

Лекция 7

Цифровая запись видеосигнала на лазерные компакт-диски

CD, история создания, хронология

Типы компакт-дисков

Структура компакт-диска

Структура информационной дорожки CD-диска

Запись на DVD и CD диски промышленным способом

Структура CD-R и CD-RW

DVD-диски, строение

Варианты изготовления DVD-дисков (DVD-R, DVD-RW)

Технология Blu-Ray (BD)

Современные технологии: NF, in Volum, ML

Blu-Ray 3D

Голографические диски (HVD)

Цифровая запись видеосигнала на лазерные компакт-диски

CD, история создания

Компакт-диск был задуман как носитель звуковой информации, однако его предшественником следует считать лазерный видеодиск системы **Laser Vision**, а вовсе не виниловую грампластинку.

Первые работы по оптической записи информации на дисковый носитель начались в **1961** году в стенах **Стэнфордского университета в США**.

Первым был разработан **механический** способ видеозаписи в **1970** году. Способ, разработанный западногерманской фирмой **TELEFUNKEN** и английской фирмой **ДЕСКА**, состоял в том, что видеосигнал записывался на хлорвиниловый диск диаметром **21 см** и толщиной **1,2 мм** в виде мелких зубчиков на стенках **V-образной канавки**. Воспроизведение такой записи осуществлялось с помощью алмазной иглы.

Второй способ видеозаписи - **емкостной** - предложен в **1972** году американской фирмой **RCA**. Воспроизведение заключалось в изменении электрической емкости между электродом, расположенным на кончике воспроизводящей иглы, и металлической пленкой видеодиска.

Третий метод - **оптический** - разработан к **1972** году фирмой **PHILIPS**. Считывающий луч либо отражался от алюминиевого слоя, либо рассеивался на углублениях, модулируя таким образом отраженный пучок, который и использовался для формирования воспроизведенного сигнала. В **1972** году фирмой **MCA**, а в **1973** году французской фирмой **THOMSON** разработан видеодиск с воспроизведением в проходящем свете.

Четвертый способ записи видеосигнала на диск - **магнитный** - разработан западногерманской фирмой **BOGEN** в **1973** году.

Хронология

Самым похожим на нынешний проигрыватель компакт-дисков был образец фирмы **PHILIPS**. Диаметр диска составлял **12 см** (у всех других - **30 см**), время звучания - **один час**, использовался уже разработанный к тому времени канальный код **EFM (8-14) (Eight to Fourteen Modulation)** и воспроизведение **с постоянной линейной скоростью**.

- **Июнь 1979 года** между фирмами **PHILIPS** и **SONY** заключен договор о проведении совместных работ по созданию системы оптической записи звука.

- **Октябрь 1980 года**. По инициативе 1 конференции по цифровой звукозаписи была организована выставка, где демонстрировались проигрыватели всех трех систем.

- **Апрель 1981 года**. Представители 50 фирм на 2 конференции провели анализ положения на рынке сбыта каждой из предлагаемых систем записи.

- **Октябрь 1981 года**. На выставке оптические проигрыватели демонстрировали уже 16 фирм, и лишь две - емкостные. Наиболее совершенной из всех оказалась система с оптическим диском, разработанная совместными усилиями **SONY** и **PHILIPS**.

- **Май 1982 года**. Фирмы **SONY** и **PHILIPS** подготовили проект международного стандарта на систему оптической звукозаписи **CD** - "Компакт-диск".

- **Сентябрь** того же года. Контракты на производство проигрывателей **CD** и самих компакт-дисков подписали уже **44** фирмы.

- **Октябрь 1982 года**. Стандарт на систему **CD** "Компакт-диск" был принят на конференции подкомитета **60А МЭК** (Международной Электротехнической Комиссии).

- **1995 год**. Разработка следующего поколения компакт-дисков **DVD**. Это 10 лидеров компьютерной индустрии, среди которых: «Sony», «Panasonic», «Philips» и др. Вначале эта аббревиатура расшифровывалась как **Digital Video Disc (цифровой видеодиск)**, но через год, аббревиатура стала расшифровываться как **Digital Versatile Disc (цифровой многофункциональный диск)**.

Типы компакт-дисков

Audio CD, или **CD-DA. Red Book (Красная книга)** – формат, разработан для записи музыкальных компакт-дисков. После записи такой диск можно прослушивать на бытовом CD-проигрывателе;

CD-ROM (Compact Disk – Read Only Memory) – Yellow Book (Желтая книга) – формат, разработанный для записи и хранения компьютерных данных. Диски производятся на специальном оборудовании методом штамповки;

Video CD – формат для записи и хранения видеоданных;

CD-R (Compact Disk – Recordable) - записываемый компакт-диск. В **1988** году компанией **Tajyo Yuden** был выпущен первый в мире CD-R ;

CD-RW (Compact Disk – Rewritable) - перезаписываемый компакт-диск;

CD Extra – формат, поддерживающий как аудиоданные, так и компьютерные данные;

Mixed-mode CD - компакт-диски смешанного типа;

Kodak Photo CD – формат фото компакт-диска фирмы Kodak, используемый для записи коллекций фотографий;

DDCD (Double Density CD) – формат компакт-диска двойной плотности фирмы Sony (2001г.). Он позволяет записывать на компакт-диски в два раза больше информации;

DVD (Digital Versatile Disk) – цифровой многофункциональный диск. Толчком к созданию стало появление стандарта цифровой записи видеоинформации на магнитной пленке – **DV (Digital video – цифровое видео)**.

DVD-Video – для записи цифровых сигналов звука и изображения с компрессией;

DVD-Audio – для записи высококачественного некомпьютеризованного цифрового звука с параметрами дискретизации 24 бит/96 кГц или другими альтернативными цифровыми форматами звукозаписи;

DVD-AudioV - для записи звука с дополнительной информацией;

DVD-ROM (Read Only Memory) – для записи PC - программ и другой цифровой мультимедиа;

DVD-R (Recordable) – диски с возможностью однократной записи информации (разработан фирмой Pioneer), емкость = 4.384 Гб;

DVD-R(A) (DVD-R For Authoring) - DVD-R для профессиональных авторов (с защитой);

DVD-R(G) (DVD-R For General) – DVD-R для общего использования (без защиты);

DVD-RW (Rewritable) - диски с возможностью многократной перезаписи данных;

DVD-RAM (Random Access Memory) – его в **1997** году разработали фирмы **Panasonic, Hitachi** и **Toshiba**. Диски формата DVD-RAM можно перезаписывать до ста тысяч раз. Кроме того, в них имеются специальные средства коррекции ошибок записи.

DVD-VR - разработан на основе формата DVD-RAM для записи видео.

DVD+RW - стандарт разработали фирмы Philips, Sony, Hewlett-Packard, Dell, Ricoh, Yamaha, Thomson Multimedia, MCC/Verbatim и некоторые другие в **1997г.**, а устройства появились в **2001г.**;

DVD+R – появился позже, реализует однократную запись, емкость = 4.378 Гб;

HD-DVD – (High-Definition Digital Versatile Disc) - HD-DVD совместимы с обычными DVD, но имеют большую емкость. На текущий момент, разработчики HD-DVD прекратили дальнейшие работы в этом направлении. Существуют по аналогии и **HD-DVD-R** и **HD-DVD-RW**;

BD-R – (Blu-Ray Disc Recordable) Похож на DVD+R, но имеет значительно большую емкость;

BD-RE – (Blu-Ray Disc Rewritable) Похож на DVD+RW, но имеет значительно большую емкость;

Устаревшие форматы **CD-I, CD-Bridge, Kodak PhotoCD, Karaoke CD, CD+MIDI, CD Text, CD-G Text, CD+, CD Extra, Enhanced CD, CD-3**. А так же: **FVD, EVD, UDO**.

Диски CD и DVD со знаками «+» и «-»

Изначально считалось, что «+» (например, **DVD+R**) – лидер для индустрии компьютеров, а «-» (**DVD-R**) – является стандартом качества для бытовой электроники. Сейчас практически вся техника распознает диски обоих форматов. Явных преимуществ друг перед другом ни у одного из них нет. Материалы для их производства также идентичны.

Вначале **Pioneer** продвигал **DVD-**, а **Sony** продвигала **DVD+**. Теперь все выпускают аппаратуру, которая читает и пишет оба формата.

Но, рекомендуется, если записывается фильм в формате **DVD**, то лучше это делать на **DVD-**, так как он изначально разрабатывался для **DVD**-плееров.

DVD+ был разработан значительно позже с учётом недостатков **DVD-**. В нём значительно увеличена скорость записи. **DVD+** обеспечивает лучшие возможности коррекции ошибок записи, гораздо более гибко реализована сама запись.

Следовательно, при записи на диск **DVD** фильмов с данными, то лучше использовать **DVD+**.

Структура компакт-диска

Строение CD

- диаметр - 120 мм (4,75 дюйма) - **5 - дюймовый** или
 - 80 мм (3,1 дюйма) - **3 – дюймовый**. Толщина диска - 1,2 мм;
- глубина штриха (**пита**) равна 0,12 мкм, ширина – 0,6 мкм.
- штрихи расположены по спирали, **от центра к периферии**;
- длина штриха – 0,9–3,3 мкм; (**ПИТ** и **ФЛЭТ**)
- расстояние между дорожками – 1,6 мкм;
- компакт-диски состоят из трех-шести слоев.

Для размещения пяти– и трехдюймовых дисков в лотке привода компакт-диска имеются специальные углубления – соответственно 5 и 3 дюйма.(обычно говорят вместо **4,75** дюйма – **5**, вместо **3,1** дюйма – **3**).

Стандартный пятидюймовый диск может содержать **650–700 Мбайт** информации, 74–80 минут высококачественного стереозвука с частотой дискретизации **44,1 кГц** и глубиной оцифровки **16** бит или огромное количество звука в формате MP3.

На трехдюймовые диски помещается около **180 Мбайт** информации.

Иногда встречаются диски, называемые «визитной карточкой» (**business card**) (**Рис. 1**). Это фактически трехдюймовые диски, обрезанные с двух сторон. На такой компакт-диск записывается от **10** до **80 Мбайт**, в зависимости от степени обрезания краев диска.

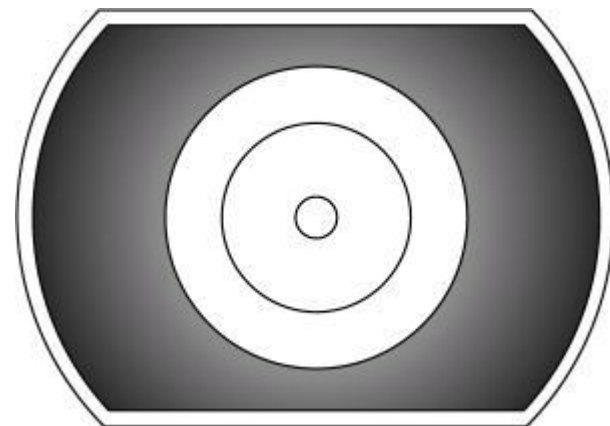


Рис. 1 Вариант CD в виде визитной карточки.

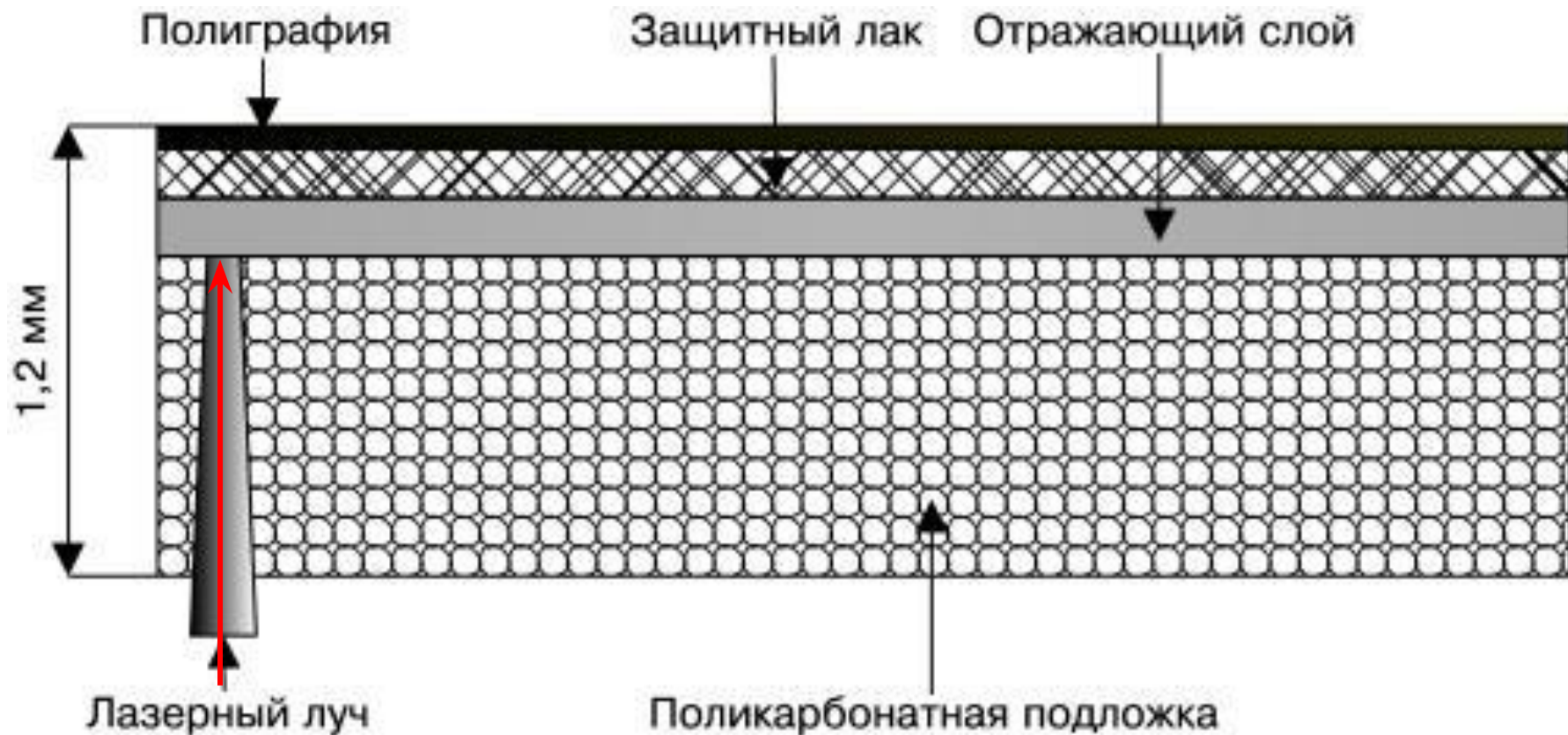


Рис. 2 Структура CD

Основой диска, предназначенного для записи информации промышленным способом, служит прозрачный поликарбонат, на который наносят тонкий слой из сплава алюминия, затем покрывают его защитным слоем лака и наносят полиграфическое изображение.

