

## **ОПТИЧЕСКИЕ ДИСКИ**

Оптический диск — собирательное название для носителей информации, выполненных в виде дисков, запись на которые ведётся с помощью оптического излучения. Диск обычно плоский, его основа сделана из поликарбоната, на который нанесен специальный слой, который и служит для хранения информации. Для считывания информации используется обычно луч лазера, который направляется на специальный слой и отражается от него. При отражении луч искажается мельчайшими выемками на специальном слое, и этот факт можно измерить.

### **Поколения**

#### ***Первое поколение оптических дисков***

Лазерный диск

Магнитооптический диск

#### ***Второе поколение оптических дисков***

DVD

MiniDisc

Digital Multilayer Disk

DIVX

DataPlay

Fluorescent Multilayer Disc

GD-ROM

Phase-change Dual

Universal Media Disc

#### ***Третье поколение оптических дисков***

Blu-ray Disc

Forward Versatile Disc

Holographic Versatile Disc

HD DVD

Ultra Density Optical

Professional Disc for DATA

Versatile Multilayer Disc

## КОМПАКТ-ДИСКИ



Рисунок 1. Компакт диск

### *Компакт-диск*

Компакт-диск («CD», «Shape CD», «CD-ROM», «КД ПЗУ») — оптический носитель информации в виде диска с отверстием в центре, информация с которого считывается с помощью лазера. Изначально компакт-диск был создан для цифрового хранения аудио (т. н. Audio-CD), однако в настоящее время широко используется как устройство хранения данных широкого назначения (т. н. CD-ROM).

Аудио-компакт-диски по формату отличаются от компакт-дисков с данными, и CD-плееры обычно могут воспроизводить только их (на компьютере, конечно, можно прочитать оба вида дисков). Встречаются диски,

содержащие как аудиоинформацию, так и данные — их можно и послушать на CD-плеере, и прочитать на компьютере. С развитием mp3 производители бытовых CD-плееров и музыкальных центров начали снабжать их возможностью чтения mp3-файлов с CD-ROM'ов.

Аббревиатура «CD-ROM» означает «Compact Disc Read Only Memory» что в переводе обозначает компакт-диск с возможностью чтения. «КД ПЗУ» означает «Компакт-диск, постоянное запоминающее устройство». CD-ROM'ом часто ошибочно называют CD-привод для чтения компакт-дисков.

## История

Компакт-диск был создан в 1979 году компаниями Philips и Sony. На Philips разработали общий процесс производства, основываясь на своей более ранней технологии лазерных дисков. Sony, в свою очередь, использовала собственный метод записи PCM — Pulse Code Modulation, использовавшийся ранее в цифровых профессиональных магнитофонах. В 1982 году началось массовое производство компакт-дисков, на заводе в городе Лангенхагене под Ганновером, в Германии. Значительный вклад в популяризацию компакт-дисков внесли Microsoft и Apple Computer. Джон Скалли, тогдашний CEO Apple Computer, в 1987 году сказал, что компакт-диски произведут революцию в мире персональных компьютеров.

Существует версия о том, что компакт-диск изобрели не Philips и Sony, а американский физик Джеймс Рассел, работавший в компании Optical Recording. Уже в 1971 году он продемонстрировал свое изобретение для хранения данных. Делал он это для «личных» целей, желая предотвратить царапание своих виниловых пластинок иглами звукоснимателей. Спустя восемь лет подобное устройство было «независимо» изобретено компаниями Philips и Sony.

## Техническая информация

Компакт-диски изготавливаются из поликарбоната толщиной 1,2 мм, покрытого тончайшим слоем алюминия (ранее использовалось золото) с защитным слоем из лака, на котором обычно наносится графическое представление содержания диска. Поэтому,

вопреки распространённому мнению, компакт-диск никогда не следует класть вверх ногами (этикеткой вниз), так как отражающий алюминиевый слой, на котором и хранятся данные, снизу защищён, как было сказано выше, 1,2-миллиметровым слоем поликарбоната, а сверху — лишь тонким слоем лака. Кроме того, на отражающей стороне имеется кольцевой выступ высотой 0,5 мм, позволяющий диску, положенному на ровную поверхность, не касаться этой поверхности. В центре диска расположено отверстие диаметром 15 мм (при желании диск можно переносить, надев на палец, вообще не прикасаясь к его поверхности).

