинделей приводов DVD-дисков при одинаковых скоростях передачи данных ниже, чем у приводов компакт-дисков, так как плотность записи у DVD существенно выше.

Радиальное позиционирование оптической головки (которую часто называют световой иглой - optical stylus) чаще производится с помощью двигателя, приводящего в движение каретку с головкой с помощью зубчатой или червячной передачи. Причем большие габариты привода позволяют перемещать головку по радиусу диска, а не поворотом вокруг оси блока головок, как у жесткого диска. Однако время позиционирования у оптических приводов довольно большое и составляет (с учетом времени поиска сектора) от 100 до 600 мс в зависимости от максимальной скорости вращения шпинделя.

Система загрузки диска, вне зависимости от варианта загрузки (с лотка, щелевая или в футляре), имеет двигатель для перемещения диска внутрь привода или из него (Eject). Кроме того, в ней имеется механизм установки диска на шпиндель. В нем обычно после втягивания диска внутрь, производится подъем рамы, на которой закреплены шпиндельный двигатель и оптическая система. После этого диск оказывается на подставке, закрепленной на шпинделе, к которой его прижимает расположенная сверху пластмассовая шайба с постоянным магнитом.

В случае пропадания питания освободить оказавшийся в приводе диск можно опустив раму с помощью шпильки или скрепки через маленькое отверстие, имеющееся на лицевой панели привода рядом с кнопкой загрузки/выгрузки диска.

Оптическая часть включает в себя лазерный светодиод, систему фокусировки, фотоприемник и усилитель.

Система фокусировки обеспечивает фокусирование лазерного луча на отражающем слое (в том числе, и в двухслойных DVD дисках) и состоит из пластмассовой линзы, подвижной в направлении, перпендикулярном плоскости диска. Для управления перемещением линзы используется катушка с током в поле постоянного магнита - прием, аналогичный используемому при радиальном позиционировании головок в жестких дисках. Эта система позволяет отслеживать поперечные биения оптического диска даже при относительно высоких скоростях его вращения.

Электронная часть представляет собой контроллер, обеспечивающий управление всеми процессами работы привода и интерфейс с шинами ЭВМ. Как правило, в ней также имеется цифро-аналоговый преобразователь, позволяющий воспроизводить звук, записанный на Audio CD.