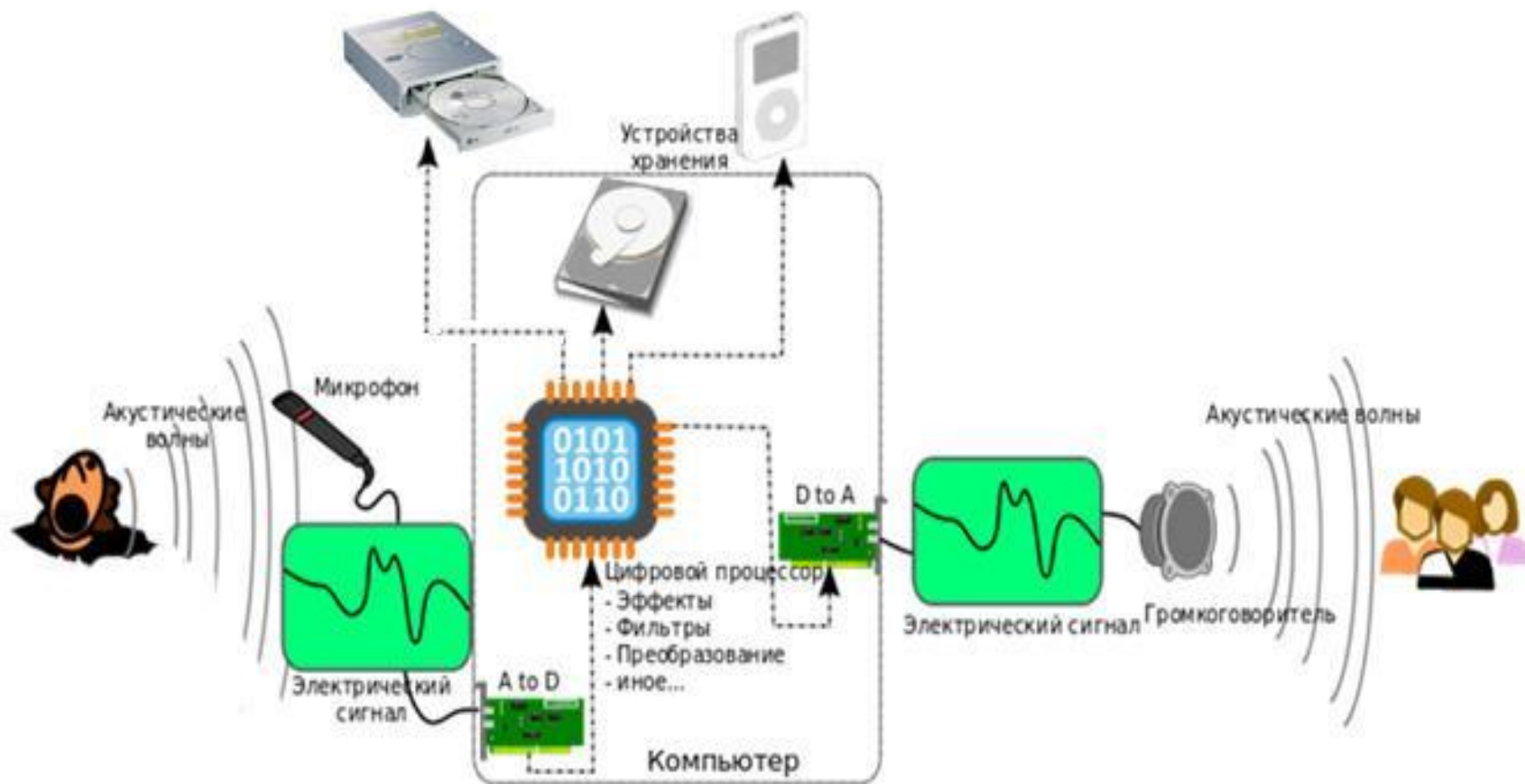


ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЗАПИСИ СИГНАЛОВ



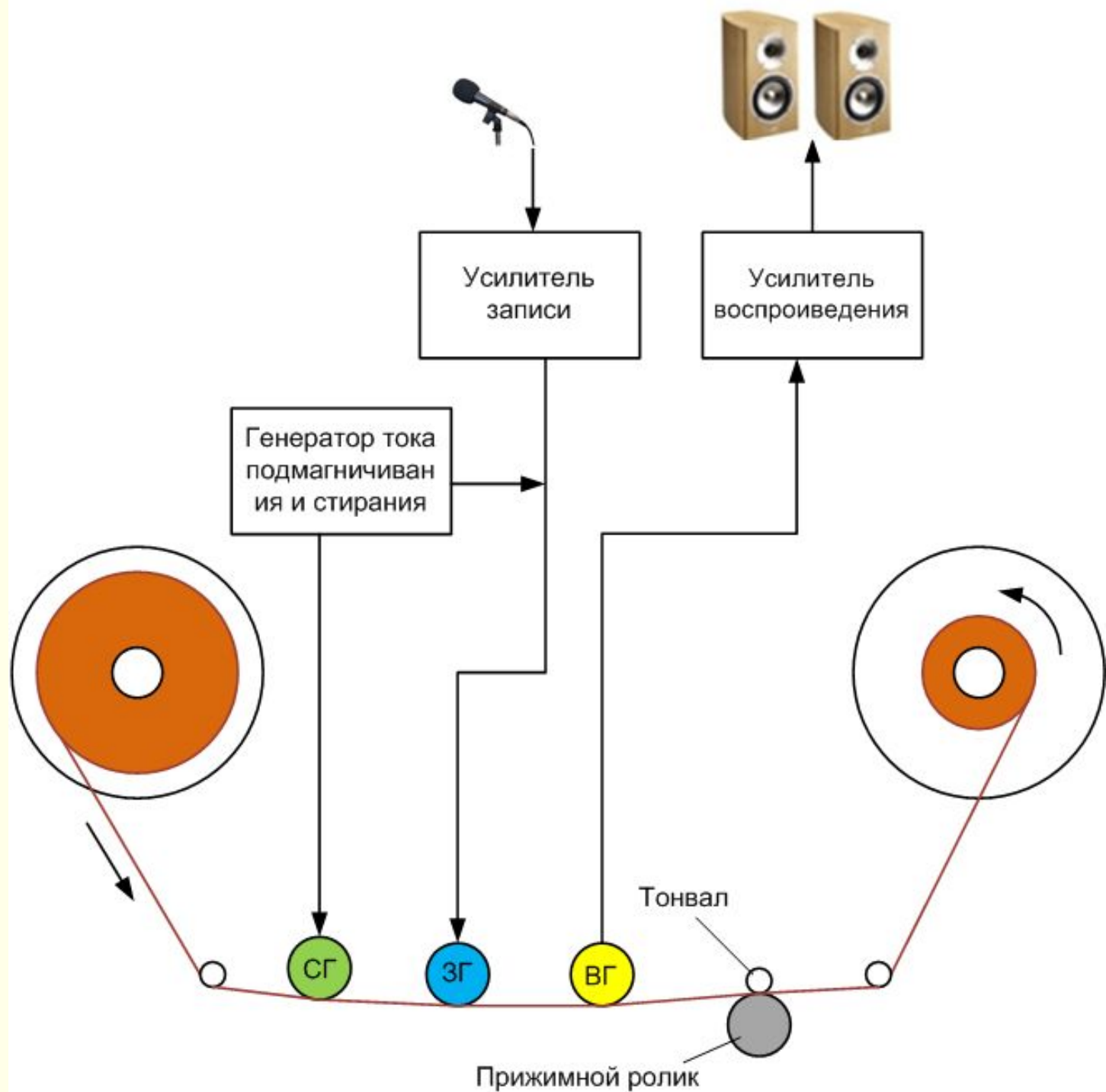
Физические основы магнитной записи

