

Лекция 6: Флэш память. Оптические накопители.

Flash память.

SSD (Solid State Disk, твердотельный накопитель) — не механическое запоминающее устройство, основанное на полупроводниковых чипах памяти. По сравнению с традиционными жёсткими дисками, SSD имеют меньший вес и большую ударную надёжность, но обладают в несколько раз более высокой стоимостью за 1 Гб пространства и меньшим ресурсом перезаписи информации.

В настоящее время SSD в основном используются в ноутбуках, но могут использоваться и в настольных компьютерах и серверах в качестве накопителя для операционной системы для ускорения работы компьютера.

История.

В 1978 году компания StorageTek разработала полупроводниковый накопитель. На основе этой разработки в 1982 году Cray представила для своих компьютеров накопитель Cray-1, основанный на чипах RAM-памяти. Объем накопителя был от 16 до 128 Мб, а скорость 320 Мб/с.

В 1995 году компания M-Systems представила первый накопитель на flash-памяти. А в 2007 году компания Asus выпустила первый серийный ноутбук Asus EEE PC 701 с flash-накопителем на 4 Гб.

В настоящее время накопители на flash-памяти выпускаются многими компаниями: Samsung, Intel, OCZ Technology и многими другими. Накопители на RAM-памяти практически исчезли с рынка.

За 2012 год поставки SSD составили около 34 млн устройств; цена за накопитель 128 Гб колебалась в районе от \$70 до \$85.

Архитектура

Аппаратно SSD устроен значительно проще традиционного жёсткого диска. Сравним устройства в разобранном виде. В SSD накопителе вообще нет механических частей, только корпус и плата, на которой весь накопитель и расположен.

На плате находятся три компонента

1. чипы памяти
2. чип контроллера
3. интерфейс



Контроллер управляет операциями чтения и записи, а так же структурой размещения данных. Основываясь на матрице размещения блоков, контроллер старается оптимизировать скорость записи и обеспечить максимальный срок службы накопителя. В контроллер входят следующие элементы:

- processor – микроконтроллер, выполняет инструкции микропрограммы, отвечает за перемешивание и выравнивание данных на flash, диагностику, кеширование и безопасность
- error correction – блок контроля и коррекции ошибок
- flash controller – адресация, контроль и управление микросхемами flash
- DRAM controller – управление кэш памятью
- I/O interface - управление интерфейсом ввода/вывода
- controller memory – состоит из модуля Rom с записанной

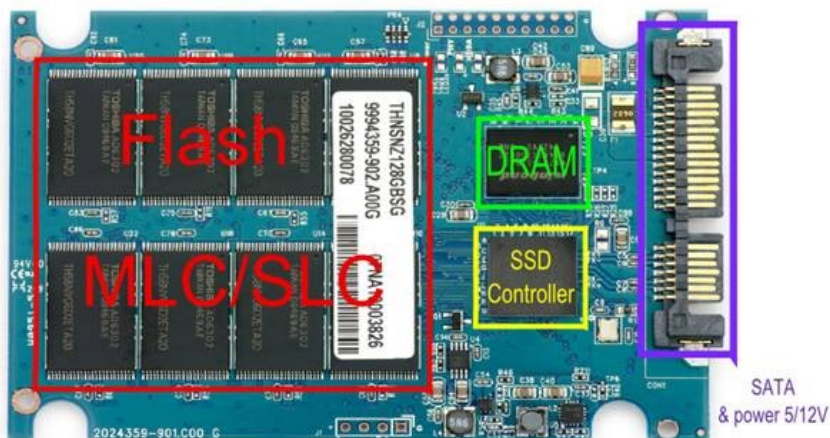
микропрограммой и буфера памяти. Если на плате отсутствует модуль DRAM памяти, то буфер выполняет её роль.

Flash память.

Используется собственно для хранения данных. Может состоять из ячеек одного из трёх типов

- SLC – single level cell
- MLC – multi level cell
- TLC – three level cell

Отличие в том, что SLC хранит 1 бит информации, MLC хранит 2 бита, а TLC - как следует из названия — 3 бита. SLC самые дорогие, обладают самым большим ресурсом циклов перезаписи (около 100000) и самой лучшей скоростью работы.



