

Оптические технологии

Фиксация и считывание информации с оптических носителей осуществляется с использованием лазерного луча (1X=150 KiB/s)

Различают следующие виды оптических МНИ (соответствующих им приводов чтения/записи)
CD-DA, CD-ROM, CD-R, CD-RW,
DVD-ROM, DVD-RAM, DVD-R(±), DVD-RW(±),
HD-DVD, Blu Ray

Принципы чтения/записи для всех видов практически одинаковы. Отличие – длина волны лазера: красный (0,65 - 0,78 мкм) для DVD, CD; голубой (0,4 мкм) для Blue Ray



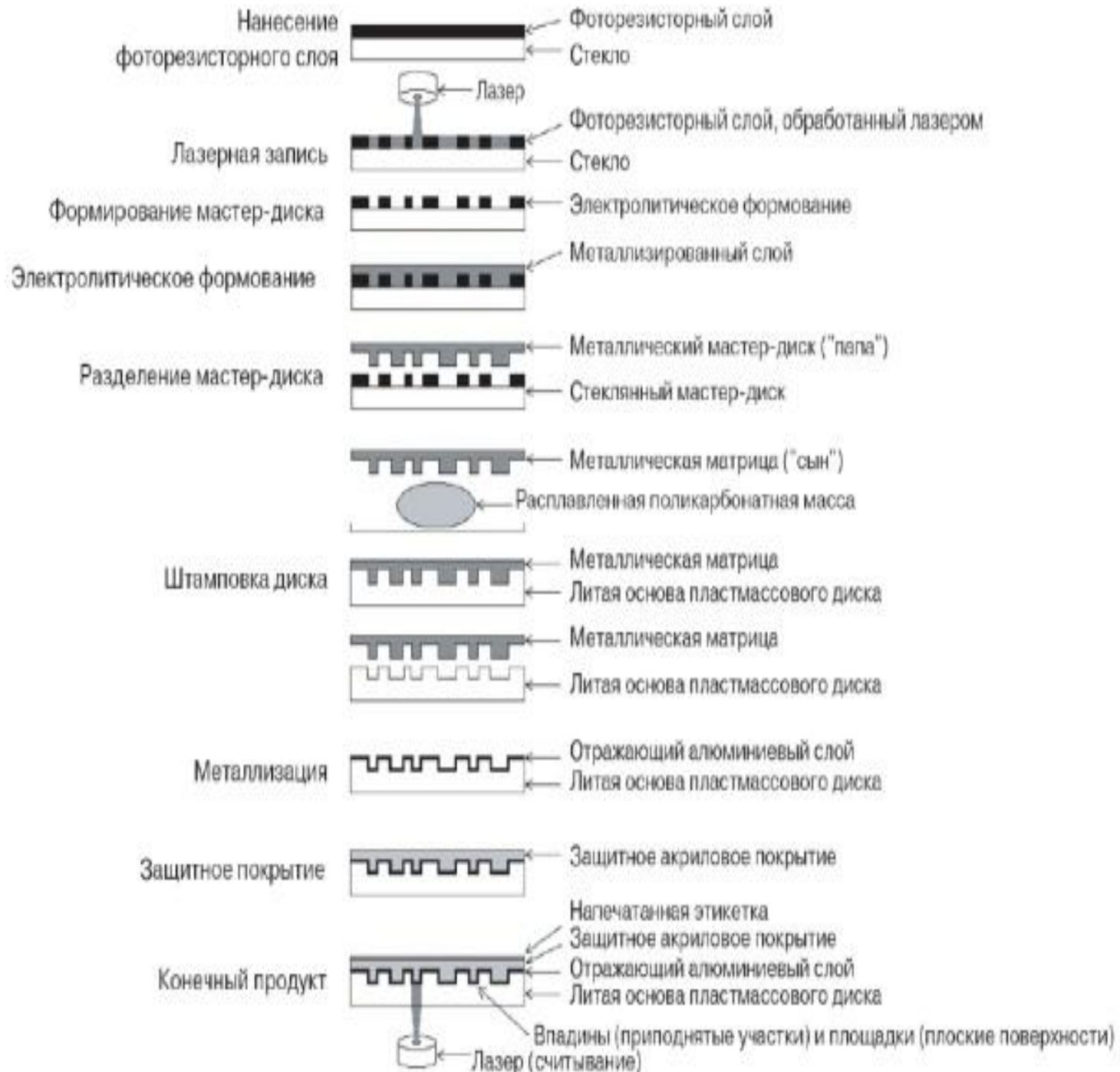
вательно расположенных вдоль спиральной дорожки углублений (штрихов) и площадок

Глубина каждого штриха (pit) для CD равна 0,12 мкм, ширина — 0,6–3,0 мкм. Расстояние между соседними витками составляет 1,6 мкм, что соответствует плотности 16 000 витков на дюйм (625 витков/мм)

Компакт-диск представляет собой поликарбонатную пластину диаметром 120 мм и толщиной 1,2 мм, в центре которой расположено отверстие диаметром 15 мм

Штампованное или литое основание пластины физически является одной спиральной дорожкой, которая начинается на внутренней и заканчивается на внешней части диска. Шаг этой дорожки, или разделение спирали, равен 1,6 мкм

Оптический носитель информации CD-ROM предназначен только для чтения и изготавливается штамповкой или прессованием



Основные этапы производства компакт-дисков:

1. Нанесение фоторезисторного слоя. Круглая пластина из полированного стекла диаметром 240 мм и толщиной 6 мм покрывается слоем фоторезистора толщиной около 150 мкм, после чего обжигается при температуре 80°C (176°F) в течение 30 минут

2. Лазерная запись. Лазерный самописец (Laser Beam Recorder — LBR) посылает импульсы синего или фиолетового света, которые засвечивают и размягчают определенные участки фоторезисторного слоя стеклянного мастер-диска

3. Формирование мастер-диска. Обработанный стеклянный диск погружается в раствор гидроксида натрия (едкого натра), который растворяет экспонированные лазером участки, формируя тем самым впадины в фоторезисторном слое

4. Электролитическое формование. С помощью процесса, называемого гальванопластикой, ранее подготовленный мастер-диск покрывается слоем никелевого сплава. В результате создается металлический мастер-диск, получивший название родительского диска (father)

5. Разделение мастер-диска. Металлическая матрица отделяется от стеклянного мастер-диска. Матрица представляет собой металлический мастер-диск, который уже может использоваться для изготовления небольших партий дисков, так как матрица изнашивается очень быстро

Разделение мастер-диска часто приводит к повреждению стеклянной основы, поэтому методом гальванопластики создают еще несколько негативных копий диска (которые называются материнскими (mother))

Негативные копии мастер-диска затем применяются для создания рабочей матрицы, используемой в процессе массового тиражирования компакт-дисков. Это позволяет штамповать большое количество дисков без повторения процесса формирования стеклянного мастер-диска

6. Штамповка диска. Металлическая рабочая матрица применяется в литейной машине для формирования впадин и площадок в расплавленной поликарбонатной массе объемом около 18 грамм, при температуре 350 °C (или 662 °F)

7. Металлизация. Для создания отражательной поверхности на отштампованный диск посредством напыления наносится тонкий (0,05-0,1 мкм) слой алюминия

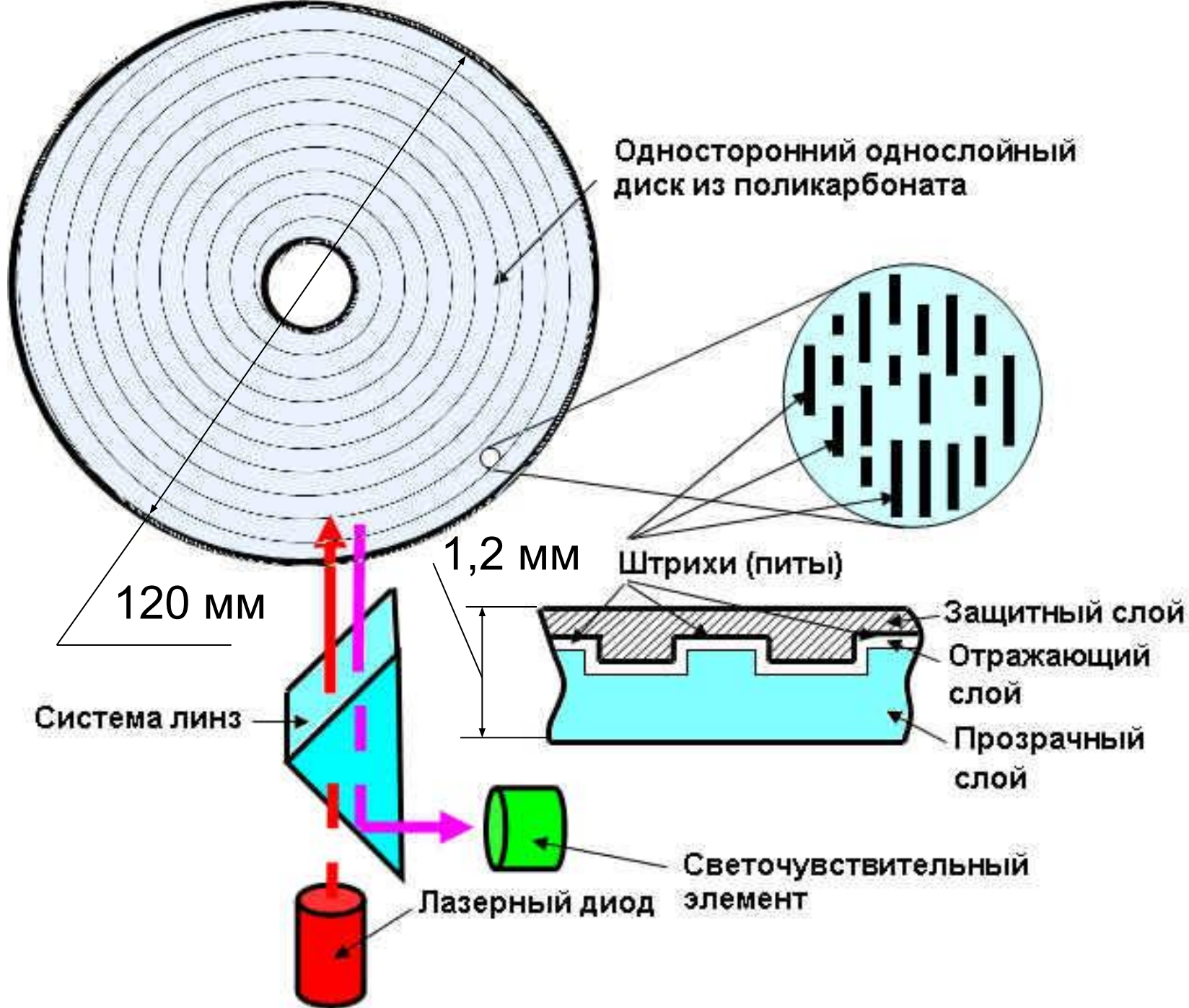
8. Защитное покрытие. Для защиты алюминиевой пленки от окисления на металлизированный диск с помощью центрифуги наносится тонкий (6-7 мкм) слой акрилового лака, затвердевающего под действием ультрафиолетовых лучей

9. Конечный продукт. В завершение на поверхность диска методом трафаретной печати наносится текст этикетки или какое-либо изображение

Считывание информации представляет собой процесс регистрации колебаний луча маломощного полупроводникового лазера, отраженного от металлической поверхности

Лазер посылает сфокусированный луч света на нижнюю часть диска, а светочувствительный элемент (приемник) улавливает отраженный луч

Луч лазера, попавший на площадку (плоскую поверхность дорожки), всегда отражается обратно; в свою очередь, луч, попавший во впадину на дорожке, обратно не отражается



Диск вращается над лазером и рецептором (приемником), поэтому лазер непрерывно излучает свет, а рецептор воспринимает то, что в сущности является набором световых вспышек, повторяющих рисунок впадин и площадок, по которым проходит лазерный луч

Когда луч лазера пересекает границы впадины, изменяется состояние отраженного сигнала. Каждое изменение отраженного сигнала, вызванного пересечением границы впадины, преобразуется в бит со значением 1

Область, не содержащая переходов, представляется нулем (0)

Типовой привод состоит из электронной, электромеханической и оптической частей

Электронная часть включает микроконтроллер, обеспечивающий управление всеми процессами работы привода и интерфейс с шинами компьютера

Электромеханическая часть включает двигатель, вращающий шпиндель, систему позиционирования оптической головки чтения (записи) и систему загрузки дисков

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

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, рассчитанных на CD-DA, использование режима постоянной линейной скорости было обусловлено очевидным требованием постоянства скорости воспроизведения звуковых записей

Причем ясно, что для сохранения постоянной линейной скорости надо, в зависимости от положения оптической головки, менять угловую скорость

Для обеспечения постоянной скорости считывания данные на дисках CD-ROM записываются с использованием метода, получившего название запись с постоянной линейной скоростью (Constant Linear Velocity — CLV)

Это означает, что дорожка (а значит, и данные) по отношению к считывающему устройству всегда перемещается с одной и той же скоростью, равной 1,3 м/с

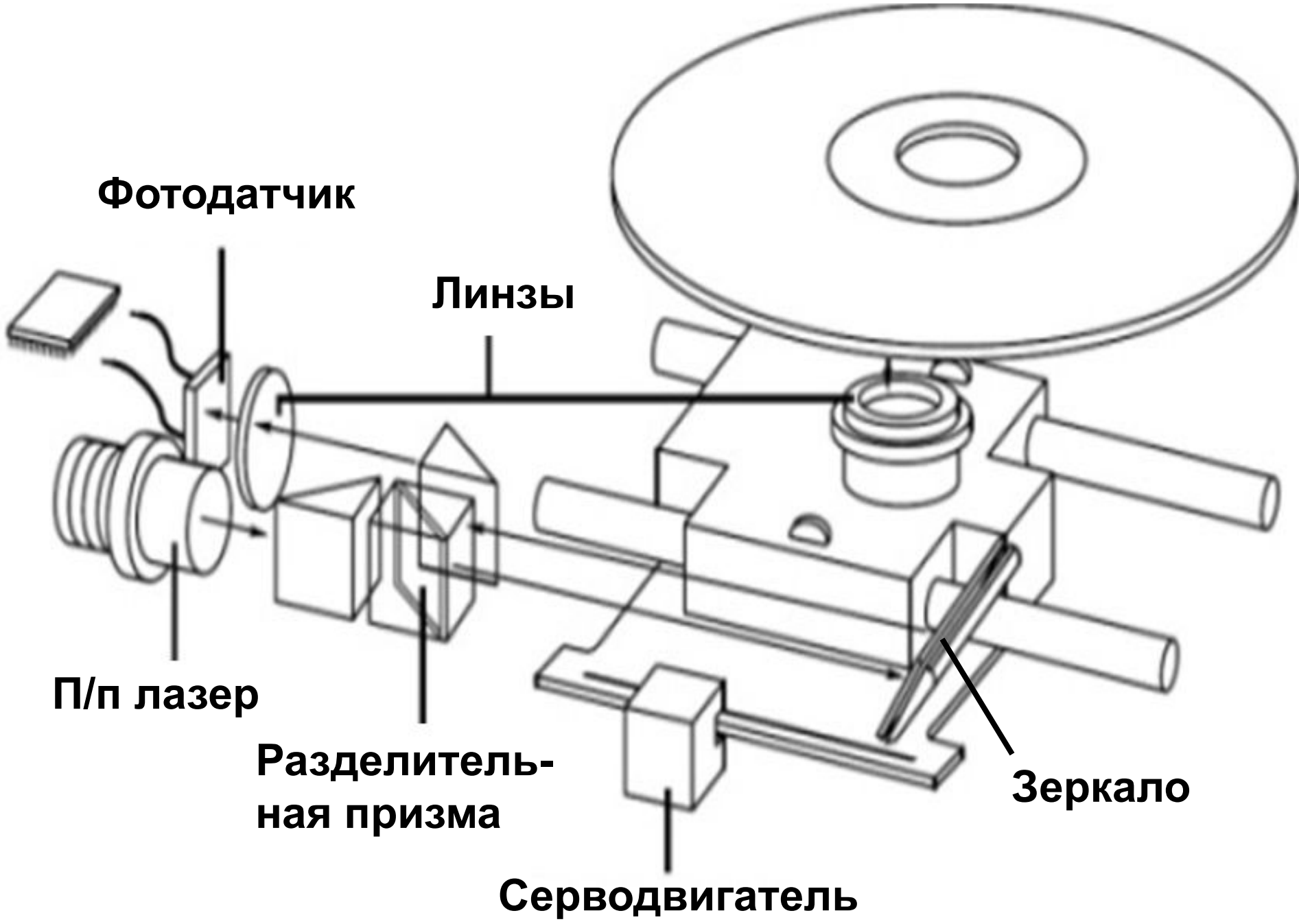
Дорожка представляет собой спираль, витки которой по мере приближения к центру диска располагаются более компактно, поэтому для обеспечения постоянной линейной скорости необходимо, чтобы угловая скорость изменялась по определенному закону

Скорость вращения диска в накопителе 1x (линейная скорость накопителя 1x равна 1,3 м/с) изменяется от 540 об/мин при считывании данных, расположенных в начале дорожки (на внутренней части диска), до 212 об/мин при чтении дорожки на внешней части 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



Полупроводниковый лазер генерирует мало-
мощный (1 мВт) инфракрасный луч, который
попадает на отражающее зеркало

Серводвигатель по командам, поступающим
от встроенного микропроцессора, смещает
подвижную каретку с отражающим зеркалом к
нужной дорожке на компакт-диске

Радиальное позиционирование оптической
головки (которую часто называют световой
иглой — optical stylus) чаще производится с
помощью двигателя, приводящего в движение
кадетку 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.