Запись сигнала представляет собой результат фиксации сигнала на звуконосителе (**фонограмма**).

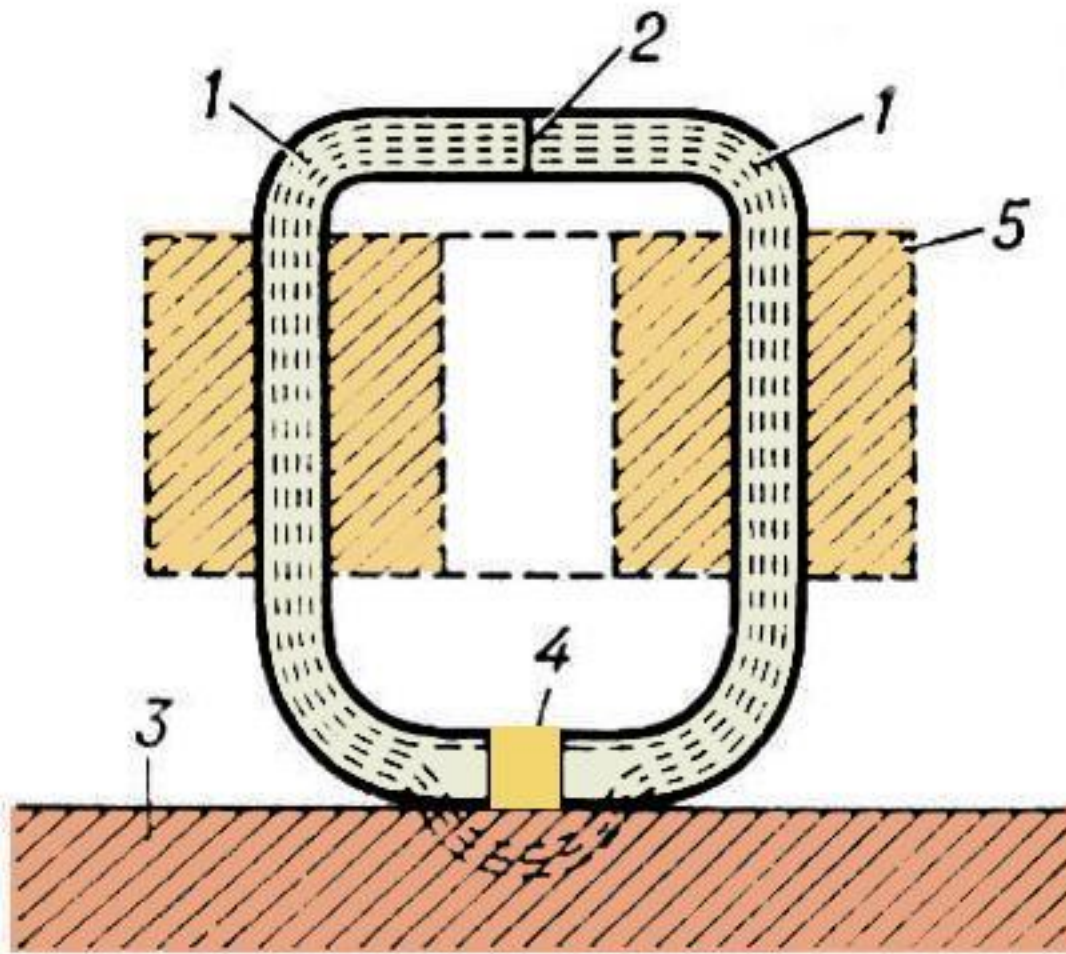
Распространены три метода звукозаписи: **механический, оптический и магнитный**.