MLC и TLC обладают меньшими ресурсами (10000 и 5000 циклов) и меньшей скоростью работы. Для ускорения работы используется чередование записи — одновременная запись в

несколько чипов. Так же низкий ресурс ячеек компенсируется резервом (приблизительно в 20% накопителя) для переназначения неисправных ячеек.

SSD мало чем отличается от других накопителей на flash памяти. Сравним SSD и USB flash. Фактически эти накопители отличаются только интерфейсом подключения.

SSD накопитель может быть основан на двух типах памяти:

- RAM-память
- NAND-памяти

RAM SSD.

Эти накопители являются исторически первыми. Они основаны на обычных чипах оперативной памяти. Этот накопитель получается очень быстрым, причём быстрой получается и чтение и запись в памяти, но он построен на энергозависимой памяти. Чтобы избежать потерь содержимого, накопитель комплектуется аккумулятором, а более дорогие модели — системами резервного и/или оперативного копирования на энергонезависимые носители. Используются в основном эти накопители как хранилища временных файлов и применяются для ускорения работы баз данных, или систем графического рендеренга. Примерами являются I-RAM.

NAND SSD.

Появились значительно позже и сначала уступали традиционным накопителям (жестким дискам) в скорости записи информации, но компенсировали это значительно более высокой скоростью чтения информации и практически нулевым временем доступа. К 2012 году скорости записи так же значительно превосходили традиционные накопители.

Особенности работы SSD накопителем

Операции чтения на SSD накопители не отличаются от операций на HDD, за исключением необходимости позиционировать механическую часть устройства. Достаточно вычислить номер нужного блока и считать его в кэш модуль. А вот при изменении или стирании данных алгоритм действий намного сложнее. Микросхемы NAND позволяют писать данные

блоками по 4 кб, а стирать по 512 кб. При модификации всего нескольких байт внутри блока приходится выполнять следующий алгоритм действий

1. считать нужный блок в буфер
2. модифицировать нужные байты
3. стирание блока в flash памяти
4. вычисление нового места для блока в соответствии с требованиями алгоритма перемешивания
5. запись блока

Так как записывать данные можно по 4кб, но стирать только по 512 кб, то для перезаписи всего одного блока придётся искать новое место для ещё 127 блоков.

Рассмотрим алгоритм стирания информации в ОС — файлы не стираются, а только помечаются для стирания. SSD накопитель по-прежнему считает эти данные нужными, хотя на их место вполне можно записывать данные, не заботясь о переносе их в другое место.

В интерфейсе управления дисками просто не было команды физической очистки блоков после стирания файлов. Для HDD надобности в такой команде не было, но для SSD она потребовалась. В результате была введена новая команда DATA SET MANAGEMENT, более известная как **TRIM**. Она позволяет ОС на уровне драйвера собирать информацию о удалённых файлах и передавать их контроллеру накопителя. При наличии такой команды, SSD в периоды простоя самостоятельно производит очистку блоков, помеченных в ОС как удалённые.

Оптические накопители.

Накопители на оптических компакт дисках являются распространённым носителем информации. Первоначально оптические накопители создавались для хранения аудио и видео информации и лишь потом они были адаптированы для хранения программ и данных. Основными достоинствами являются

1. **дешевизна** — если сравнивать стоимость хранения

информации за 1 Гб, то оптические диски являются более дешёвым способом хранения, чем жёсткие диски

- надёжность** — при корректных и аккуратных условиях эксплуатации оптические диски являются не изнашиваемым носителем. Гарантированный срок хранения информации на качественных CD составляет 100 лет. Для более совершенных форматов срок службы указывается меньше. Однако, срок службы промышленно изготовленных оптических дисков всегда существенно выше, чем записываемых в бытовых условиях: гарантированный срок хранения информации на DVD-R не более 10 лет, хотя фирма Philips давала на свои диски так же гарантию 100 лет.

Основным недостатками являются

- относительная **низкая скорость** чтения информации
- невозможность произвольной записи** информации (кроме форматов типа DVD-RAM, но они малоэффективны и слабо надёжны)

Основным форматом оптических носителей является DVD.

