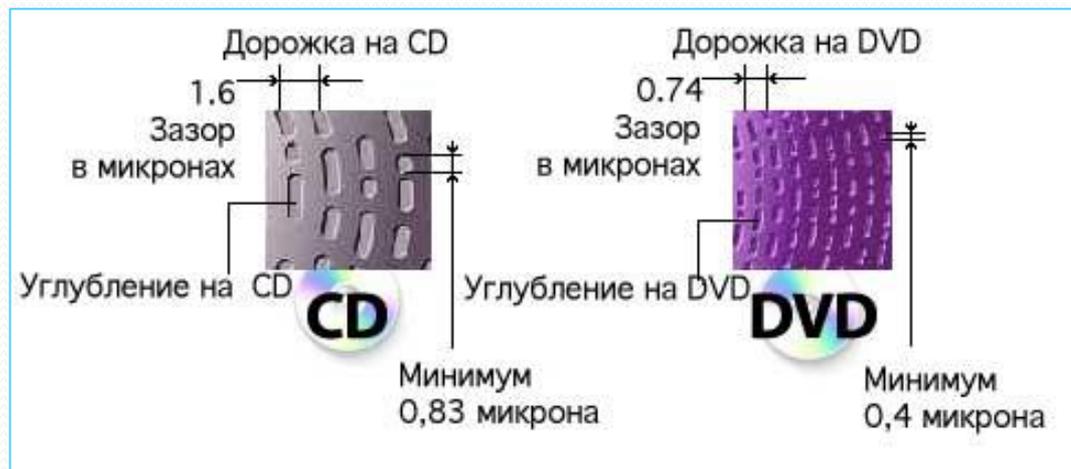


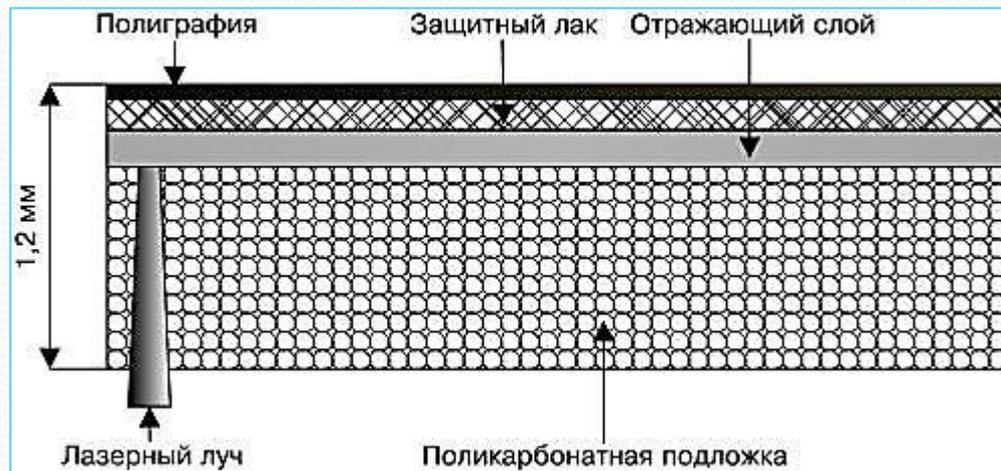
# Физическая структура CD и DVD

# Строение CD

- Компакт-диск (Compact Disk, CD) – это диск диаметром 120 мм (4,75 дюйма) или 80 мм (3,1 дюйма) и толщиной 1,2 мм. Глубина штриха равна 0,12 мкм, ширина – 0,6 мкм. Штрихи расположены по спирали, от центра к периферии. Длина штриха – 0,9–3,3 мкм, расстояние между дорожками – 1,6 мкм. Компакт-диски состоят из трех-шести слоев.



# Структура CD



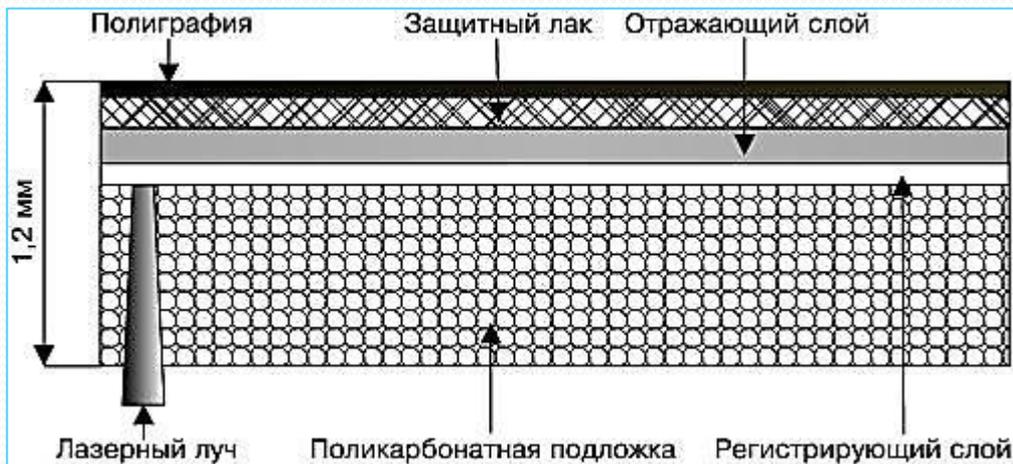
- Основой диска, предназначенного для записи информации промышленным способом, служит прозрачный поликарбонат, на который наносят тонкий слой из сплава алюминия, затем покрывают его защитным слоем лака и наносят полиграфическое изображение.