Отраженный от диска луч фокусируется линзой, расположенной под диском, отражается от зеркала и попадает на разделительную призму

Разделительная призма направляет отраженный луч на другую фокусирующую линзу

Эта линза направляет отраженный луч на фотодатчик, который преобразует световую энергию в электрические импульсы

Сигналы с фотодатчика декодируются встроенным микропроцессором и передаются в компьютер в виде данных

Одним из способов повышения эффективности CD-ROM стало увеличение скорости дисководов, т.е. повышение частоты вращения. Дисководы, скорость вращения которых стала 2 или 4 выше первоначальной, получили название накопителей 2x и 4x

Последним устройством, созданным по этой технологии, стал дисковод 12x, скорость вращения диска в котором изменялась в пределах от 2 568 до 5 959 об/мин, что позволяло поддерживать постоянную скорость передачи данных. При дальнейшем увеличении скорости вращения производители столкнулись с определенными проблемами

Основная из них — создание двигателя, позволяющего быстро изменять скорость при считывании данных с различных частей диска

Именно поэтому большинство дисководов со скоростью выше 12x имеют постоянную скорость вращения (при этом линейная скорость не является постоянной)

Так как угловая скорость (скорость вращения) остается неизменно постоянной, этот метод получил название записи с постоянной угловой скоростью (Constant Angular Velocity — CAV)

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 недопустимы ошибки даже в одном бите

Поэтому организация хранимых данных для CD-DA и CD-ROM несколько различна

Данные записываются на диски блоками по 2 352 байта – кадрами – которые и являются минимально адресуемыми единицами данных

Кадр состоит из 98 малых кадров по 24 байта каждый (соответствующих в CD-DA группе из шести 16-разрядных выборок – отсчетов при оцифровке стереофонического звукового сигнала)

В CD-DA байты кадра информационные, а у CD-ROM только 2 048 байтов могут быть информационными, а остальные — служебные, которые используются для синхронизации, управления и контроля

Однако физически на диске эти кадры 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 кадр 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. На область данных выделено 2 048 байтов, последние 288 байтов используются для контрольных кодов

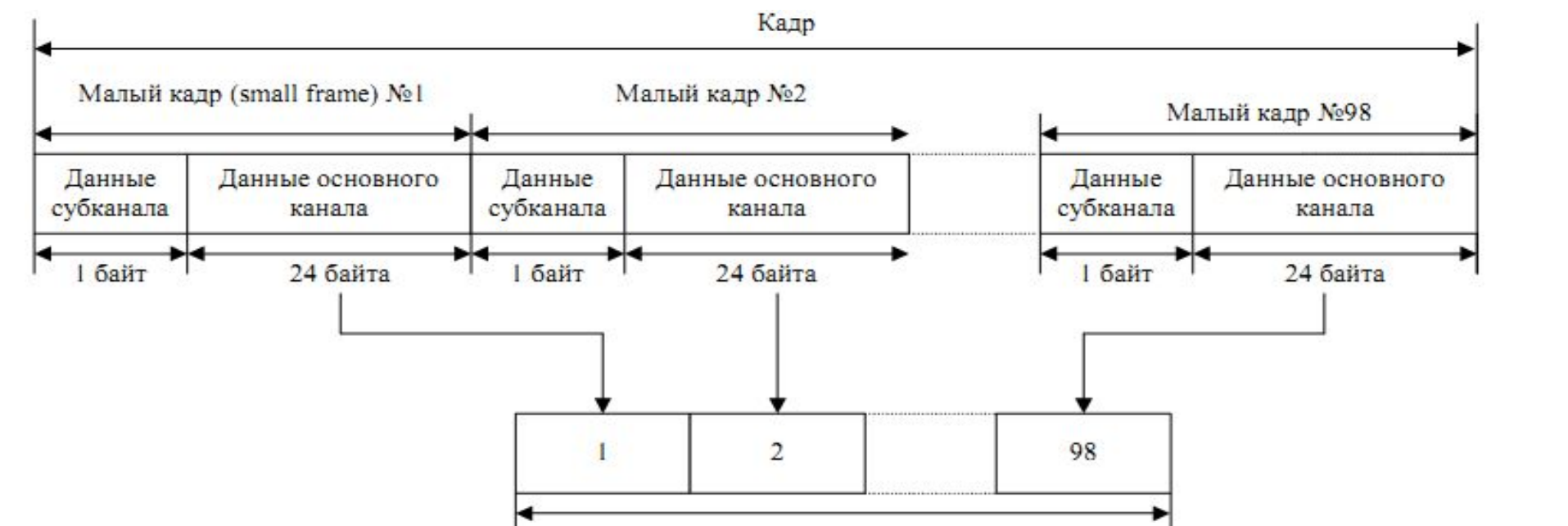
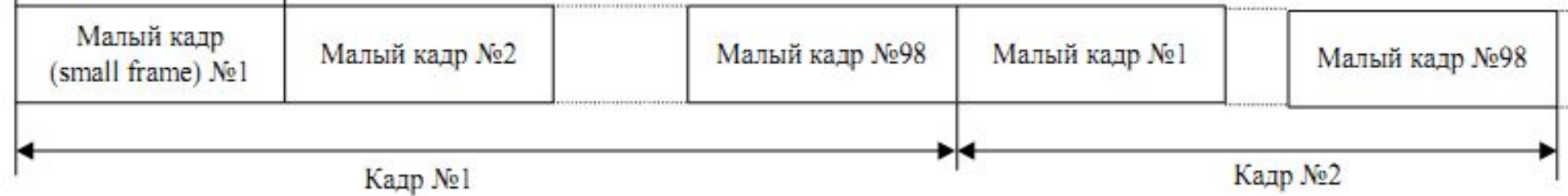
Каждый малый кадр блока при записи на диск подвергается серии преобразований: сперва вспомогательному "перемешиванию" – скремблированию битов кода, затем кодированию на логическом уровне специальным помехозащищенным кодом Рида-Соломона (CIRC — Cross Interleaved Reed-Solomon Code), при котором в кадр вставляется 8 контрольных байтов, кроме того, в начале малого кадра идут 24 бита синхронизации и специальный символ (т.н. субкод восьми (дополнительных) каналов P, Q, ... ,W), 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

В малом кадре данные разбиты на две группы (по 12 байт) и две группы (Q и R) контрольного кода CIRC (4 байта)

Таким образом, каждый малый кадр вкл.

24 (синхронизация) + 3 (слияние) + 14 (субканал) + 3 (слияние) + $(12 \times (14 + 3))$ (данные) + $(4 \times (14 + 3))$ (CIRC) + $(12 \times (14 + 3))$ (данные) + $(4 \times (14 + 3))$ (CIRC) = 588 бит



Сектор - 2352 (логических) байта = 18816 бит

Синхро-низация	Заголовок		Данные	Контроль	Интервал	Четность	Четность	
	Адрес сектора	Режим						
12 байтов	3 байта	1 байт	2048 байтов	4 байта	8 байтов	172 байта	104 байта	
0 11	12 14	15 16		2063 2064	2067 2068	2075 2076	2247 2248	2351



1 байт = 8 бит

1 байт = 14 бит

Представление байта на CD

Физический сектор на CD = 57624 бита

После того как все 98 малых кадров скомпонованы в один кадр (звуковой или сектор данных), начинается заключительный процесс кодирования информации, получивший название EFM-модуляция (Eight-to-Fourteen Modulation), т. е. процесс преобразования каждого байта в 14 бит

Эти 14-разрядные коды преобразования разработаны таким образом, что не могут содержать менее двух и более 10 смежных битов, имеющих нулевое значение (0)

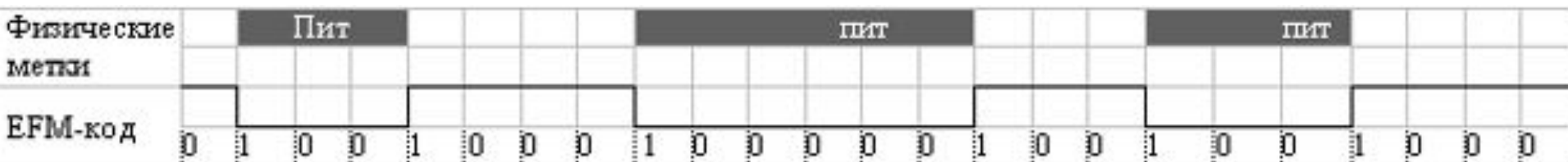
Эта форма кодирования с ограничением длины поля записи (Run Length Limited — RLL) получила название RLL 2,10

Такая схема позволяет избежать появления длинных строк нулевых битов (нулей), которые могут быть считаны неправильно, а также ограничить минимальную и максимальную частоты переходов, существующих на носителе записи

С учетом того, что единичные биты (1) в записи должны быть отделены друг от друга не менее чем 2 и не более чем 10 нулями, минимальным расстоянием между единицами являются три временных интервала (обозначаемые как $3T$), а максимальным — 11 временных интервалов ($11T$)

Некоторые коды EFM начинаются и заканчиваются единицей (1) или более чем пятью нулями (0), поэтому после каждого 14-разрядного значения EFM, записанного на диске, добавлены три дополнительных бита (биты слияния)

Обычно биты слияния являются нулями (0), но могут в случае необходимости содержать и единицы (1), используемые для разбивки длинной строки смежных нулей (0), образованной соседними 14-разрядными значениями EFM



В дополнение к образованному 17-разрядному значению (EFM плюс биты слияния) к началу каждого блока добавляется 24-разрядное число синхронизации (плюс еще три бита слияния). В общей сложности в каждом малом кадре диска содержится 588 бит (73,5 байт)

Таким образом, 74-минутный диск содержит примерно 2,4 Гбайт фактически записываемых данных. После декодирования, удаления кодов коррекции ошибок и другой информации остается примерно 682 Мбайт (650 MiB), а для 80-минутного диска примерно 702 Мбайта

Блок данных основного канала, содержащий данные, начинается с поля синхронизации Data Block Sync Pattern размером 12 байт

За полем синхронизации находится заголовок блока данных Header длиной 4 байт. Заголовок блока содержит координаты блока данных в формате MSF (Minute/Second/Frame) и байт формата записи данных Data Mode.

Синхронизация	Заголовок		Данные	Контроль	Интервал	Четность	Четность	
	Адрес сектора	Режим						
12 байтов	3 байта	1 байт	2048 байтов	4 байта	8 байтов	172 байта	104 байта	
0 11	12 14	15	16	2063 2064	2067 2068	2075 2076	2247 2248	2351

Блок данных основного канала предназначен для хранения информации пользователя — аудио или данных

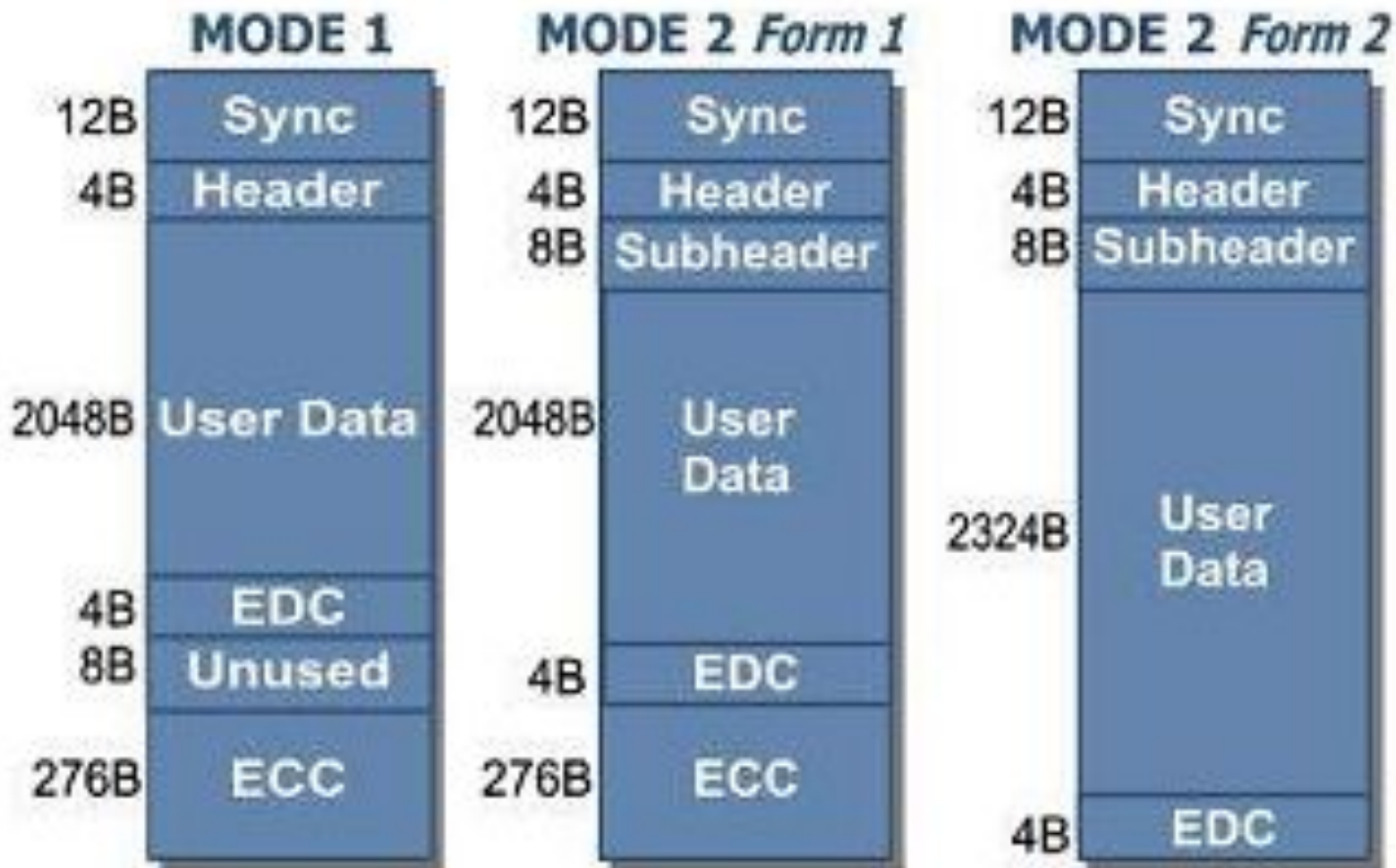
Для хранения данных используется 6 основных форматов блока основного канала

Наиболее широкое применение получили три формата:

- режим данных 1, Yellow Book Mode 1

- форма 1 режима данных 2, CD-ROM XA Mode 2 Form 1

- форма 2 режима данных 2, CD-ROM XA Mode 2 Form 2



Как видно, режим 1 отличается от режима 2 наличием подзаголовка в последнем, а формы 1 и 2 режима два – размером поля данных

Формат данных Mode 1

Смещение (в байтах)	Размер поля (в байтах)	Содержание
0	12	Поле синхронизации (Data Block Sync pattern)
12	3	Адрес блока в формате MSF, в BCD коде
15	1	Режим данных, Data Mode = 01b
16	2048	Данные пользователя, User Data
2064	4	CRC ($P = (X_{16}+X_{15}+X_2+X_1)*(X_{16}+X_2+X+1)$) Bytes 0 - 2063
2068	8	Заполнено нулями
2046	172	P parity symbols
2248	104	Q parity symbols

Формат данных Mode 2 Form 1

Смещение (в байтах)	Размер поля (в байтах)	Содержание
0	12	Поле синхронизации (Data Block Sync pattern)
12	3	Адрес блока в формате MSF, в BCD коде
15	1	Режим данных Data Mode = 10b
16	4	Первая копия подзаголовка (Sub-header, first copy)
20	4	Вторая копия подзаголовков (Sub-header, second copy)
24	2048	Данные пользователя, User data
2072	4	CRC ($P = (X_{16}+X_{15}+X_2+X_1)*(X_{16}+X_2+X+1)$), Bytes 16 - 2071
2076	172	P parity symbols
2248	104	Q parity symbols

Назначение SubHeader в том, чтобы указывать приводу, в какой форме хранится информация (Form 1 или Form 2), какой тип информации находится в данном кадре (Data, Audio или Video)

Связано это с тем, что в цифровых форматах хранения видеофильмов звук и видео чередуются в определенном порядке. При этом они должны выдаваться на воспроизводящие устройства в строго определенные моменты времени, иначе нормального воспроизведения не получится

Кадры Form 1 для хранения данных, для видео и звука используются кадры Form 2

P parity symbols и Q parity symbols – данные для контроля четности (обнаружения и исправления ошибок)

При сохранении информации 24 байт данных каждого малого кадра сначала обрабатываются шифратором Рида-Соломона, создающим 4-байтовый код контроля четности (Q-контроль четности), который добавляется к исходным 24 байтам данных. Полученные в результате этой операции 28 байт передаются второму шифратору, использующему другую схему, который, в свою очередь, создает дополнительный 4-байтовый код контроля четности (P-контроль четности)

Этот код добавляется к 28 байтам, полученным в предыдущем кодировании, что составляет 32 байта (24 исходных байта данных плюс байты Q- и P-контроля четности)

Такое кодирование данных позволяет обнаруживать и исправлять ошибки на двух уровнях

При обозначении ошибки используется индекс E (от «error» – «ошибка») и двухзначный индекс, где первая цифра обозначает количество неверно считанных символов, а вторая цифра указывает на тот уровень коррекции, на котором эта ошибка обнаруживается и корректируется

Ошибки первого уровня (Level 1)

Ошибки E11, E21 и E31 обнаруживаются на первом уровне коррекции, обозначаемом C1

Появление E11 означает, что был обнаружен один неверно декодированный символ (байт) на уровне C1

Появление ошибки E21 указывает на два неверных байта, а E31 на три байта

После обнаружения ошибки происходит ее коррекция. На уровне C1 возможно исправить ошибки E11 и E21. Ошибка E31 не может быть исправлена на C1 и передается для коррекции на второй уровень

Ошибки второго уровня (Level 2)

Ошибки E12, E22 и E32 обнаруживаются на втором уровне коррекции, обозначаемом C2

Появление E12 означает, что был обнаружен один неверно декодированный символ (байт) на уровне C2. Соответственно, E22 указывает на два байта, E32 на три байта. Ошибки E12 и E22 могут быть исправлены на C2. Ошибка E32 является фатальной и не может быть исправлена

