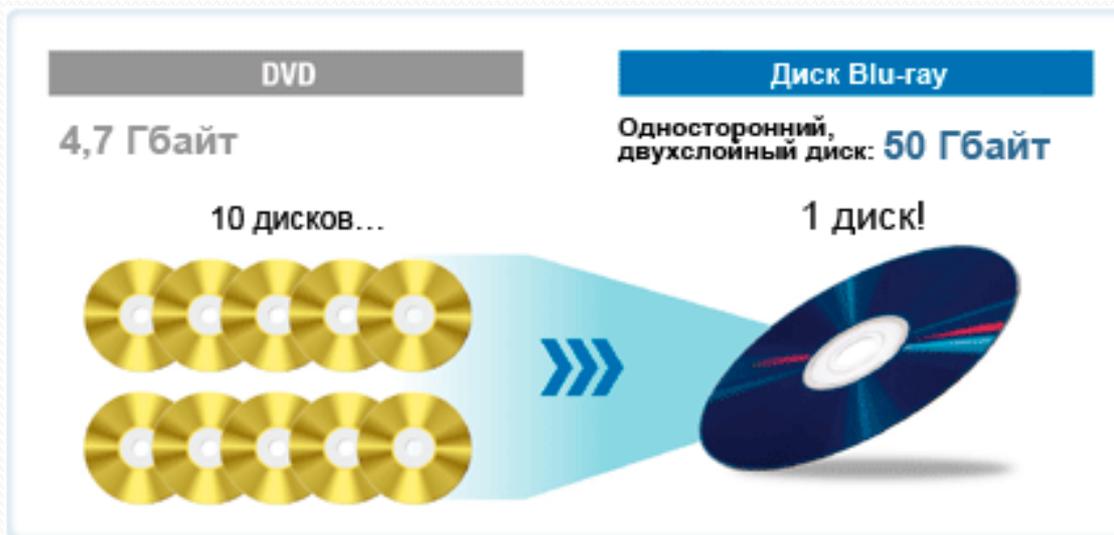




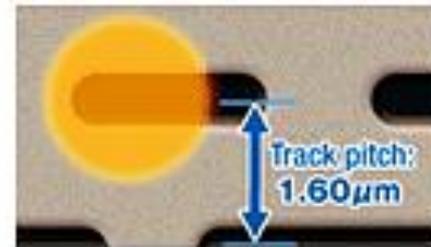
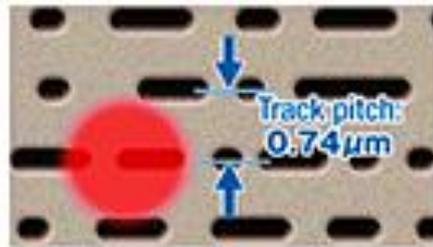
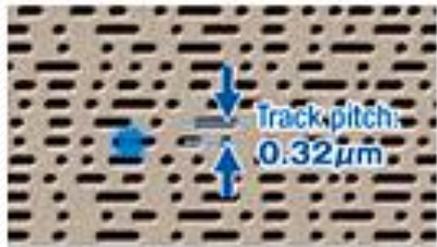
**Blu-ray Disc**



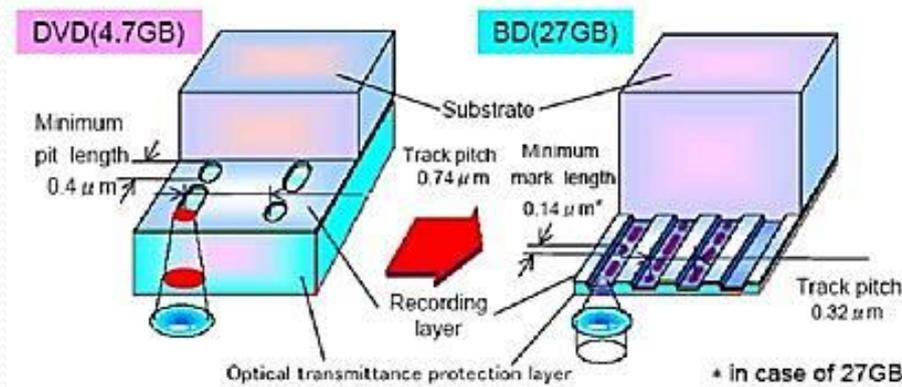
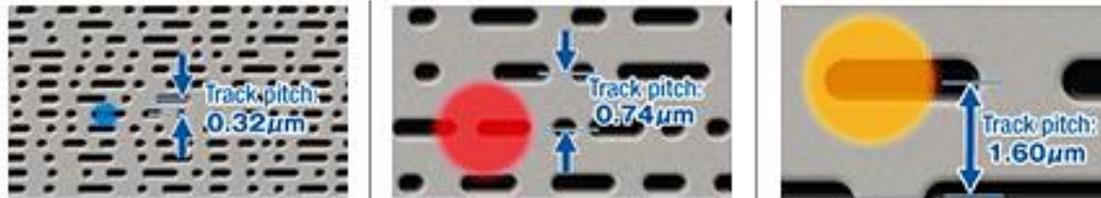
# **Особенности и основные характеристики формата**