Существует более старый формат CD и более новый Blu-Ray.

Сравним эти форматы.

параметр	CD	DVD	BD
Емкость (для обычных носителей)	650Мб	4700Мб	25000Мб
скорость для 1х	0,15 Мб/с	8.3 Мб/с	36 Мб/с
возможность записи	да(формат CD-RW)	да(формат DVD-RW)	да(формат BD-RW)
длина волны лазера	780 нм	650 нм	405 нм
Размер пита	0.83 мкм	0,4 мкм	0,15 мкм

Аппаратно и логически все оптические накопители практически идентичны, поэтому достаточно рассмотреть один из них и

добавить где нужно изменения, связанные с другим форматом. Рассмотрим формат CD.

История развития оптических дисков.

Проект аудиодиска был предложен в 1979 году после неудачи с созданием видеодиска фирмы Philips. На ранней стадии проекта предполагалось записывать квадрофонический звук, но диск с записью 1 час получался 20 см в диаметре, что было признано неудобным. К 1980 году Sony выпускает RedBook – стандарт для производства **аудиоCD**. Единственное, что поправили Sony в формате предложенном Philips это увеличили предложенный диаметр диска в 11,5 см до 12 см. Причина была проста — желание вместить 72 мин записи, а не 60 (это длительность 9-ой симфонии Бетховена). Позже, для стандартизации хранения различных типов информации на носителях CD, были выпущены

- **белая книга** — стандарт хранения видеoinформации
- **желтая книга** — стандарт хранения компьютерных данных
- **зелёная книга** — для хранения мультимедийной информации на диске, объединяет три предыдущих стандарта

К началу 1995 года несколько конкурирующих фирм предложили свои форматы дисков повышенной ёмкости. Что бы избежать разных стандартов в сентябре 1995 года в качестве единого был предложен стандарт **DVD**.

Целью создания DVD было получение цифрового носителя видеoinформации, приближенного по качеству к студийной записи. С помощью формата MPEG-2 на DVD диске удалось разместить полнометражный фильм, до 135 мин. с 6-тиканальным звуком. Принятие стандарта породило проблему конфликта интересов компаний, занимающихся распространением фильмов в разных странах. Потому была введена блокировка дисков по 6 зонам, на которые поделён весь мир. Диск может быть проигран только в той зоне, для которой он предназначен. Блокировка к счастью не существует для дисков с цифровой информацией.

Дальнейшая борьба за увеличение объема оптического диска привела к созданию двух конкурирующих форматов

- **Blu-Ray**, разработанный Sony
- **HD-DVD** разработанный Toshiba

Не смотря на большее число фирм, поддержавших HD-DVD, более простую технологию их изготовления и большую ёмкость носителя (45 Гб против 23,3/25/27 Гб у Blu-Ray) быстро победил стандарт Blu-Ray. Sony сделала Blu-ray основным носителем для своей сверх-популярной приставки PS3 и поставила на приставку очень разумную цену. Стандарт HD-DVD не смог конкурировать с таким ходом и быстро ушёл с рынка.

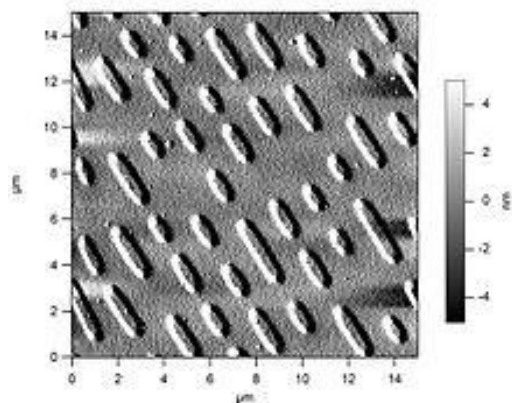
Аппаратная составляющая.

В основе записи и чтения информации с оптических носителей лежит иной принцип, нежели в основе жёстких дисков. Для считывания информации используется лазерный луч с определенной длиной волны и данные считываются исходя из анализа отражённого от поверхности носителя луча.