Диски DVD, DVD-R, DVD-RW, CD, CD-R, и CD-RW производятся различными фирмами: AMD, Amedia, Digitex, HP, Imation, MBI, Memorex, Philips, Smartbuy, Sony, TDK, Verbatim.

Структура информационной дорожки CD-диска

- На **CD** размещена непрерывная спиральная дорожка, **начинающаяся у внутреннего диаметра диска** и идущая к внешнему диаметру (**Рис.3**).
- Дорожка **CD** представляет собой последовательность мельчайших выемок в диске (**питов**) и отражающих поверхностей (**флэтов**) (**Рис.4, 5**).
- Ширина питов составляет **0,4-0,5 мкм**, глубина — **0,1 мкм**.
- Расстояние между соседними дорожками, которое названо **шагом спиральной дорожки**, постоянно и составляет **1,6 мкм**.

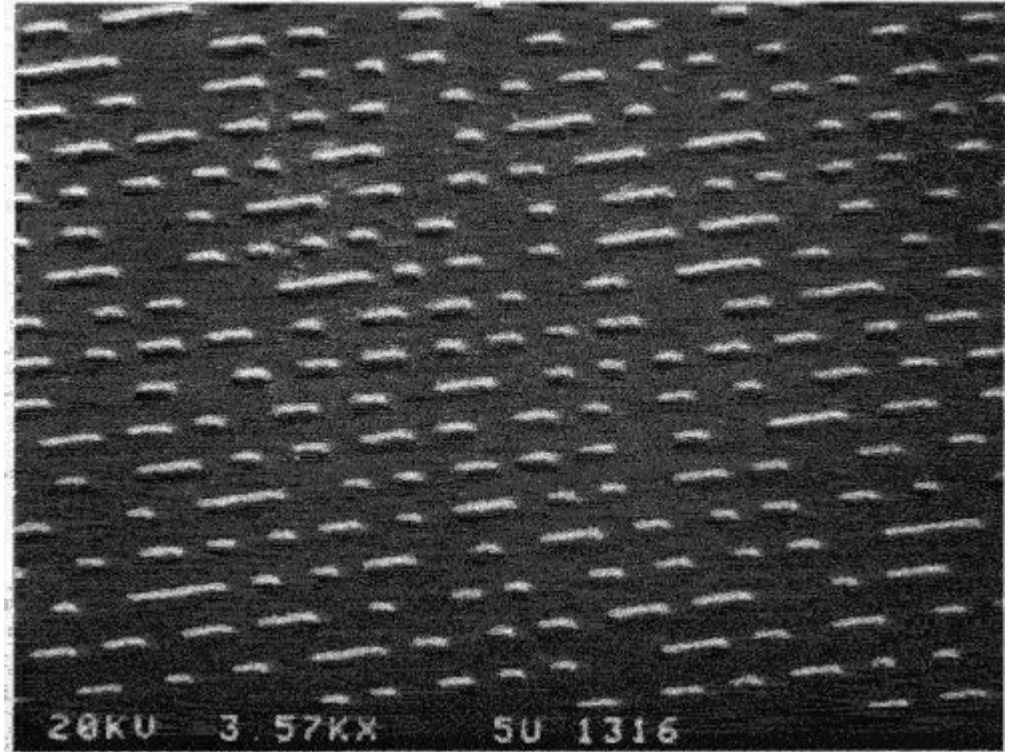


Рис. 3 Информационная поверхность компакт-диска

- Объектив лазерного звукоснимателя фокусирует лазерный луч строго на плоскости **CD**, где нанесена информация в виде микроуглублений. **Глубина резкости** объектива составляет не более **2 мкм**.
- На поверхности прозрачного слоя **CD** лазерный луч расфокусирован. Диаметр пятна лазерного луча составляет около **1 мм**, а это приводит к тому, что частички пыли, отпечатки пальцев или царапины на поверхности **CD** не могут быть «прочитаны» лазерным звукоснимателем.

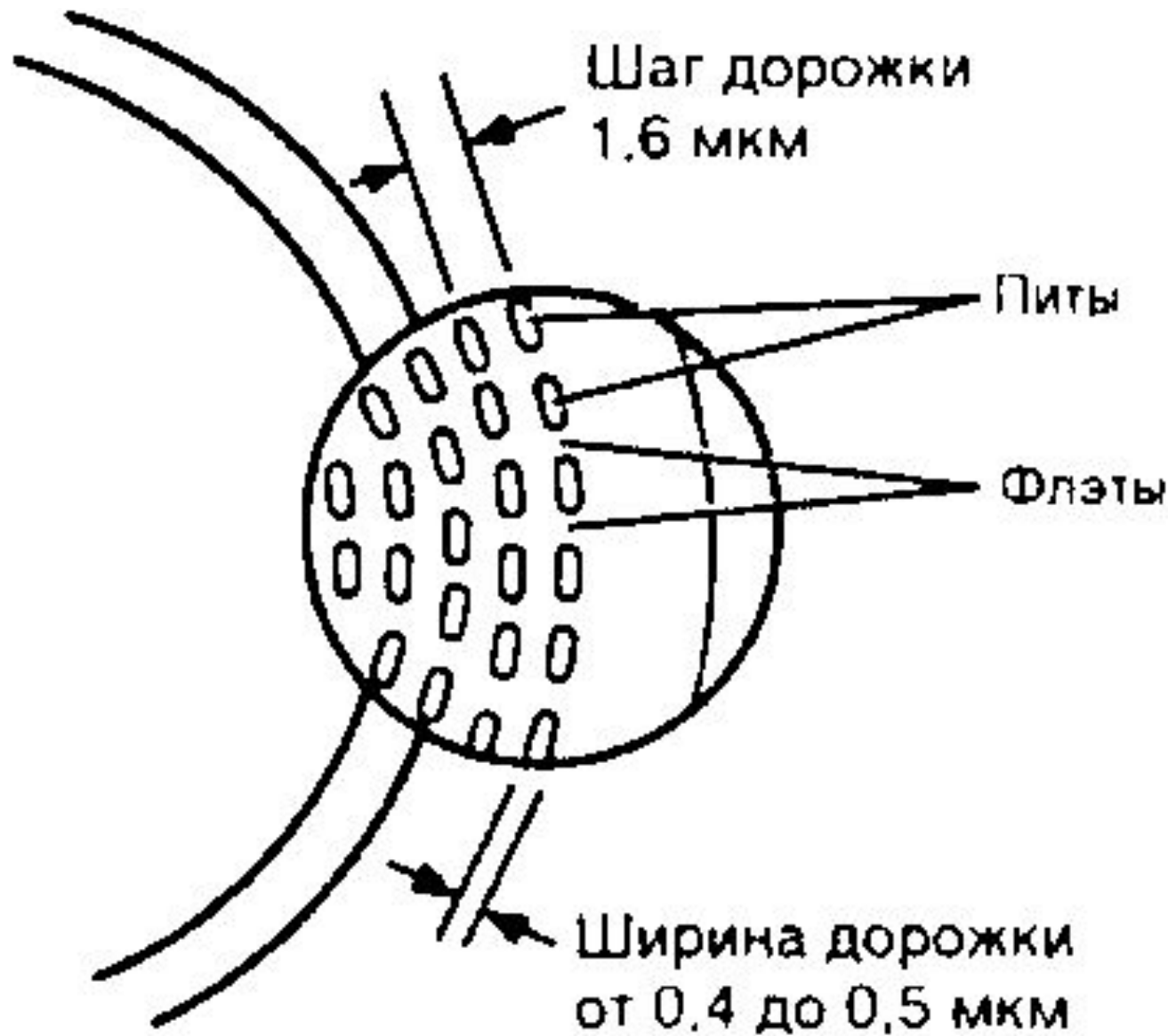


Рис. 4 Увеличенное схематичное изображение поверхности CD-диска



Рис. 5 Лазерный луч считывает информацию со стороны базы

- **Питы** и **флэты** могут изменяться по длине от 1 до 3 мкм.
- Из-за эффекта двойного преломления изменяется величина пятна лазерного луча, что ведет к изменению размера пятна освещенности информационной поверхности.
- При этом, кроме правильного луча, который отклоняется при переходе из одной оптической среды в другую, возникает также и “неправильный” луч. Он преломляется под другими углами, что ведет непременно к расширению пятна освещенности.

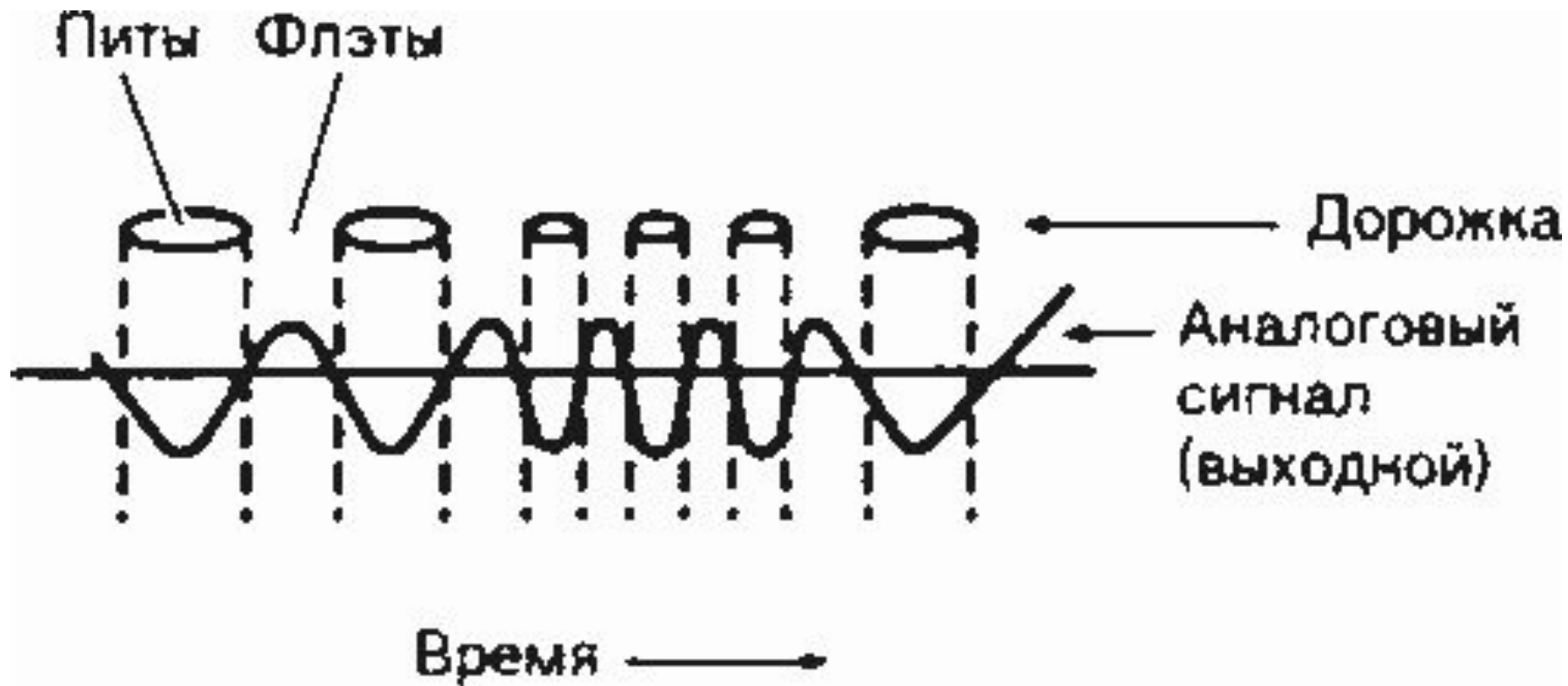


Рис. 6 Вид выходного аналогового сигнала в зависимости от формы и размеров пиков и флэтов

Аналоговая форма сигнала, показанная на Рис. 6, ниже **ПИКОВ** и **ФЛЭТОВ** представляет декодируемый сигнал после цифро-аналогового преобразования.

Запись DVD и CD промышленным способом

1. Подготавливают данные, которые необходимо записать на компакт-диск.
2. На поверхность обработанного с высокой точностью специального полированного стекла в виде диска наносят светочувствительный фоторезистивный слой определенной толщины. С помощью лазерного луча, управляемого компьютером, засвечивают определенные участки фоточувствительного слоя.
3. После проявки в специальных растворах на стекле остаются небольшие впадины, называемые **pits** (питы), и выпуклые места – **lands**. Полученная таким способом матрица, или **стампер**, называется **Glass Master** (стеклянная основа).
4. С помощью специальных реактивов или вакуумного напыления на **Glass Master** наносят тонкий слой никеля или серебра. Таким образом мы получаем **Metal Master** (мастер-диск).
5. Создают негатив мастер-диска. На месте выступов образуются впадины, и наоборот, на месте впадин образуются выступы.
6. Из высокопрочного материала создают штамп, в центре которого просверливают отверстие.
7. Штамп помещают в пресс-машину и изготавливают копии.
8. На копии наносят алюминиевую пленку, предназначенную для отражения лазерного луча. Толщина пленки составляет сотые доли микрометров. Диск покрывают лаком и наносят на него полиграфическое изображение.