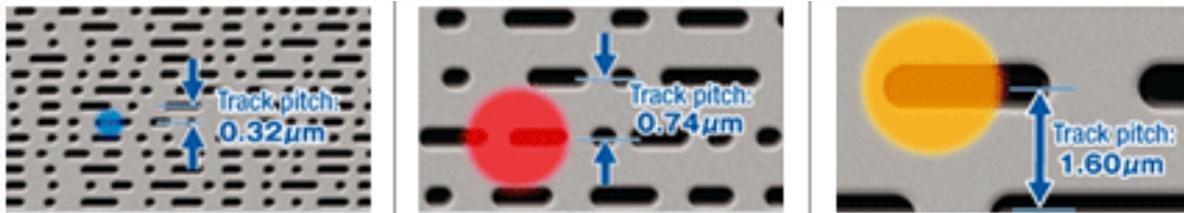
- Поскольку каждый записываемый слой одностороннего двухслойного Blu-ray диска вмещает 25 Гбайт данных, то общая емкость такого диска составляет 50 Гбайт. Другими словами, на один Blu-ray диск можно переписать информацию с 10 DVD-дисков.



- Слева направо: диск Blu-ray, DVD, CD. Черные полосы — прожженные лазерным лучом «бороздки» в соответствие с записываемой информацией.
- Сравнение данных иллюстраций показывает, что сами «бороздки» и расстояние между ними на диске Blu-ray — существенно меньше чем на других оптических носителях. Именно это и позволяет диску Blu-ray вмещать во много раз больше информации.

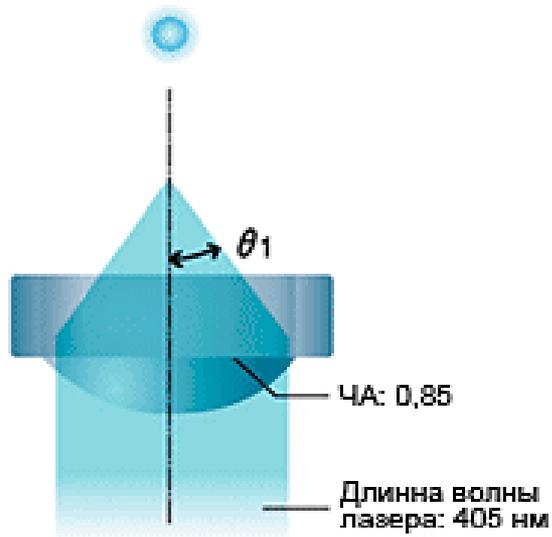


- Если шаг дорожек при записи сигнала на DVD-диск составляет 0,74 мкм (микрометров), то в случае Blu-ray диска он уменьшен до 0,32 мкм.
- Голубой, красный и желтый круги — характеризуют диаметр пятна лазерного луча, формируемого на поверхности диска.

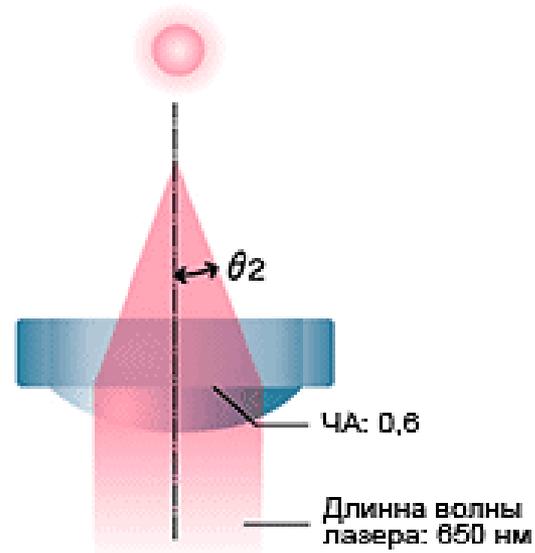


- Для работы с диском Blu-ray используется голубой лазер, обладающий более короткой длиной волны, нежели так называемый красный лазер.
- Меньшая длина волны позволяет лучше сфокусировать лазерный луч и получить лазерное пятно меньшего диаметра, необходимое для работы с «плотно упакованными» на поверхности Blu-ray диска данными.
- Для фокусировки голубого лазера используется объективная линза с большим показателем числовой апертуры (ЧА), отражающим фокусирующую способность линзы.