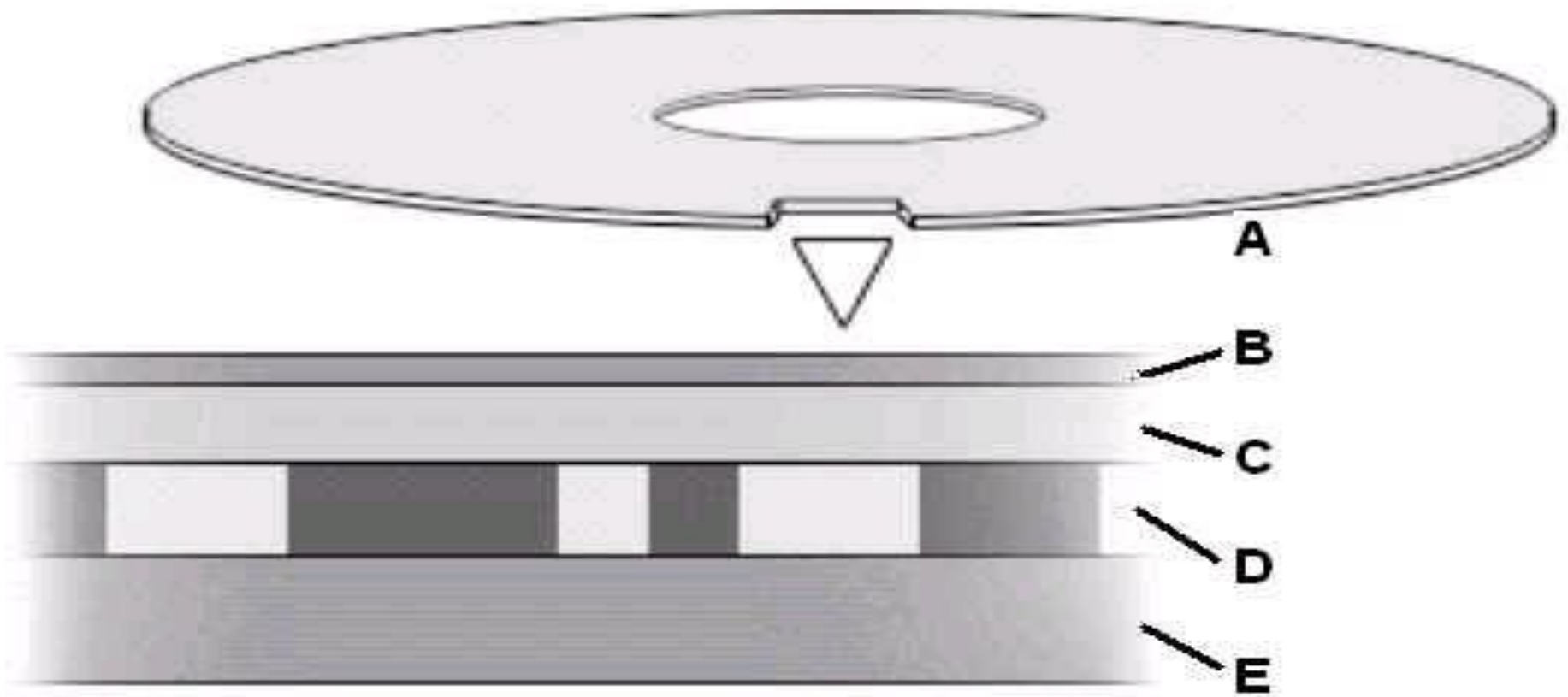
Таким образом, код коррекции ошибок позволяет выявлять и исправлять большинство мелких ошибок, повышая тем самым точность считывания данных

CD-R (CD-WORM) — однократно записываемые оптические диски (ОД)

Вместо алюминиевого отражающего слоя используется золотой или серебристый сплав, перед которым нанесен слой термочувствительной краски

Во время записи область (пит) облучается лазером и, нагревшись, краска вспучивается (изменяются отражающие свойства пита)

При считывании этот участок начинает рассеивать свет аналогично углублению в алюминиевом отражающем слое



A — наклейка-этикетка

B — защитный слой

C — отражающий слой

D — органический краситель

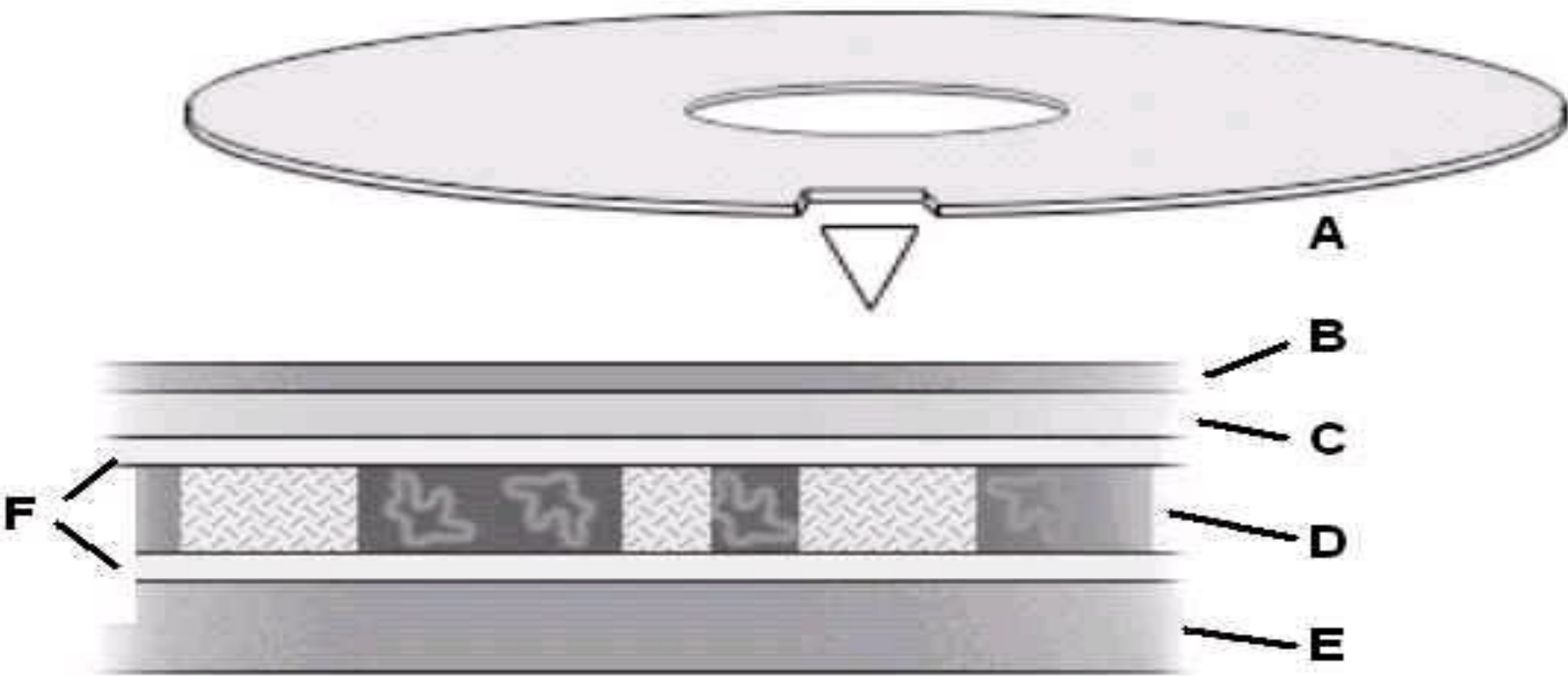
E — прозрачная подложка

Технология CD-RW (Compact Disc ReWritable) позволяет не только записать информацию на диск, но и перезаписать ее в будущем

Слой органического красителя заменен на многокомпонентный сплав серебра (Ag), индия (In), сурьмы (Sb) и теллура (Te). Для облегчения нагрева этот слой расположен между двумя диэлектрическими слоями (F)

Данный слой может иметь три фазовых состояния: кристаллический, аморфный и жидкий

Изменив фазовое состояние пита можно сохранять эту фазу неограниченное время, обнаруживать и считывать записанный бит



A — наклейка-этикетка

B — защитный слой

C — отражающий слой

D — многокомпонентный сплав

E — прозрачная подложка

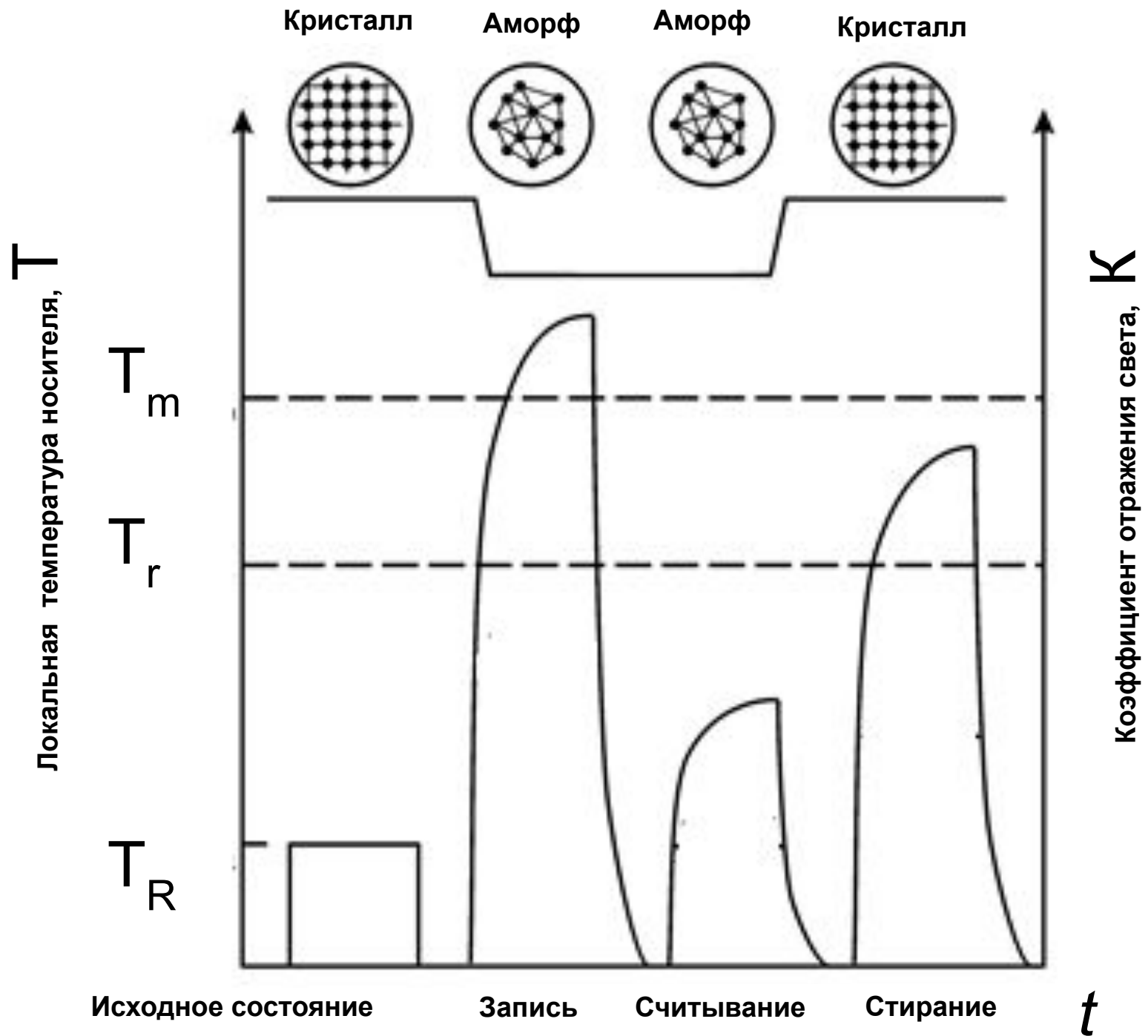
F — диэлектрические слои

При необходимости можно стирать данные путем возвращения многокомпонентного слоя в исходное фазовое состояние

Вначале носитель (многокомпонентный сплав с температурой плавления около 500 °С) находится в кристаллическом состоянии

Для записи бита информации сфокусированный лазерный пучок коротким импульсом быстро нагревает небольшой участок носителя до температуры выше точки плавления T_m (переход в жидкое состояние)

После выключения лазера происходит интенсивный теплоотвод в окружающие холодные слои материала



Температура разогретого участка начинает падать с высокой скоростью (более 10^9 К/с в реальных условиях). Высокая скорость охлаждения обусловлена малыми размерами перегретой области

Это приводит к фиксации атомной структуры жидкости и затвердеванию расплава в аморфном состоянии, которое имеет иные, чем у кристаллического, оптические, электрические и другие характеристики

Происходит запоминание бита информации, не требующее в дальнейшем затрат энергии для своего сохранения

Считывание осуществляется с помощью лазерного пучка меньшей интенсивности, который не разрушает аморфного состояния

Для стирания этого бита необходимо снова разогреть соответствующий участок, но теперь до температуры рекристаллизации T_r и дождаться полного перехода аморфной фазы в кристаллическую

И закалка из расплава, и рекристаллизация аморфизированного участка в процессе стирания бита занимают около 10 нс при достигнутой плотности записи ~ 1 бит/мкм² (~ 100 Мбит/см²)

В результате участок, находящийся в кристаллическом состоянии (land), обладает хорошей пропускной способностью и луч лазера будет отражаться от отражающего слоя, а участок, находящийся в амфорном состоянии (pit), будет рассеивать луч лазера

Запись



Стирание



Минимальной адресуемой единицей является блок информации длиной 2 352 байт, который также называют сектором

Система адресации данных произошла от аудиодисков, и координаты каждого блока описываются в форме абсолютного времени (A-Time) Min:Sec:Frac — минуты (0–73), секунды (0–59), номер кадра (фракция) в секунде (0–74)

Последовательность блоков одного назначения (формата) объединяется в трек

Минимальный размер трека — 300 секторов (4 с), максимальный — весь доступный объем диска. На диске может быть от 1 до 99 треков

Трек может содержать служебные области:

- пауза — только информация субканалов, нет пользовательских данных
- pre-gap — начало трека, не содержит пользовательских данных и состоит из двух интервалов: первый длиной не менее 1 секунды (75 секторов) позволяет "отстроиться" от предыдущего трека, второй длиной не менее 2 секунд задает формат секторов трека
- post-gap — конец трека, не содержит пользовательских данных, длиной не менее 2 секунд

Доступ к произвольному участку осуществляется с точностью до кадра. Полный адрес участка CD имеет следующий вид:

M:S:F, где M – минуты, S – секунды, F – кадры

Секунда звучания CD содержит в себе 75 кадров. Минута – 60 сек

Диск длиной 74 минуты содержит $74 \cdot 60 \cdot 75 = 333000$ кадров

Диск длиной 80 минуты содержит $80 \cdot 60 \cdot 75 = 360000$ кадров

Первые две секунды отводятся под паузу первого трека, т. е. реальная длительность 73 мин 58 сек и 79 мин 58 сек

Информация об адресе кадра и ряд служебных параметров при проигрывании выдаются в так называемый канал субкода

Физически информация для обоих каналов размещена на информационной дорожке, но при воспроизведении диска информация для основного канала и для канала субкода разделяются на два отдельных потока – поток звуковых отсчетов и поток данных субкода

При формировании структуры диска выполняется следующая операция: каждый кадр длиной 2 352 байта разделяется на 98 малых кадров по 24 байта в каждом (EFM – кадры)

Одновременно формируется группа из 98 байтов, которые содержат информацию для канала субкода: тип трека, номер трека, номер индекса и адрес данного кадра (два адреса – от начала диска и от начала трека)

Биты каждого байта для канала субкода обозначены символами английского алфавита – P, Q, R, ..., W

Бит P используется для распознавания пауз треков (участков трека с индексом 0). В области паузы значение этого бита равно 1. В остальных областях трека $P=0$. В выводной области значение бита P начинает меняться (1,0,1,0,1,0,1,...) с частотой 2 Гц

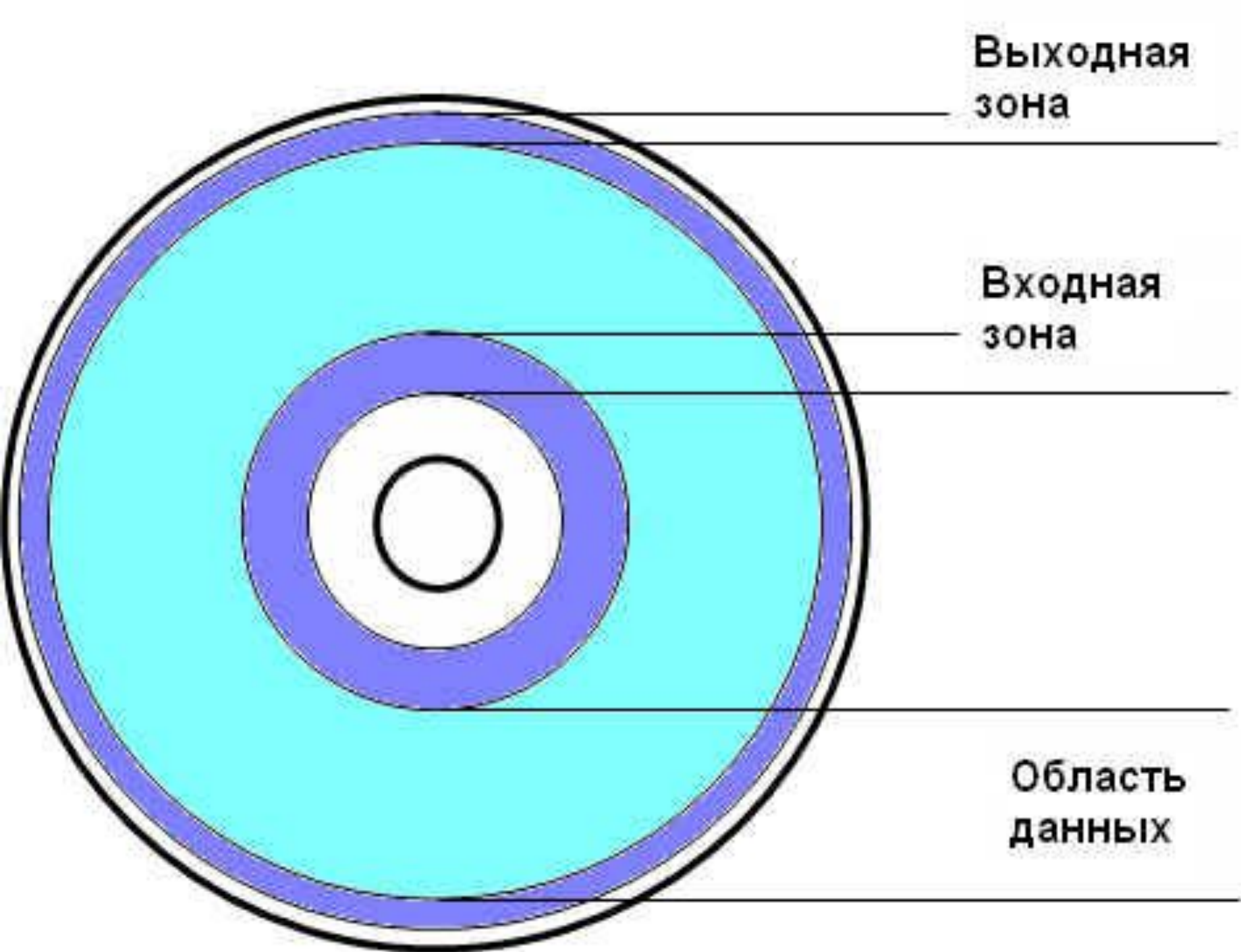
Биты Q всех 98 байт составляют 98-битное Q-слово (CUE-код), которое и содержит в себе тип трека, номер трека, номер индекса и адрес данного кадра

Биты R..W каждого из 98 байт формируют 6-битовые слова, которые в настоящее время используются для размещения CD Text 'а.