Структура CD-R

CD-R– имеет более сложную структуру. На его поверхность добавляется еще один слой, на который и производится запись. Активный, или регистрирующий, слой расположен между основой и отражающим слоем (**Рис. 7**).

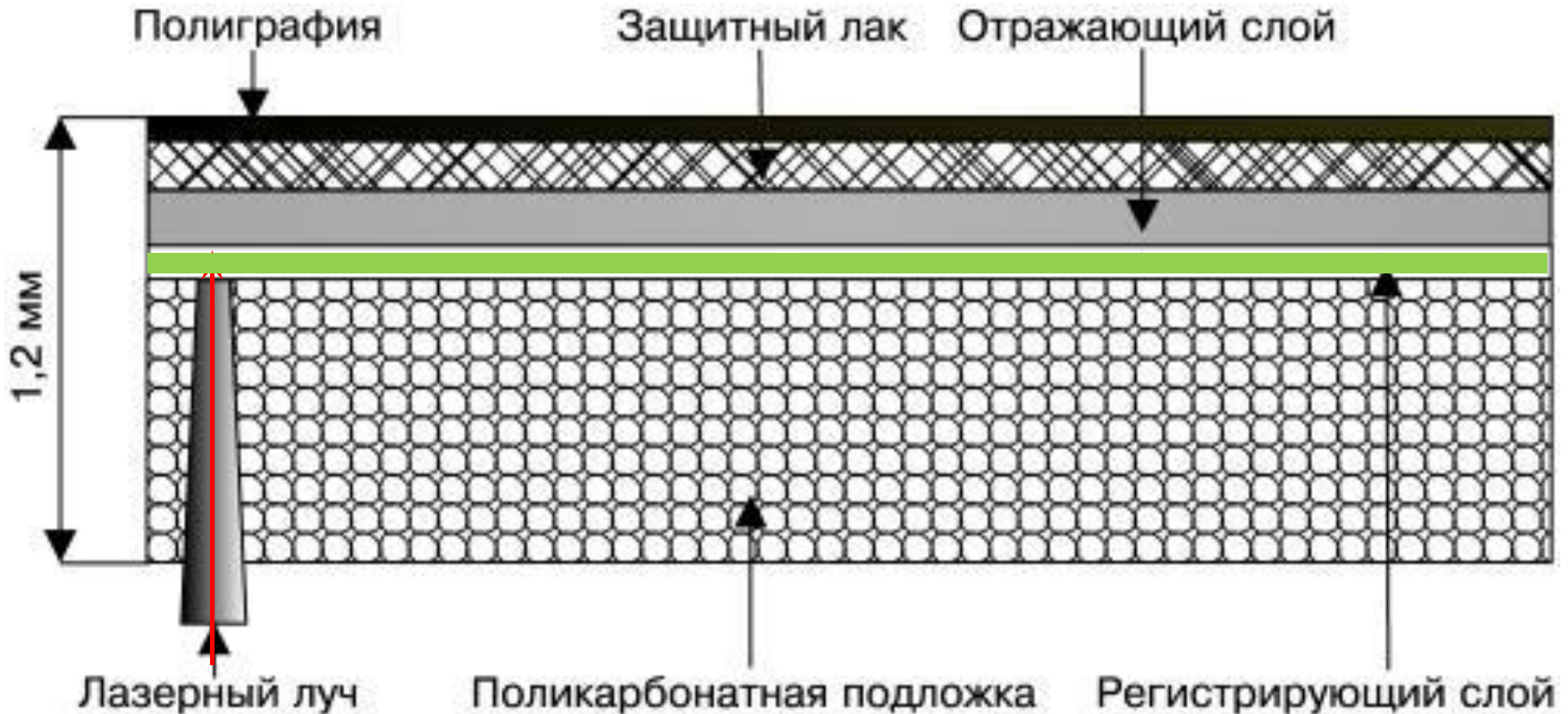


Рис. 7 Структура CD-R

Чистый **CD-R**, или «болванка», имеет спиральную дорожку (**Pre-groove**), которая содержит специальные метки и сигналы синхронизации. При записи предварительная разметка помогает движению лазера по нужной траектории, а программы для записи компакт-дисков «читают» некоторые параметры используемого **CD-R**, что упрощает настройку. Сигналы синхронизации записываются с пониженной амплитудой и впоследствии перекрываются записываемым сигналом.

Во время записи луч лазера движется по спиральной дорожке и в момент своей активности расплавляет дополнительный слой. Под воздействием лазера этот слой меняет свою структуру. Таким образом получают ячейки (**питы**), соответствующие данным, записываемым на компакт-диск. После этого этапа изменение структуры активного слоя диска невозможно, и данные, записанные на диск, удалению не подлежат. (**Питы** – это сквозные отверстия в дополнительном слое).

Активный слой изготавливают из **органических соединений**: цианина (**Cyanine**) и его производной – фталоцианина (**Phtalocyanine**). Фталоцианин более надежен и долговечен, так как менее чувствителен к солнечному свету. Еще лучше диски с активным слоем **MetalAZO**, разработанные компанией **Mitsubishi Chemical**.

Требования к светоотражающему слою **CD-R**, по сравнению со штампованными дисками, достаточно высоки из-за наличия регистрирующего слоя. Для его изготовления используются промышленное **золото** и **серебро**, а также сложные сплавы.

Рабочая поверхность CD-R в зависимости от комбинации веществ, используемых в регистрирующем и отражающем слоях, может быть различного цвета. Раньше многие диски имели золотистую рабочую поверхность из-за применения золота.

Сейчас для изготовления светоотражающего слоя используют **серебро**, так как оно дешевле и обладает более высоким коэффициентом отражения. Чаще всего рабочая поверхность бывает прозрачной, темно-синего или светло-зеленого цвета. Срок службы таких дисков, в зависимости от материала изготовления, составляет от **10** до **100** лет.

Структура CD-RW

CD-RW (Compact Disk Re-Writable – перезаписываемый компакт-диск) (**Рис. 8**) – имеет еще два термозащитных слоя. Наличие дополнительных слоев позволяет записывать на такой диск более 1000 раз.

Во время «прожига» (записи диска) луч лазера нагревает участки промежуточного слоя. При последующем охлаждении эти участки переходят **из кристаллической формы в аморфную**. Если информацию с CD-RW необходимо стереть, луч лазера нагревает промежуточный слой менее интенсивно, и аморфные участки кристаллизуются.

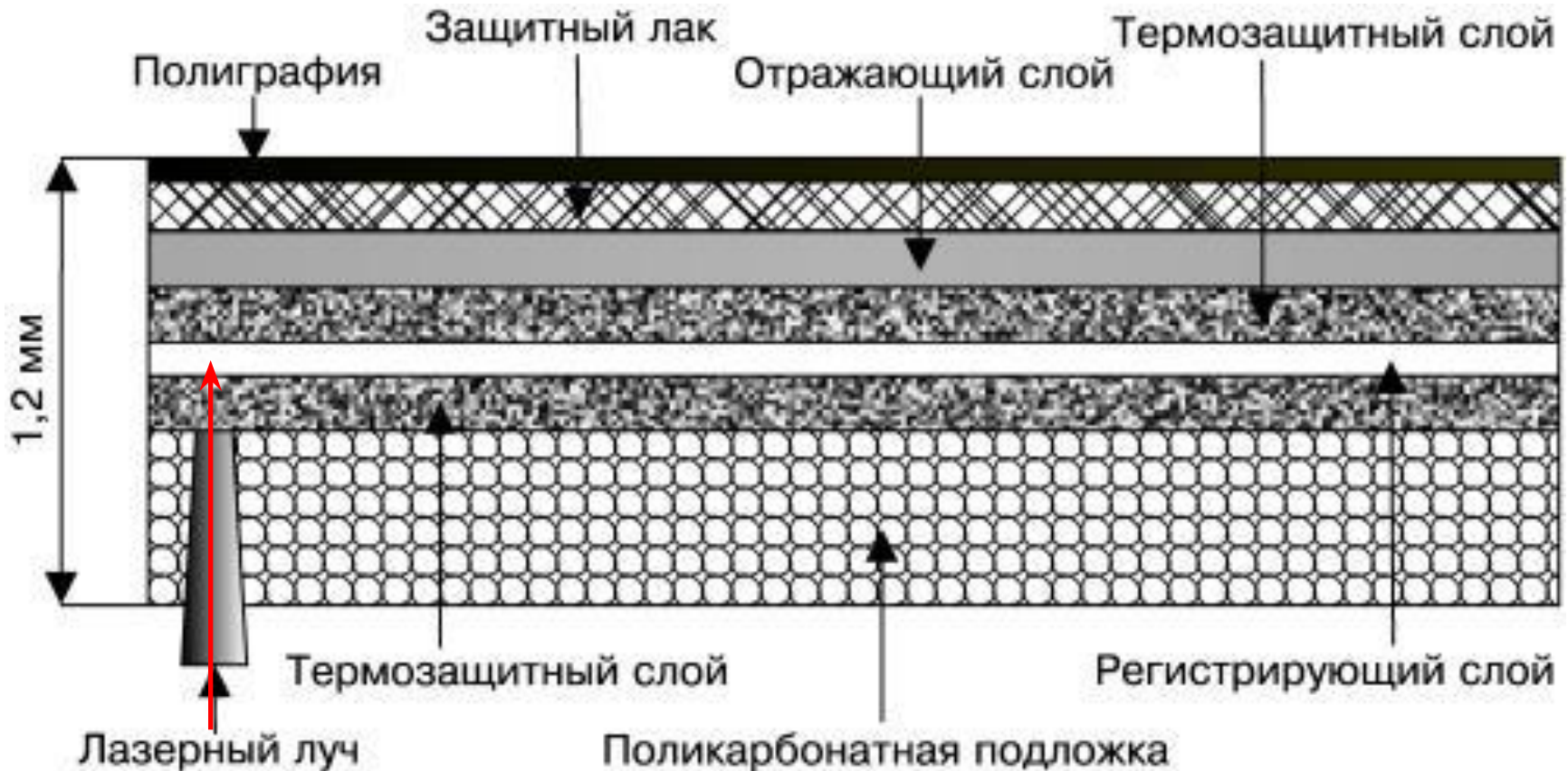


Рис. 8 Структура CD-RW

DVD – диски

Диски **DVD (Digital Versatile Disk)** появились в 1997 году (утвержден стандарт).

Преимущества:

- высокая информационная плотность записи;
- быстрая произвольная выборка фрагмента программы;
- высокое качество коррекции ошибок;
- высокое качество изображения и звука (многоканальный звук);
- простота обращения;
- многопрофильность (видео, фото, аудио, медиа - приложения и пр.);
- возможность массового тиражирования без потери качества.

Длительность записи:

- на диск емкостью в 4,7 Гб *без компрессии* при 8-разрядном квантовании и скорости цифрового потока 216 Мбит/с. составит $t = (4700 \times 8) / 216 = 174$ сек. = **3 мин.** (только видео).
- используя MPEG-2 на такой односторонний диск можно записать ТВ-программу в **120 мин.** и более.

Два режима записи: с постоянной угловой скоростью и **с постоянной линейной скоростью**. В 1 случае плотность записи почти в 2 раза меньше.

Габариты:

- внешний диаметр (как и у CD) = 120 мм (4.7 дюйма), есть и 8 см (3.1 дюйма);
- толщина = 1,2 мм;
- диаметр посадочного отверстия = 15 мм;
- длина **пита** 0,4 мкм (у CD – 0,83 мкм).

Строение DVD

- **DVD** внешне идентичен **CD**, но позволяет записывать информацию, большую по объему в **24 раза**, то есть до 17 Гбайт.
- Расстояние между дорожками уменьшилось до 0,74 мкм, а геометрические размеры пит – до 0,4 мкм для однослойного диска и 0,44 мкм для двухслойного диска.
- Увеличилась область данных, уменьшились физические размеры секторов.
- Нашел применение более эффективный код исправления ошибок – **RSPC (Reed Solomon Product Code)**, стала возможной более эффективная битовая модуляция.
- Технология **DVD** предоставляет огромное количество форматов и четыре типа конструктивного исполнения двух размеров. Диск такого стандарта может быть как односторонним, так и двухсторонним. На каждой стороне может быть один или два рабочих слоя.

Варианты изготовления DVD

DVD - 1 (Single-sided, Single-layer disc). Однослойный односторонний диск емкостью 1.36 Гбт. Имеет размеры: диаметр **8 см** и толщину 1.2 мм;

DVD - 2 (Single-sided, Double-layer disc). Двухслойный односторонний диск емкостью 2.48 Гбт. Имеет два информационных слоя: внутренний слой, на поверхность которого наносится слой из специального полупрозрачного материала. Размеры: диаметр **8 см** и толщину 1.2 мм;

DVD - 3 (Double-sided, Single-layer disc). Двухсторонний оптический диск с одним информационным слоем. Обладает емкостью в 2.72 Гбт. Размеры: диаметр **8 см** и толщину 1.2 мм;

DVD - 4 (Double-sided, Double-layer disc). Двухсторонний диск с двумя информационными слоями. Обладает емкостью в 4.95 Гбт. Размеры: диаметр **8 см** и толщину 1.2 мм;

DVD - 5 (Single-sided, Single-layer disc). Однослойный односторонний диск емкостью 4.7 Гбт. Имеет стандартные для CD размеры: диаметр **12 см** и толщину 1.2 мм;

DVD - 9 (Single-sided, Double-layer disc). Двухслойный односторонний диск емкостью 8.5 Гбт. Имеет два информационных слоя: внутренний слой, на поверхность которого наносится слой из специального полупрозрачного материала. Имеет стандартные для CD размеры: диаметр **12 см** и толщину 1.2 мм;

DVD - 10 (Double-sided, Single-layer disc). Двухсторонний оптический диск с одним информационным слоем. Обладает емкостью в 9.4 Гбт. Имеет стандартные для CD размеры: диаметр **12 см** и толщину 1.2 мм;

DVD - 18 (Double-sided, Double-layer disc). Двухсторонний диск с двумя информационными слоями. Обладает емкостью в 17 Гбт. Имеет стандартные для CD размеры: диаметр **12 см** и толщину 1.2 мм.