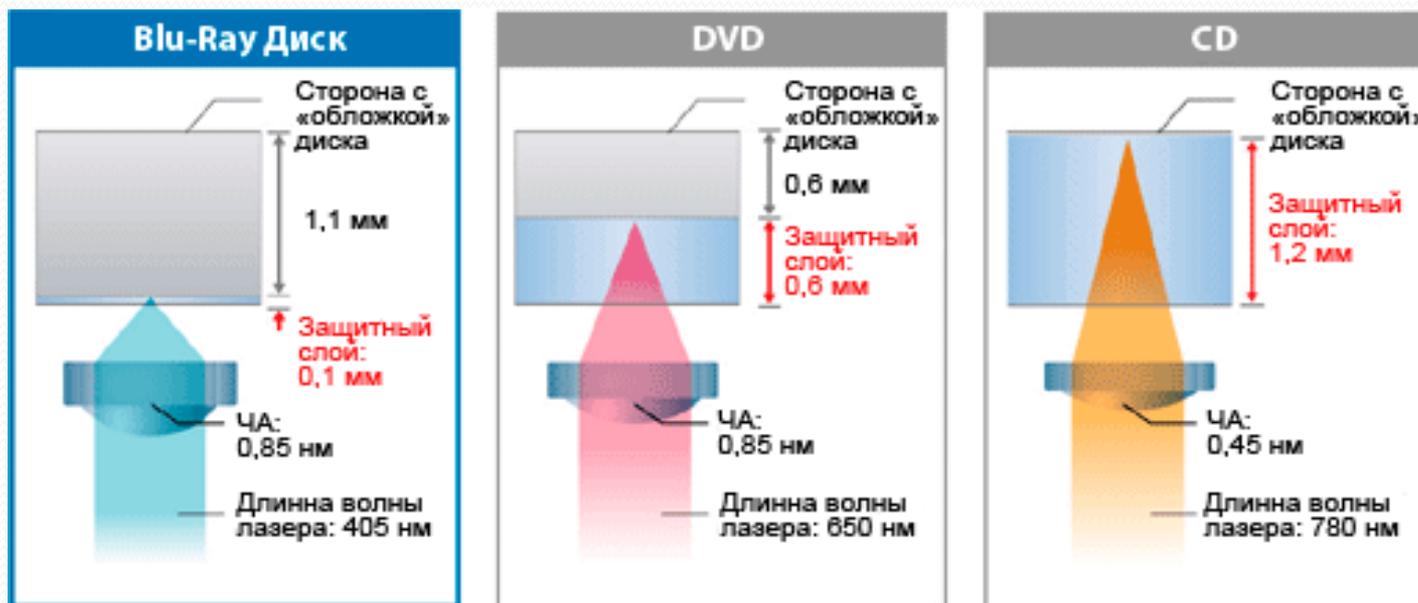
## Blu-Ray Диск



## DVD



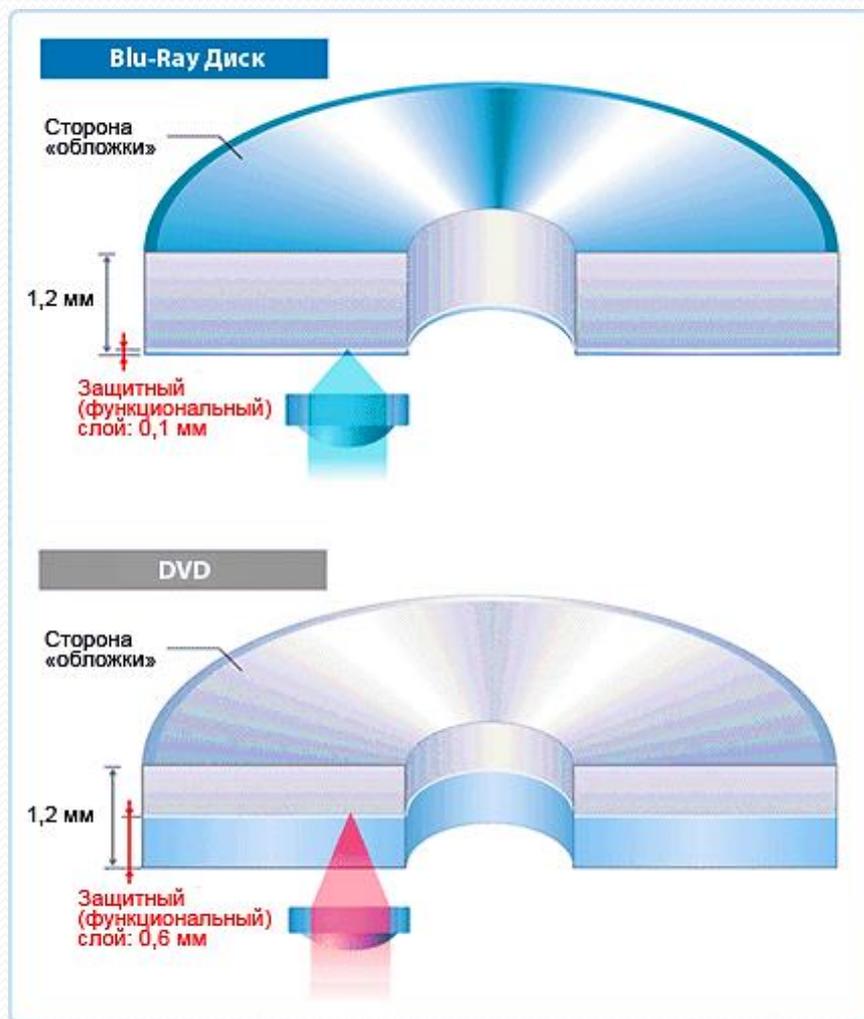
- Показатель ЧА в случае технологии Blu-ray составляет 0,85. У DVD показатель ЧА равен 0,6.