Таким образом, из 2 352 байт каждого сектора, используемых первоначально для хранения звуковых данных, 304 байта применяются для синхронизации (синхронизирующие биты), идентификации (биты идентификации), кода коррекции ошибок (ECC) и обнаружения ошибок (EDC)

За одну секунду считывается 75 секторов, поэтому базовая скорость считывания данных с CD-ROM достигает $2\,048 \times 75 = 153\,600$ байт/с, что составляет 153,6 Кбайт/с, или 150 КиВ/с

- В соответствии с принятыми стандартами, поверхность диска разделена на три области:
- входная зона (Lead-in) – область в форме кольца шириной 4 мм, ближайшего к центру диска. Считывание информации начинается с этой области, в которой размещены оглавление (Table of Contents – TOC), адреса записей, число заголовков, суммарное время записи, название диска (Disk Label);
 - основная область данных (файловая система, программная область), представленная кольцом шириной 33 мм;
 - выходная зона (Lead-out) с меткой конца диска



Структура записываемого (CD-R) и перезаписываемого (CD-RW) дисков несколько отличается от структуры CD-ROM

До штатного начала вводной зоны они имеют зоны PCA и PMA

Диск начинается с зоны калибровки мощности лазера PCA (Power Calibration Area), используемой перед записью для предварительной настройки рекордера — устройства для записи/чтения

Далее следует область для временного хранения информации о текущем состоянии записи PMA (Program Memory Area)

Если диск записывается не за один прием, то ТОС формируется по информации из РМА

Запись программной области может осуществляться как целиком (DAO — диск за один прием), так и по частям: трек за прием (ТАО) или инкрементно (пакетная запись)

В любом случае, закрыт диск или нет, информация в программную область должна заноситься непрерывно

При трековой записи все секторы пользовательских данных трека записываются единым непрерывным потоком, однако в местах стыковки треков остаются неиспользуемые промежутки

При пакетной (инкрементной) записи секторам с пользовательскими данными должен предшествовать один связующий (link) сектор и четыре вводных (run-in) сектора

После пользовательских секторов должны следовать два выводных (run-out) сектора

Эта последовательность называется пакетом, и длиной пакета считается число пользовательских секторов

Длина пакета, в зависимости от типа трека, может быть как фиксированной (в пределах трека), так и переменной

Пакеты записываются последовательно друг за другом, разрывы между ними не допускаются

Пакетная запись уменьшает пространство, доступное для пользовательских данных (7 «лишних» секторов на каждый пакет)

Использование пакетной записи позволяет организовывать перезаписываемые диски как устройства прямого доступа (как НЖМД), но перед этим диск должен быть отформатирован (форматирование подразумевает запись треков с пакетами фиксированной длины)

Специальным вариантом записываемого диска является многосеансовый диск, в котором видимое при обычном считывании содержимое может меняться пользователем несколько раз



LIA — вводная область;

PA — область данных сессии;

LOA — выводная зона

Сессией (session) называют набор треков (от 01 до 99), которому предшествует вводная зона, включающая ТОС с указателем начала каждого из этих треков. За последним треком имеется выводная зона, начало которой также задано в ТОС

Сессия считается закрытой, если ее программная область обрамлена вводной и выводной зонами. То есть сессия 1 на рис. является закрытой, а сессия 2 — незакрытой

Размер выводной зоны второй и последующих сессий уменьшен до 2 250 секторов (0,5 минуты, около 4 Мбайт)

При записи очередной сессии много-сеансового диска данные предыдущих сессий можно (выборочно) включать в оглавление

Тогда для считывателя многосеансовый диск будет выглядеть как единое целое, а запись очередной сессии может изменить его видимое содержание

Последняя сессия станет доступной для чтения только после ее закрытия (`finalize`)

Причем различают закрытие отдельной сессии и закрытие всего диска

После закрытия сессии (записи ее вводной и выводной зон) возможно создание новой сессии (при наличии доступного пространства в программной области), но после финализации диска записать новые сессии на него нельзя и, следовательно, нельзя «изменить» его файлы

Первая сессия использует 20 Мбайт, каждая последующая — 13,5 Мбайт на вводную и выводную зоны

Закрытием диска (финализацией) называют запись вводной и выводной области, в ТОС указывается начало выводной дорожки

Когда закрывается сессия или диск с файловой системой ISO 9660, кроме «физической» TOC, включающей положение треков, на диск (в программную область) записывается и «логическая» TOC тома, в которой описывается положение всех записанных файлов (при желании с файлами и предыдущих сессий)

При этом в области уже записанных файлов никаких изменений не происходит

После такого закрытия диск становится читаемым стандартными приводами CD-ROM

До этого закрытия логическая ТОС существует лишь в памяти (на жестком диске) пишущего компьютера, а физическая ТОС — в РМА на записываемом носителе

Если диск будет вынут из рекордера до закрытия сессии (диска) или при аварийном завершении работы компьютера, то логическая ТОС не запишется — данные будут присутствовать на диске, но без доступа к ним

В настоящее время для CD распространены почти эквивалентные файловые системы HSF и ISO 9660

HSF (high sierra format) — фактический стандарт на доступ к данным из среды DOS, UNIX и других ОС, названный по географическому месту разработки

ISO 9660 — первый стандарт для хранения данных на CD-ROM. Данные тома CD-ROM начинаются с сектора 16 первого трека сессии (адрес в заголовке сектора — 00:02:16)

Область логических секторов 0–15 объявлена системной — ее использование стандартом не предусматривается

Формат UDF призван заменить ISO 9660. UDF разработан и развивается Optical Storage Technology Association

UDF (Universal Disk Format, универсальный дисковый формат) — спецификация формата файловой системы, не зависящей от операционной системы для хранения файлов на оптических носителях

UDF позволяет дозаписывать файлы на диски CD-R или CD-RW по одному файлу без существенных потерь дискового пространства

Также UDF учитывает возможность выборочного стирания некоторых файлов на перезаписываемых носителях CD-RW

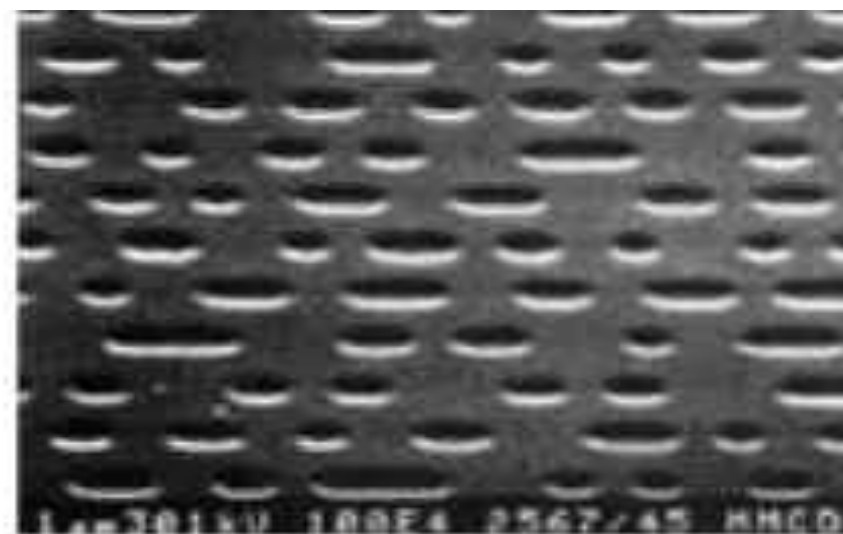
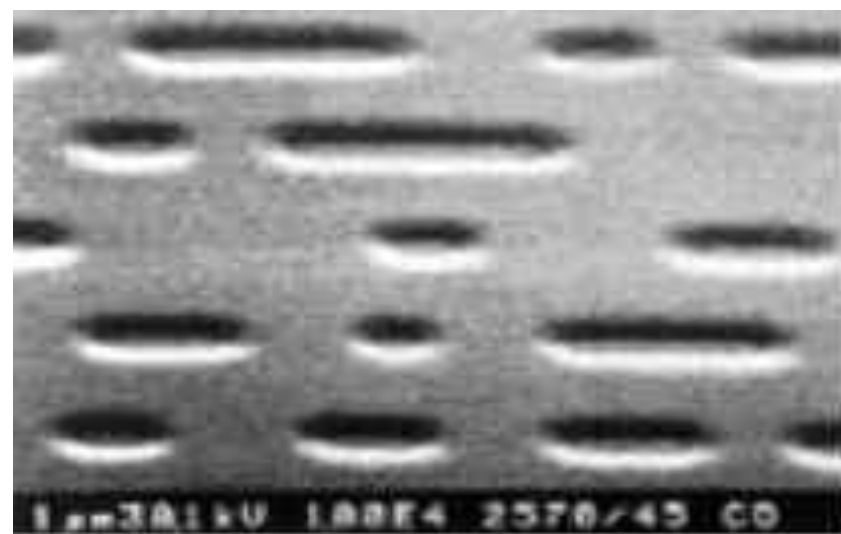
Метаданные файловой системы, такие, как корневая директория, могут находиться где угодно на диске, «корень» метаданных должен находиться в двух из трех следующих мест: сектор 256, сектор (N-257) и (N-1), где N — размер дорожки в секторах

UDF также лучше подходит для DVD, так как имеет лучшую поддержку для дисков большого объёма — нет ограничения в 2 и 4 ГБайт на размер файла

Допустимы фрагментированные файлы

Формат разрабатывался для работы с пакетной записью (запись небольших объемов данных)

Чем меньше длина волны применяемого лазера, тем меньшего размера (по длине и ширине) можно формировать питы. Благодаря снижению рабочей длины волны излучения лазера с 0,78 до 0,63–0,65 мкм было достигнуто уменьшение размеров штрихов записи практически в два раза, а расстояние между дорожками записи — с 1,6 до 0,74 мкм



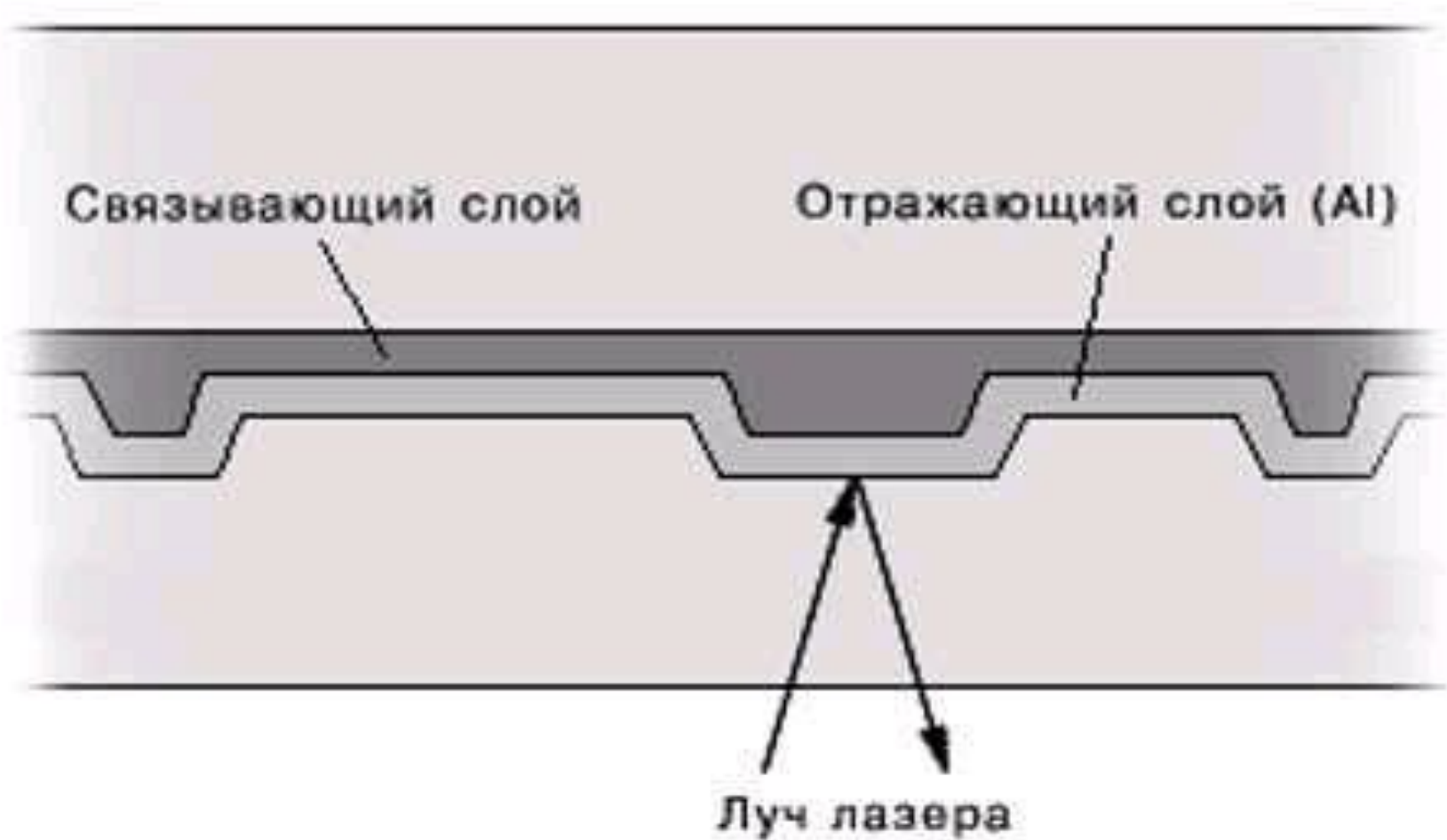
Оптический носитель информации DVD-ROM предназначен только для чтения и также, как CD-ROM, изготавливается штамповкой или прессованием

Дальнейшим совершенствованием этой технологии явилось создание двухсторонних, двухслойных и двухсторонних двухслойных

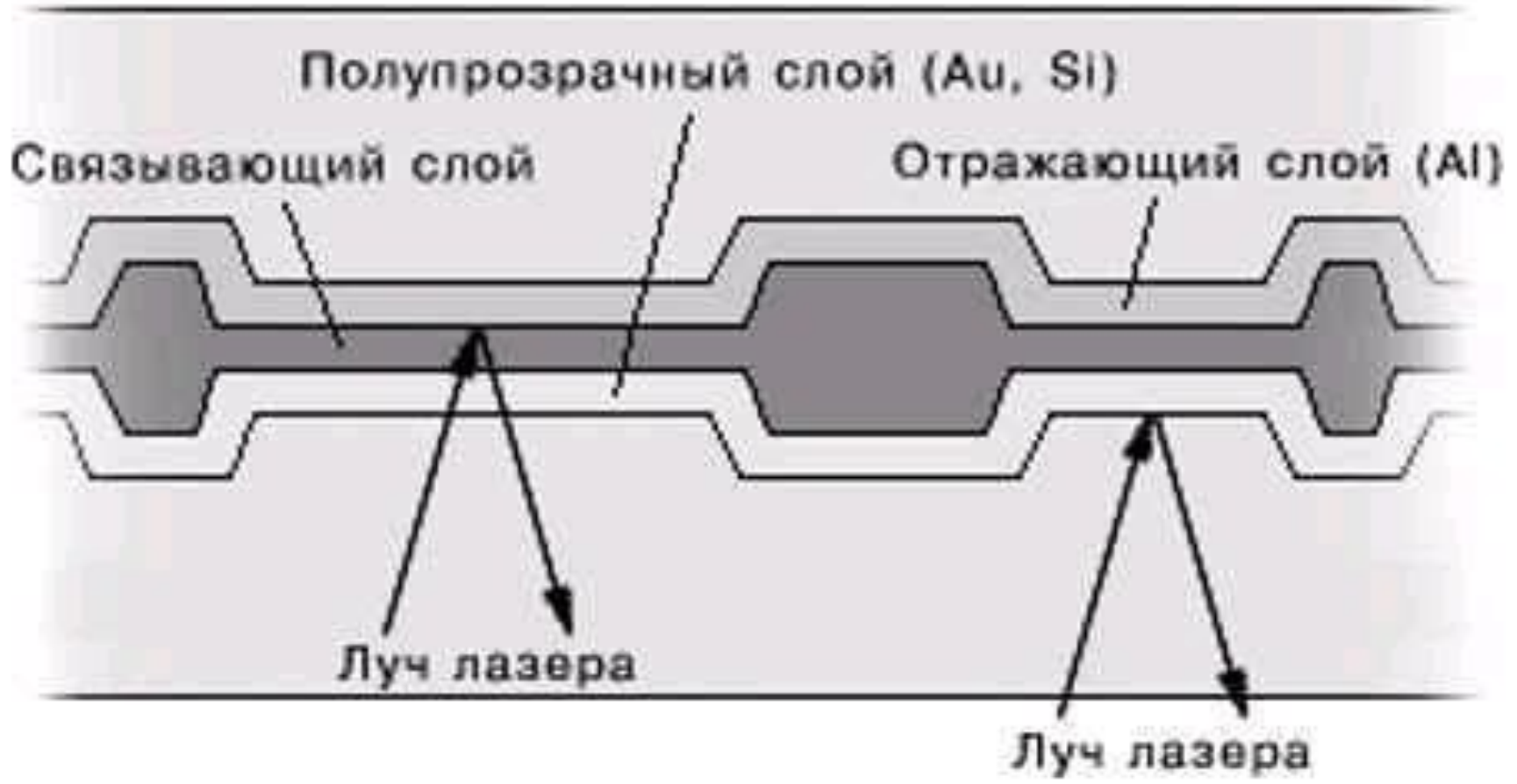
Для доступа к информации, записанной на второй стороне DVD-диска, необходимо просто перевернуть его на 180 градусов