Компакт-диски имеют в диаметре 12 см и изначально вмещали до 650 мегабайт информации (или 74 минуты аудио). Есть предположение, что разработчики рассчитывали объём так, чтобы на диске полностью поместилась девятая симфония Бетховена (самое популярное музыкальное произведение в Японии в 1979 году согласно специально проведённому опросу), длящаяся именно 74 минуты. Однако, начиная приблизительно с 2000 года, всё большее распространение получали диски объёмом 700 мегабайт, которые позволяют записать 80 минут аудио, впоследствии полностью вытеснившие диск объёмом 650 мегабайт. Встречаются и носители объёмом 800 мегабайт (90 минут) и даже больше, однако они могут не читаться на некоторых приводах компакт-дисков. Бывают также мини-CD (не путать с мини-дисками), диаметром 8 см, на которые вмещается около 140 или 210 Мб данных или 21 минута аудио, и CD, формой напоминающие кредитные карточки (т. н. диски-визитки).

**Таблица 1. Объём хранимых данных**

Тип	Длительность, минуты	Кол. секторов	Макс. размер данных, байты	Макс. размер данных, МБайт
	21	94 500	193 536 000	184,6
	63	283 500	580 608 000	553,7
«650МВ»	74	333 000	681 984 000	650,3
«700МВ»	80	360 000	737 280 000	703,1
	90	405 000	829 440 000	791,0
	99	445 500	912 384 000	870,1

Информация на диске записывается в виде спиральной дорожки, так называемых питов (углублений), выдавленных на алюминиевом слое (в отличие от технологии записи CD-ROM'ов где информация записывается цилиндрически). Каждый пит имеет примерно 125 нм в глубину и 500 нм в ширину. Длина пита варьируется от 850 нм до 3,5 мкм.

Расстояние между соседними дорожками спирали — 1,5 мкм. Данные с диска читаются при помощи лазерного луча с длиной волны 780 нм, который просвечивает поликарбонатный слой, отражается от алюминиевого и считывается фотодиодом. Луч лазера образует на отражающем слое пятно диаметром примерно 1,5 мкм. Так как диск читается с нижней стороны, каждый пит выглядит для лазера как возвышение. Места, где такие возвышения отсутствуют, называются площадками.

Чтобы было легче представить отношение размеров диска и пита: если компакт-диск был бы величиной со стадион, пит был бы размером примерно с песчинку.

Скорость чтения/записи CD указывается кратной 150 КБ/с (то есть 153 600 байт/с). Например, 48-скоростной привод обеспечивает максимальную скорость чтения (или записи) CD дисков, равную  $48 \times 150 = 7200$  КБ/с (7,03 МБ/с).

## Типы компакт-дисков

Компакт-диски бывают штампованные на заводе (CD-ROM), CD-R (Compact Disc Recordable) для однократной записи, CD-RW (Compact Disc ReWritable) для многократной

записи. Диски последних двух типов предназначены для записи в домашних условиях на специальных пишущих приводах. В некоторых CD-плеерах и музыкальных центрах такие диски могут не читаться (в последнее время все производители бытовых музыкальных центров и CD-плееров включают в свои устройства поддержку чтения CD-R/RW).

Такие диски в просторечии называются «болванками» и записываются на специальных пишущих приводах для компакт-дисков.

Процесс записи называется «прожигом» (от англ. «to burn») диска. RW диски в отличие от R имеют меньшую отражающую способность. 20% от диска изготовленного фабричным способом. CD R 40%.

## DVD

DVD (ди-ви-ди, англ. Digital Versatile Disc — цифровой многоцелевой диск) — носитель информации в виде диска, внешне схожий с компакт-диском, однако имеющий возможность хранить больший объём информации за счёт использования лазера с меньшей длиной волны, чем для обычных компакт дисков.