**Различия в показателях длины волны и ЧА у различных форматов**

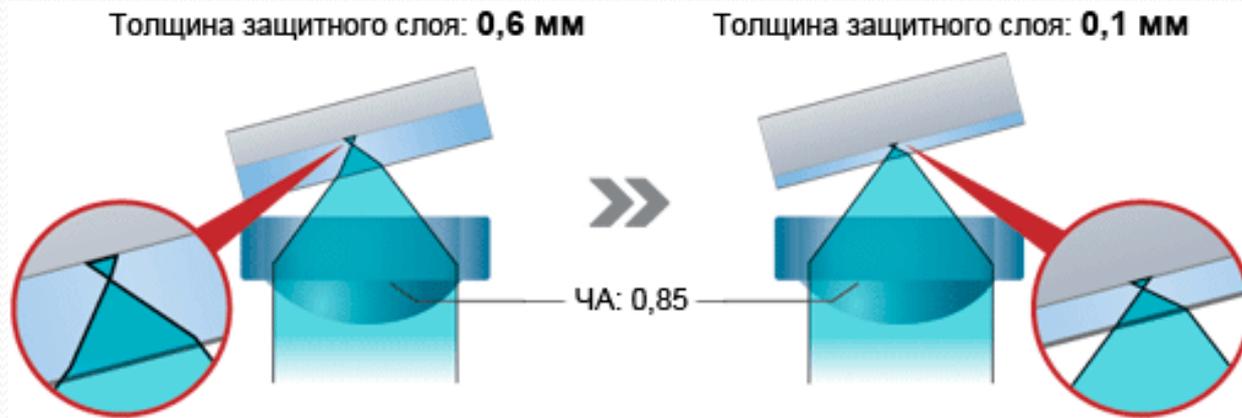
- Третья ключевое технологическое решение, применяемой для достижения высокой информационной емкости Blu-ray диска — уменьшение толщины защитного слоя оптического носителя.
- Защитный слой необходим для того, чтобы сберечь рабочую поверхность диска от царапин и пыли.