# Запись DVD и CD промышленным способом

- Запись DVD и CD промышленным способом происходит в восемь этапов.
- 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



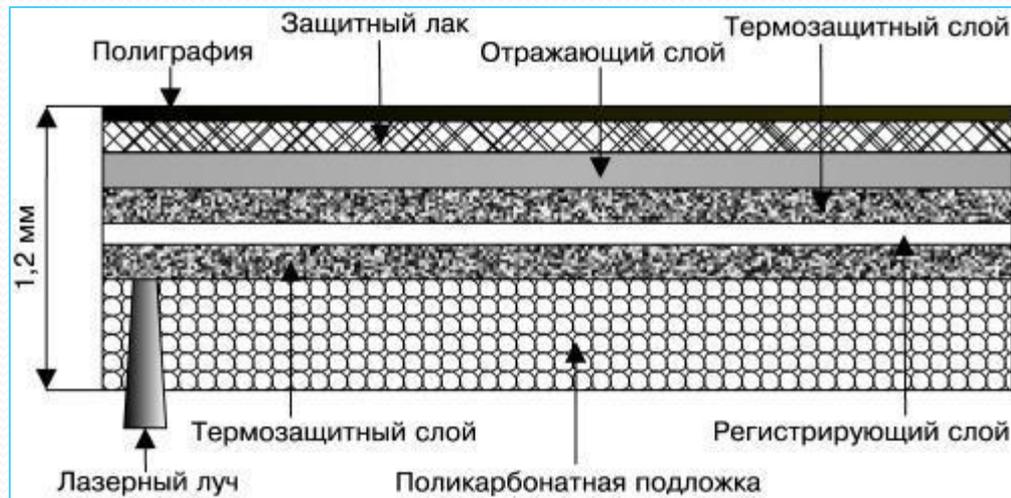
- CD-R (CD Recordable – записываемый компакт-диск) – имеет более сложную структуру. На его поверхность добавляется еще один слой, на который и производится запись. Активный, или регистрирующий, слой расположен между основой и отражающим слоем.

- Чистый CD-R, или «болванка», имеет спиральную дорожку (Pre-groove), которая содержит специальные метки и сигналы синхронизации.
- Во время записи предварительная разметка помогает движению лазера по нужной траектории.
- Кроме того, программы для записи компакт-дисков сами «читают» некоторые параметры используемого CD-R, что упрощает настройку пользователем этих программ.
- 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 получаются 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.

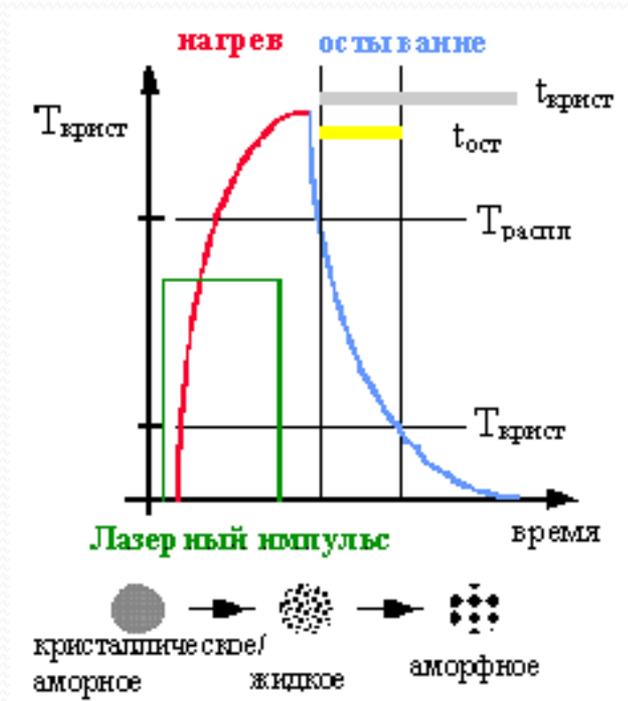
- Активный слой изготавливают из органических соединений: цианина (Cyanine) и его производной – фталоцианина (Phtalocyanine).
- Считается, что фталоцианин более надежен и долговечен, так как менее чувствителен к солнечному свету.
- Но еще менее чувствительны к солнечному свету диски с активным слоем MetalAZO, разработанные компанией Mitsubishi Chemical.

# Структура CD-RW



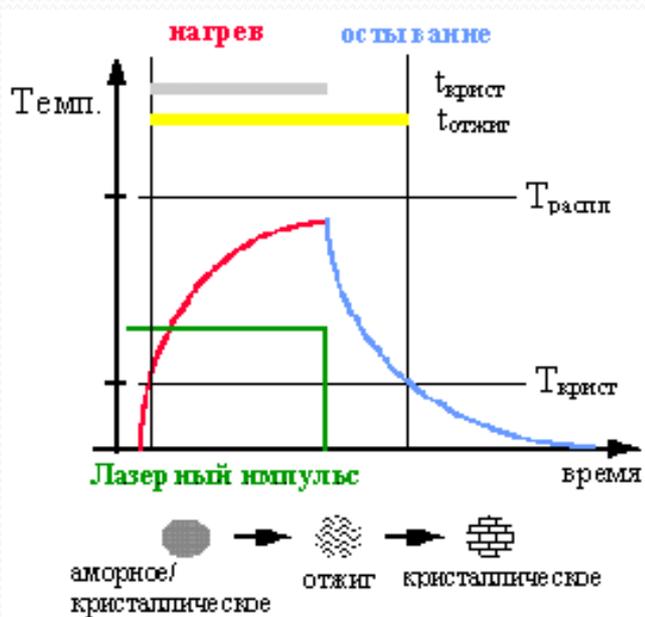
- Во время «прожига» (записи диска) луч лазера нагревает участки промежуточного слоя. При последующем охлаждении эти участки переходят из кристаллической формы в аморфную. Если информацию с CD-RW необходимо стереть, луч лазера нагревает промежуточный слой менее интенсивно, и аморфные участки кристаллизуются.