Число в наименовании диска– DVD-1, DVD-4, DVD-10 и т. д. – это округленное значение емкости.

DVD-5

DVD-9

Однослойный односторонний

Двухслойный односторонний

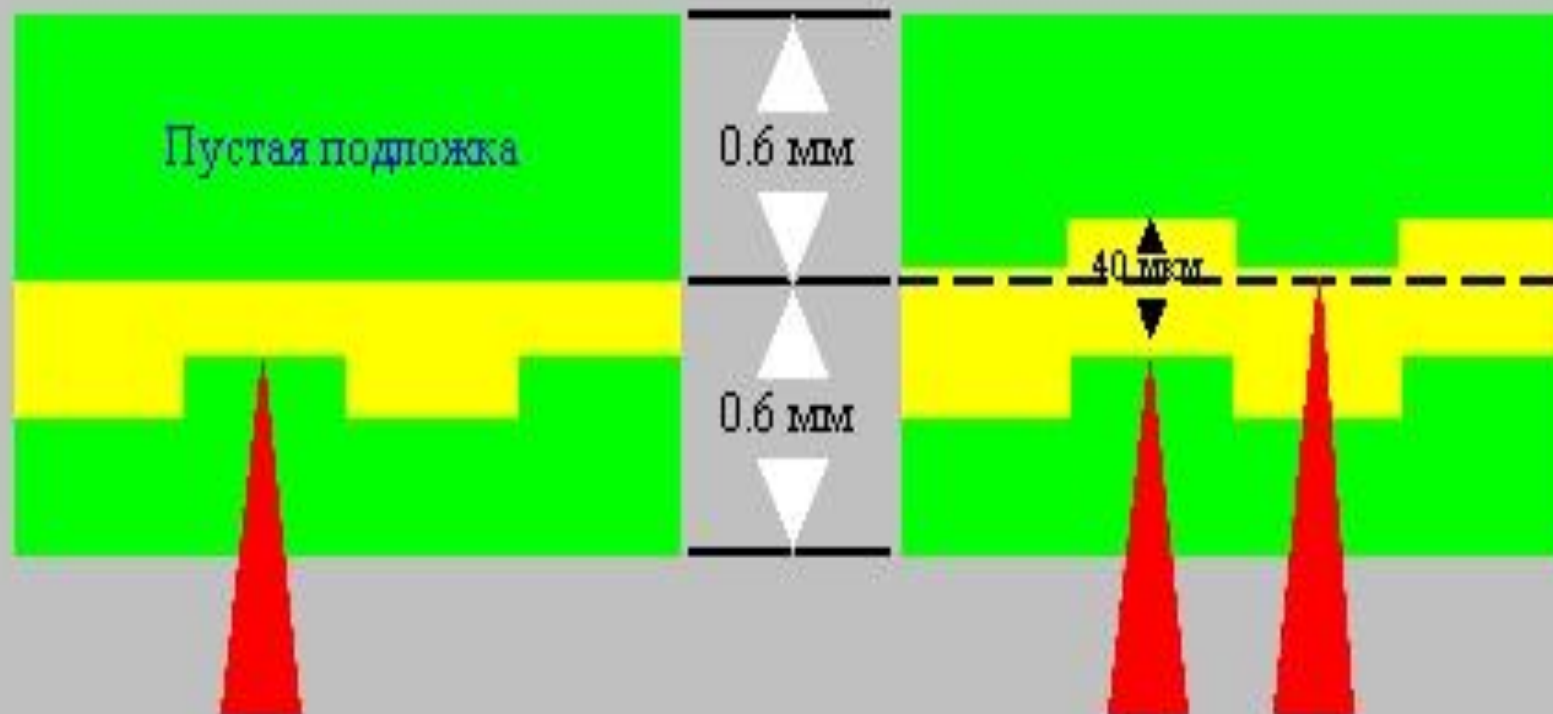


Рис. 9 Однослойная и двухслойная запись на диске

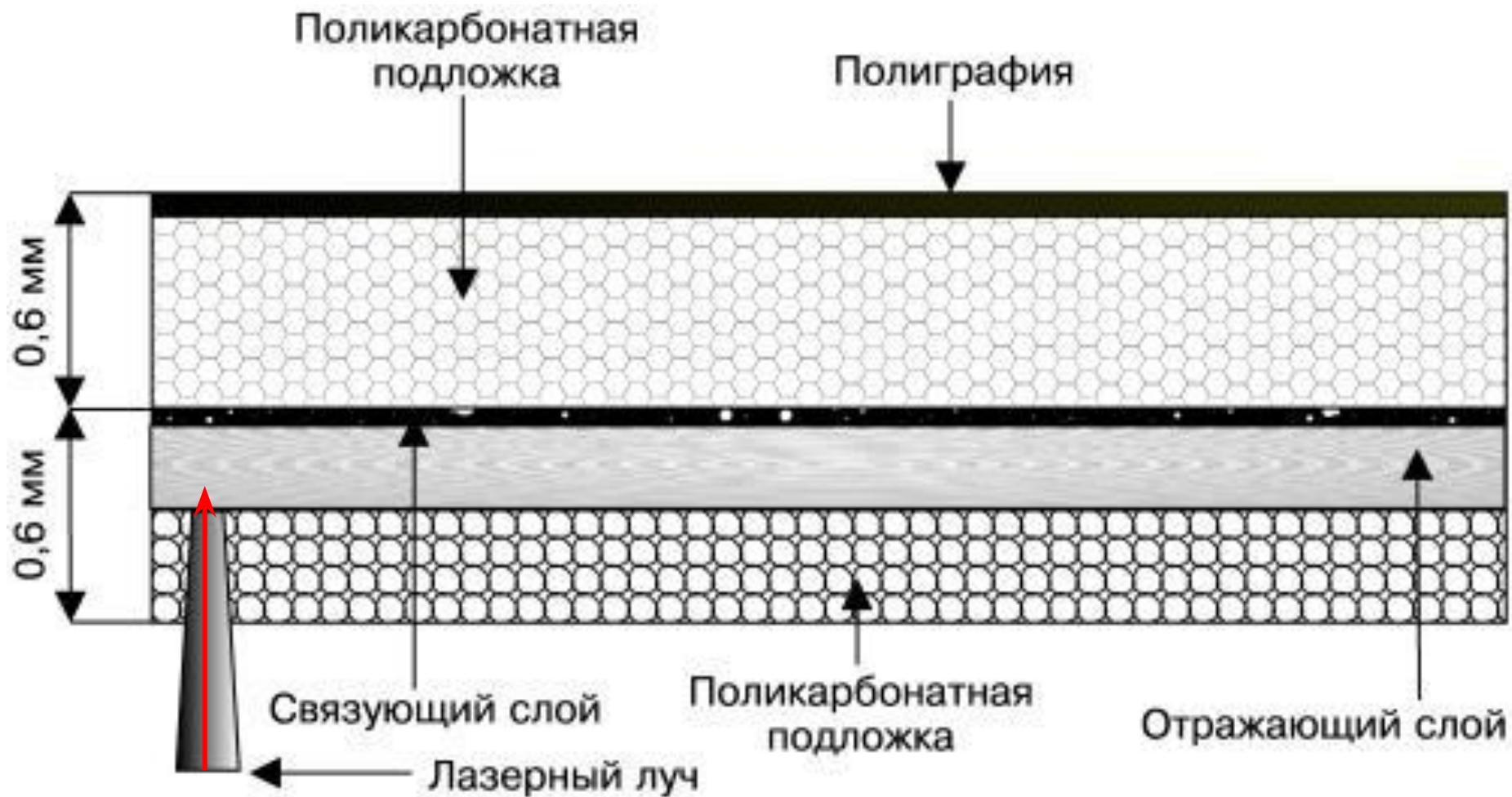


Рис. 10 Структура DVD-1 и DVD-5 (односторонний однослойный диск)

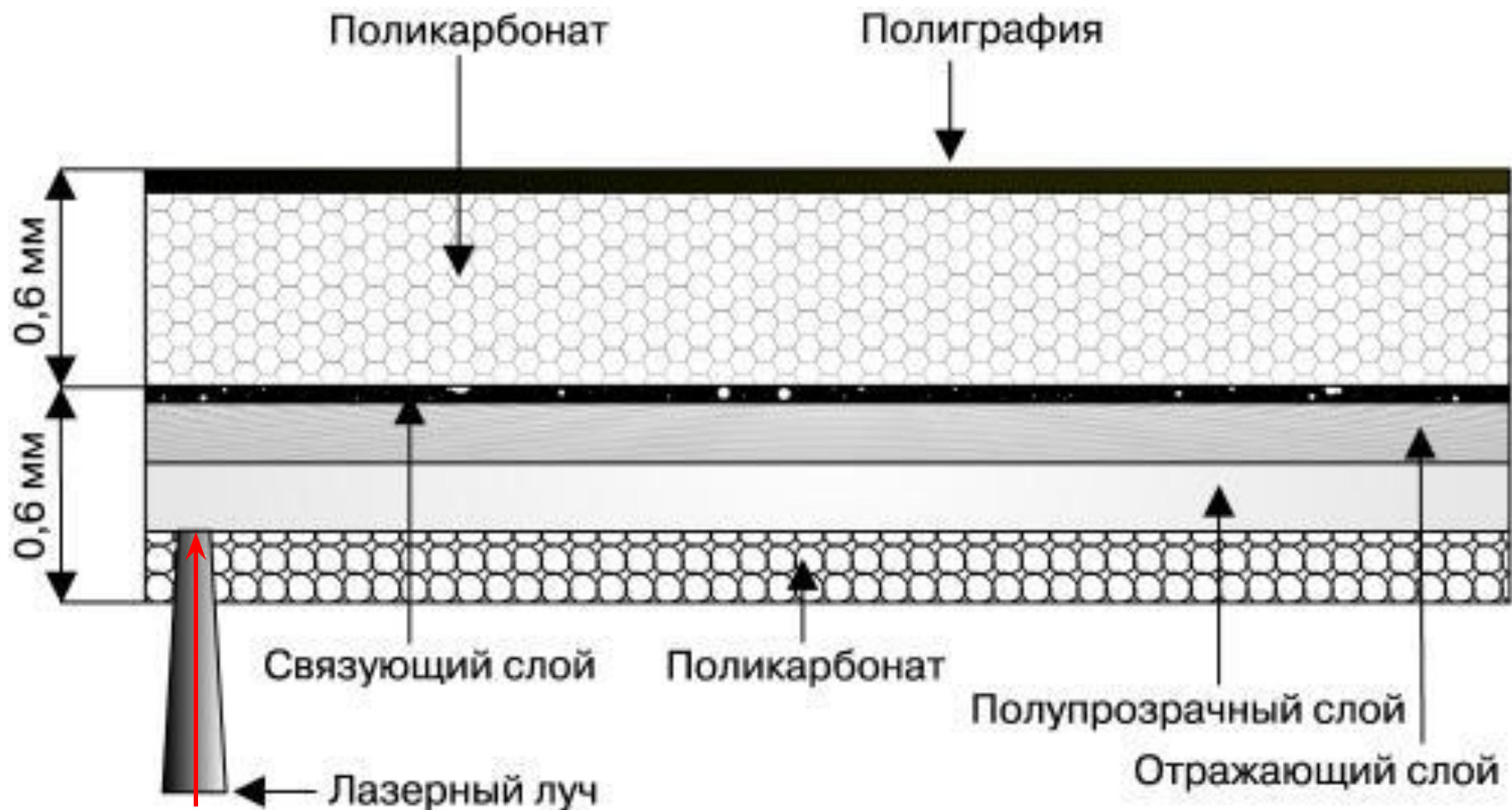


Рис. 11 Структура DVD-2 и DVD-9 (односторонний двухслойный диск)