# Структура DVD и Blu-ray дисков в разрезе:



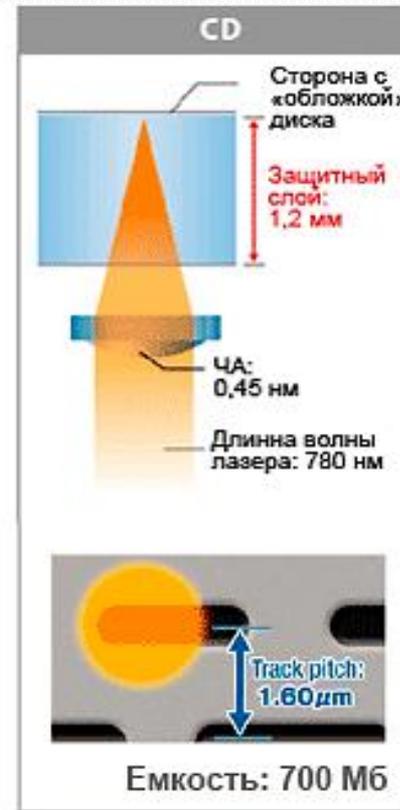
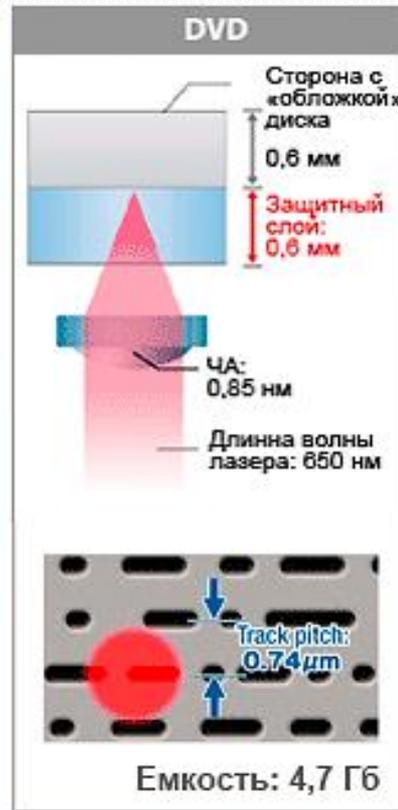
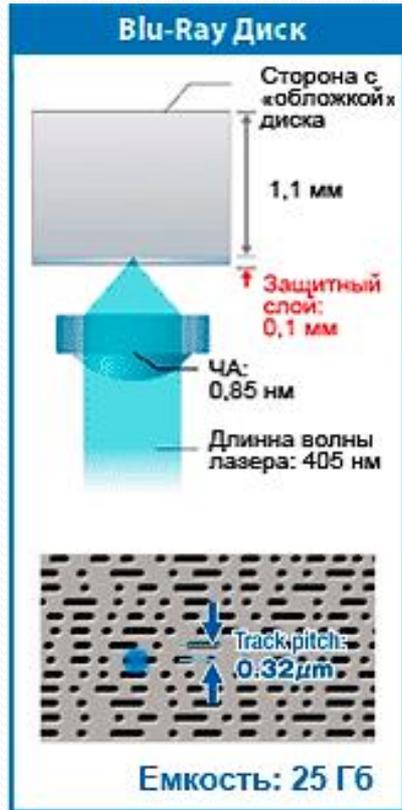
- Оптические диски изготавливаются из пластика, для которого характерна способность к деформации.
- Деформация меняет угол падения лазерного луча на поверхность диска, что приводит к искажению лазерного пятна — это мешает стабильному считыванию / записыванию данных.
- Специфика формата Blu-ray требует использование объектива с высоким показателем ЧА для лучшей фокусировки лазерного пучка.
- Однако, чем больше ЧА, тем большие искажения возникают при деформации диска.

- Для успешного решения данной проблемы было необходимо уменьшить толщину защитного слоя.
- Создание защитного слоя с минимальной и неизменной толщиной в рамках известных стоимостных ограничений повлекло за собой разработку принципиально новых технологий производства дисков.
- Компания Panasonic успешно разработала методику для изготовления дисков, обладающих защитным слоем толщины 0,1 мм, полученным за счет нанесения особой смолы методом центрифугирования.
- Новый метод изготовления защитного слоя Blu-ray диска нейтрализует влияние эффекта деформации, что позволяет организовать стабильную работу с данными во время их записи/ воспроизведения.



- Толщина защитного (функционального) слоя, равная 0,1 мм, необходима для стабильной работы с данными при использовании объектива с показателем ЧА = 0,85 и минимизации искажений, связанными с деформациями диска.

- Формат Blu-ray Disk обладает тремя главными оптическими характеристиками:
  - длина волны лазера — 405 нм,
  - числовая апертура объективной линзы — 0,85,
  - толщина прозрачного защитного слоя — 0,1 мм.