# Принцип записи CD-RW



- Луч лазера вызывает кристаллографические изменения в активном слое оптического диска (а именно, в результате облучения вещество меняет свое состояние с кристаллического на аморфное и наоборот).

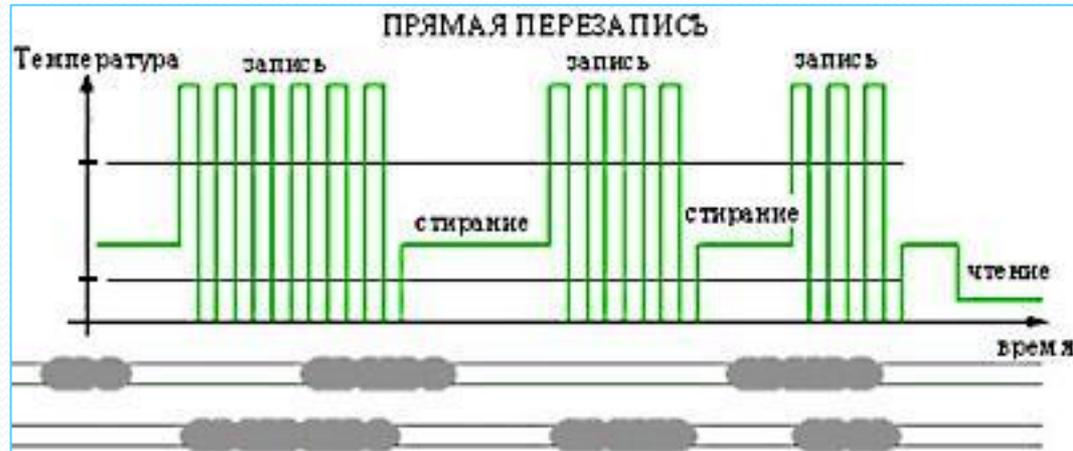
- Запись аморфных областей показана на этом графике. Короткий лазерный импульс высокой мощности расплавляет записываемый материал (температура нагрева превышает температуру плавления материала,  $T > T_{\text{плавл}}$ ). Затем следует охлаждение ниже температуры кристаллизации ( $T_{\text{крист}}$ ).
- Результат охлаждения - предотвращение образования центров кристаллизации. таким образом, роста кристаллической фазы не происходит, и вещество остается в аморфном состоянии.



Следующий график объясняет механизм стирания данных. Для стирания надо вернуть вещество в кристаллическое состояние. С помощью лазера аморфное вещество нагревают до температуры  $T$ , которая меньше температуры плавления, но больше температуры кристаллизации ( $T_{\text{крист}} < T < T_{\text{плавл}}$ ).

- Нагрев (а точнее, отжиг) продолжается в течение времени ( $t_{\text{отж}}$ ), достаточного для восстановления кристаллического состояния вещества. Это время должно быть больше, чем так называемое время кристаллизации ( $t_{\text{крист}}$ ,  $t_{\text{крист}} < t_{\text{отж}}$ ).

# Механизм записи



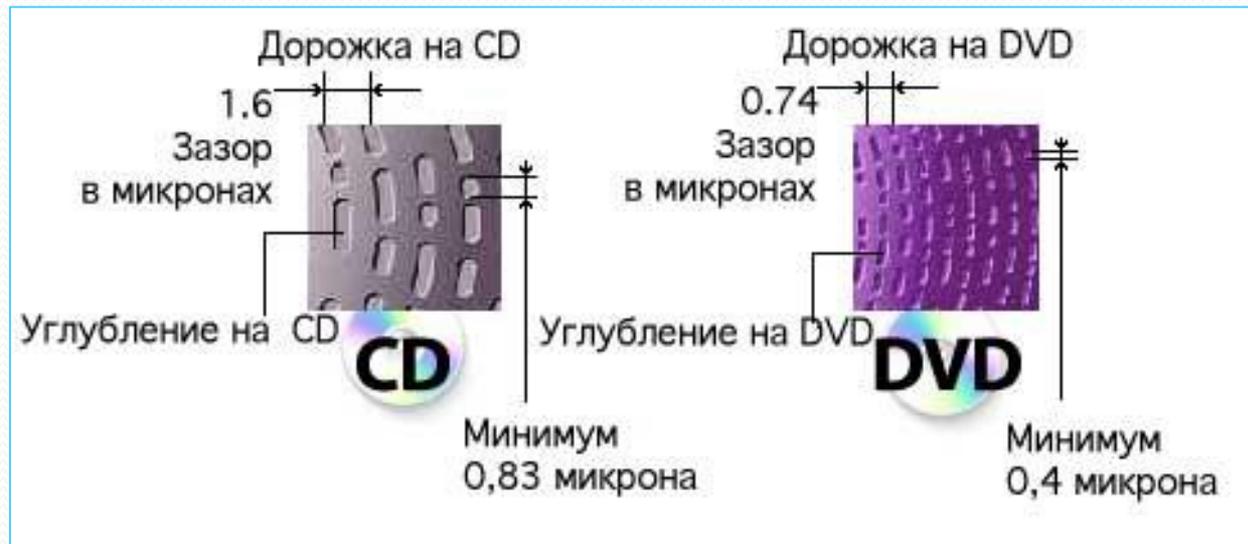
- Существенной частью каждого метода, основанного на изменении длительности импульса, является использование многоимпульсной стратегии записи. Каждая записываемая метка формируется посредством мощных лазерных импульсов ( $P$  записи = 12 мВт, длительность импульса 15 нс).