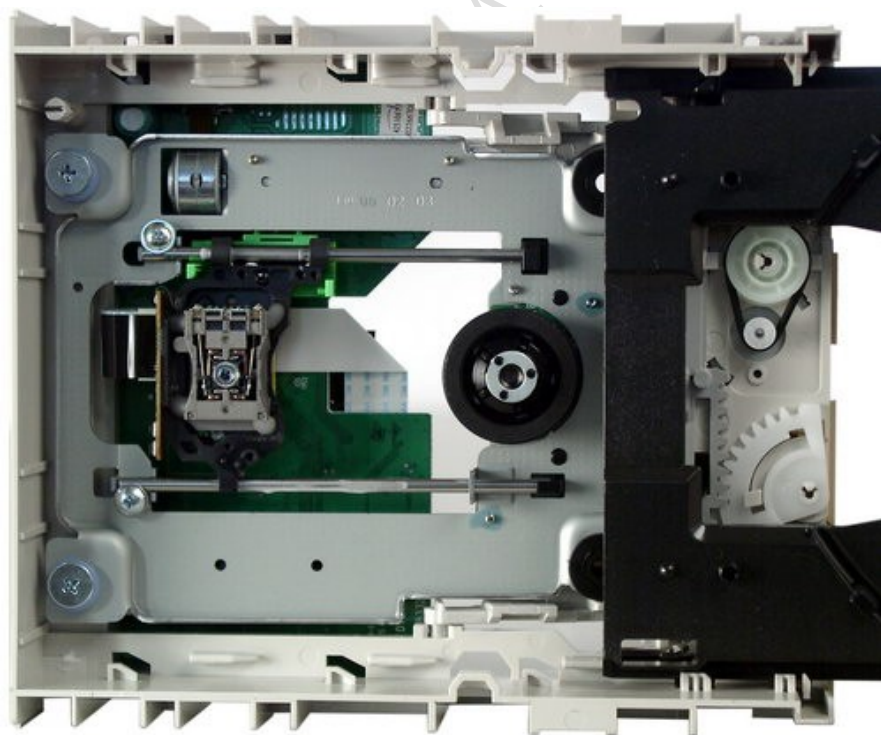
Компакт диск (**CD**) представляет собой круглую пластину, диаметром 12 см. Пластина состоит из нескольких слоёв

- прозрачной основы — оптически прозрачная основа диска
- отражающего слоя — слой материала, с нанесённой информацией. Чаще всего изготавливается из алюминия
- защитного лака — непрозрачный слой, защищающий отражающий слой от повреждений. На слой лака чаще всего наносится информационное изображение, обложка диска

На поверхности отражающего слоя диска присутствуют углубления — **pits**. Все пикеты записаны в виде единой спиральной дорожки, начинающейся от внутренней части диска. Пространство между пикетами называется **основой**.



При попадании луча на углубление происходит отклонение или рассеивание отражённого луча и он не возвращается в приёмное устройство (оптический датчик). Это событие принимается за логическую 1. На поверхности основы отражённый луч попадает в оптический датчик и это считается за 0.

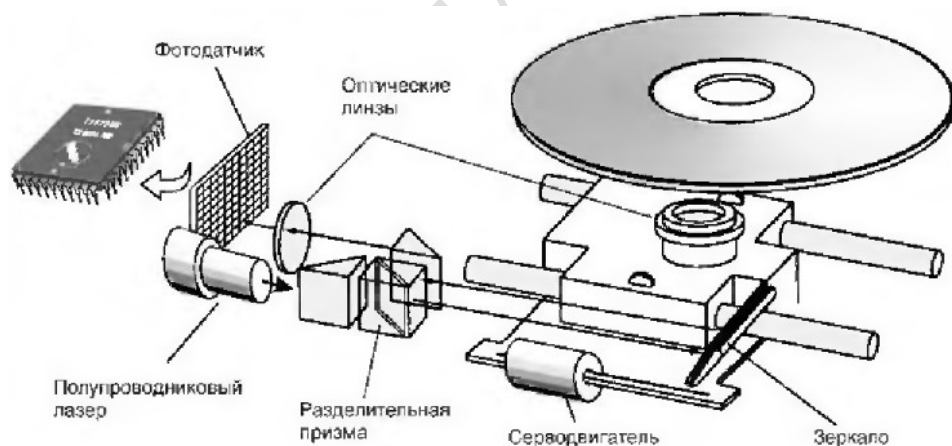


Рассмотрим устройство самого привода компакт-дисков.