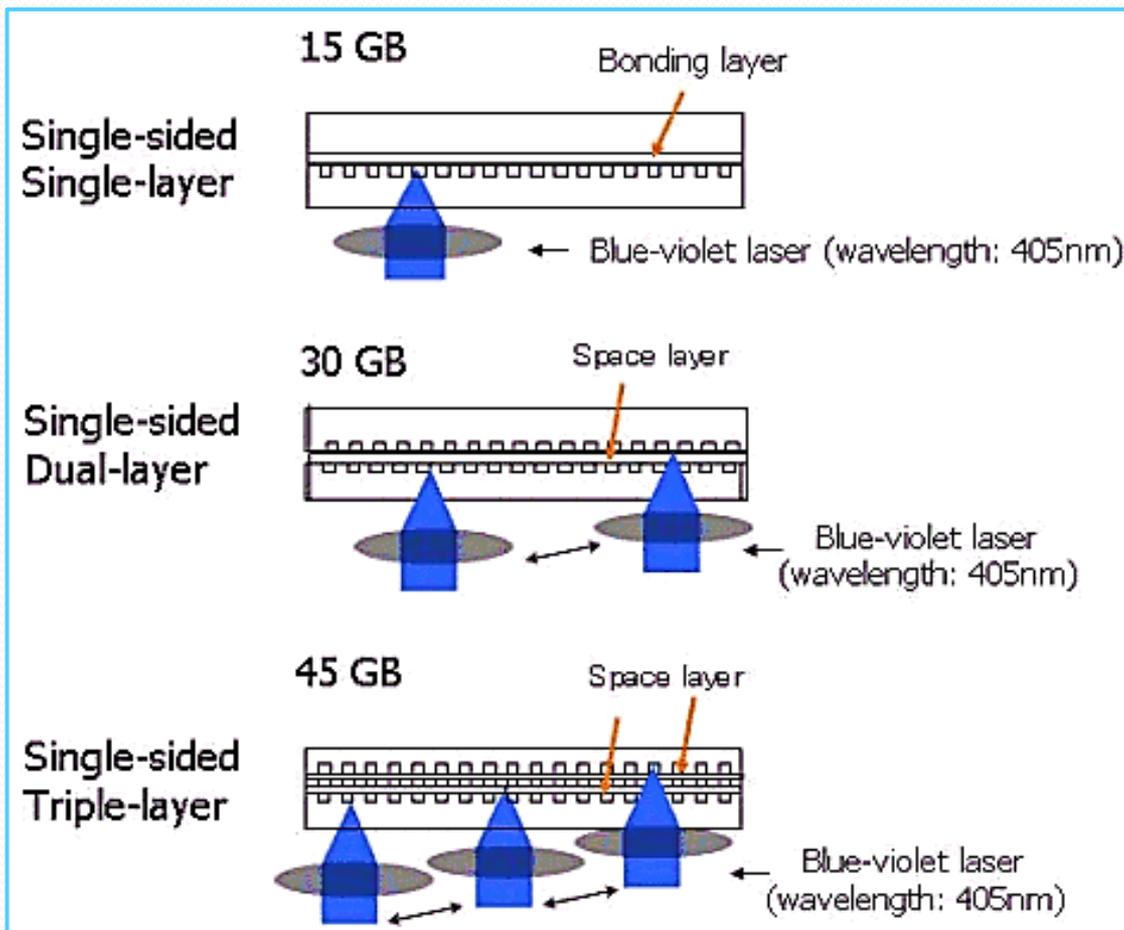


- Сравнение ключевых характеристик (длина волны лазера, ЧА, толщина защитного слоя) различных форматов оптических дисков

# Типы Blu-ray дисков

- **BD-ROM/ BD-диск** с записанными данными (ROM — Read-Only-Memory — данные, доступные только для воспроизведения)  
На BD-дисках данного типа издаются фильмы, игры, программное обеспечение и т.д.
- **BD-R/ BD-диск для однократной записи** (R— Recordable — приспособленный для записи)
- **BD-RE/ BD-диск многократной записи (перезаписываемый диск)** (RE — Rewritable — приспособленный для многократной записи)
- Каждый из приведенных типов BD-дисков классифицируется по емкости:
  - 1) односторонний, однослойный (25 Гбайт) диск
  - 2) односторонний двухслойный диск (50 Гбайт)

- Под термином «односторонний» подразумевается, что рабочая поверхность (на которой хранятся данные) находится лишь на одной стороне диска и покрыта специальным защитным слоем толщиной 0,1 мм.
- Внутри защитного слоя может находиться одна или две рабочие поверхности, предназначенные для хранения данных.
- Во время утверждения Blu-ray как стандарта было решено, что BD-диск будет односторонним — данные будут размещаться на нем исключительно с одной стороны.



**Схематическое изображение одно-, двух- и трёхслойного Blu-ray диска**

## Различия в спецификациях Blu-ray дисков

	Однослойный	Двухслойный	Трехслойный	Четырехслойный
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			
Коррекция ошибок	Код Рида — Соломона 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	