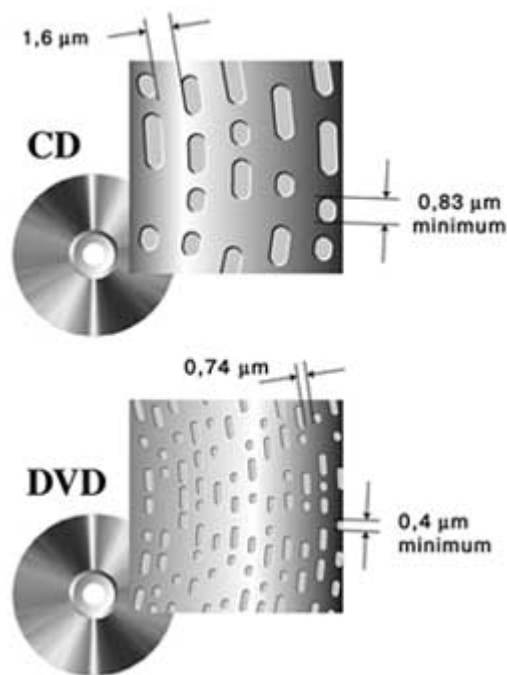


Рисунок 2. Плотность записи на CD и DVD-дисках

## История

Первые диски и проигрыватели DVD появились в ноябре 1996 в Японии и в марте 1997 в США. В начале 1990-х годов разрабатывалось два стандарта для оптических информационных носителей высокой плотности. Один из них назывался «Multimedia Compact Disc» (MMCDD) и разрабатывался компаниями Philips и Sony, второй — «Super Disc» — поддерживали 8 крупных корпораций, в числе которых были Toshiba и Time Warner. Позже усилия разработчиков стандартов были объединены под началом IBM, которая не хотела повторения кровопролитной войны форматов, как было со стандартами кассет VHS и Betacam в 1980-х.

Официально DVD был анонсирован в сентябре 1995 года. Первая версия спецификаций DVD была опубликована в сентябре 1996 года. Изменения и дополнения в спецификации вносит организация DVD Forum (ранее называвшаяся DVD Consortium), членами которой являются 10 компаний-основателей и более 220 частных лиц.

Первый привод, поддерживающий запись DVD-R, выпущен Pioneer в октябре 1997 года. Стоимость этого привода, поддерживающего спецификацию DVD-R версии 1.0, составляла 17000\$. «Болванки» объемом 3.95 Гб стоили по 50\$ каждая.

Изначально «DVD» расшифровывалось как «Digital Video Disc» (цифровой видеодиск), поскольку данный формат первоначально разрабатывался как замена видеокассетам. Позже, когда стало ясно, что носитель подходит и для хранения произвольной информации, многие стали расшифровывать DVD как Digital Versatile Disc (цифровой многоцелевой диск). Toshiba, заведующая официальным сайтом DVD Forum'a, использует «Digital Versatile Disc». К консенсусу не пришли до сих пор, поэтому сегодня «DVD» официально вообще никак не расшифровывается.

## **Типы DVD**

### ***DVD по структуре данных***

DVD-Video — содержат фильмы (видео и звук);

DVD-Audio — содержат аудиоданные высокого качества (гораздо выше, чем на аудио-компакт-дисках);

DVD-Data — содержат любые данные;

смешанное содержимое.

В отличие от компакт-дисков, в которых структура аудиодиска фундаментально отличается от диска с данными, в DVD всегда используется одна файловая система.

### ***DVD как носители***

DVD-ROM — диски, изготовленные методом инжекционного литья (литья под давлением из прочного пластика-поликарбоната), непригодны для записи в приводах;

DVD+R/RW — диски однократной (R — Recordable) и многократной (RW — ReWritable) записи;

DVD-R/RW — диски однократной (R — Recordable) и многократной (RW — ReWritable) записи;

DVD-RAM — диски многократной записи с произвольным доступом (RAM — Random Access Memory).

Любой из этих 4 типов носителей DVD может нести любую из трёх структур данных (см. выше).

## **Техническая информация**

Физически DVD может иметь одну или две рабочие стороны и один или два рабочих слоя на каждой стороне. От их количества зависит ёмкость диска (из-за чего они получили также названия DVD-5, -9, -10, -18, по принципу округления ёмкости диска в Гб до ближайшего сверху целого числа).