Доступ ко второму рабочему слою осуществляется путем смены фокусировки лазерного луча

Возможны четыре разновидности DVD



DVD-5 — односторонний диск с однослойной записью и емкостью 4,7 Гбайт

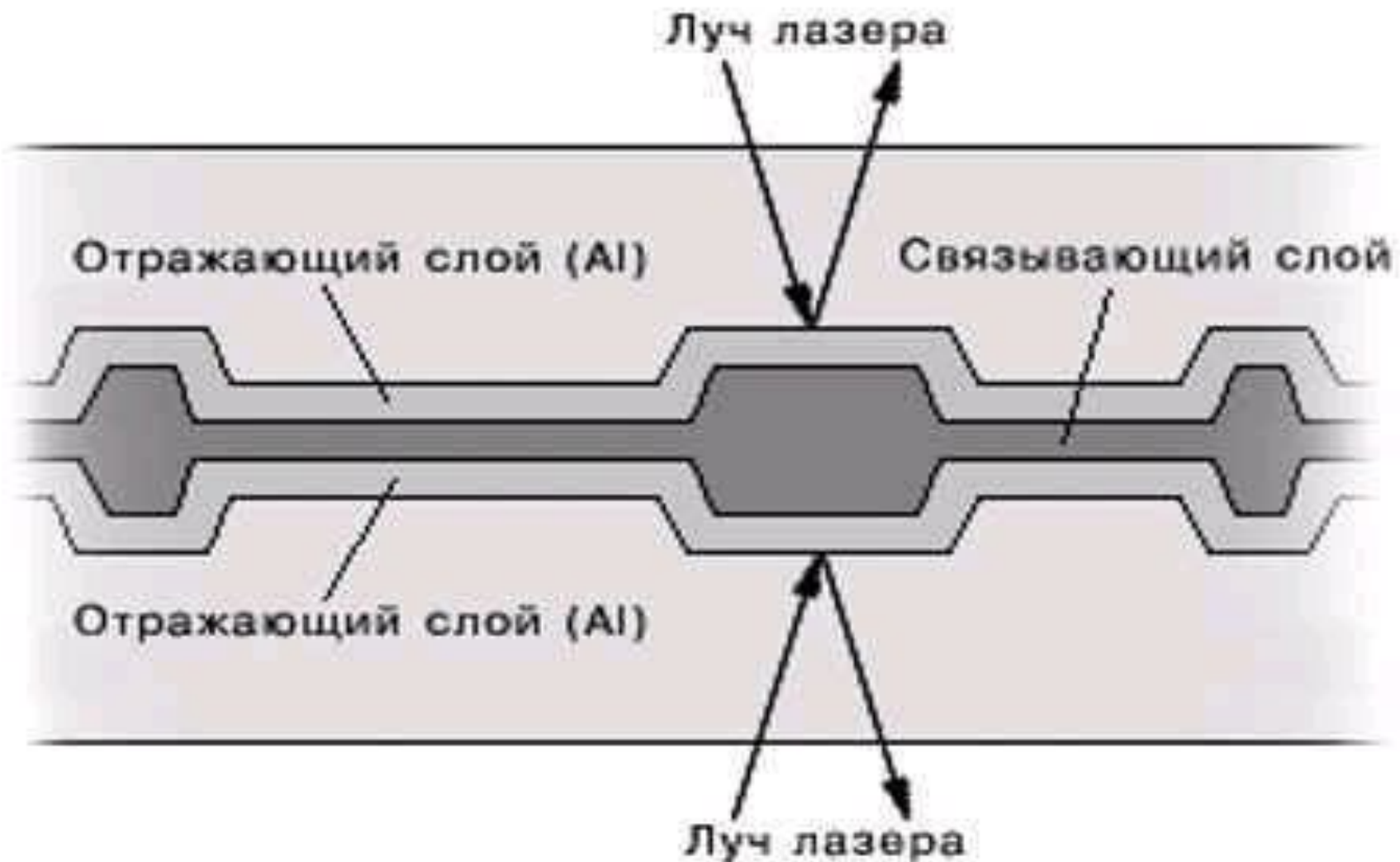


DVD-9 — это двухуровневый односторонний диск емкостью 8,5 Гбайт

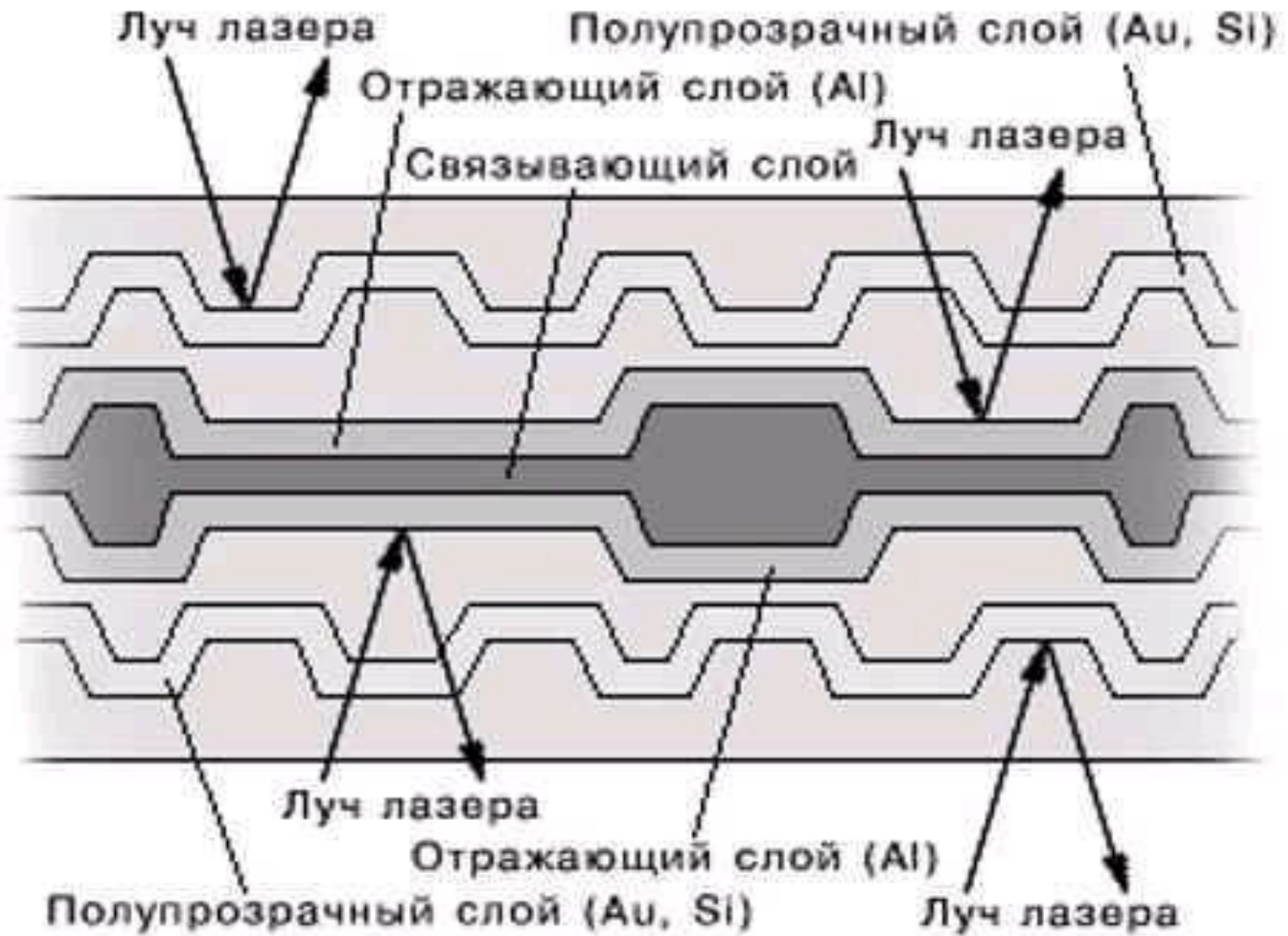
Полупрозрачный слой отражает 18-30% лазерного излучения. Этого достаточно для считывания информации с верхнего слоя

В то же время полупрозрачный слой будет пропускать столько излучения, сколько необходимо, чтобы сигнал от нижнего уровня с высокой отражательной способностью читался

Информационные уровни разделяет высоко-однородный клей, используемый для соединения двух половин диска. Толщина клеевой прослойки составляет 40–70 мкм, позволяя различить сигнал, отраженный от одного или другого уровней



DVD-10 — однослойный двухсторонний диск емкостью 9,4 Гбайт. По сути это двойной DVD-5 без чистой подложки



DVD-18 имеет такую же структуру, как и DVD-9

Впадины (штрихи) DVD образуют единственную спиральную дорожку (в каждом слое) с расстоянием 0,74 мкм между витками, что соответствует плотности дорожек 1 351 виток на миллиметр, или 34 324 витка на дюйм. В целом это составляет 49 324 витка, а общая длина дорожки достигает 11,8 км

Дорожка разбита на секторы, каждый из которых содержит 2 048 байт данных. Диск разделен на четыре основные области. Область фиксирования (посадки) диска. Представляет собой центральную часть компакт-диска с отверстием для вала привода

Начальная область. Включает в себя буферные зоны, код ссылки и зону служебных данных, содержащую информацию о диске

Зона служебных данных состоит из 16 секторов, продублированных 192 раза, что составляет 3 072 сектора данных

В этих секторах расположены данные о диске, в частности указаны категория диска и номер версии, размер и структура диска, максимальная скорость передачи данных, плотность записи и распределение зоны данных. В целом начальная область занимает до 196 607 (2FFFFh) секторов диска

Базовая структура всех секторов DVD, в отличие от компакт-дисков, одинакова. Секторы буферной зоны начальной области содержат только символы 00h

Область данных. Содержит видео-, аудио- или другие данные и начинается с сектора под номером 196 608 (30000h). В общей сложности область данных однослойного одностороннего диска может содержать до 2 292 897 секторов

Конечная зона. Отмечает завершение области данных. Секторы конечной зоны содержат только значения 00h

Центральное отверстие DVD имеет диаметр 15 мм, т. е. его края расположены на расстоянии 7,5 мм от центра диска. Область фиксирования диска начинается от края центрального отверстия и заканчивается на расстоянии 16,5 мм от центра диска

Начальная (или нулевая) область начинается в 22 мм от центра диска

Область данных начинается на расстоянии 24 мм и завершается конечной областью, расположенной за 58 мм от центра диска. Формально дорожка диска заканчивается на расстоянии 58,5 мм от его центра, затем следует буферная зона шириной 1,5 мм

Существуют однослойные и двухслойные, а также односторонние и двусторонние версии DVD. Двусторонние диски, в сущности, представляют собой два односторонних диска, склеенных тыльными сторонами друг с другом. Между двух- и однослойными версиями имеется более существенное различие

Длина впадин (штрихов) двухслойных дисков немного больше, что приводит к незначительному уменьшению емкости диска

Спиральная дорожка разделена на секторы, частота следования которых при чтении или записи составляет 676 секторов в секунду

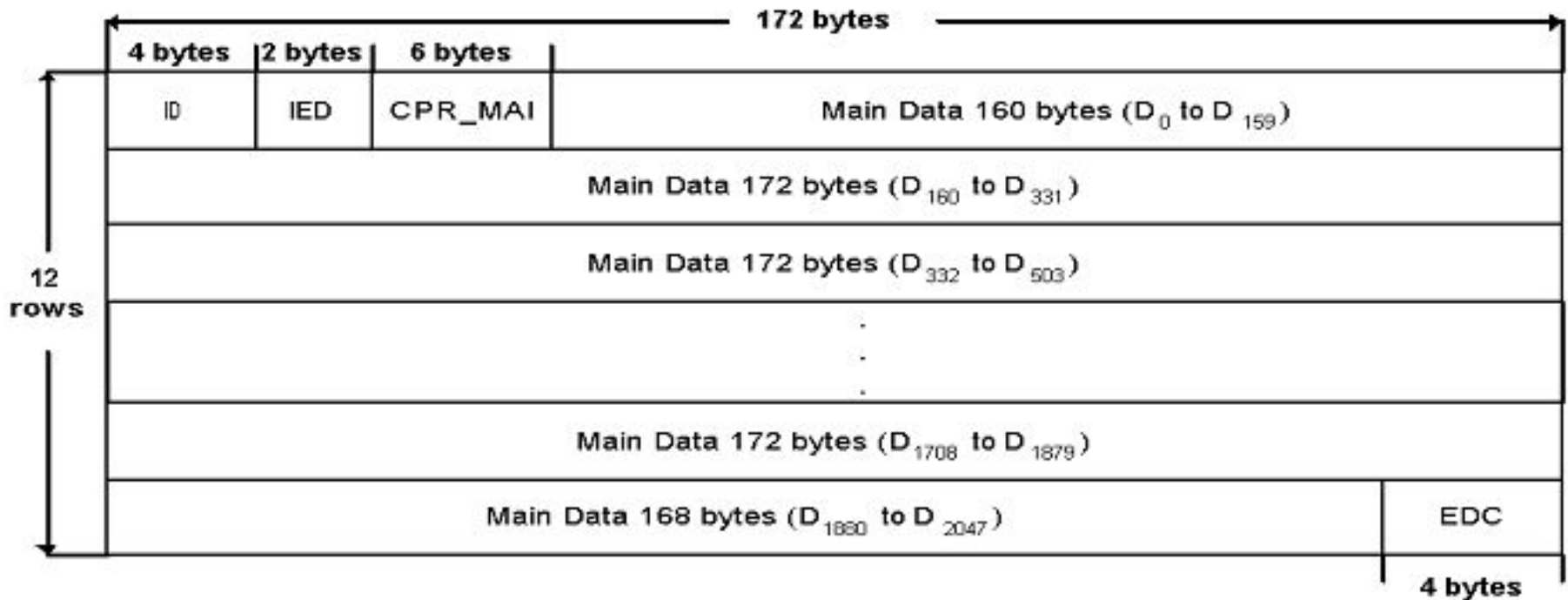
Секторы организованы в кадры данных, содержащие 2 064 байт, из которых 2 048 байт являются общими данными, 4 байта содержат идентификационную информацию, 2 байта — код обнаружения ошибок ID (IED), 6 байт — данные относительно авторского права на носитель, а 4 байта представляют собой код обнаружения ошибок (EDC) для кадра данных

В процессе записи данных на DVD-диск хост передает устройству блоки данных размером 2 048 байт, называемые Main Data

Перед записью на диск блок Main Data проходит несколько этапов преобразования

На первом этапе устройство из блока Main Data формирует блок Data Frame

Data Frame представляет собой матрицу 12 x 172, т. е. 12 строк по 172 байта



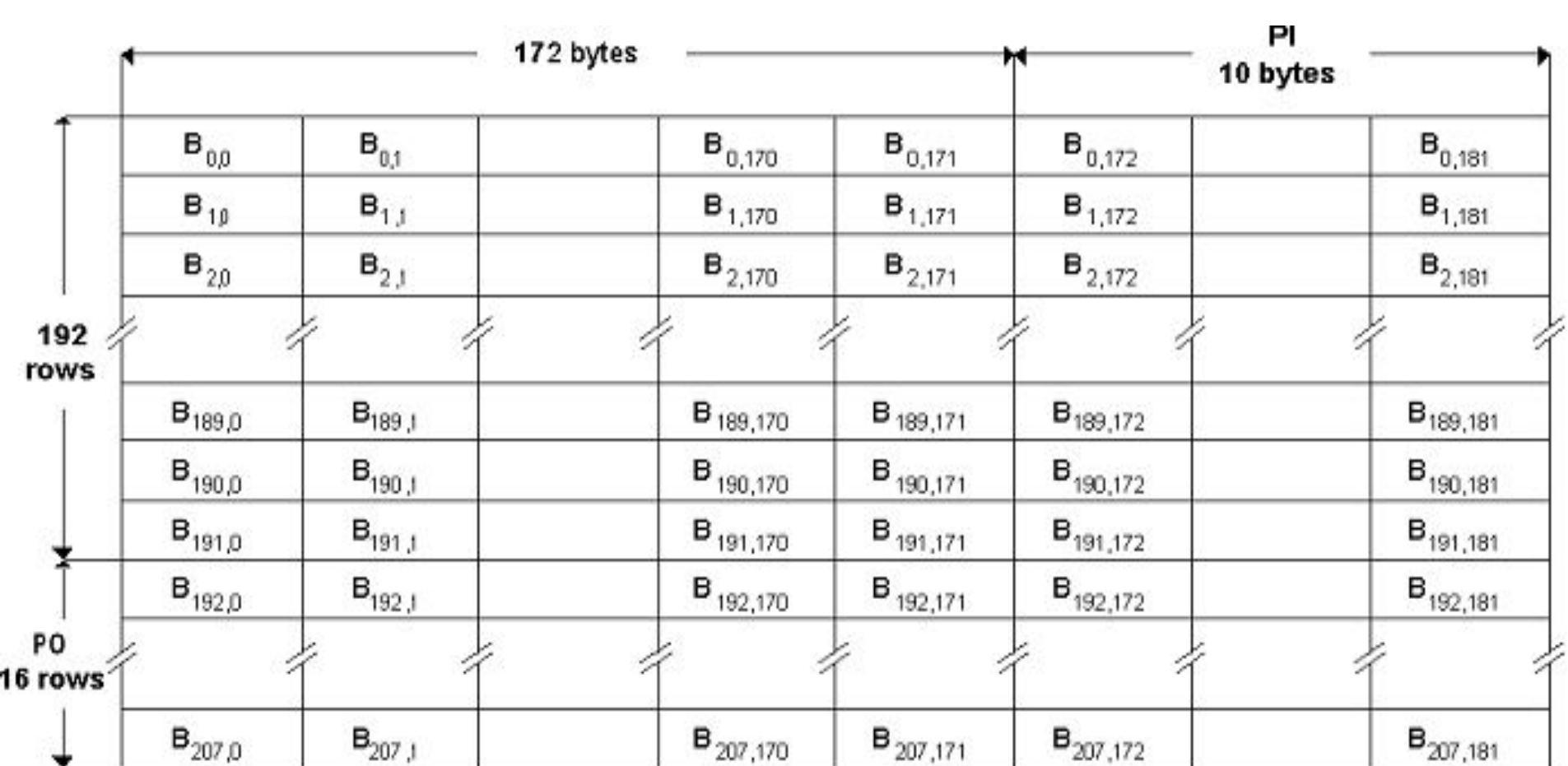
Первая строка содержит ID, IED, данные авто-
рского права, последняя строка - EDC