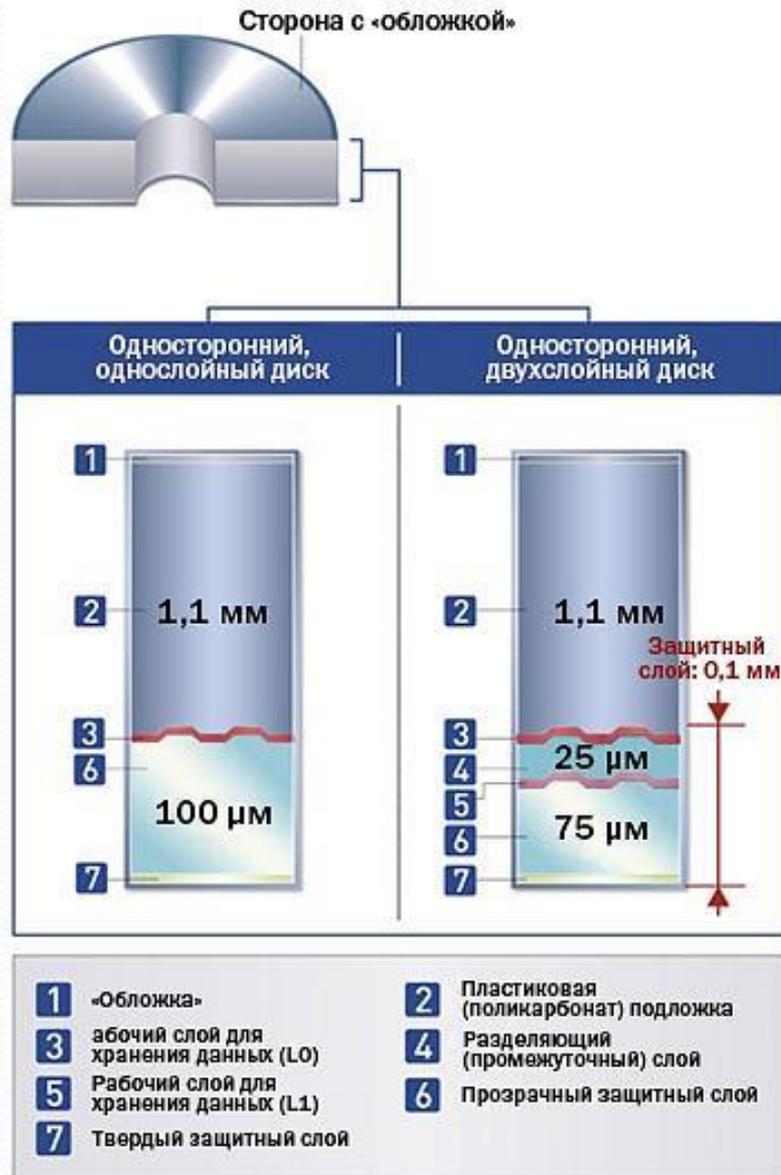
	CD	DVD	Blu-ray	HD-DVD
Ёмкость штампованного (ROM) однослойного диска, Гбайт	0,68	4,7	23,3/25	15
Ёмкость штампованного (ROM) двухслойного диска, Гбайт	нет	8,5	46,6/50	30
Ёмкость перезаписываемого (RW) однослойного диска, Гбайт	0,68	4,7	23,3/25/27	20
Ёмкость перезаписываемого (RW) двухслойного диска, Гбайт	нет	нет	46,6/50/54	32
Ёмкость однослойного записываемого (R) диска, Гбайт	0,68	4,7	23,3/25/27	15
Ёмкость двухслойного записываемого (R) диска, Гбайт	нет	8,5	46,6/50/54	нет
Максимальная ёмкость существующих прототипов многослойных дисков, Гбайт	1,4	8,5	100	45
Длина волны лазера, нм	780	650	405	405
Апертура	0,45	0,60	0,85	0,65
Мощность луча при чтении, мВт	-	-	0,35	0,5
Защитный слой, мм	1,2	0,6	0,1	0,6
Размер пита, нм	830	410	160 (23,3 Гбайт) 149 (25 Гбайт) 138 (27 Гбайт)	204 (15 Гбайт)
Расстояние между дорожками, нм	1600	740	320	400
Скорость передачи данных, Мбит/с	-	11,1	36 (1x) 72 (2x) 54 (video BD-ROM)	36,5 (1x)
Поддержка Java	нет	нет	есть	нет
Поддерживаемые кодеки	-	MPEG2	MPEG2 MPEG4 AVC VC-1	MPEG2 MPEG4 AVC VC-1
Система защиты данных	-	CSS	AES	AACS

# Кодеки

- Кодек используется для преобразования видео и аудио-потока и определяет размер, который видео будет занимать на диске.
- На данный момент в спецификацию формата BD-ROM включена поддержка трёх видео кодеков:
  - MPEG-2, который также является стандартным для [DVD](#);
  - MPEG-4 H.264/AVC кодек и
  - VC-1 — новый быстро развивающийся кодек, созданный на основе [Microsoft Windows Media 9](#).
- При использовании первого кодека на один слой возможно записать около двух часов видео высокой чёткости, другие два более современных кодека позволяют записывать до четырёх часов видео на один слой.

- Для кодирования звука BD-ROM использует:
  - линейный (несжатый) PCM,
  - Dolby Digital,
  - Dolby Digital Plus,
  - DTS,
  - Dolby TrueHD,
  - DTS-HD Master Audio,
  - Dolby Lossless (формат сжатия данных без потерь, также известный как Meridian Lossless Packing (MLP)).