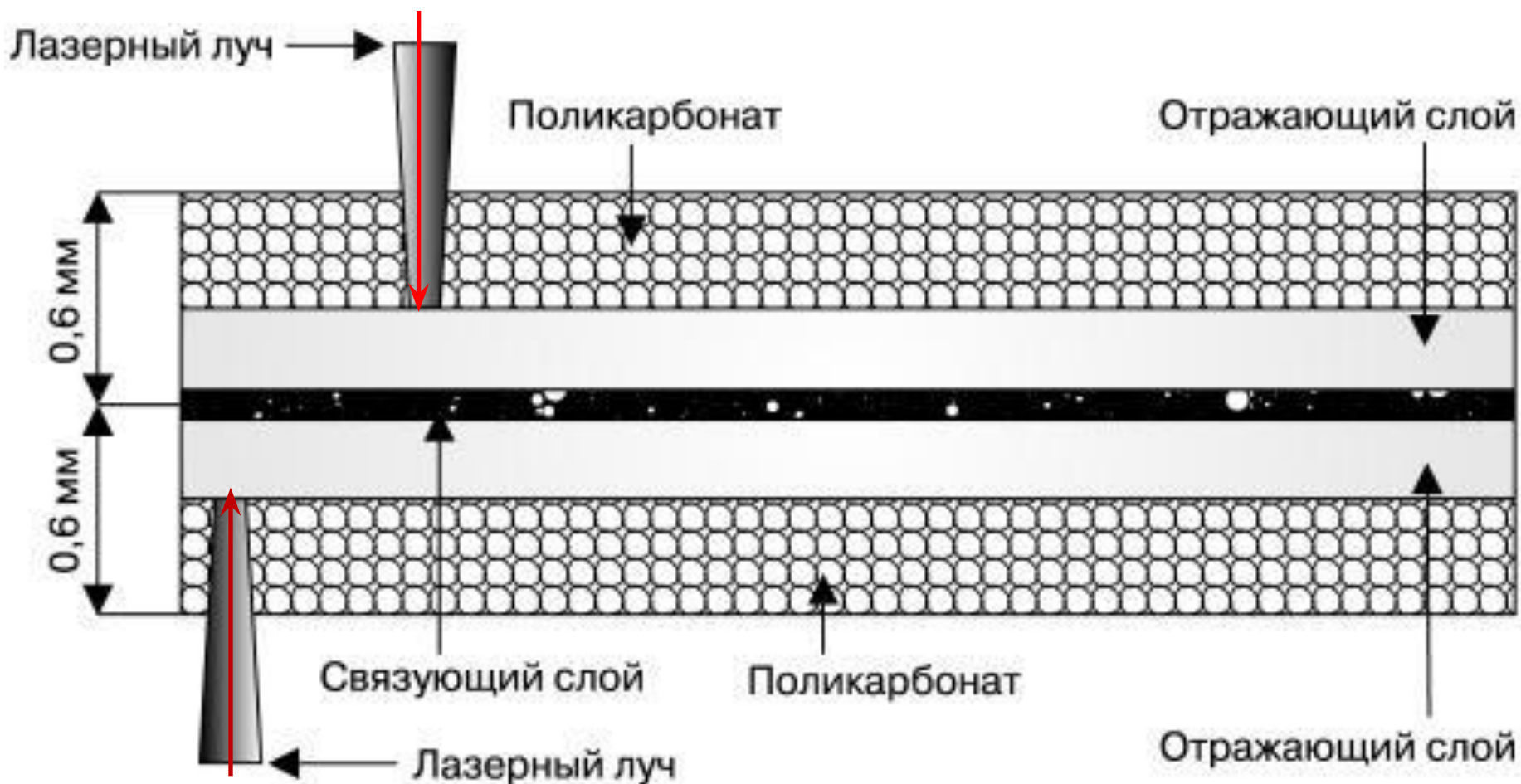


Рис. 12 Структура DVD-3 и DVD-10 (двухслойный диск с одним информационным слоем на каждой стороне)

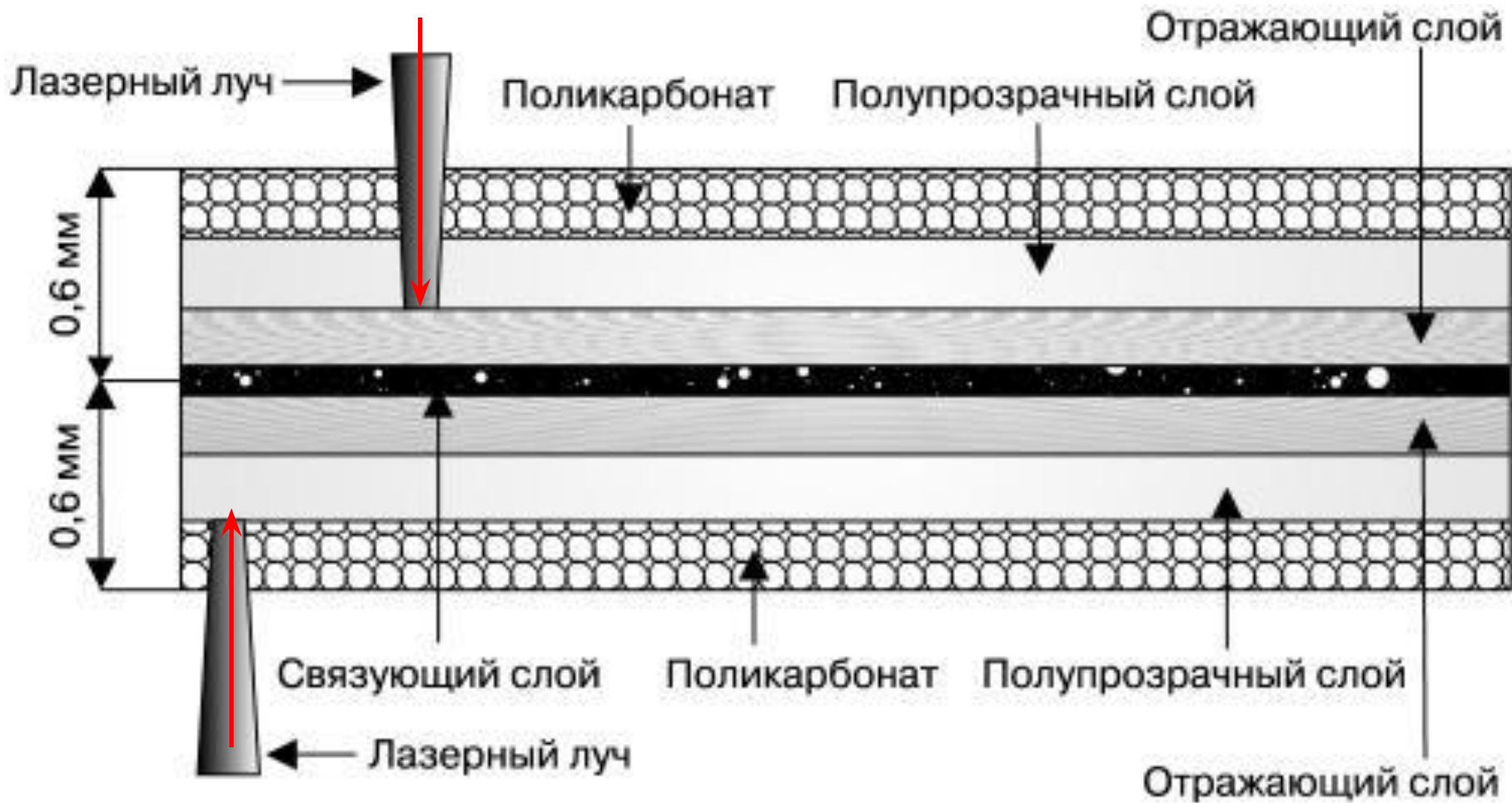


Рис. 13 Структура DVD-4 и DVD-18 (двухслойный диск с двумя информационными слоями на каждой стороне)

Двухслойные диски типов DVD-2 и DVD-9

- Имеют два рабочих слоя для записи информации. Эти слои разделяются с помощью специального полупрозрачного материала. Для выполнения своей функции такой материал должен обладать взаимоисключающими свойствами: хорошо отражать лазерный луч в процессе считывания наружного слоя и одновременно быть максимально прозрачным при считывании внутреннего слоя. По заказу корпораций **Philips** и **Sony** компания **3M** создала материал, удовлетворяющий таким требованиям: обладающий **коэффициентом отражения 40 %** и необходимой прозрачностью.

- Во время считывания информации с такого диска лазерный луч сначала проходит сквозь полупрозрачный слой, фокусируясь на треках внутреннего слоя. Считав всю информацию внутреннего слоя, лазерный луч **автоматически меняет свою фокусировку** и считывает информацию с полупрозрачного слоя. Наличие в приводе DVD буфера и возможность быстрой смены фокусировки позволяет непрерывно передавать данные на выход устройства.

- При изготовлении двухслойного диска сначала штампуются первый слой, основанный на поликарбонатах. Затем наносится полупрозрачный материал, который в свою очередь покрывается пленкой фотополимерного материала. С помощью ультрафиолетового излучения фотополимеру придается жесткость, и DVD заливается поликарбонатом, который служит диску защитным слоем.

DVD имеют толщину 0,6 мм. Для физической совместимости с CD на DVD дополнительно приклеивается поликарбонатная подложка толщиной 0,6 мм.

Чтобы получить диск типа DVD-3, достаточно склеить между собой со стороны этикеток два DVD-1; для получения же DVD-10 соединяются два DVD-5; для получения дисков типа DVD-4 следует склеить два DVD-2; для DVD-18 – соответственно два DVD-9.

Принцип записи информации на **DVD-R (Digital Versatile Disk Read-only** – однократно записываемый DVD) и считывания с него аналогичен записи и считыванию CD-R. Во время записи DVD в специальных рекордерах лазерный луч повышенной мощности «прожигает» в активном слое отверстия (питы). При считывании информации лазерный луч обычной мощности, свободно проходя сквозь образовавшееся отверстие, отражается от металлизированного слоя и попадает на фотодатчик, а потом на микропроцессор (в **DVD** используется лазерный луч с $\lambda = 635 \text{ -- } 650 \text{ нм}$ и оптическая система с апертурой линзы = 0.6, а в **CD** - $\lambda = 780 \text{ нм}$ и апертура = 0.45).

Для записи и считывания информации с **DVD-RW (Digital Versatile Disk ReWritable** – перезаписываемый DVD) применяется технология **Phase Change Technology** (метод изменения фазы). Лазерный луч во время записи движется по спиральной дорожке. В период повышенной активности луча регистрирующий слой меняет свою структуру, переходя из кристаллического состояния в аморфное. При считывании информации детектор распознает, от какой поверхности отразился лазерный луч – кристаллической или аморфной, – и преобразует данные в цифровой поток. Под воздействием лазерного луча определенной мощности активный (регистрирующий) слой возвращается в исходное состояние, и диск может быть перезаписан множество раз.

Материал, способный неоднократно менять свою структуру, был разработан компанией **TDK** и получил название **AVIST (Advanced Versatile Information Storage Technology** – современная универсальная технология запоминания информации).

Для DVD-ROM, VideoDVD, AudioDVD и т. д. применяется файловая система **UDF (Universal Disk Format** – универсальный дисковый формат), разработанная ассоциацией **OSTA (Optical Storage Technology Association** – ассоциация по поддержке технологии хранения данных на оптических носителях). Данная файловая система является развитием файловой системы **CD-ROM (CDFS** или **ISO 9660**).

EVD (Enhanced Versatile Disc - усовершенствованный универс. диск)

Результат попытки китайских специалистов создать как для внутреннего, так и внешнего рынка формат на базе **красного лазера**, аналогичный **DVD**. Пользуется поддержкой **Beijing E-World Technology**, консорциума крупнейших производителей бытовой электроники **Китая**.

FVD (Forward Versatile Disc - передовой универсальный диск)

Благодаря сочетанию увеличенной на **15%** плотности данных, алгоритму шифрования **AES** и кодеку **Microsoft Windows Media 9**, эта разновидность **DVD** пригодна для записи контента высокой четкости (**HD**) с использованием **красного лазера**. В поддержку формата выступает **AOSRA (Advanced Optical Storage Research Alliance)**, консорциум тайваньских изготовителей оптических накопителей и дисков.