Внутри расположены

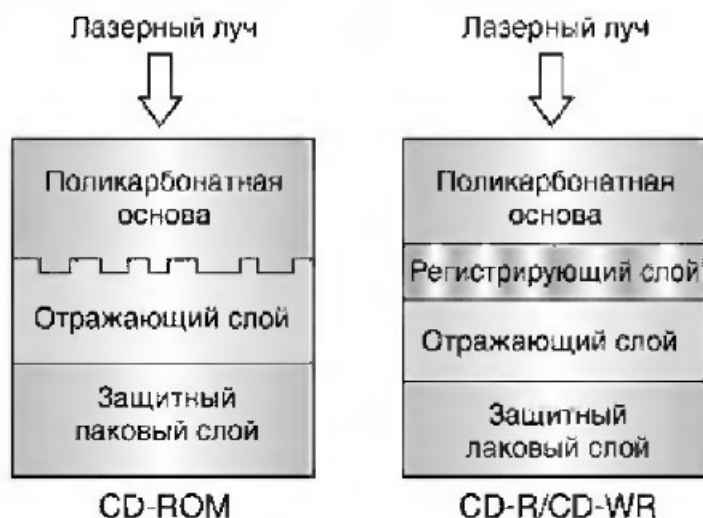
- лоток для диска — выдвигающаяся часть, предназначенная для установки диска в привод. Иногда заменяется на механизм щелевого привода, в котором нет выдвигающейся части, а в привод вставляется сам диск
- двигатель диска — двигатель, крутящий диск в процессе работы
- считывающая головка — собственно сам оптический механизм считывания информации
- привод головки — механизм перемещения головки вдоль поверхности диска
- плата контроллера — плата, содержащая управляющую часть привода и интерфейс привода

Считывающая головка является основной частью привода компакт-дисков.



Источником излучения служит полупроводниковый лазер. Проходя через призму и систему зеркал лазерный луч попадает на линзу, которая фокусирует его на определенном расстоянии от линзы. Расстояние рассчитано так, чтобы фокус лазера оказался ровно на поверхности отражающего слоя диска.

Далее отраженный луч обратно через систему зеркал и линз попадает на фотодатчик. Исходя из силы попавшего отраженного излучения на датчик и принимается информация с диска: если луч вернулся достаточно мощный, значит на поверхности диска не было пита, иначе считается, что луч попал на пит и рассеялся или отразился мимо линзы. В записываемых дисках (**CD-R**) технология формирования питов отличается от дисков, произведенных в промышленных условиях.



Записываемых и перезаписываемых дисках введен ещё один слой — регистрирующий. Он содержит специальное вещество, меняющее свою светопропускную способность в зависимости от нагрева.

Процесс записи такого диска заключается в нагреве тех участков поверхности диска, где должен быть пит (или значит должна быть записана 1). Вещество темнеет и значит лазерный луч при считывании будет поглощен веществом и не дойдёт до отражающего слоя. Таким образом имитируется наличие пита на поверхности диска.