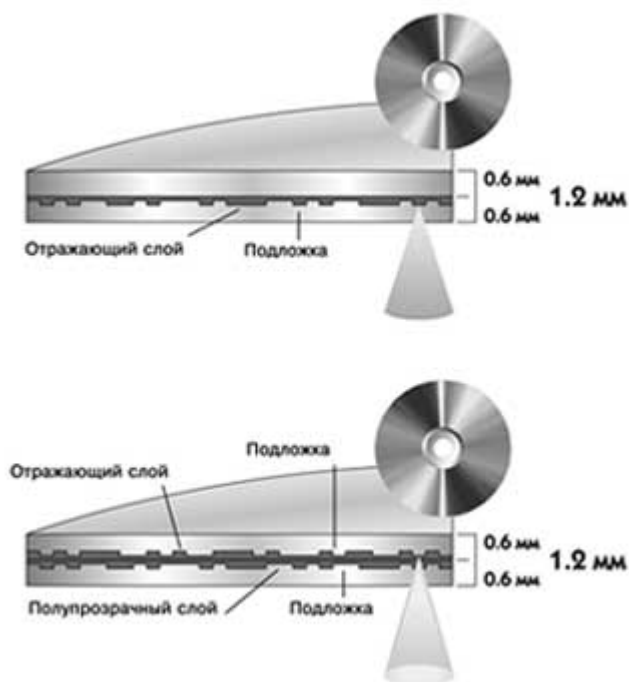


Рисунок 3. Однослойные и двухслойные DVD

Таблица 2. Ёмкость DVD-дисков в зависимости от типа

Ёмкость DVD-дисков	В Гигабайтах
1-сторонние 1-слойные (DVD-5)	4,7
1-сторонние 2-слойные (DVD-9)	8,5
2-сторонние 1-слойные (DVD-10)	9,4
2-сторонние 2-слойные (DVD-18)	17,1

Указанные цифры — приблизительные. На DVD данные записываются секторами; один сектор содержит 2048 байт. Поэтому точное значение ёмкости DVD можно определить умножением 2048 на число секторов на диске, которое слегка варьируется у различных типов DVD носителей (цифры даны для 1-сторонних дисков; у 2-сторонних, очевидно, всё 2 раза больше):

Таблица 3. Количество секторов и ёмкость DVD-дисков в зависимости от типа

Тип диска	Число секторов	Гигабайты
1-слойный DVD-R(W)	2 298 496	4,7
1-слойный DVD+R(W)	2 295 104	4,7
1-слойный DVD-RAM	2 295 072	4,7
2-слойный DVD-R(W)	4 171 712	8,5
2-слойный DVD+R(W)	4 173 824	8,5
2-слойный DVD-RAM		

Примечание: формат DVD-R(W) не задаёт точное число секторов, а лишь требует, чтобы ёмкость была не ниже 4,7 млрд байт. Однако большинство производителей придерживаются цифры 2 298 496 секторов, что и указано в таблице.

Вместимость можно определить на глаз — нужно посмотреть, сколько рабочих (отражающих) сторон у диска и обратить внимание на их цвет: двухслойные стороны обычно имеют золотой цвет, а однослойные — серебряный, как компакт-диск.

Единица скорости (1x) чтения/записи DVD составляет 1 385 000 байт/с (то есть около 1352 Кбайт/с = 1,32 Мбайт/с), что примерно соответствует 9-й скорости (9x) чтения/записи CD,

которая равна  $9 \times 150 = 1350$  Кбайт/с. Таким образом, 16-скоростной привод обеспечивает скорость чтения (или записи) DVD равную  $16 \times 1,32 = 21,12$  Мбайт/с.

### Возникновение форматов DVD±R и их совместимость

Стандарт записи DVD-R(W) был разработан в 1997 г. DVD-Forum'ом как официальная спецификация (пере)записываемых дисков. Однако цена лицензии на эту технологию была слишком высока, и поэтому несколько производителей пишущих приводов и носителей для записи объединились в «DVD+RW Alliance», который и разработал в середине 2002 г. стандарт DVD+R(W), стоимость лицензии на который была ниже. Поначалу «болванки» (чистые диски для записи) DVD+R(W) были дороже, чем «болванки» DVD-R(W), но теперь цены сравнялись.