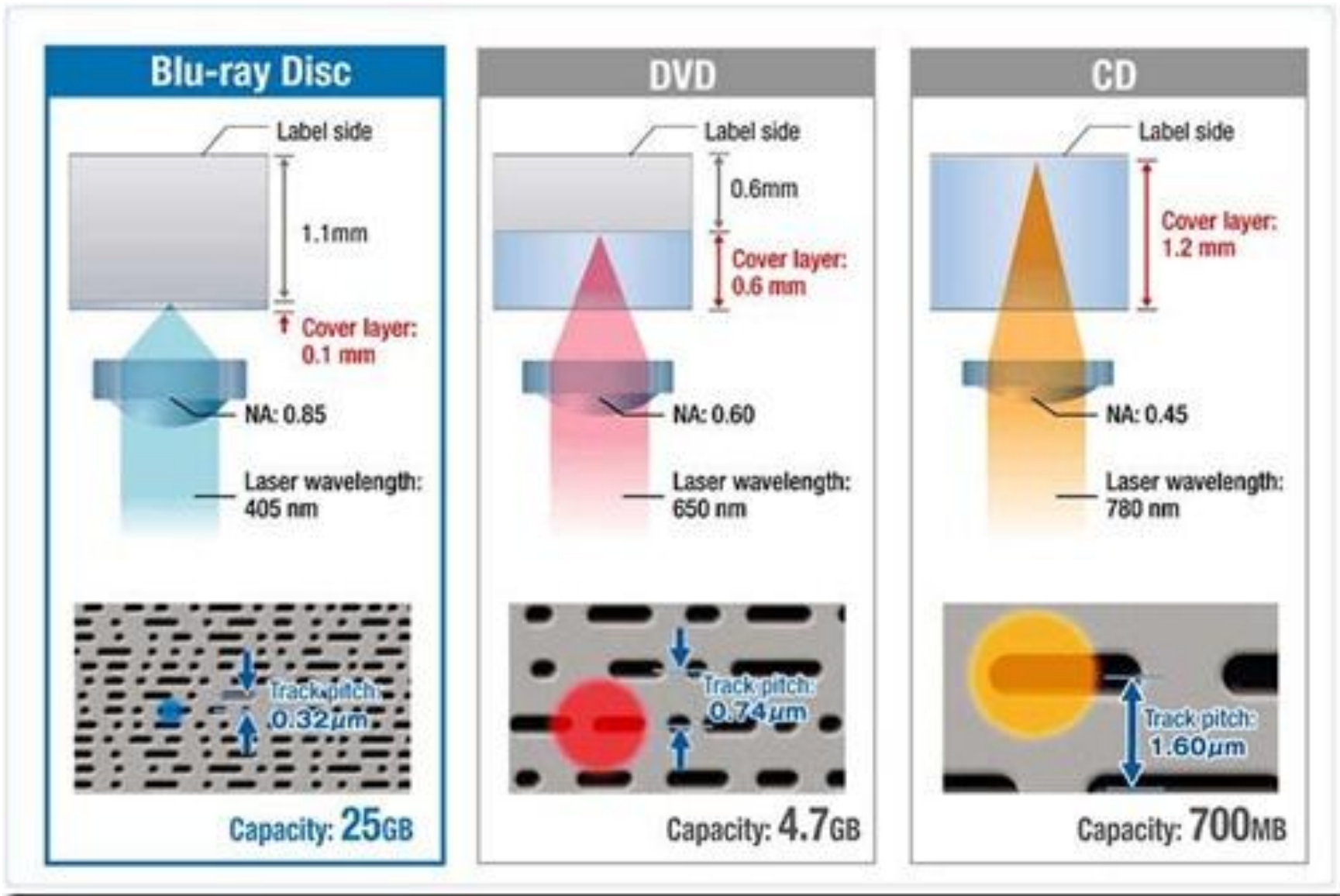


Рис.13.1 Сравнение методов записи CD, DVD и BD дисков

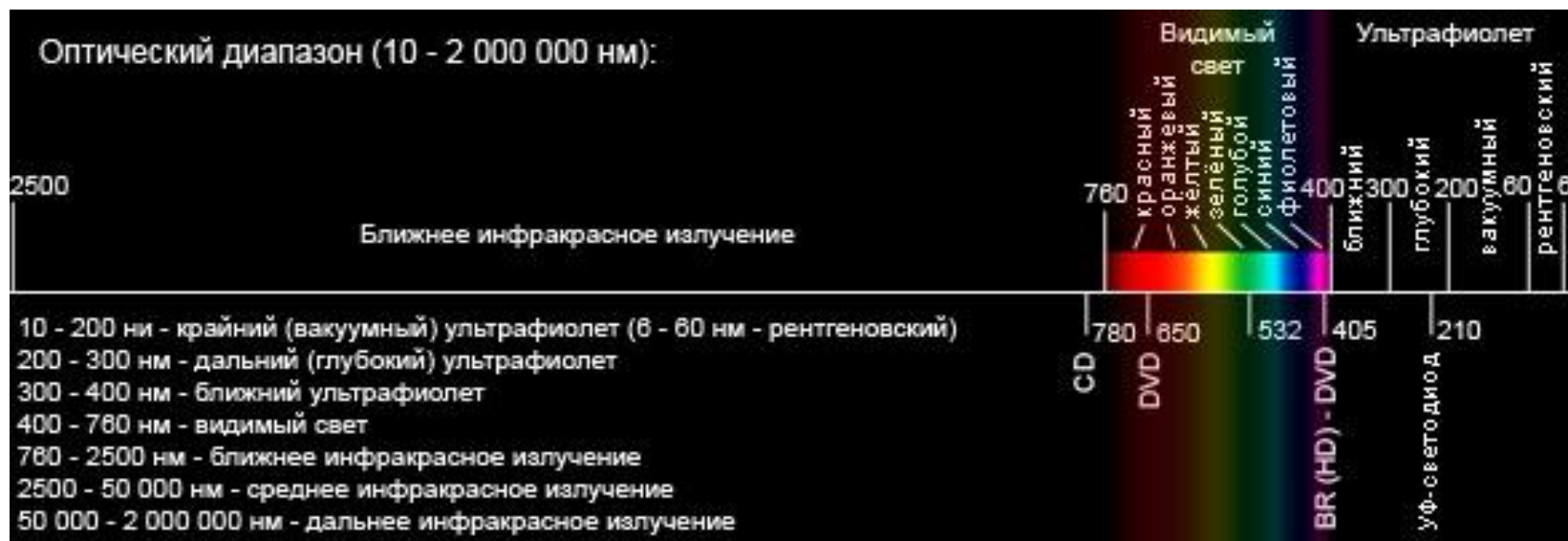
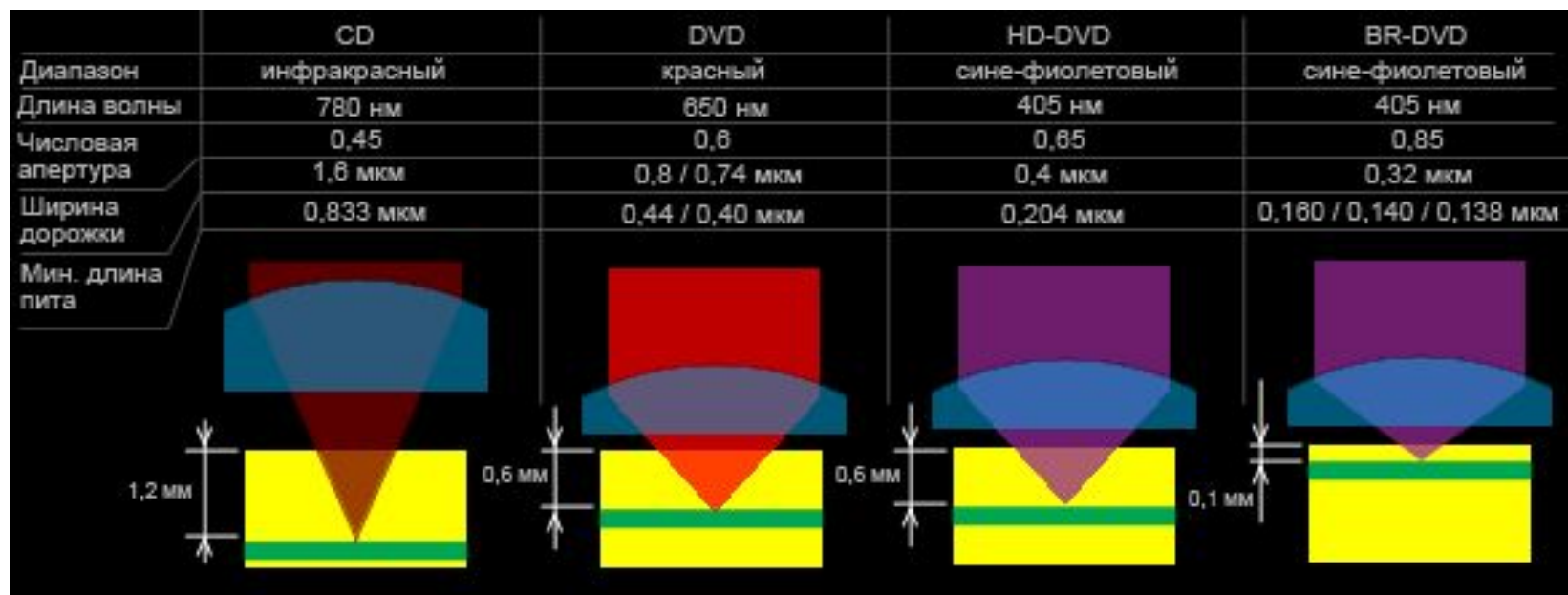


Рис.13.2 Сравнение параметров записи дисков и спектры излучения

Технология Blu-Ray (BD)

- Разработчики **BD** - 9 компаний: Hitachi, LG, Matsushita (Panasonic), Pioneer, Philips, Samsung, Sharp, Sony и Thomson.
- В основе новый стандарт со считыванием информации синим лазером (**405 нм**). У **CD-ROM** применялся луч лазера с $\lambda = 780 \text{ нм}$ и емкость $C = 700 \text{ Мб}$.
- Для технологии **DVD** стали применять лазер с $\lambda = 650$ или **635 нм**, и это позволило увеличить емкость до 4,38 Гб.
- В технологии **Blu-Ray** используется синий лазер с длиной волны **405 нм**. Такое уменьшение позволило сузить дорожку в два раза больше, чем у обычного **DVD**-диска до **0,32 мкм**, и увеличить плотность записи данных. Уменьшение толщины защитного слоя в шесть раз (**0,1 мм** вместо **0,6 мм**) предоставило возможность проведения более качественного и корректного течения операций чтения/записи.
- У **BLU-Ray** приводов увеличено значение числовой апертуры линзы (**NA - Numeric Aperture**) с **0,6** до **0,85**.
- Новый формат обеспечивает рекордную скорость передачи данных **36 Mbps**, при общей емкости диска **23.3GB/25GB/27GB** (обычный **CD**, $D = 120 \text{ мм}$). Есть и 30-мм.
- Емкость **Blu-Ray**-диске (**BD**) обычного стандарта ($D = 120 \text{ мм}$) равна **27 Гб**.
- При записи используются более совершенные стандарты компрессии **MPEG-4**, **AVC** и **VC-1**.
- На **Рис. 14** показана основная разница между конструкциями однослойных **DVD** и **BD**-дисков - меньшая ширина дорожек **BD** позволяет увеличить объем носителя в 5 раз.



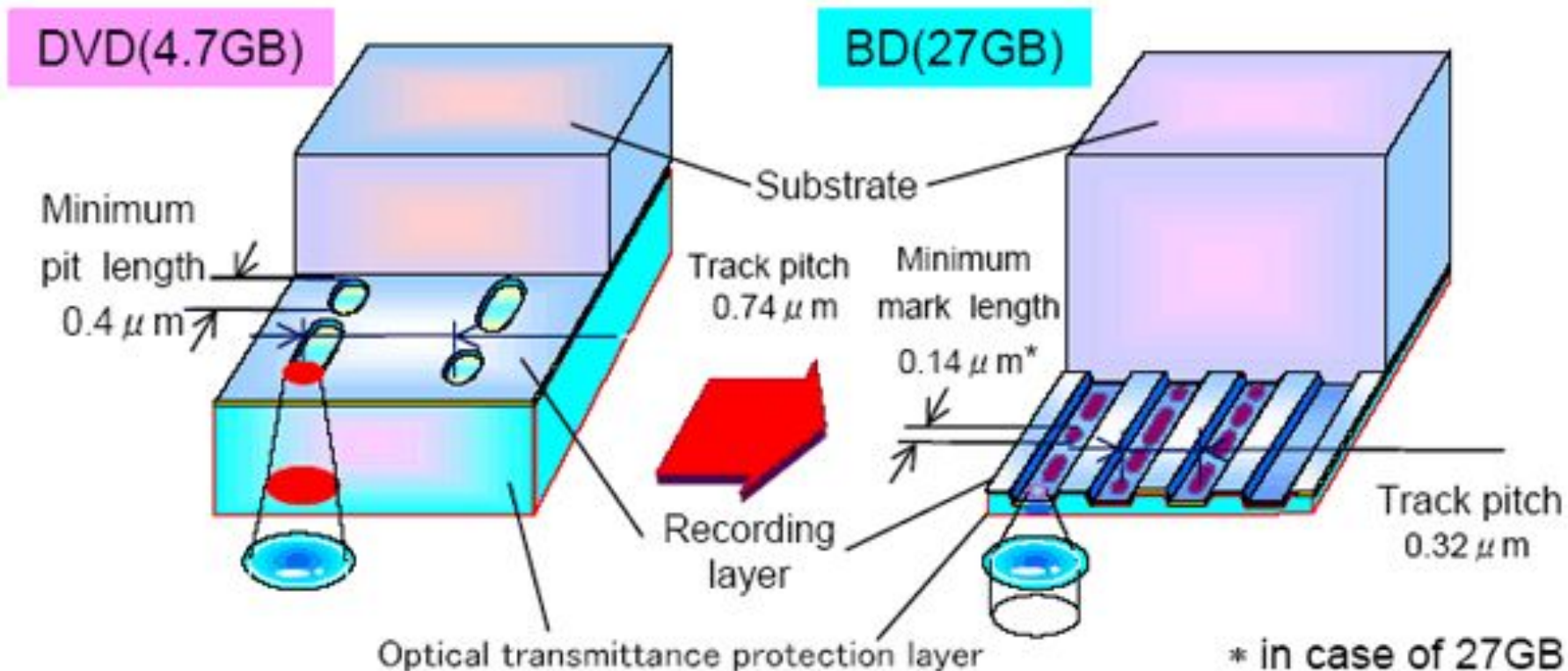


Рис.14 Различия между DVD и BD дисками

Blu-Ray- диски могут быть записываемые и перезаписываемые:

BD-R – (Blu-Ray Disc Recordable) Похож на DVD+R, но имеет значительно большую емкость.

BD-RE – (Blu-Ray Disc Rewritable) Похож на DVD+RW, но имеет значительно большую емкость.

За счет чего достигается большая плотность записи?

- Увеличение числовой апертуры линзы с **0,6** до **0,85** позволяет увеличить плотность записи в два раза,

- более короткая длина волны - в **2,6** раза.

Умножая два коэффициента друг на друга мы получаем искомый результат - увеличение емкости по сравнению с **DVD** в **пять раз**.

Сравнение по этим параметрам показано на **Рис. 15**.

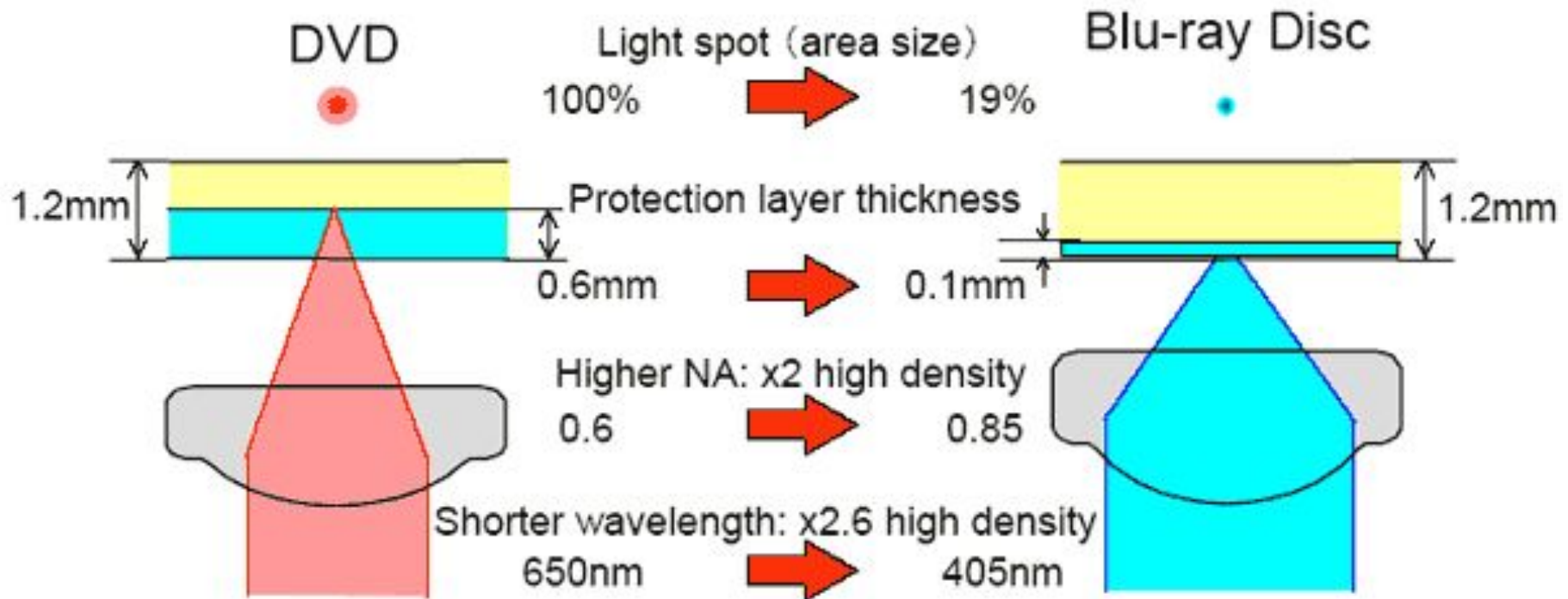


Рис. 15 Сравнительные характеристики параметров записи/считывания DVD и BD

На **Рис. 16** показаны преимущества более тонкого защитного слоя в случае, когда чтение производится с наклоненной поверхности диска. Очевидно, что технология чтения данных **Blu-Ray** предлагает более толерантный помехоустойчивый вариант.