Блок Data Frame подвергается скремблированию, образуя Scrambled Frame

16 последовательно расположенных Scrambled Frames образуют ECC блок, который можно представить в виде матрицы 192 x 172 (192 строки по 172 байта)

Для каждого столбца матрицы рассчитывается и добавляется 16 байт корректирующего кода Риды-Соломона (Parity of Outer Code, PO) матрица расширяется до 208 строк

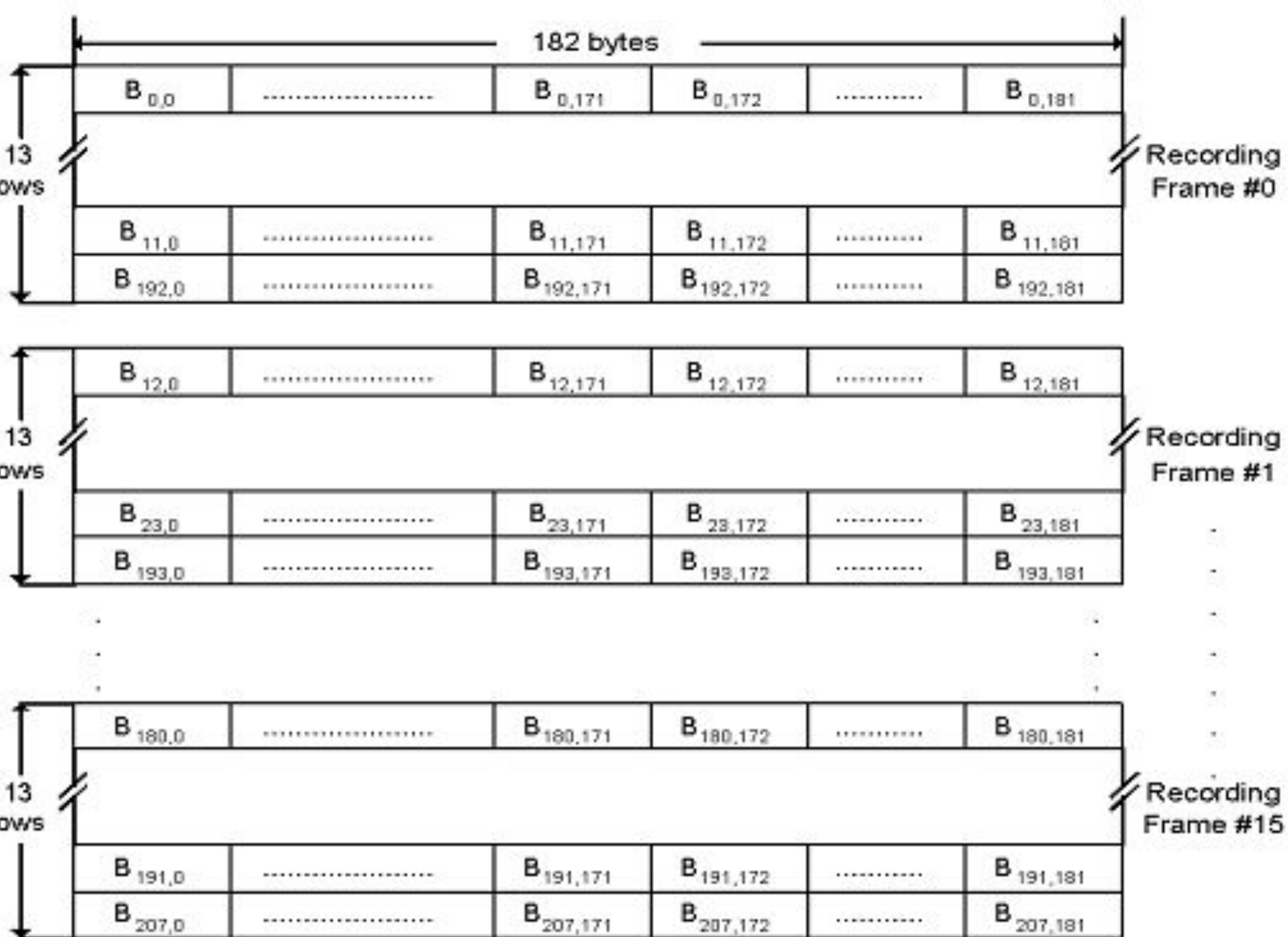
Затем для каждой строки рассчитывается и добавляется 10 байт корректирующего кода (Parity of Inner Code, PI), и



Далее из ЕСС блока формируется блок Recording Frame путем чередования строк матрицы следующим образом – строки, содержащие данные (первые 192 строки), чередуются со строками, содержащими корректирующий код (последние 16 строк) таким образом, что после 12 строк данных следует строка корректирующего кода

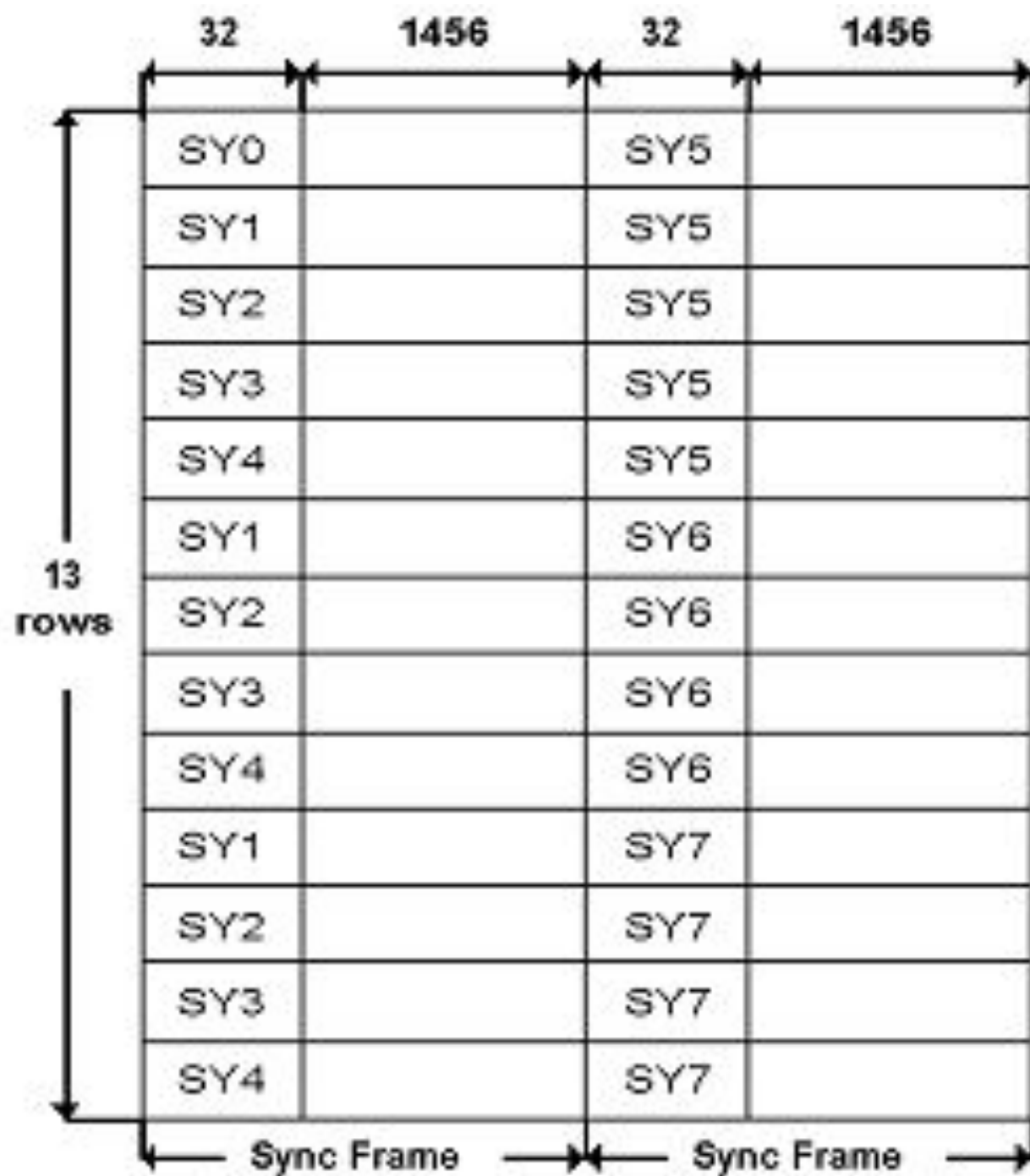
Таким образом 37 856 байт ЕСС блока преобразуются в 16 блоков Recording Frames по 2 366 байт каждый

Блок Recording Frame представляет собой матрицу 13 x 182 (13 строк по 182 байта)



8 бит каждого Recording Frame преобразуются в 16-ти битное кодовое слово (Code Words) таким образом, чтобы между двумя единичными битами было не меньше двух, но не более десяти нулевых бит – RLL(2,10),

Промодулированный Recording Frame преобразуется в физический сектор (Physical Sector) путем разделения каждой строки на две равные части размером 91 байт и добавления к каждой части кода синхронизации SYNC Code



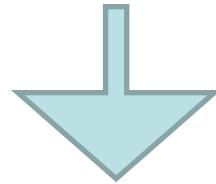
Physical Sector состоит из 13 строк, каждая строка содержит два Sync Frames в составе синхронизирующего кода SYNC Code и 1 456-битной последовательности канальных битов (91 байт \times 16 бит = 1 456 бит)

Запись физического сектора на диск начинается с первого Sync Frame, затем записывается второй и т. д.

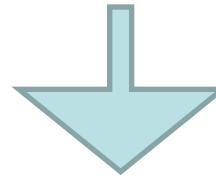
Таким образом, после преобразования кадра ЕСС в физический сектор общее количество достигает $13 \times (32 + 1\,456) \times 2 = 38\,688$ бит или 4 836 байт

ID	IED	CRP_MAI	MAIN DATA	EDC
----	-----	---------	-----------	-----

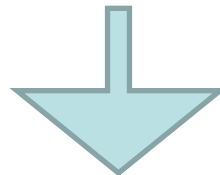
Data Frame размером $(12 \times 172) = 2\,064$ байт



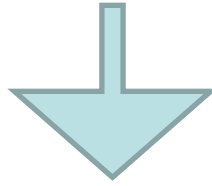
Scrambled Frame того же размера



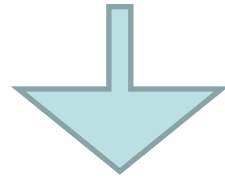
16 Scrambled Frame образуют блок ECC размером $208 \times 182 = 37\,856$ байт



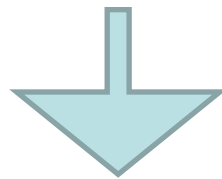
16 Recording Frame размером $13 \times 182 = 2\,366$ байт



Модуляция 8/16 каждого байта Recording Frame (EFM+) $2 \times 2\,366 = 4\,732$ байт



Sync Frame $2 \times (32 + 1\,456) = 2\,976$ бит



Physical Sector $13 \times (32 + 1\,456) \times 2 = 38\,688$ бит или 4 836 байт

Для того чтобы объяснить функцию байтов верхнего (PO) и нижнего (PI) контроля четности, рассмотрим два байта, в которых записаны символы "N" и "O" (N = 01001110, O = 01001111)

Чтобы ввести код коррекции ошибок, указанные байты организованы в строки

	Биты данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8		PI

Байт 1	0	1	0	0	1	1	1	0		1
Байт 2	0	1	0	0	1	1	1	1		0

PO	1	1	1	1	1	1	1	0		1

Значения битов контроля четности для каждого столбца вычисляются точно так же, после чего добавляются к столбцу

Другими словами, значение бита контроля четности должно быть таким, чтобы сумма единиц каждого столбца была нечетным числом

После кодирования дополнительные биты сохраняются вместе с данными

Таким образом, к 2 байтам данных добавлены еще 11 бит, предназначенных для коррекции ошибок

Во время считывания данных происходит повторное вычисление битов коррекции ошибок и проверка соответствия условиям нечетности

В качестве примера изменим значение одного из битов данных (тем самым допустим, что произошла ошибка считывания)

	Биты данных									
	1	2	3	4	5	6	7	8		PI

Байт 1	0	1	0	0	1	0	1	0		0
Байт 2	0	1	0	0	1	1	1	1		0

PO	1	1	1	1	1	0	1	0		1

В частности, это относится к значениям бита P1 в строке 1 и бита P0 в столбце 6

Это позволяет точно определить строку и столбец, где была совершена ошибка

В данном случае это байт 1 (строка 1), бит 6 (столбец 6). Теперь известно, что этот бит был по ошибке прочитан как 0, поэтому его необходимо изменить на 1

Таким образом, код коррекции ошибок благодаря некоторым дополнительным данным, введенным в каждую строку и столбец, может прямо «на лету» выявлять и исправлять ошибки

Стандарт DVD-RAM был предложен компаниями Panasonic, Hitachi и Toshiba; он входит в список стандартов, поддерживаемых DVD Forum

Накопители DVD-RAM используют технологию изменения фазы, схожую с технологией CD-RW

Первые носители DVD-RAM (1998 г) имели емкость 2,6 Гбайт (односторонний) или 5,2 Гбайт (двусторонний)

В конце 1999 года появились диски DVD-RAM версии 2 емкостью 4,7 Гбайт, а в 2000 году были представлены двусторонние диски емкостью 9,4 Гбайт

Технология DVD-RAM использует методику записи на волнообразные выступы и желобки

В соответствии с этой методикой сигнал записывается и на выступ (площадь между желобками), и в сами желобки, которые формируются при создании диска

Частота колебания дорожек служит информацией для синхронизации. Диск содержит специальные заголовки секторов, которые наносятся на него при создании

DVD-RAM содержит как отпечатанные (embossed), так и перезаписываемые данные

Отпечатываются первые 5 зон вводной зоны: зона инициализации, reference code, первая буферная зона, управляющие данные и вторая буферная зона

В остальных зонах спираль образуется вытравленной канавкой (groove), причем запись производится как в канавках (groove track, groove sector), так и между ними (land track, land sector)

Во вводной зоне в дополнение к 5 зонам, определенным стандартом DVD-ROM, имеются зона соединения (промежуток между отпечатанной и перезаписываемой областями, пустое место без секторов)

Кроме того, в вводной области есть защитная зона 1, зона для тестирования диска, зона для тестирования дисководов, защитная зона 2, резервная зона, DMA 1 (область управления дефектными блоками), DMA 2

Выводная зона состоит из зоны DMA 3, DMA 4, защитной зоны 1, зоны для тестирования диска, зоны для тестирования дисководов, защитной зоны 2, резервной зоны

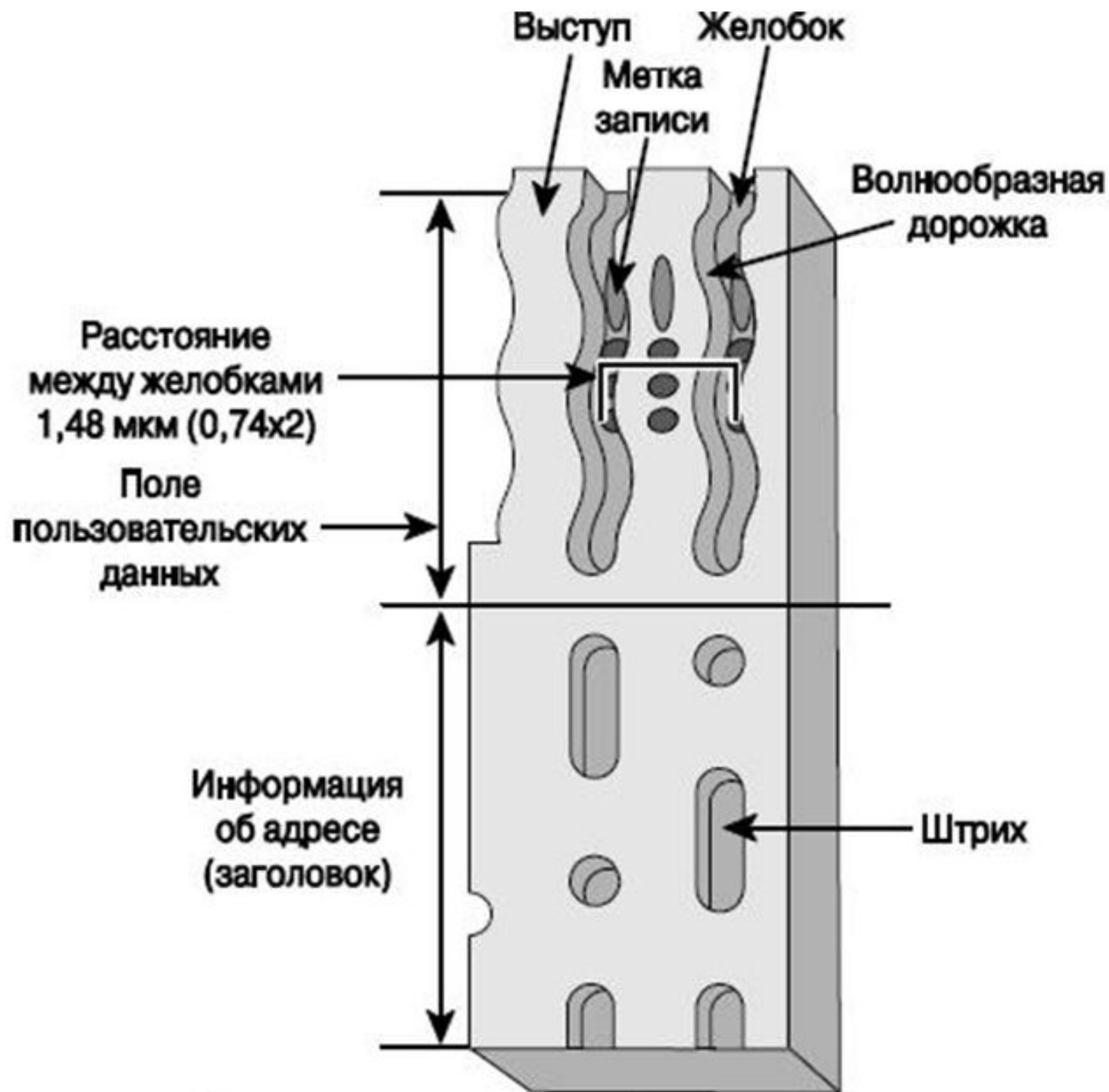
Перезаписываемая область поделена на 24 подзоны, разделяемые защитными зонами