Стандарты записи «+» и «-» частично совместимы. Все приводы для DVD могут читать оба формата дисков, и большинство пишущих приводов также могут записывать оба типа «болванок». Среди остальных приводов форматы «+» и «-» одинаково популярны — половина производителей поддерживает один стандарт, половина — другой. Идут споры, вытеснит ли один из этих форматов своего конкурента или они продолжают мирно сосуществовать. Однако, поскольку формат DVD-R(W) появился почти на 5 лет раньше DVD+R(W), многие старые или дешёвые плееры вероятнее всего поддерживают лишь DVD-R(W). Это следует учитывать, особенно при записи дисков для распространения, когда тип читающего устройства (плеера или DVD-привода) заранее не известен.

### СРАВНЕНИЕ CD И DVD ДИСКОВ

Общее – принцип записи

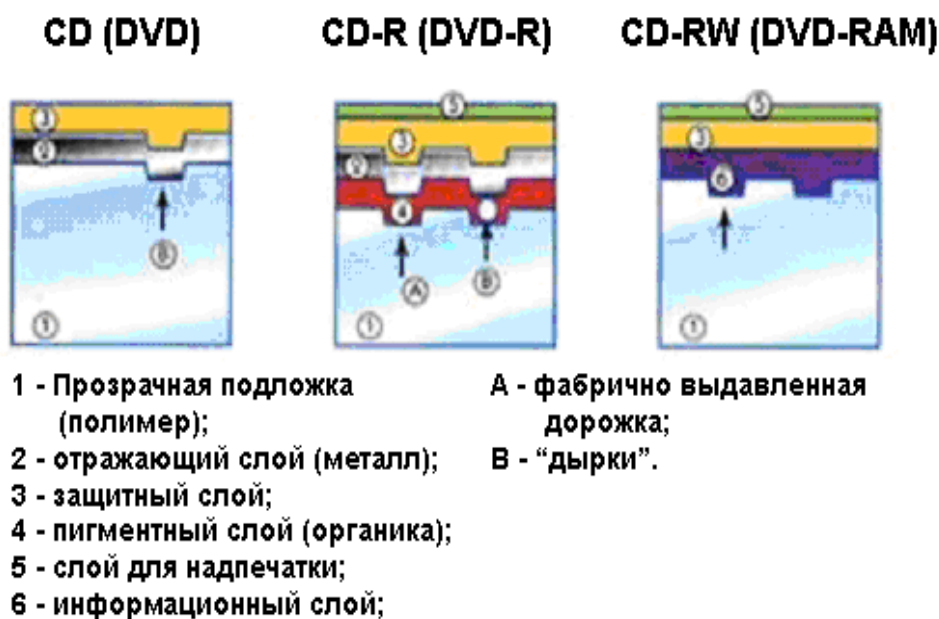


Рисунок 4. Принцип записи на CD(DVD), CD-R(DVD-R) и CD-RW (DVD-RAM)

### CD-ROM, DVD-ROM

Как видно из рисунка «» обычный компакт-диск (CD) состоит из прозрачной полимерной подложки (1), металлизированного отражающего слоя (2) с "дырками" (B), при помощи которых записана цифровая информация, и защитного слоя (3), необходимого для придания диску жесткости.

Отражающий слой (2) в обычном CD-диске и является слоем, хранящим информацию. Он изготавливается фабричным методом и представляет собой своеобразную матрицу с "выштампованными" в определенных местах "дырками", которые означают логическую единицу. Отсутствие "дырки" подразумевает логический ноль.

Считывание информации происходит при помощи лазерного луча, отражающегося от поверхности диска. При отражении от "дырки" лазерный луч точно попадает на специальный детектор, который выдает "1". При отражении от поверхности луч проходит мимо детектора, который в этом случае распознает "0". Абсолютно те же принципы записи информации лежат в основе DVD-дисков первого поколения; они предназначены только для считывания информации, записанной на них фабричным способом (так называемый DVD-ROM).

### ***CD-R, DVD-R***

В конструкции однократно записываемого компакт-диска (CD-R) между подложкой (1) и отражающим слоем (2) находится пигментный слой (4) из металло-стабилизированного цианида (органическая субстанция).

В данном случае именно пигментный слой, на котором фабрично "выдавлены" дорожки (A), вдоль которых движется лазерный луч, сохраняет информацию. При записи такого диска в специальных рекордерах лазерный луч повышенной мощности "выжигает" в требуемых местах пигментного слоя "дырки" (B).