- Между импульсами интенсивность лазерного излучения уменьшается. Таким образом, после каждого импульса расплавляемый материал охлаждается до температуры ниже температуры кристаллизации, формируя область с аморфной фазой.
- Стирание (то есть кристаллизация) достигается посредством длительного импульса лазера ( $P_{\text{стирания}} < P_{\text{записи}}$ ). Чтение информации осуществляется уже при гораздо меньшей мощности лазера ( $P_{\text{чтения}} = 0,5-0,6 \text{ мВт}$ ).
- Метка записывается посредством серии мощных импульсов. Стирание достигается длительным лазерным воздействием с мощностью  $P_{\text{стир}} < P_{\text{записи}}$ .

# Строение DVD

- В декабре 1995 года 10 компаний, объединившихся в союз DVD Consortium, официально объявили о создании единого унифицированного стандарта – DVD.
- Аббревиатура DVD сначала расшифровывалась как Digital Video Disc (Цифровой видеодиск), но впоследствии ее значение было изменено на Digital Versatile Disc (Цифровой двухсторонний диск).
- Диск был полностью совместим со стандартами Red Book (Красная книга) и Yellow Book (Желтая книга).

- 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.



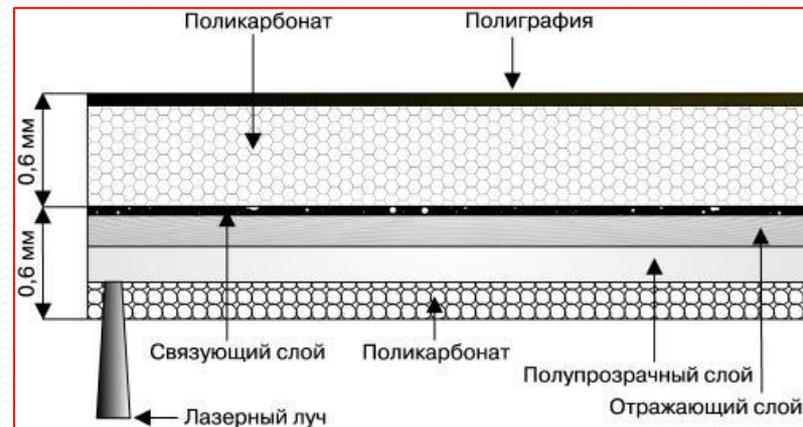
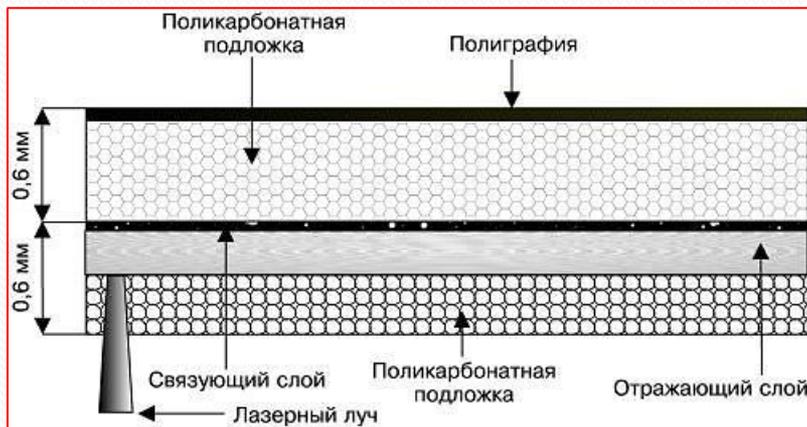
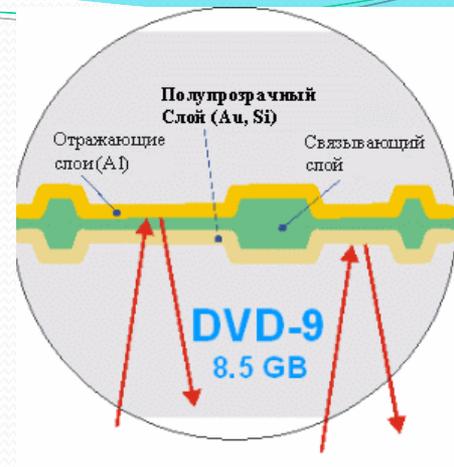
- Нашел применение более эффективный код исправления ошибок – RSPC (Reed Solomon Product Code), стала возможной более эффективная битовая модуляция.
- Технология DVD предоставляет огромное количество форматов и четыре типа конструктивного исполнения двух размеров.
- Диск такого стандарта может быть как односторонним, так и двухсторонним.
- На каждой стороне может быть один или два рабочих слоя.