Подзона обрамлена защитными зонами и имеет область запасных блоков

Вводится адресация LSN (Logical Sector Number), так что все сектора с пользовательскими данными имеют последовательные номера, начиная с 0

Внутри каждой подзоны дорожки состоят из одинакового числа секторов (от 17 до 40), но эти сектора содержат по 2 697 байт (данные формата физического сектора DVD-ROM обрамляются дополнительной информацией)

Содержимое DMA идентично и содержит информацию о форматировании диска, первичный список дефектов (обнаруженных при форматировании) и вторичный список дефектов (обнаруженных в процессе работы)



Для записи на диск применяется метод изменения фазы, в соответствии с которым данные записываются на участок, выборочно нагретый с помощью лазера высокой мощности

Записывающий лазер накопителя DVD-RAM переводит участок поверхности диска из кристаллического в аморфное состояние за счет нагревания поверхности

Кристаллическая и аморфная поверхности имеют разные коэффициенты отражения. Сигнал считывается благодаря разнице в отражении лазерного луча от кристаллической и аморфной поверхностей

Модуляция и коды коррекции ошибок такие же, как и для DVD-ROM, что обеспечивает совместимость с остальными форматами DVD

Во время стирания лазер с более низкой энергией нагревает поверхность, в результате чего она вновь кристаллизуется

DVD-R – это однократно записываемые диски. Они бывают двух типов: диски общего назначения (general purpose) и диски для авторинга (authoring)

DVD-R общего назначения, в отличие от дисков для авторинга, содержат встроенную систему защиты от нелегального копирования

Диски общего назначения можно записывать на обычном DVD рекордере. Для записи авторинговых дисков используются специальные рекордеры. Записанные таким образом диски не содержат защиты от нелегального копирования и используются только для последующего тиражирования на заводах

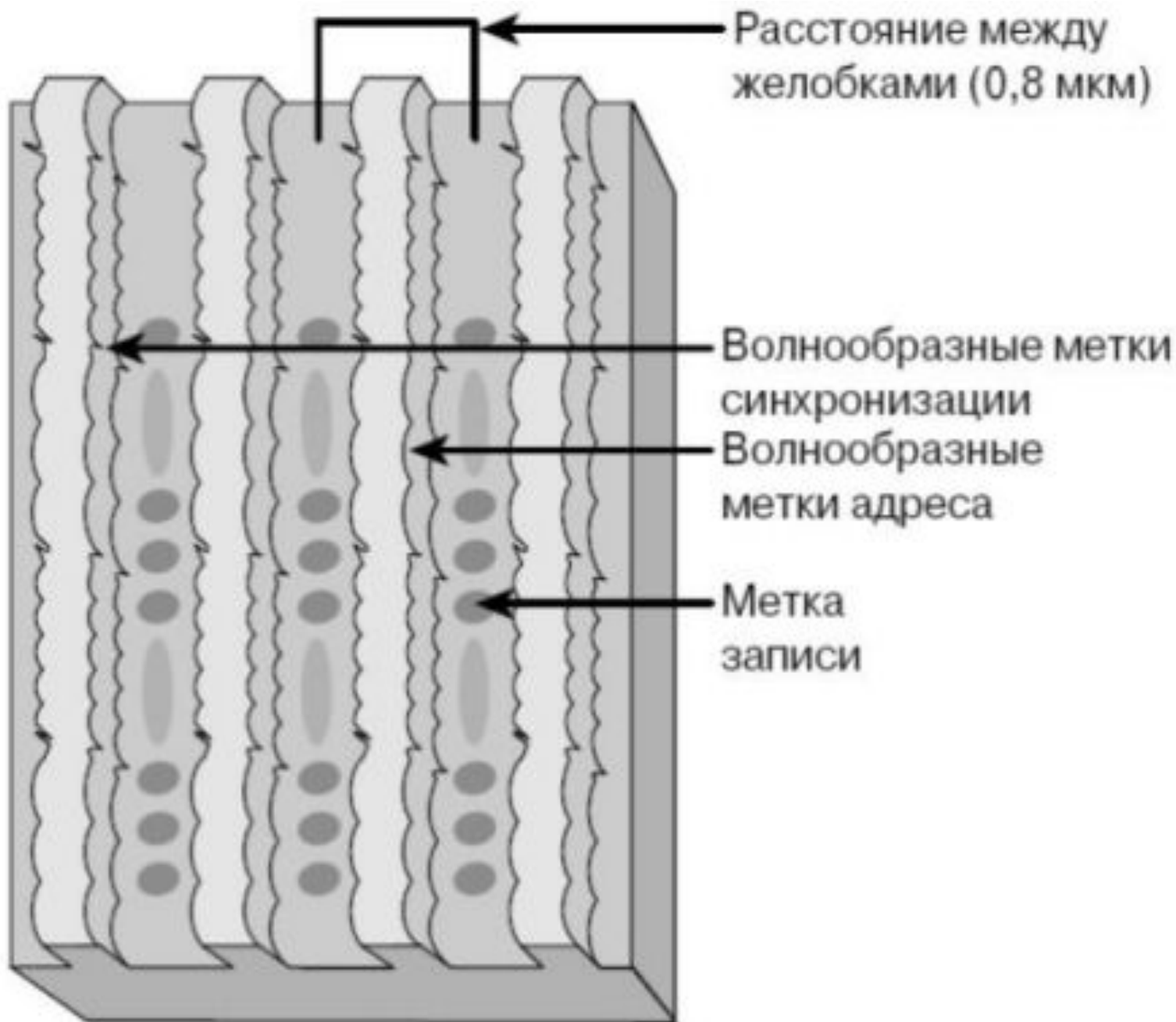
Объем DVD-R общего назначения – 4,7 Гбайт

Технология DVD-R использует органическое краситель также, как и в CD-R

Для обеспечения точности позиционирования в DVD-R используется метод волнообразных желобковых дорожек, в соответствии с которым специальные желобковые дорожки в заводских условиях гравировются на диске

Частота отклонений желобков является синхронизирующей при считывании информации с диска

Желобки расположены более плотно, чем в DVD-RAM, однако данные записываются только в желобки – площадки не используются



DVD-R перед вводной зоной (Lead-In) содержит зону R-Information, которая делится на знакомую по CD-R область PCA (Power Calibration Area, 7 088 секторов) и RMA (Recording Management Area)

Выводная зона (Lead-Out) следует за зоной данных, но не может начинаться ранее некоторой границы

Режим записи – CLV

Зона данных может делиться на подзоны (RZone), которые могут быть открытыми (не более 2) и закрытыми (завершёнными)

На DVD-R выдавлена управляющая спиральная дорожка (Unrecorded Zone), которая содержит следующие данные:

- ограничения на используемое при записи оборудование (special drives, restricted use)
- физические характеристики диска: диаметр, скорость, размер пятна, длина волны и др.
- максимальный записываемый адрес
- предлагаемые значения для OPC (Optimum Power Calibrate)
- стратегия записи (продолжительность лазерных импульсов и пауз между ними для различных обстоятельств) и параметры её адаптивной подстройки

Формат RMA:

- идентификатор изготовителя записывающего устройства
- модель
- серийный номер
- информация о каждом сеансе записи (RMD)
- состояние диска: пуст, запись в режиме DAO, дополняющая запись, закрыт
- информация OPC для 4 устройств: изготовитель, серийный номер, модель, стратегия записи, мощность, время, сектор PCA, результат OPC
- количество Rzone и пр.

DVD-RW – многократно перезаписываемый диск объемом 4,7 ГБайт

Разработан на базе DVD-R, но используется изменение фазы как в CD-RW

Отражающая способность ниже, чем у DVD-ROM (некоторые устройства путают его с двухслойным DVD-ROM)

Структура данных очень похожа на структуру DVD-R

Режим записи – CLV

Выдавленная управляющая дорожка (Unrecorded Zone) дополнительно содержит предлагаемые значения OPC и стратегии для стирания

Состав информации о каждом сеансе записи (RMD) различен при различных режимах записи (DAO, дополняющая запись, ограниченная перезапись) и содержит данные о состоянии диска (пуст, дополняющая запись, DAO, закрыт после дополняющей записи, минимально очищен, происходит стирание, происходит форматирование, пуст и защищён от записи, DAO и защищён от записи, дополняющая запись и защищён от записи, закрыт после дополняющей записи и защищён от записи, минимально очищен и защищён от записи, различные режимы ограниченной перезаписи)

Кроме того, он содержит копию информации из выдавленной дорожки: информацию OPC для 4 устройств (аналогично DVD-R, но дополненную информацией о стирании), количество изменений, количество стираний, битовую карту дефективности наборов RMD, тип происходящего сейчас стирания и текущую позицию, тип происходящего сейчас форматирования и текущую позицию, адреса и статус входных и выходных границ (до 16 штук), число и границы RZone (до 16 штук), битовые карты дефективности блоков

Носители DVD+RW, называемые также перезаписываемыми DVD с изменяющейся фазой, наименее дорогие, самые простые в использовании и наиболее совместимые с существующими форматами

По физической структуре диски DVD+RW и DVD+R напоминают носители DVD-R, данные которых записываются только в желобках, но частота колебания отличается от той, которая используется в DVD-R/RW и DVD-RAM

В желобках дисков DVD+RW также записываются данные позиционирования

Для стандарта DVD+RW характерны следующие особенности:

- односторонние диски (4,7 Гбайт)
- двусторонние диски (9,4 Гбайт)
- до 4 часов видеозаписи (односторонние диски)
- до 8 часов видеозаписи (двусторонние диски)
- бесконтейнерные диски
- лазер с длиной волны 650 нм
- постоянная линейная плотность записи данных
- запись с постоянными линейной (CLV) и угловой (CAV) скоростями

- скорость записи — 1–4x и более (в зависимости от привода)
- файловая система UDF
- интегрированная система выявления дефектов
- быстрое форматирование
- использование EFM+-модуляции (модуляции 8/16) и кодов коррекции ошибок, применяемых в DVD-ROM
- технологии последовательной и произвольной записи
- связывание без потерь (при многосессионной записи используется все пространство диска)

- спиральная канавка с радиальным колебанием
- после завершения записи все физические параметры соответствуют требованиям спецификации DVD-ROM

Технология DVD+RW во многом похожа на CD-RW, а накопители DVD+RW позволяют читать DVD-ROM и компакт-диски всех форматов, включая CD-R и CD-RW

При использовании DVD+RW процесс записи может быть приостановлен и возобновлен без потери областей, связывающих сеансы записи. Это дает возможность повысить эффективность произвольной записи

Технология «связывание без потерь» позволяет выполнить выборочную замену любого отдельного блока данных объемом 32 Кбайт новым блоком с точностью позиционирования 1 мкм

Для достижения высокой точности размещения данных на дорожке в DVD+RW используются высокочастотные колебания предварительной канавки диска. Благодаря этому достигается очень высокая точность синхронизации и адресации данных, считываемых с этой канавки

DVD+R – однократно записываемый диск
объемом 4,7 ГБайт

Информационная зона может содержать
одну или более сессий (до 191)

Односессионная информационная зона
делится на внутреннюю зону, вводную зону,
зону (пользовательских) данных (максимум 2
295 104 сектора), выводную зону, внешнюю
зону. Все их можно записывать, чистая
болванка не содержит ничего

Запись идет по выдавленной канавке.
Канавка имеет форму спирали, на которой
записана информация об адресах блоков,
(ADIP - Address-in-Pregroove)

Каждая сессия состоит из вводной зоны сессии (Intro), зоны пользовательских данных (целое число ЕСС блоков) и выводной зоны сессии (Closure)

Для первой сессии в качестве вводной зоны сессии выступает вводная зона диска

Для последней сессии в качестве выводной зоны сессии выступает выводная зона диска

Последняя сессия может быть открытой (не иметь выводной зоны сессии)

Данные могут записываться только в открытую сессию, так что если последняя сессия диска закрыта, то необходимо создать новую открытую сессию

Следует отметить, что формат DVD+R, который является однократно записываемой версией DVD+RW, фактически появился после DVD+RW в отличие от DVD-RW, который создавался на основе DVD-R

Одной из причин, которые привели к разработке стандарта DVD+R, стала потребность в недорогой технологии, которая обеспечивала бы долговременное архивное хранение данных с помощью DVD

Другой причиной была несовместимость носителей, записанных посредством дисководов DVD+RW, с устройствами DVD-ROM и проигрывателями видеодисков

Следует отметить, что форматы DVD-R(W) и DVD+R(W) не совместимы

Однако считываться записанные диски могут в большинстве современных DVD приводов

Различия форматов состоят в записи дисков

Для записи DVD привод обычно получает от диска три типа данных:

1) Данные для трекинга (отслеживания дорожек), которые позволяют приводу записывать питы точно на дорожку

2) Данные адресации, которые позволяет приводу записывать информацию в отведенные места на диске

3) Данные о скорости вращения диска

В DVD-R(W) дисках информация трекинга и скорости заключена в "дрожании" (wobble) дорожек, а адресация и другая служебная информация, содержится в предзаписанных питах между канавками (land pre-pits, LPP)

Наличие LPP определяют по скачкам амплитуды специального сигнала «дрожания»

Указанные скачки происходят при нахождении головки рядом с предзаписанным питом. Частота дрожания (wobble frequency) для DVD-R(W) дисков составляет 140,6 кГц

В дисках DVD+R(W) используется более высокая частота дрожания 817,4 кГц, а служебная информация содержится в изменении фазы сигнала дрожания, т. е. хранится в самой дорожке, что позволяет более точно позиционировать световую иглу

Такой метод записи служебной информации называется «адресация в преднанесенных канавках» (Address In Pre-groove, ADIP)

Диск DVD+R(W) передает в привод большее количество информации, что в конечном итоге, приводит к улучшению качества записи

Для того чтобы многосессионные DVD-R(W) могли считываться обычными DVD-ROM проигрывателями, область пользовательских данных содержит специальные граничные зоны border-in и border-out

Размеры граничных зон могут изменяться от 32 до 96 Мбайт для первой зоны, от 6 до 18 для последующих зон

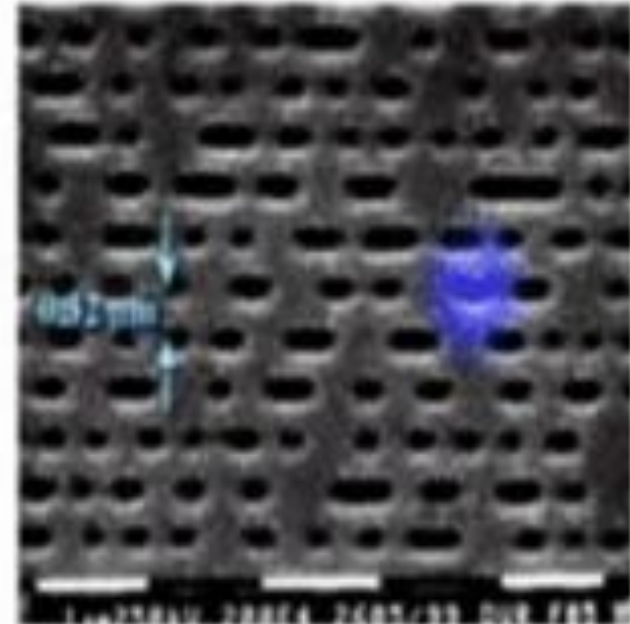
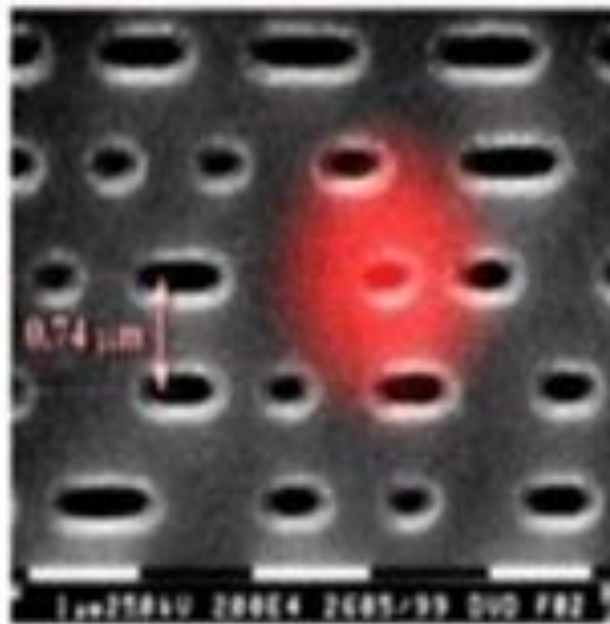
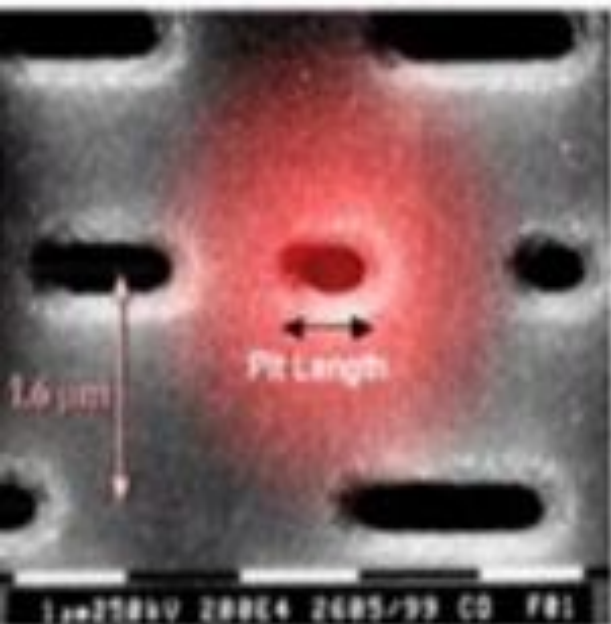
DVD-R(W) диск с тремя записанными сессиями будет содержать до 132 Мбайт (96 + 18 + 18) избыточной служебной информации, что составляет более 2% от его общего объема