При считывании информации лазерный луч обычной мощности, свободно проходя сквозь "дырку" в пигментном слое (4), отражается от металлизированного слоя (2) и попадает на детектор, который распознает логическую единицу. При отсутствии "дырки" лазерный луч поглощается пигментным слоем, отражения лазерного луча не происходит, и детектор выдает логический ноль.

Следует отметить наличие дополнительного шероховатого слоя для надпечатки (5), на котором пользователь после записи информации может нарисовать свою этикетку при помощи шариковой ручки, фломастера или даже специального струйного принтера.

### ***CD-RW, DVD-RAM***

Конструкция перезаписываемого компакт-диска (CD-RW) напоминает CD-диск, но вместо отражающего слоя в нем используется специальное вещество (6), способное многократно изменять свою структуру. Такой материал был разработан компанией TDK и получил название AVIST; он обладает практически идеальными характеристиками. Новый материал AVIST выдерживает не менее 1000 циклов перезаписи на скоростях ниже 3 м/с.

Как и на пигментном слое записываемого диска, на рабочем слое AVIST "выдавлены" дорожки (A), направляющие лазерный луч. При записи такого диска вещество под действием мощного лазерного луча меняет свою структуру в нужной точке поверхности, переходя из кристаллического состояния в аморфное. Поскольку такой переход обратим

(т.е. вещество может быть переведено обратно в кристаллическое состояние), диск теоретически может быть перезаписан практически бесконечное число раз. Все зависит от свойств материала, применяемого в информационном слое (6), и по мере его дальнейшего совершенствования реально достижимое число циклов будет увеличиваться и составит не менее пяти миллионов перезаписей.

Считывание производится лазерным лучом обычной мощности. При отражении от поверхности диска изменяется фаза лазерного луча в зависимости от того, произошло отражение от участка поверхности с аморфной или с кристаллической структурой. Изменения фазы отраженного луча распознаются детектором, который преобразует их в цифровой поток. Такой метод получил название Phase Change Technology (метод изменения фазы).

## Различие – технические характеристики и спецификации

Таблица 4. Технические характеристики и спецификации

ПАРАМЕТР	CD	DVD-5	DVD-9	DVD-10	DVD-18
Диаметр диска	120 мм (4,75 дюйма)	120 мм (4,75 дюйма)			
Толщина диска	1,2 мм	1,2 мм (0,6 + 0,6)			
Длина волны лазера	780 нм (инфракрасный)	650 / 635 нм (красный)			
Апертура линзы	0,45	0,60			
Ширина трека	1,6 мкм	0,74 мкм			
Минимальный размер "дырки"	0,83 мкм	0,4 мкм			
Ориентировочная скорость	1,2 м /с CLV	4,0 м/с CLV			
Число сторон	1	1	1	2	2
Число рабочих слоев на стороне	1	1	2	1	2
Емкость диска	680 Мбайт	4,7 Гбайт	8,5 Гбайт	9,4 Гбайт	17,0 Гбайт
Время воспроизведения	74 мин. аудио	133 мин./ рабочий слой (видеоканал, 3 аудиоканала, 4 канала субтитров при 4,69 Мбит/с)			
Скорость считывания видео	1,44 Мбит/с (видео, аудио)	переменная от 1 до 10 Мбит/с (видео, аудио, субтитры)			
Алгоритм компрессии видео	MPEG-1	MPEG-2			
Звуковое сопровождение	два канала - MPEG	2 кан. LPCM для NTSC и MPEG-аудио; 2 канала LPCM для PAL (Linear Pulse Code Modulation) 2 или 5.1 канала Dolby			

ПАРАМЕТР	CD	DVD-5	DVD-9	DVD-10	DVD-18
		AC-3; дополнительно до 8-и языков			
Субтитры	нет	до 32-х вариантов языков			
Файловая система (компьютерные программы и видеоприложения)	ISO-9660	micro UDF и/или ISO-9660			

## BLU-RAY DISC

Blu-ray Disc или сокращённо BD (от англ. blue ray — голубой луч и disc — диск) — это следующее поколение формата оптических дисков — используемый для записи и хранения цифровых данных, включая видео высокой чёткости с повышенной плотностью.