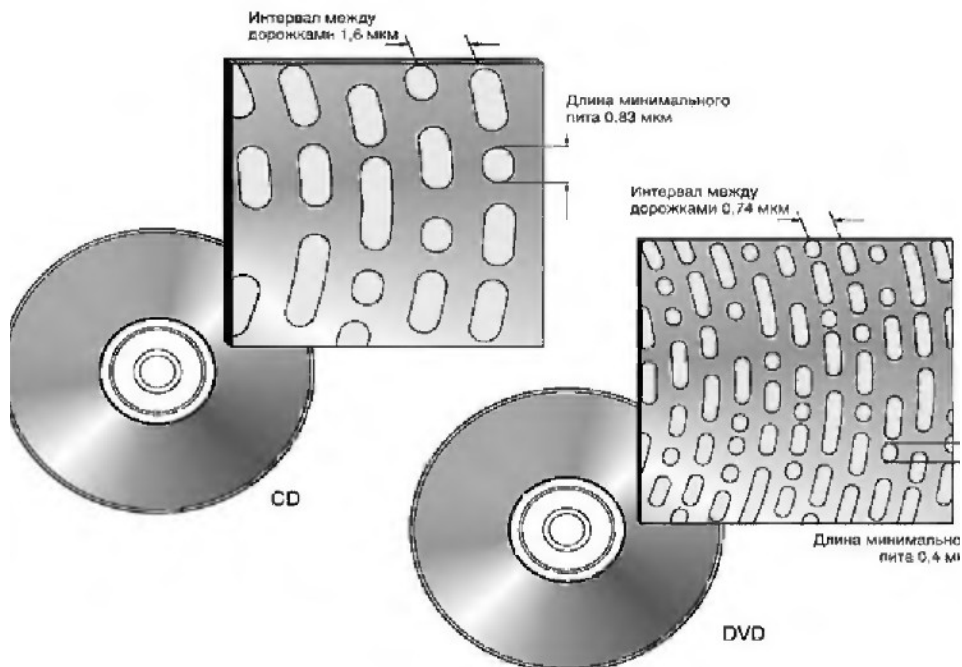
В перезаписываемых дисках (**CD-RW**) регистрирующий слой выполнен из вещества, которое при одной температуре

темнеет, при другой возвращается в исходное состояние. Соответственно, для того. Что бы перезаписать диск его нужно сначала стереть — пройти по поверхности лазерным лучом определенной интенсивности и восстановить регистрирующий слой.

Цвет веществ отличается для разных типов дисков

- CD серебристые, так как у них отсутствует светочувствительный слой
- CD-R и CD-RW фиолетовые или золотистые

DVD диски конструктивно повторяют CD диски, за исключением размера пиков.

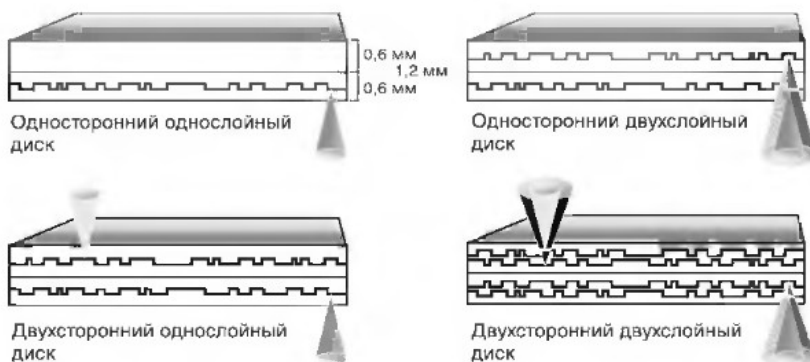


С целью увеличения ёмкости DVD дисков разработаны двухслойные диски. Двусторонние диски и двухслойные двусторонние диски.

Тип диска	Ёмкость Гб	Длительность видео Мин
односторонний	4,7	133

двухслойный	8,5	240
двусторонний	9,4	266
Двусторонний двухслойный	17	481

Для создания двустороннего диска ничего не пришлось изобретать — двусторонний диск это просто склеенные со стороны защитного лака два диска с уменьшенной толщиной защитного лака и подложки. А вот для двухслойного диска пришлось модифицировать привод — ввести дополнительный механизм изменения фокусного расстояния линзы, чтобы он мог фокусироваться на первом или втором слое записи. В диск добавился второй, полупрозрачный отражающий слой.



Какое то время не существовало записываемых двухслойных дисков и производители видео считали их хорошей защитой от копирования: фильмы сжимались таким образом, чтобы превышать размер 4,7 Гб и выпускались только на двухслойных дисках. Но потом были выпущены и записываемые двухслойные диски и смысл такой защиты пропал.