## Размер диска – 80 мм (3,1 дюйма)

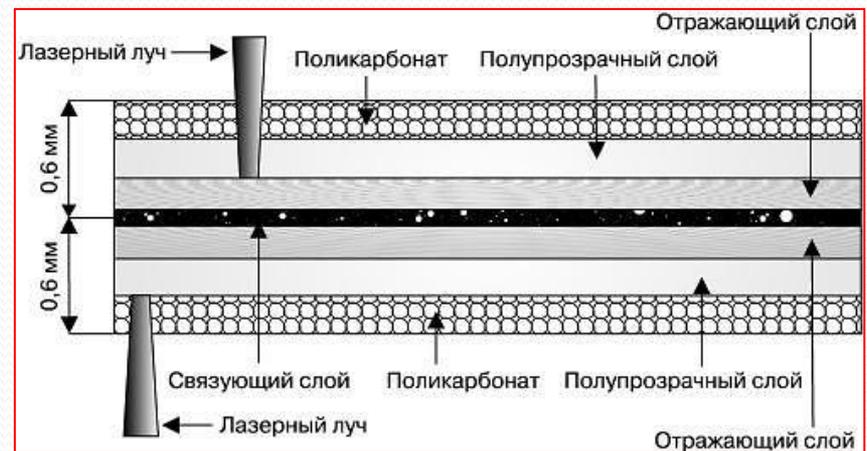
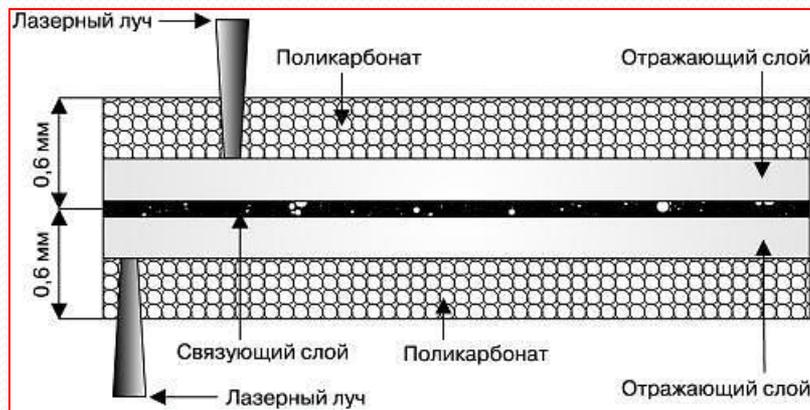
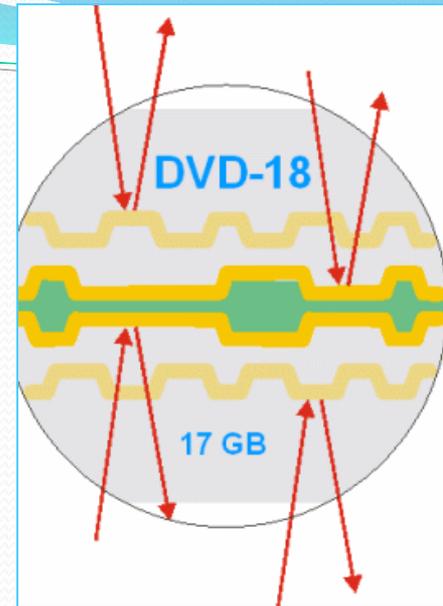
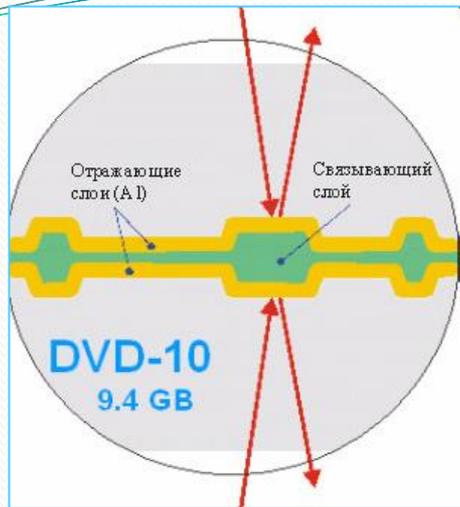
- DVD-1 (Single-sided, single-layer) – односторонний и однослойный диск. Может содержать до 1,36 Гбайт информации.
- DVD-2 (Single-sided, double-layer) – односторонний двухслойный диск. Содержит до 2,48 Гбайт информации.
- DVD-3 (Double-sided, double-layer) – двухслойный диск с одним информационным слоем на каждой стороне. Емкость – до 2,74 Гбайт информации.
- DVD-4 (Double-sided, double-layer) – диск с двумя информационными слоями на каждой стороне. Емкость такого диска – до 4,95 Гбайт.

## Размер диска – 120 мм (4,75 дюйма)

- DVD-5 (Single-sided, single-layer) – односторонний однослойный диск. Содержит до 4,7 Гбайт информации.
- DVD-9 (Single-sided, double-layer) – односторонний и двухслойный диск. Емкость – до 8,5 Гбайт.
- DVD-10 (Double-sided, double-layer) – двухслойный диск с одним информационным слоем на каждой стороне. Содержит до 9,4 Гбайт информации.
- DVD-18 (Double-sided, double-layer) – двухслойный диск с двумя информационными слоями на каждой стороне. Способен вместить до 17 Гбайт информации.



Структура DVD-1 и DVD-5. Структура DVD-2 и DVD-9.



Структура DVD-3 и DVD-10. Структура DVD-4 и DVD-18.

- Запись однослойных DVD аналогична записи CD, а вот запись двухслойных дисков существенно отличается от описанного ранее процесса.
- 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.

- 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 подавать данные на материнскую плату.