### История

Стандарт Blu-ray был совместно разработан группой компаний по производству бытовой электроники и компьютеров во главе с Sony, которые вошли в так называемый Консорциум Blu-ray (BDA). По сравнению со своим основным конкурентом, форматом HD DVD, Blu-ray имеет большую информационную ёмкость на слой — 25 вместо 15 гигабайт, но в тоже время он более дорогой в использовании и поддержке. Несмотря на это Blu-ray выиграл войну форматов. 19 февраля 2008 года производители HD DVD во главе с Toshiba объявили о своем отказе от дальнейшего распространения HD DVD.

Blu-ray (букв. «голубой-луч») получил своё название от коротковолнового 405 нм «синего» (технически сине-фиолетового) лазера, который позволяет записывать и считывать намного больше данных, чем на DVD, который имеет те же физические объёмы, но использует для записи и воспроизведения красный лазер большей длины волны (650 нм).

### Вариации и размеры

Однослойный диск Blu-ray (BD) может хранить 23,3, 25, 27 или 33 (ёмкость каждого слоя в шестислойном варианте) Гб — этого объёма достаточно для записи приблизительно четырёх часов видео высокой чёткости со звуком. Двухслойный диск может вместить 46,6, 50, или 54 Гб — достаточно для записи на него приблизительно восьми часов HD-видео. Также в разработке находятся диски вместимостью 100 Гб и 200 Гб с использованием соответственно четырёх и шести слоёв. Корпорация TDK уже анонсировала прототип четырехслойного диска объёмом 100 Гб.

Стандарт BD-RE (перезаписываемые BD) будет доступен наравне с BD-R (записываемые) и BD-ROM форматами. Почти все производители оптических носителей заявили о готовности выпустить в продажу перезаписываемые и записываемые диски одновременно с выходом формата BD-ROM на рынок.

В дополнение к стандартным дискам размером 12 см, будут выпущены варианты дисков размером 8 см для использования в цифровых фото- и видеокамерах, планируется что их объём будет 15 Гб для двухслойного варианта.

В таблице ниже приведены размеры текущих и запланированных на ближайшее время дисков формата Blu-Ray.

**Таблица 5. Типы BD**

Физический размер	Однослойная вместимость	Двухслойная вместимость
12 см	23.3/25/27 Гб	46.6/50/54 Гб
8 см	7.8 Гб	15.6 Гб

## **HOLOGRAPHIC VERSATILE DISC**

Голографический многоцелевой диск (Holographic Versatile Disc) — разрабатываемая перспективная технология производства оптических дисков, которая предполагает значительно увеличить объём хранимых на диске данных по сравнению с Blu-Ray и HD DVD. Она использует технологию, известную как голография, которая использует два лазера: один — красный, а второй — зелёный, сведённые в один параллельный луч. Зелёный лазер читает данные, закодированные в виде сетки с голографического слоя близкого к поверхности диска, в то время как красный лазер используется для чтения вспомогательных сигналов с обычного компакт-дискового слоя в глубине диска. Вспомогательная информация используется для отслеживания позиции чтения, наподобие системы CHS в обычном жёстком диске. На CD или DVD эта информация внедрена в данные.

Предполагаемая информационная емкость этих дисков — до 3,9 ТераБайт (это сравнимо с 6000 CD, 830 DVD или 160 однослойными дисками Blu-ray); скорость передачи данных — 1 Гбит/сек. Optware собирался выпустить 200GB диск в начале июня 2006 года и Maxell в сентябре 2006 с ёмкостью 300GB

Рисунок 1. Компакт диск .....	2
Рисунок 2. Плотность записи на CD и DVD-дисках .....	4
Рисунок 3. Однослойные и двухслойные DVD .....	6
Рисунок 4. Принцип записи на CD(DVD), CD-R(DVD-R) и CD-RW (DVD-RAM) .....	7

Таблица 1. Объём хранимых данных .....	3
Таблица 2. Емкость DVD-дисков в зависимости от типа .....	6
Таблица 3. Количество секторов и емкость DVD-дисков в зависимости от типа .....	6
Таблица 4. Технические характеристики и спецификации .....	9
Таблица 5. Типы BD .....	11