Записываемые DVD диски имеют два формата

- DVD+R
- DVD-R

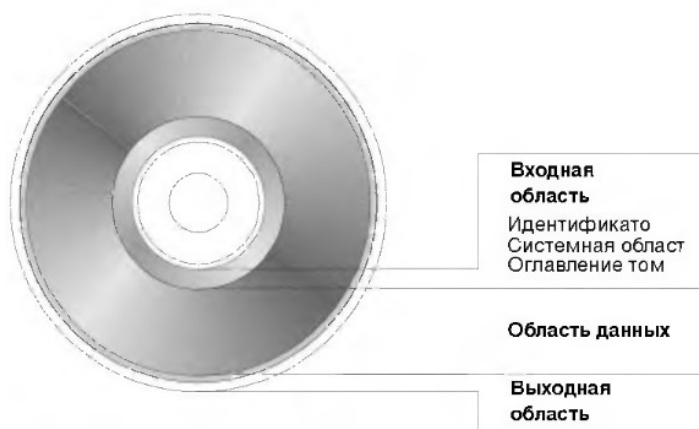
Отличия заключаются лишь используемых алгоритмах, технически они одинаковы. По аналогии есть и два типа перезаписываемых дисков

- DVD+RW
- DVD-RW

Первоначально встречались устройства, поддерживавшие один из форматов, но сейчас все устройства понимают оба формата. Самый новый из ныне существующих форматов это формат **Blu-Ray**. Технически Blu-Ray не отличается от DVD ничем, кроме уменьшенной длины волны лазера, которая позволила сделать питы на диске ещё меньше и соответственно увеличить ёмкость диска.

Логическая организация.

Структуры CD диска сходна со структурой записываемых дисков, поэтому рассмотрим строение на примере записываемой версии CD. В соответствии со стандартами, поверхность диска разделена на три зоны



1. Входная область (leadin) — содержит информацию о формате диска, размере записанной информации, служебные данные и может содержать средства защиты авторских прав
2. Область данных (data) — собственно записанные данные
3. Выходная область (leadout) — метка конца диска.

В отличие от CD, диски CD-R и CD-RW выпускаются с дополнительной разметкой — pregroove, - которая служит для размещения информации о кадрах (блоках) диска и хранит

информацию о рекомендуемых скоростях привода и режиме записывающего лазера. Разметка так же позволяет найти служебные области диска.

Кроме этого, диск содержит служебные области

- PCA (power calibration area) – используется для выбора оптимальной мощности лазера при записи
- PMA (program memory area) – используется для временного хранения VTOC в случае записи одной сессии в несколько приёмов

Области эти фиксированной длины, поэтому количество сессий записи на диск ограничено. Сессией называется формирование структуры из leadin – data – leadout. Эта структура не обязана занимать весь объём диска. Однако, что бы можно было «дописать» ещё информацию на диск, необходимо в leadout указать информацию о размере свободного места, оставшегося на диске. Закрытие диска на запись формирует запись leadout, не содержащую этой информации, что делает диск непригодным для дозаписи информации. При записи первой сессии на диск записывается служебной информации на 22,5 Мб, и по 13,5 Мб на каждую последующую.

Минимальной единицей записи на диск является дорожка (track) – 300 блоков (около 600 Кб, или 4с аудио). Перед дорожкой пишется служебный зазор в размере 150 блоков, или 225 блоков, в зависимости от типа записываемой информации. Несколько (допустима и одна) дорожек объединяются в сессию. Перед сессией пишется leadin (9 Мб или 1 мин), а после leadout (4.5 Мб или 30сек).

Перед началом записи необходимо сформировать полный список файлов. который входит в запись. Далее возможно два режима записи

- «через образ» - формируется временный файл, содержащий всю структуру сессии (образ диска в формате iso9660, в windows имеет расширение .ISO). Далее файл по-битово копируется на диск. Метод медленнее, но более надёжный
- «на лету» - запись происходит сразу, без предварительного формирования образа. Это быстрее, но есть риск столкнуться с не читаемым файлом и

потерять весь диск из-за ошибки записи.

В зависимости от выбора пользователя возможны способы записи

- disc-at-once – запись сессии и закрытие диска на запись
- track-at-once – запись сессии, но диск не закрывается для дополнительной записи
- packet-writing – запись аналогичная packet-writing, но запись сессии может быть прервана и потом продолжена. Между дорожками формируются дополнительные связующие записи из 7 блоков. Однако, пока запись сессии не закончена данные с диска невозможно прочитать.

САВИНОВ Д.А. ЯрГУ 2019