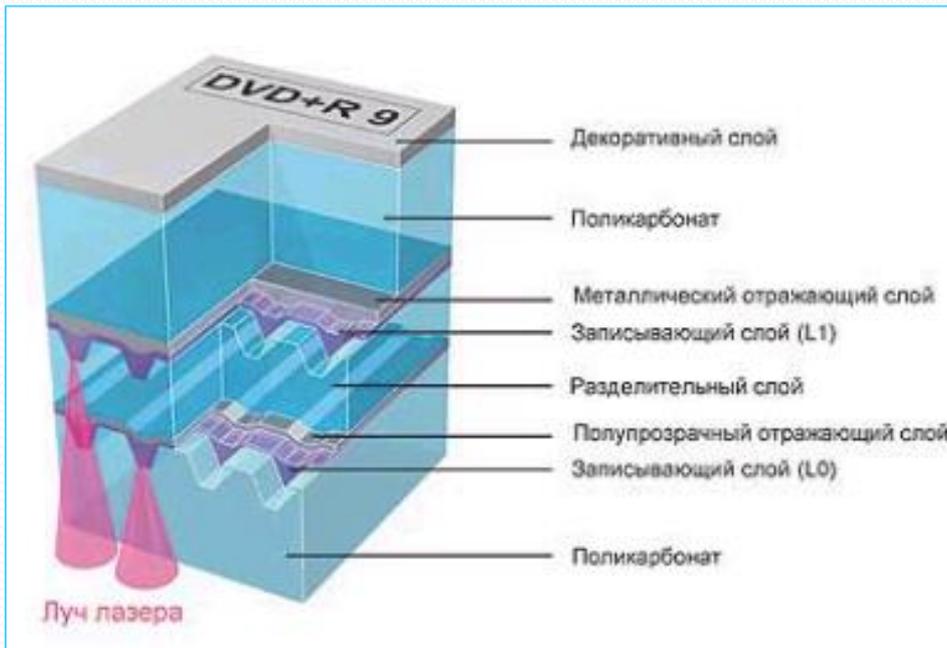
- При изготовлении двухслойного диска сначала штампуются первый слой, основанный на поликарбонатах.
- Затем наносится полупрозрачный материал, который в свою очередь покрывается пленкой фотополимерного материала.
- С помощью ультрафиолетового излучения фотополимеру придается жесткость, и DVD заливается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

- DVD имеют толщину 0,6 мм.
- Для физической совместимости с CD на DVD дополнительно приклеивалась поликарбонатная подложка толщиной 0,6 мм.
- С целью не только увеличить толщину DVD до 1,2 мм, но и одновременно улучшить его функциональность, увеличив емкость носителя в два раза, компанией Toshiba был создан двухсторонний диск (типы DVD-3 и DVD-10).

- 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. Таким образом, склеивая между собой два диска толщиной 0,6 мм, мы получаем один диск, по толщине равный CD и обладающий возможностью записать вдвое больше информации.
- Для получения дисков типа DVD-4 следует склеить два DVD-2, для DVD-18 – соответственно два DVD-9.

# DVD-R

- 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.



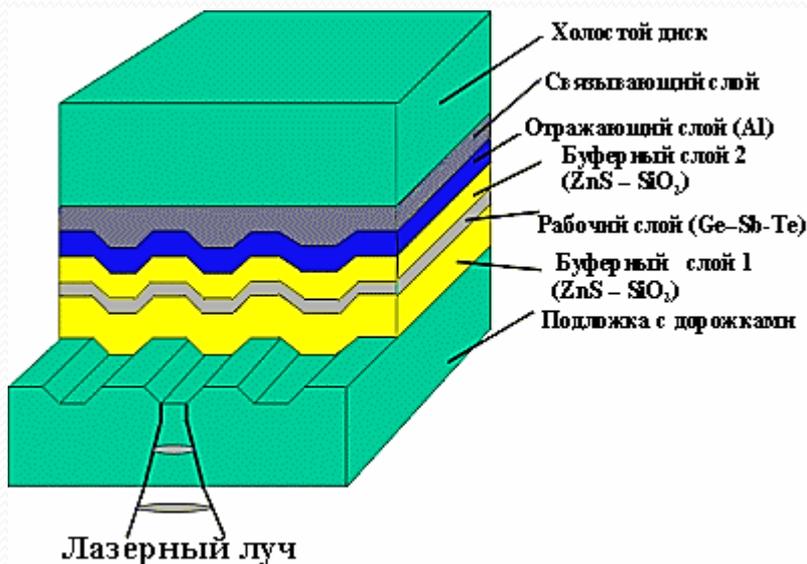
В двухслойной системе DVD+R используются две тонкие пленки активного вещества (dye), между которыми находится прозрачный разделительный слой.

Как и в однослойной технологии, разогрев сфокусированным лазерным лучом необратимо меняет оптические свойства активного вещества в точках «прожига».

- В Philips отмечают, что главной трудностью было достижение совместимости с существующим парком DVD-устройств.
- Для этого под первым *двух-слоем* пришлось поместить полупрозрачную пленку на основе серебряного сплава, которая, с одной стороны, хорошо отражает лазерный луч, чтобы можно было считать данные с первого слоя, а с другой — пропускает достаточно света, чтобы мог работать и второй слой (*отражательная способность каждого слоя составляет около 18% от значений, предусмотренных стандартом двухслойного DVD-ROM*).

- DVD-R диски делятся на типы в зависимости от длины волны лазера, по объему, по применению (технологическому назначению):
- DVD-R media for authoring — диски для профессионального использования (авторинга) — записываются на приводах с длиной волны 635 нм.
- DVD-R general purpose media — диски общего применения — записываются на приводах с длиной волны 650 нм.

# DVD-RW, DVD-RAM



Основой записи и хранения данных на дисках DVD-RAM и DVD-RW является технология изменения фазового состояния вещества. При записи и считывании информации используется различие отражательной способности поверхности в зависимости от того, находится ли она в кристаллическом или аморфном состоянии.

- При считывании информации с диска измеряется различие между темными аморфными и яркими прозрачными зонами. Эту технологию вполне можно назвать оптической - для чтения и записи достаточен всего лишь лазер. Послойная структура одной половины диска показана на рисунке.