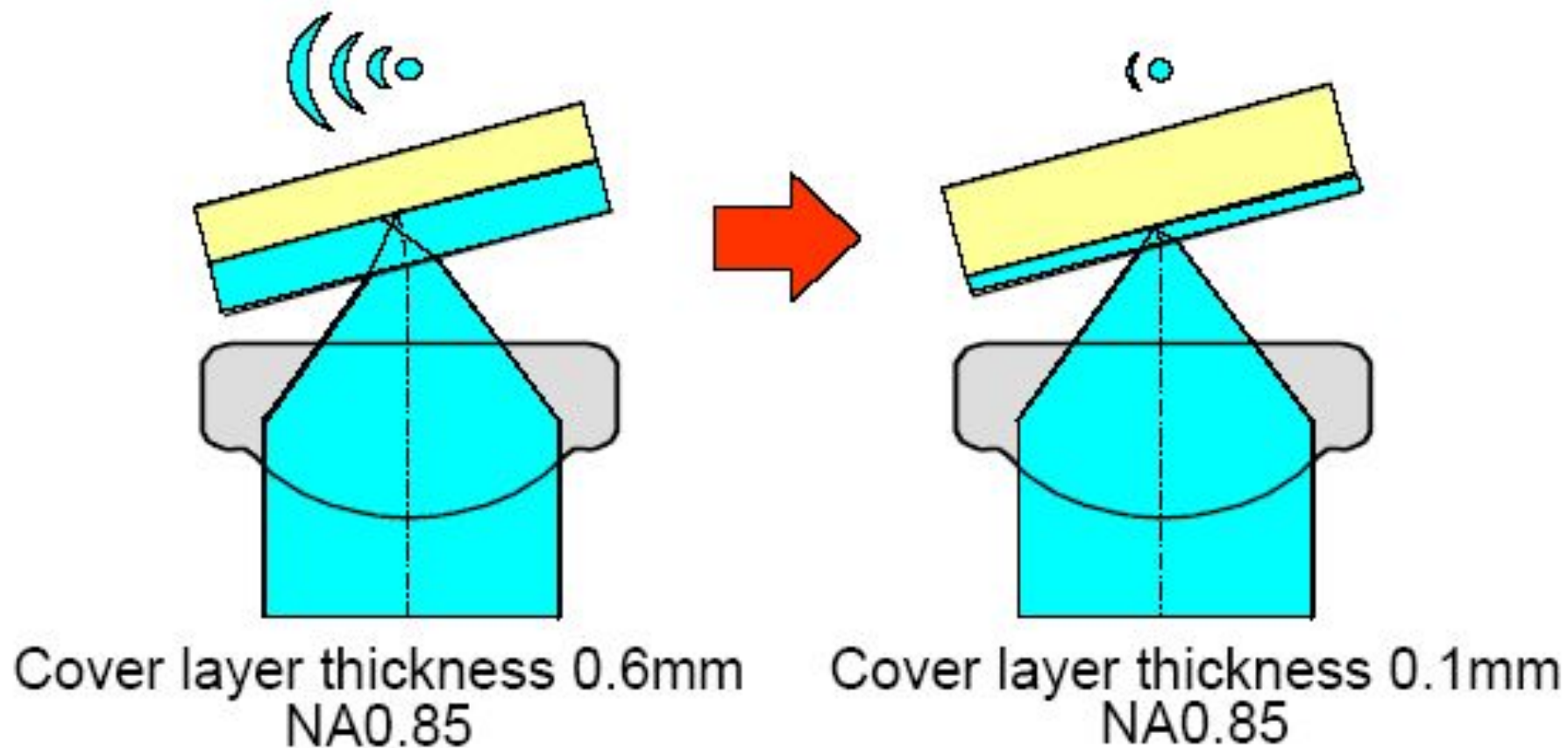


Рис. 16 Преимущества тонкого защитного слоя

Blu-Ray диски предназначены для записи цифрового видео. Можно записать до **2 часов** в формате **HDTV** со скоростью передачи данных более **24 Mbps** или более **12 часов** видео с **4 Mbps (SDTV/VHS)**.

Устройства **Blu-Ray** позволяют производить самую качественную на сегодня запись телепрограмм, фильмов, сигнала с цифровых камер и т.п.

В марте 2003 г. был стандартизирован вариант **Blu-Ray**-дисков с емкостью **27 Гб** (иногда он называется **BD-27**). Имеются двухслойные диски с удвоенным значением - **46,6/50/54 Гб** соответственно и четырехслойные на **200Гб**.

Таблица 1

Тип	Размер	Емкость	Двойная емкость
Standard disc size	12 cm	25 GB 25 GB / 23866 MiB 25 GB / 23866 MiB / 25025314816 B	50 GB / 47732 MiB / 50050629632 B
Mini disc size	8 cm	7.8 GB / 7430 MiB / 7791181824 B	15.6 GB / 14860 MiB / 15582363648 B

В **Табл. 1** приведены характеристики **Blu-Ray** дисков стандартного и мини-размера.

Regions for the **Blu-ray** standard:

A/1: The Americas (except Greenland), and their dependencies, East Asia (except mainland China and Mongolia), and Southeast Asia.

B/2: Africa, Middle East, Southwest Asia, Europe (except Belarus, **Russia** and Ukraine), Australia, New Zealand, and their dependencies.

C/3: Central Asia, East Asia (mainland China and Mongolia only), South Asia, Eastern Europe, and their dependencies.

Табл.1.1 Скорости записи

Скорость привода	Скорость передачи данных		Время записи Blu-Ray дисков (мин)	
	Мбит/с	Мбайт/с	Однослойные	Двухслойные
1X	36	4,5	90	180
2X	72	9	45	90
4X	144	18	22,5	45
6X	216	27	15	30
8X	288	36	11,25	22,5
10X	360	45	9	18
12X	432	54	7,5	15
14X	504	63	6,5	13
16X	576	72	5,7	11,5

Таблица 2

В **Таблице 2** представлены возможности записи ТВЧ различных форматов.

High-definition video может быть записано на **BD-ROM** с разрешением

- 1920×1080 pixel при Fk = 59.94 кадров/сек., либо
- 1920×1080 pixel при Fk = 24 кадров/сек., или
- 1280×720 при 59.94 кадров/сек.

Resolution	Frame rate^[a]	Aspect ratio
1920×1080	29.97-i	16:9
1920×1080	25-i	16:9
1920×1080	24-p	16:9
1920×1080	23.976-p	16:9
1440×1080 ^[b]	29.97-i	16:9 (<u>anamorphic</u>)
1440×1080 ^[b]	25-i	16:9 (anamorphic)
1440×1080 ^[b]	24-p	16:9 (anamorphic)
1440×1080 ^[b]	23.976-p	16:9 (anamorphic)
1280×720	59.94-p	16:9
1280×720	50-p	16:9
1280×720	24-p	16:9
1280×720	23.976-p	16:9
720×480	29.97-i	4:3/16:9 (anamorphic)
720×576	25-i	4:3/16:9 (anamorphic)

Технологии записи Blu Ray

BD-Live (Blu-ray Disc — Live) — технология [Sony](#), используемая в **Blu-ray** дисках для реализации интерактивных функций.

Функция **BD-Live** предоставляет доступ к миру интерактивных развлечений: интернет-играм, конкурсам и другим интернет-сервисам. После активации **BD-Live** также появляется возможность загрузки дополнительных материалов о фильме, которых нет на диске, например, эксклюзивные видеоролики или интервью с актёрами и режиссёром. Для доступа к этим материалам необходимо посетить специальную страничку, посвящённую фильму, и скачать нужную информацию.

LTH (Low To High) — технология, упрощающая и снижающая стоимость производства записываемых дисков **BD-R** (болванок) на текущем оборудовании производителей **DVD-R**-дисков. Используется органический материал, как и в **CD-/DVD**-болванках. В магазинах **LTH Type** диски позиционируются как **BD-R** для записи данных, но подходят для записи любого содержимого. Проблема в том, что не все **Blu-ray**-устройства (главным образом видеоплееры) могут писать и читать этот формат — не опознают **LTH**-диски, однако большинство устройств работает с ними после обновления своей микропрограммы (прошивки).

LTH-формат проигрывает в качестве записи (органический слой этих дисков против неорганического в обычных **BD-R**) и на данный момент отстает по техническим свойствам — трудно форсировать скорость чтения и записи таких дисков. Формат задумывался как альтернативный, с целью упростить массовое производство болванок и, как следствие, снизить конечную стоимость **BD-R** «**LTH Type**» для потребителя.

Органический записываемый слой применяется во всех болванках **CD** и **DVD**. Неорганический слой предполагает существенно более надёжную запись и применяется в обычных **BD-R** болванках, а также **M-ARC** дисках.

Интересно, что болванки формата **HD DVD-R** тоже имели органический записываемый слой. Так, рабочая поверхность **BD-R** «**LTH Type**» и **HD DVD-R** имеет золотисто-жёлтый цвет, в отличие от обычных **BD-R** дисков.

BD DL - Объем увеличен до **50 ГБ** (2-слойный диск).

BDXL - Дальнейшее развитие формата **BD**. Объем увеличен до **100 ГБ** (3-слойные диски **BD TL**) и **128 ГБ** (4-слойные диски **BD QL**).

Диски **BDXL** не могут читаться на приводах **BD**, но приводы **BDXL** могут читать **BD**-диски. О создании дисков **BDXL** заявили Sony, Sony, Sharp, Sony, Sharp, TDK, Sony, Sharp, TDK, Verbatim, Panasonic.

ИВ-BD - Двуслойный гибрид из слоев формата **BD-ROM** и **BD-RE**. Содержит один слой **25 ГБ** для однократной записи и ещё один слой **25 ГБ** только для чтения. Диски несовместимы с существующими приводами.

	Однослойный	Двухслойный	Трёхслойный	Четырёхслойный
Тип диска	R, RE или ROM		R или RE	R
Емкость	25 ГБ	50 ГБ	100 ГБ	128 ГБ
Емкость слоя	25 ГБ		33,4 ГБ	32 ГБ
Минимальная длина пита	0,149 мкм		0,112 мкм	0,117 мкм
Колебание дорожки	0,32 мкм			
Модуляция	17PP			
<u>Коррекция ошибок</u>	<u>Код Рида — Соломона</u> с подкодом выявления пакетных ошибок BIS			
Размер сектора блока	2 кБ / 64 кБ			
Режим считывания	-	Режим обратного считывания		
Скорость записи данных	RE: 1x, 2x R: 1x, 2x, 4x(доп.), 6x(доп.)		RE: 2x R: 2x, 4x	R: 2x, 4x
Скорость передачи данных	36—216 Мб/с		72—144 Мб/с	