Многосессионные DVD+R(W) диски также содержат специальные зоны, которые называются Intro и Closure зонами, однако их размер всегда составляет 2 Мбайта

DVD+R(W) диск с тремя записанными сессиями будет содержать всего 4 Мбайта дополнительной служебной информации (первая Intro зона не записывается, вместо нее используется Lead-In, аналогично не записывается и последняя Closure зона, т.к. используется Lead-Out)

Последними в ряду оптических носителей появились компакт-диски Blue Ray и HD-DVD, использующие модифицированные покрытия рабочей стороны диска и голубой лазер (в отличие от красного лазера, применяемого в технологиях CD/DVD)

Голубой лазер за счет длины волны 0,405 мкм имеет более высокую точность



Blu-ray Disc – формат оптического носителя, используемый для записи и хранения цифровых данных, включая видео высокой четкости с повышенной плотностью

Blu-ray Disc является полностью перезаписываемым форматом, позволяющим записывать до 25 Гбайт данных или до двух часов высококачественной видеоинформации на одностороннем однослойном диске, двухслойном диске до 50 Гбайт, трехслойном диске до 100 Гбайт, четырехслойном диске до 128 Гбайт с помощью сине-фиолетового лазера с длиной волны 405 нм

Такое уменьшение позволило сузить дорожку вдвое по сравнению с обычным DVD-диском (до 0,32 мкм) и увеличить плотность записи данных

Уменьшение длины волны, использование высококачественной двух-линзовой системы, уменьшение толщины защитного слоя в 6 раз (0,1 вместо 0,6 мм) предоставило возможность проведения более качественного и корректного течения операций чтения/записи

Это позволило записывать информацию в меньшие точки на диске, а значит, хранить больше информации

В конце 2008 г японская компания Pioneer продемонстрировала 16- и 20-слойные диски на 400 и 500 Гбайт, способные работать с тем же самым 405-нм лазером, что и обычные BD

Компания Pioneer Electronics уже представила привод BDR-206MBK, поддерживающий трехслойный диск 100 и четырехслойный диск 128 Гбайт

Из-за того, что на дисках Blu-Ray данные расположены слишком близко к поверхности, первые версии дисков были крайне чувствительны к царапинам и внешним механическим воздействиям, из-за чего они были заключены в пластиковые картриджи

Решение этой проблемы появилось в январе 2004 г с появлением нового полимерного покрытия, которое дало дискам более качественную защиту от царапин и пыли

Это покрытие, разработанное корпорацией TDK, получило название «Durabis». Оно позволяет очищать BD при помощи бумажных салфеток, которые могут нанести повреждения CD и DVD

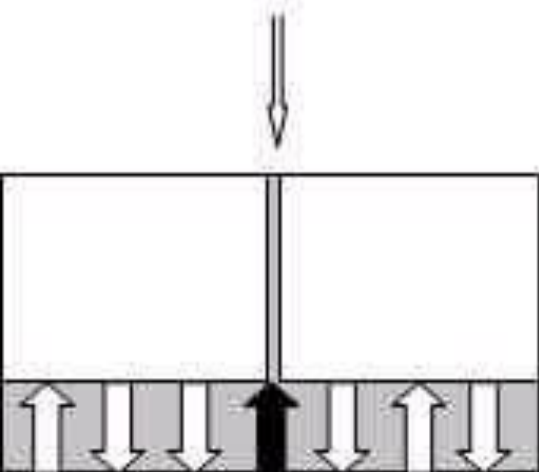
МО – многократно перезаписываемые диски

Запись на магнитооптические диски (МО-диски) выполняется при взаимодействии лазера и магнитной головки

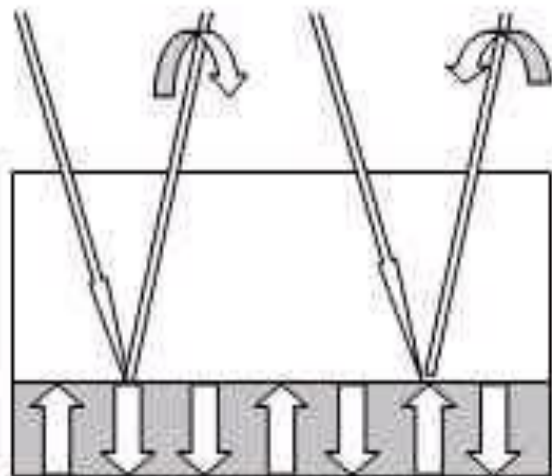
Луч лазера разогревает до точки Кюри (температуры потери материалом магнитных свойств) микроскопическую область магнитного слоя, которая при выходе из зоны действия лазера остывает, фиксируя магнитное поле, наведенное магнитной головкой

В результате данные, записанные на диск, не боятся сильных магнитных полей и колебаний температуры

Лазерный луч
100%

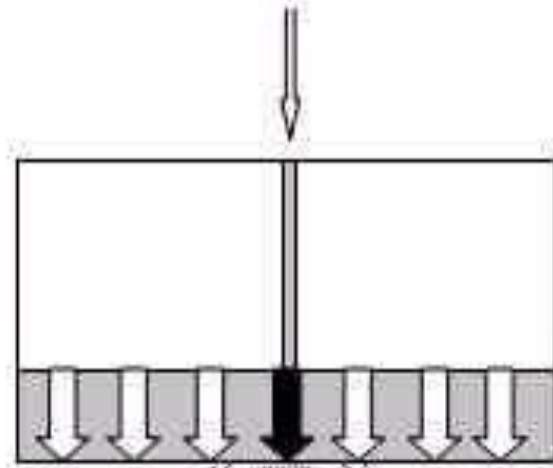


Лазерный луч
25%

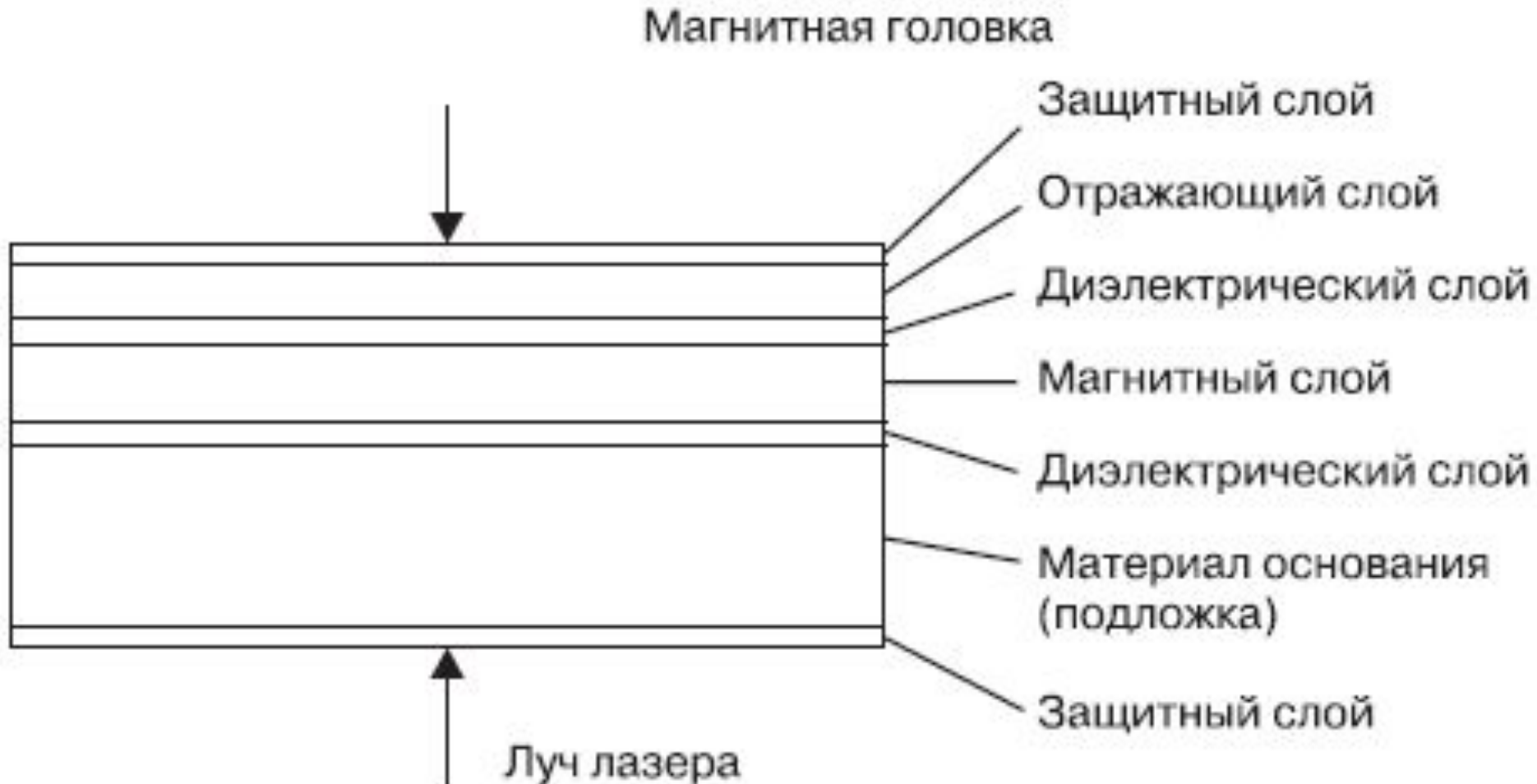


0 1 1 0 1 0 1

Лазерный луч
100%



Структура МО напоминает структуру CD-RW, только между диэлектрическими слоями размещается магнитный слой, для которого необходимо обеспечить быстрый отвод тепла



Луч лазера падает на магнитный слой со стороны подложки, а магнитная головка находится с противоположной стороны

Луч лазера на поверхности диска создает пятно размером около 1 мм

Частицы пыли и микроскопические царапины не оказывают при этом существенного влияния на процессы записи и считывания

На магнитном слое за счет фокусировки пятно уменьшается уже до микронных размеров, что и определяет размеры намагниченных участков

МО-диск помещается в пластиковую коробку со «шторкой» и окошечком защиты от записи

MAGNETO-OPTICAL DISK

MO

1.3 GB

FUJITSU


GIGAMO

Tom's
hardware
guide

На диске, также как и на обычной дискете, имеется специальный переключатель, разрешающий или запрещающий запись. Кроме того, на диск наносится маркировка, состоящая из названия фирмы-изготовителя, информационного объема диска и т. д.

Существует несколько форматов магнито-оптических дисков, например на 3,5 и 5,25 дюймов. Однако в настоящее время в ПК в основном используются формат диска с геометрическим размером 3,5 дюйма

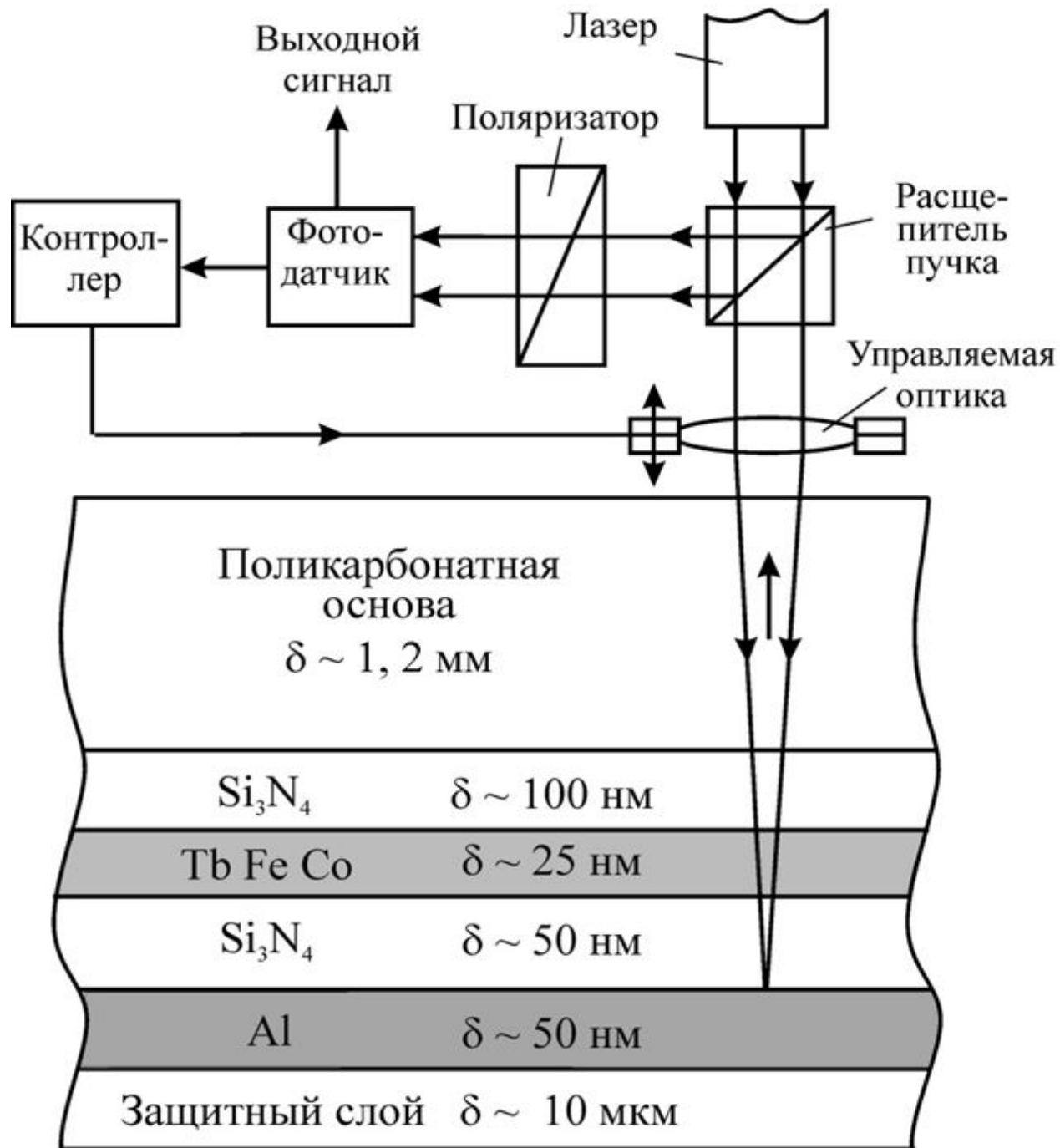
Магнитный слой создается на основе порошка из сплава кобальта, железа и тербия. С двух сторон он окружен диэлектрическими слоями, которые выполняются из прозрачного полимера и выполняют роль теплоотвода (защищают диск от перегрева), а также увеличивают эффект поляризации при считывании

Отражающий слой создается путем нанесения материала из алюминия или золота

Считывание осуществляется тем же самым лазером, но на меньшей мощности, недостаточной для разогрева диска

Принцип действия МО МНИ основан на магнитооптическом эффекте Керра, заключающемся в изменении ориентации плоскости поляризации света при взаимодействии с намагниченной поверхностью

Средой, несущей информацию, является слой напыленного ферромагнетика TbFeCo толщиной около 25 нм. Поскольку он очень чувствителен к влаге, его с двух сторон защищают слоями Si_3N_4 . За нижним из них располагают отражающий слой Al с тем, чтобы свет дважды прошел через пленку TbFeCo



Поляризованный лазерный луч проходит сквозь материал диска, отражается от подложки, проходит сквозь оптическую систему и попадает на фотодатчик

Сигнал с фотодатчика появляется благодаря тому, что к опорному пучку, ответвленному оптическим расщепителем потока, добавляется отраженный луч с изменившейся плоскостью поляризации

Выходной сигнал через контроллер управляет подвижной оптической системой (для оптимизации взаимодействия светового потока с носителем)

Магнитооптические диски бывают одно- и двухсторонние, причем двухсторонние представляют собой два односторонних диска, склеенных между собой подложками. Соответственно и общая емкость такого диска равна сумме емкостей двух поверхностей

Объем информации, который может быть записан на магнитооптический диск, составляет от 128 Мбайт до 9,1 Гбайт

Время доступа для магнитооптических дисков находится в пределах от 17 до 35 мс

Среднее количество циклов считывания и записи составляет 10 млн

Запись информации на магнитооптический диск должна производиться на предварительно отформатированный диск, т. е. на диске должна быть создана физическая и логическая структура

В МО формирование физической и логической структуры диска реализуется в процессе записи на него данных. Эти структуры аналогичны структурам, которые создаются на магнитных дисках, т. е. запись данных производится на концентрические дорожки, которые разбиваются на сектора (информационный объем сектора 512 байт)

Для записи в классических приводах и дисках MO применяется три прохода

В первом проходе происходит стирание ранее записанной информации. Во втором проходе в стертую область записываются данные, а третий проход используется для проверки записанных данных. За счет проверки надежность MO выше чем у перезаписываемых CD и DVD дисков

В 1997 г появились дисководы с технологией LIMDOW (light intensity modulated direct overwrite), при которой первые два прохода объединялись в один, за счет того, что магниты для стирания внедрялись в сам MO