# Основные различия DVD+R(W) и DVD-R(W) дисков

## DVD-R(W)

- Спецификации на указанные диски созданы организацией [DVD Forum](#), в которую входят около 200 различных компаний из Азии, Европы и Америки. Данной организацией разработаны спецификации на DVD-ROM, DVD-RAM и DVD-R(W) диски.
- 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 Гб.
- DVD-RW – это формат перезаписываемых DVD дисков. Один DVD-RW носитель можно стирать и записывать до 1'000 раз. Объем данного диска также составляет 4,7 Гб.

## DVD+R(W)

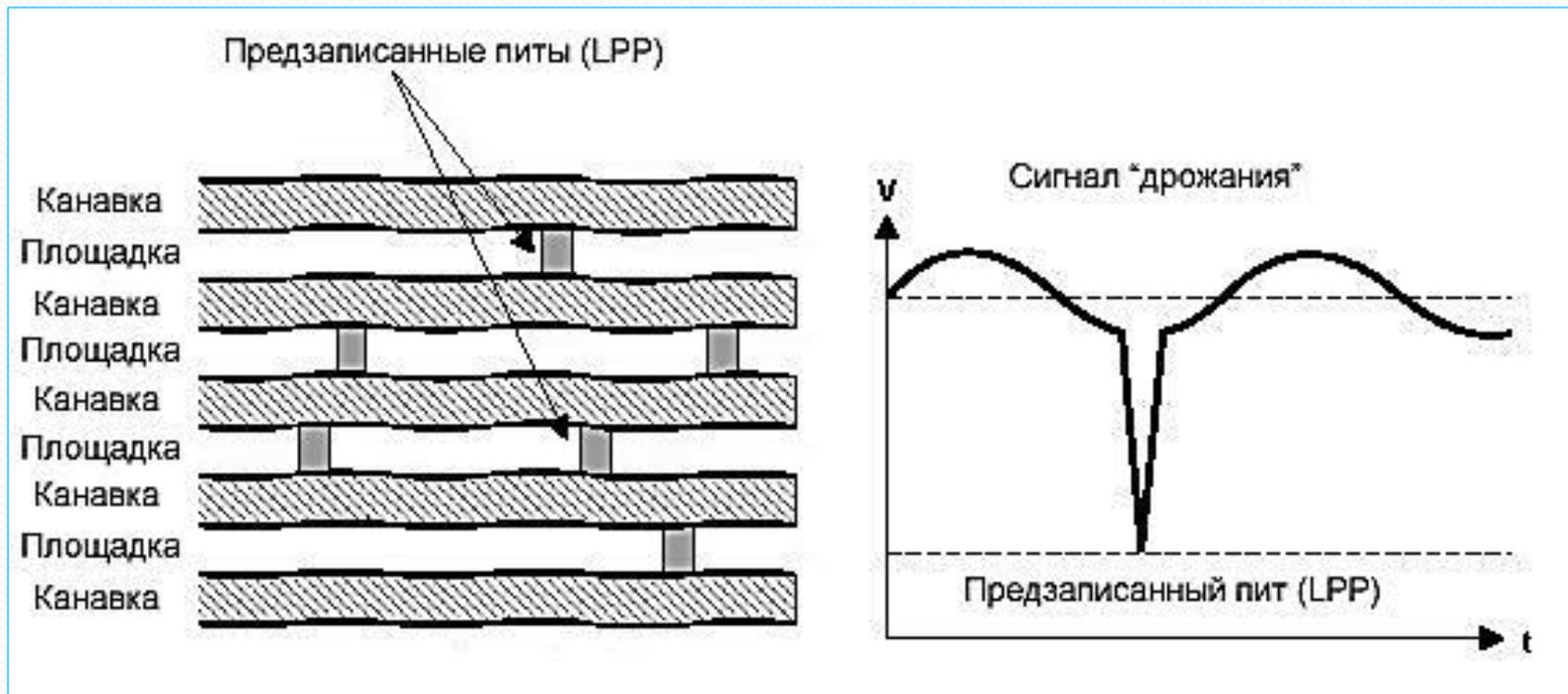
- Эти диски разработаны организацией DVD+RW Alliance, в которую вошли несколько известных компаний (например Sony, Philips и другие). Спецификации указанных дисков появились в 2001 (RW) и 2002 (R) годах, т.е. значительно позже своих конкурентов. Это позволило разработчикам спецификаций формата «плюс», создать технически более совершенные носители.
- По аналогии с форматом «минус» данные диски бывают однократно записываемыми (DVD+R) и перезаписываемыми (DVD+RW). Один носитель DVD+R(W) вмещает также 4,7 Гб информации. DVD+RW диски поддерживают до 1'000 циклов перезаписи.

## РАЗЛИЧИЯ ФОРМАТОВ

- Следует отметить, что форматы DVD-R(W) и DVD+R(W) не совместимы. Однако считываться записанные диски могут в большинстве современных DVD проигрывателей.
- Дело в том, что различия форматов сказываются, главным образом, на записи дисков, а не на их считывании.
- Основные отличия DVD-R(W) и DVD+R(W) дисков с технической стороны рассмотрены ниже.