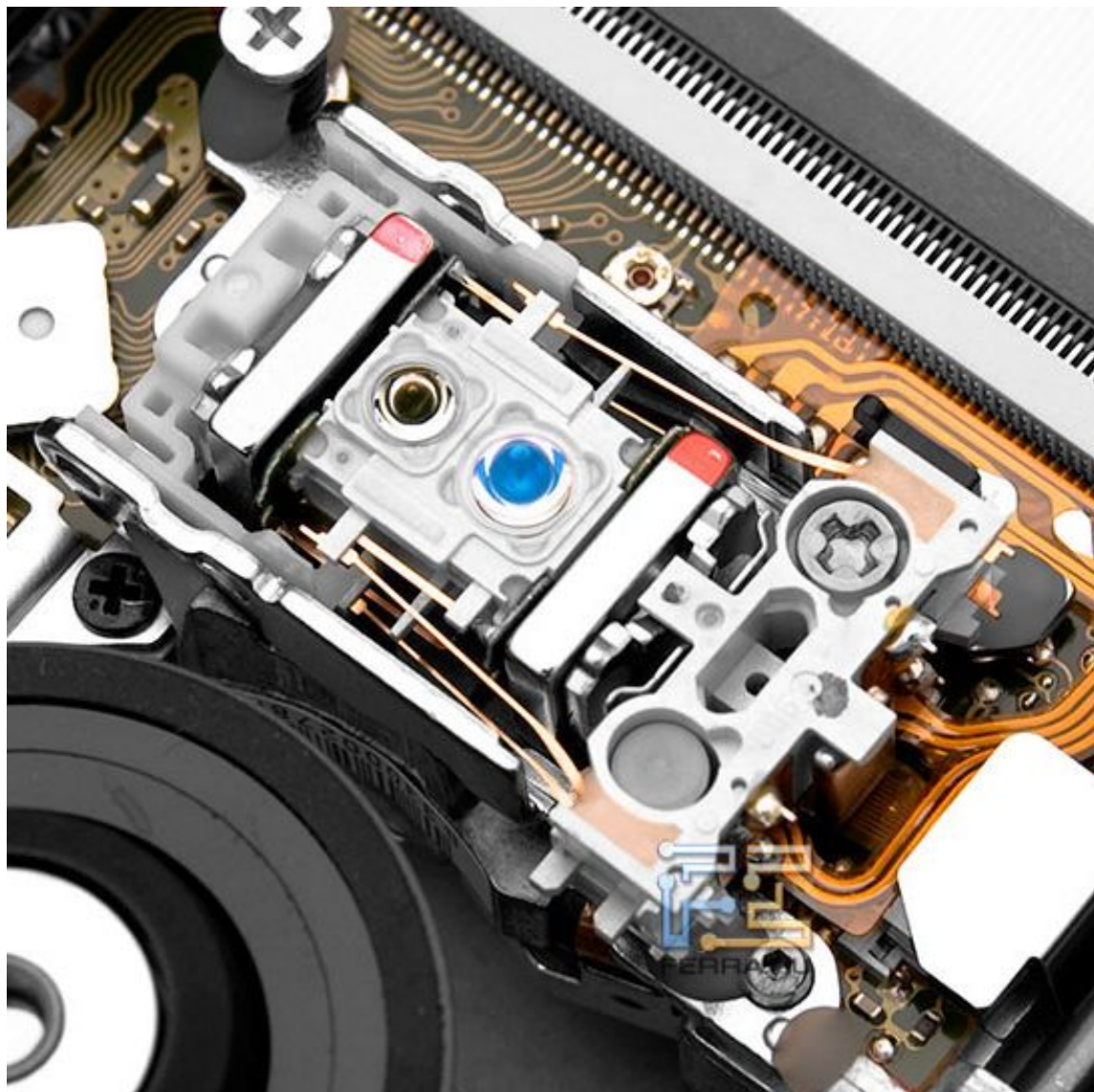


Рис. 17 В приводе два лазера: один работает в красной области спектра (CD и DVD), другой в голубой (Blu-Ray)

Современные технологии

- Современные технологии позволяют записывать на один **BD** несколько слоев, каждый из которых может содержать **23,3 ГБ** данных.
- Распространенными являются диски с количеством слоев до **4**.
- Уже созданы прототипы емкостью до **500 ГБ**, содержащие **15-20** слоев.
- Существуют диски для однократной и многократной записи.
- Разработана технология, позволяющая наносить на один диск слои, предназначенные для записи **DVD** и **Blu-Ray**.

Оптическая память ближнего поля (Технология оптики ближнего поля (Integral Near-Field Optics, NF))

Используется тот факт, что свет может проходить сквозь отверстия гораздо меньшего размера, чем длина волны λ . Однако свет при этом может распространяться на очень короткую дистанцию - так называемую **область ближнего поля**. Реализуется данная схема путем перфорирования отверстия диаметром около **250 нм** на покрытом металлом конце лазерного диода. Технология же самой записи заключается в использовании «летающей» на малой высоте от подложки оптической головки, содержащей записывающее кольцо для магнитной записи и два оптических элемента. Одним из этих элементов является твердая **иммерсионная линза**. Линза используется для фокусировки лазерного луча в пятно ультрамалого размера, которое затем проецируется на поверхность диска. Уменьшение размера отверстия на лазере до **30 нм** позволяет достичь плотности записи более чем **80 Гбит/см²**.

Запись в объеме носителя

Активно разрабатываются устройства, позволяющие проводить запись и считывание информации в объеме материала, то есть осуществлять трехмерное хранение информации. Использование трехмерной (**3D-память**) оптической памяти позволит записывать до **1012 бит на 1 см³**. Место бита в объеме материала может быть определено с помощью простых пространственных, спектральных или временных координат. Так, например, при голографической записи, концепция которой возникла еще в 1960-х годах, информация хранится в толще среды как "страницы" электронных изображений (то есть отдельные биты информации сохраняются коллективно).

Двухфотонная технология записи

Она позволяет использовать по **нескольку сот слоев на каждой стороне диска** (созданные прототипы имеют **100** слоев при толщине **8 мм**). При этом методе записи атом или молекула могут перейти из одного энергетического состояния в другое только при одновременной абсорбции двух фотонов. Использование двух лазерных лучей позволяет легко варьировать месторасположение бита информации в толще материала. Индуцированные изменения могут быть зафиксированы как изменения абсорбции, флуоресценции, отражательной способности или электрических свойств материала в точке расположения бита. Технология позволяет сохранять до **100 Гбайт** информации на одном диске того же, что и **CD** и **DVD**, размера. Одной из перспективных сред, является материал **spirobenzopyran**. Однако при комнатной температуре записанная в нем информация может храниться не более **20 часов**. Неограниченно долго данный материал может сохранять информацию только при температуре **-32°C**, то есть при температуре сухого льда. Исследуется также фотохромный протеин **bacteriorhodopsin** и нитронафтаальдегид (**rhodamine B**).

Оптические диски с многоуровневой записью (ML-диски) Технология MultiLevel Recording

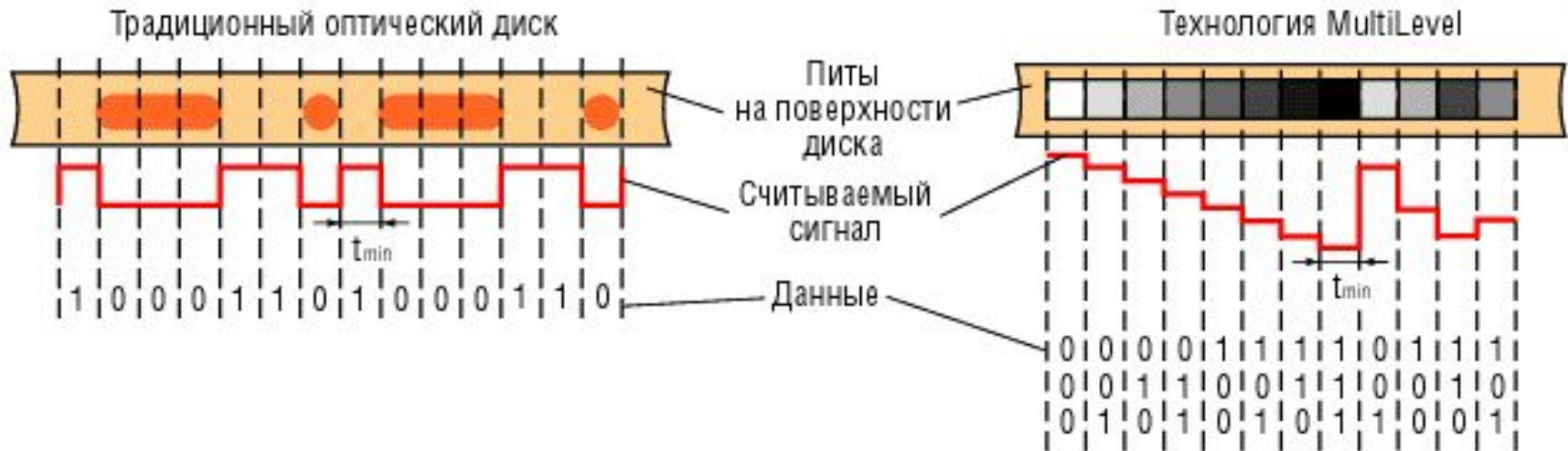


Рис.18 Отличие многоуровневой записи от традиционной технологии

Главное отличие многоуровневой записи заключается в свойствах **пита**: на **ML-дисках** он может принимать не два, а **8** значений, т.е. хранить три бита информации! Это стало возможным с применением разработанного комп. **Calimetrics** специального **красящего агента**, способного в зависимости от мощности воздействующего на него лазерного луча формировать **питы** с различным коэффиц. отражения (**Рис.126**).

Таким образом, без изменения ширины дорожки и минимальной длины **пита** его объем удалось утроить. Кроме того, при той же линейной скорости носителя, считывание данных с **ML-диска** происходит в три раза быстрее.

Важным достоинством **ML-дисков** является простота модификации обычных приводов **CD-ROM** для обеспечения совместимости с новыми носителями. Благодаря идентичности параметров дорожки на рабочей поверхности диска оптическая и механическая системы дисководов не нуждаются в какой-либо доработке — необходимо заменить только микросхему контроллера.



Рис. 19 Товарный знак (Брэнд) Blu Ray 3D (BD 3D)

Blu-ray 3D

- **Blu-ray Disc Association (BDA)** создала целевую группу, составленную из руководителей от кинопроизводства и бытовой электроники и секторов IT, для создания стандарта записи **3D**-фильмов и **3D**-телевизионного контента на **Blu-ray Disc**.
- 17 декабря 2009 г. BDA официально анонсировала **3D**-спецификацию для **Blu-ray Disc** с обратной совместимостью с **2D Blu-ray**.
- **Blu-ray 3D** спецификация рекомендует к использованию для **3D video "Stereo High"** профиль **Multiview Video Coding (MVC)** по ITU-T H.264 **Advanced Video Coding (AVC)** поддержки **Blu-ray Disc**. Это новый видеокodeк на основе **AVC**, также известный как H.264, названный **Multi-View Codec (MVC)**.
- **Blu-ray 3D MVC** кодируется в виде основного потока видео (для одного глаза, то есть для воспроизведения в 2D) и дополнительного (зависимого) потока для другого глаза. Во втором потоке имеются ссылки на объекты в кадрах основного потока, то есть **кодируются только различия**.
- **MPEG4-MVC** сжимает видео *стереопару* на 50 % по сравнению с эквивалентным 2D контентом, и обеспечивает разрешение 1080p при обратной совместимости с **2D BD**.
- Плееры Blu-ray, способные воспроизводить **Blu-ray 3D**, обратно совместимы, т.е. они поддерживают стандартные (двумерные) фильмы **Blu-ray MVC (3D)** поток является совместимым назад с H.264/AVC (**2D**) потоком.
- Физический формат **Blu-ray 3D** идентичен другим видам дисков **Blu-ray**.
- Логический формат базируется на текущем формате аудио/видео **Blu-ray**, который был расширен, чтобы поддержать *стереоскопическое* 3D-видео и 3D-меню.
- Программный плеер **Blu-ray 3D** для воспроизведения требует наличие привода **Blu-ray**, способного считывать диски со скоростью 2x или выше.

Preparation for 3D Rollout in 2010

1. Establish Formats to Bring 3D Home



2. 3D Gaming on PlayStation®3



3. Realize Live Broadcasting



- Fully support broadcasters to introduce 3D live broadcasting



4. Accelerate 3D Theatre Expansion



- Digital Cinema Projector + 3D Lens Unit
- More than 3,000 projectors to be installed in theatres by the end of FY2010



Рис. 20 Место Blu-Ray 3D в подготовке и представлении объемного ТВ

Голографические диски (Holographic Versatile Disc – HVD - многоцелевые голографические диски)

Голографический метод записи обеспечивает плотность записи и скорость передачи данных, значительно превышающие показатели устройств **HD** и **Blu-ray**. Уже достигнуты емкость **200Гбайт** и скорость **1 Гбит/с**; емкость носителей планируется увеличить до 1,6 Тбайт. Технологию развивает консорциум **Holographic Versatile Disc Alliance**, состоящий из шести участников, в частности компаний **CMC Magnetics**, **Fuji Photo Film** и **Optware**.

Выделившаяся из состава **Lucent** фирма **InPhase Technologies** и многие компании, участвовавшие в разработке **DVD**, также проектируют голографические носители.

InPhase выпустила устройство однократной записи **300-Гбайт** дисков **HDS (Holographic Data Storage** - голографическое хранилище данных) с начальной ценой от 6000 до 8000 долл. Организация по стандартам **Ecsa International** разрабатывает спецификации для **200-Гбайт HVD-R** и **100-Гбайт HVD-ROM**, которые могут сделать эту технологию архивирования данных аналогичной доставке контента на базе **DVD**.

(более подробно о голографических дисках и проигрывателях-рекордерах

Сводная таблица параметров цифровой записи на оптические лазерные диски различного типа

Таблица 3

Формат	CD	DVD	HD DVD	BLU-RAY
Толщина носителя, мм	1,2	0,6	0,1	0,6
Длина волны, нм/цвет лазера	780/инфракрасный	650/красный	450/фиолетовосиний	405 нм, фиолет.
Емкость одного слоя	700 Мбайт	4,37 Гбайт	HD DVD-ROM; 15 Гбайт HD DVD -R; 15 Гбайт HD DVD -RW; N/A	25 Гбайт
Емкость двухслойного диска	N/A	7,95 Гбайт	HD DVD-ROM; 30 Гбайт HD DVD -R; N/A; HD DVD -RW; 32 Гбайт	50 Гбайт
Базовая (1X) скорость передачи данных, Мбит/с	1,2	11	36	Video BD - ROM; 54; остальные форматы: 36
Диаметр лазерного луча, нм	2100	1320	620	480
Шаг дорожек, нм	1600	740	400	320
Поверхностная плотность записи данных, Гбайт/дюйм ²	0,4	2,2	7,5	12,5
Видеоразрешение, пиксел	VCD: 352 Ч 240; SVCD: 480 Ч 480	720Ч480	1920Ч1080	1920Ч1080
Главные сторонники	Philips, Sony	DVD Forum, DVD +RW Alliance	DVD Forum (в первую очередь NEC и Toshiba)	Blu - ray Disc Association
Начало поставок	CD: 1982г, VCD: 1993г, SVCD: 1998г	1996 г	IV квартал 2005г. Или I квартал 2006г.	I квартал 2006 г