# Технологии производства односторонних, двухслойных BD-RE дисков

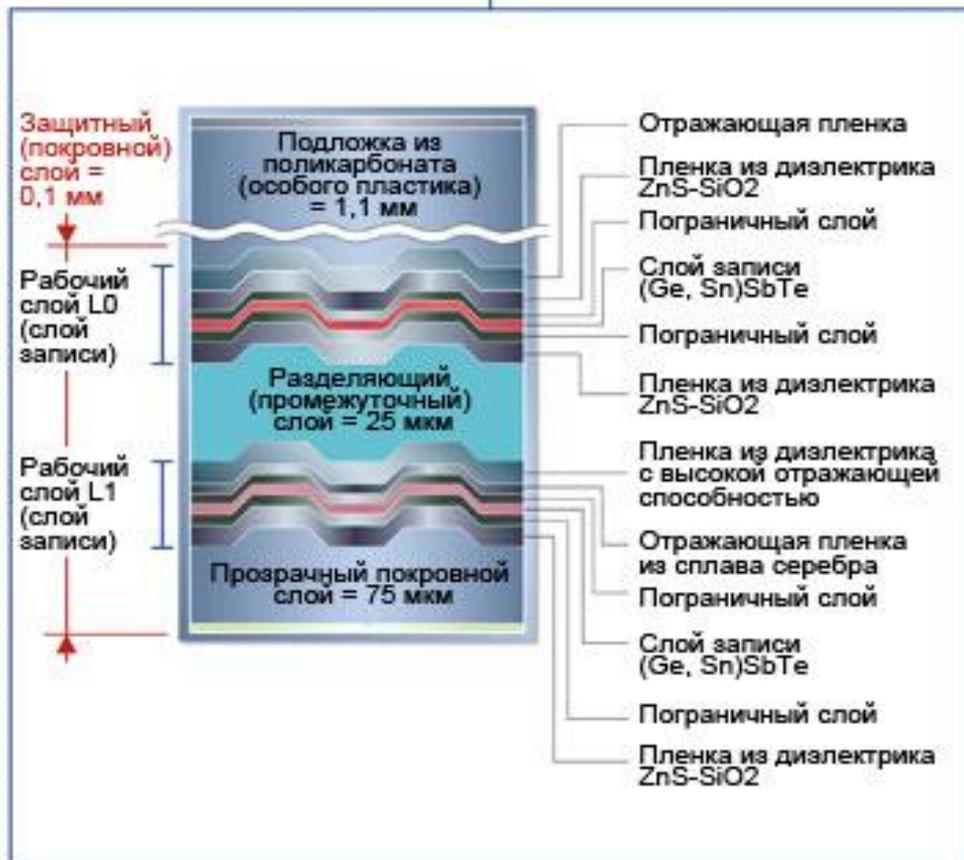
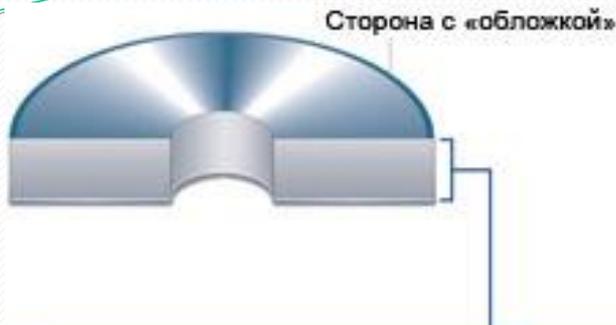


- У одностороннего, однослойного диска есть только один слой, находящийся между подложкой и защитным напылением.
- У одностороннего двухслойного диска — два рабочих слоя (слоя записи): L<sub>0</sub> и L<sub>1</sub>. Между ними находится так называемый разделяющий (промежуточный) слой.

- Совокупная толщина двух рабочих слоев, промежуточного слоя, прозрачного защитного слоя и твердого защитного напыления составляет 0,1 мм.
- Предназначение промежуточного слоя — в разделении слоев записи (рабочих слоев)  $L_0$  и  $L_1$ , с целью предотвращения взаимной интерференции между сигналами.
- Промежуточный слой должен позволять лазерному лучу беспрепятственно достигать слоя  $L_0$  (который находится за промежуточным слоем) и, отразившись от него, передавать точные данные считывающей оптической головке.
- Толщина промежуточного слоя должна составлять 25 мкм (микрометров) с возможным допуском менее  $\pm 2$  мкм.

- Для записи и последующего воспроизведения информации с поверхности ВD-диска используется так называемый «метод записи с изменением фазы».
- Это технология записи на оптический диск с изменением фазового состояния вещества — отдельные участки рабочего слоя переходят из неструктурированного аморфного состояния в структурированное кристаллическое состояние.

- В BD-RE диске метод записи с изменением фазы позволяет, при необходимости, вернуть рабочий информационный слой диска в исходное, «чистое» состояние, для того, чтобы затем осуществить запись новых данных.
- Ключ к созданию двухслойного диска — разработка слоя L1. Дело в том, что он должен обладать двоякими, противоречивыми свойствами.
  - С одной стороны, при обращении к слою L0, лазерный луч должен беспрепятственно проходить сквозь слой L1 «туда и обратно», донеся до считывающей оптической головки идеально точный сигнал.
  - С другой стороны, при обращении к слою L1 он должен в полной мере отработать свою роль в качестве надежного информационного носителя, не допуская искажений сигнала. Соответственно, слой L1 должен быть достаточно тонким и при этом обладать определенными свойствами.



## Структура одностороннего, двухслойного BD-RE диска

Рабочие слои L<sub>0</sub> и L<sub>1</sub>  
на самом деле  
состоят из  
нескольких  
(различных) пленок.