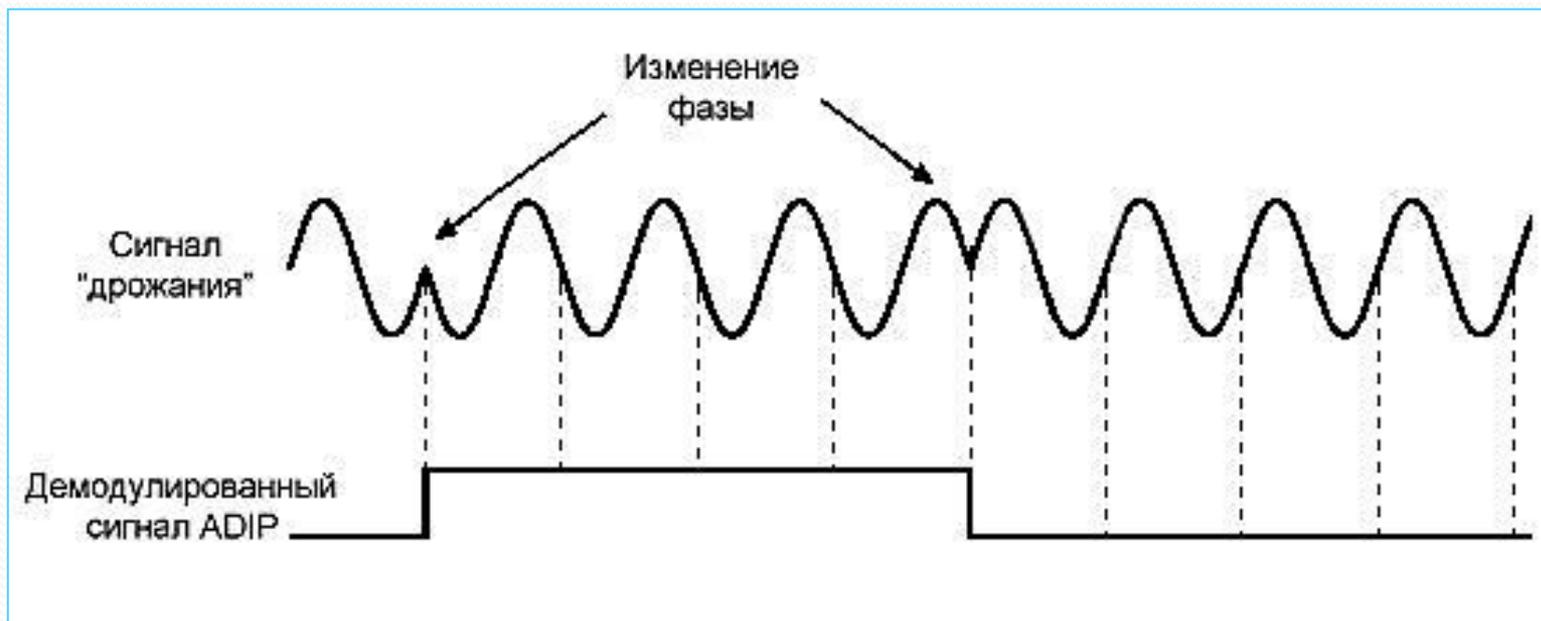
## Адресация и хранение служебной информации

- Для записи DVD привод обычно получает от диска три типа данных:
- Данные для трекинга (отслеживания дорожек), которые позволяют приводу записывать питы точно на дорожку.
- Данные адресации, которые позволяют приводу записывать информацию в отведенные места на диске.
- 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. Такой метод записи служебной информации называется «адресация в преднанесенных канавках» (ADress In Pre-groove, ADIP).

- Из теории обработки сигналов известно, что метод относительно-фазовой модуляции имеет большую устойчивость к шумам, чем метод амплитудной модуляции.
- Поэтому с точки зрения устойчивости к внешним воздействиям DVD+R(W) диски более надежны.
- Более того, с ростом скорости записи, нахождение LPP по амплитуде становится сложнее, чем определение изменения фазы сигнала дрожания.

- Диск DVD+R(W) передает в привод большее количество информации, что в конечном итоге, приводит к улучшению качества записи.
- В DVD дисках используется алгоритм оптимального управления мощностью (optimum power control, OPC), который позволяет считывать наилучшие параметры для записи конкретного носителя и производить их тестирование. Эти параметры, например мощность лазера в зависимости от длины волны, содержатся в блоках LPP на DVD-R(W) или в словах ADIP на DVD+R(W).
- Количество регулируемых параметров для обоих форматов дисков одинаково, однако в носителях DVD+R(W) параметры задаются с большей точностью.

- В формате «плюс», можно задавать параметры для 4-х различных скоростей записи, тогда как в конкурирующем формате только для одной (известно, что параметры записи зависят от скорости).
- Область тестирования OPC на DVD+R(W) дисках больше, чем на DVD-R(W) (32768 против 7088 секторов).

## Сопряжение (linking)

- Когда по какой-либо причине запись на диск была приостановлена и должна быть возобновлена, необходимо произвести сопряжение новых данных с записанными ранее. В DVD+R(W) дисках сопряжение производится более точно.
- В носителях формата «минус» область сопряжения находится среди пользовательских данных, поэтому некоторые из них при этом неизбежно теряются.
- В носителях формата «плюс» область сопряжения не затрагивает пользовательских данных.

## Многосессионная запись

- 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 Мб для первой зоны, от 6 до 18 для последующих зон. Т.е. DVD-R(W) диск с тремя записанными сессиями будет содержать до 132 Мб ( $96 + 18 + 18$ ) 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 Мб.
- Т.о. DVD+R(W) диск с тремя записанными сессиями будет содержать всего 4 Мб 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).

- Таким образом, формат DVD «плюс» с точки зрения технических характеристик более привлекателен. Он позволяет легче реализовывать запись данных на диск с более высокой скоростью, за счет применения технологии ADIP.
- Запись информации на DVD+R(W) носители происходит с более высоким качеством, за счет получения приводом более точных параметров записи от самого диска.
- Объем служебной информации, которая появляется при многосессионной записи, на DVD+R(W) дисках ниже, чем на DVD-R(W).
- И, наконец, DVD+R(W) диски позволяют производить более точное сопряжение данных, если запись была приостановлена.