Метод магнитной записи имеет ряд преимуществ:
простота процесса и высокое качество записи;
возможность контроля качества в процессе записи путем одновременного воспроизведения;
немедленная готовность записанного для воспроизведения;
возможность многократного использования звуконосителя без ухудшения качества записи и воспроизведения и др.

Магнитный метод записи основан на свойстве ферромагнитных материалов намагничиваться и сохранять **остаточное намагничивание**. Степень остаточной намагниченности ленты соответствует уровню записываемых звуковых колебаний. **Звуконосителем** является магнитная лента. Ферромагнитный слой ленты состоит из частичек **ферропорошка**, скрепленных связующим веществом.







Сердечник магнитной головки 1 имеет **рабочий зазор** 4, защищенный вставкой из немагнитного материала. Вследствие этого часть магнитных силовых линий в этом месте выходит наружу и замыкается через ферромагнитный слой ленты 3, которая движется **с постоянной скоростью** вдоль зазора записывающей головки. В результате образуется изменяющееся вдоль длины ленты остаточное намагничивание, пропорциональное изменениям магнитного потока.

Изменения магнитного поля ГЗ соответствуют **сигналу с выхода усилителя записи**, т.о. на ферромагнитной ленте фиксируется сигнал в виде остаточной намагниченности.

Но остаточная намагниченность ленты **из-за явления гистерезиса** не пропорциональна изменениям магнитного поля записывающей головки, т.о. возникают **искажения**.

Для устранения этого в процессе записи через обмотку ГЗ, кроме тока звуковой частоты, пропускается синусоидальный ток от специального генератора, называемый **ТОКОМ В.Ч. подмагничивания**. В этом случае зависимость остаточной намагниченности рабочего слоя ленты от магнитного поля головки приближается к линейной, вследствие чего и создаются условия минимальных искажений.

Качество записи зависит от частоты и величины тока подмагничивания.

Если ток подмагничивания мал, то запись получается с малым уровнем и искажается.

Если ток подмагничивания велик, высокие частоты сигнала записываются слабо.

Частота тока подмагничивания выбирается **в несколько раз выше наиболее высокой из записываемых частот**, поэтому не прослушивается в записи.

Воспроизведение фонограммы осуществляется путем обратного преобразования. Источником магнитного поля является намагниченность ленты, а устройством, преобразующим колебания магнитного поля ленты в электрические колебания, служит ГВ.

Конструкция ГВ такая же, как и ГЗ. Воспроизведение записи производится при движении ферромагнитной ленты **с той же скоростью, что и во время записи**, перед зазором ГВ.

Лента соприкасается с сердечником ГВ. Так как магнитное сопротивление сердечника очень мало, то в него переходит большая часть внешнего потока ленты.

Образующиеся электрические сигналы слабы и подаются на **усилитель воспроизведения**.

Перед новой записью необходимо удалить с ферромагнитной ленты предыдущую запись. Для этой цели служит **стирающая магнитная головка** (ГС), расположенная по ходу движения ленты перед ГЗ.

По своей конструкции стирающая головка мало чем отличается от ГЗ и ГВ. Через обмотку стирающей головки протекает переменный ток ультразвуковой частоты от того же генератора подмагничивания магнитной ленты при записи.

Ток стирания значительно превышает ток подмагничивания.

Носители информации (магнитная лента)

Магнитные ленты для звукозаписи появились в 1934 г. В качестве магнитного материала тогда использовались частицы **оксида железа кубической формы**.

Позднее в качестве магнитного материала стали применять **иглообразные частицы гамма-оксида железа**, и качество магнитных лент существенно улучшилось.

Появились также (в основном для кассетных магнитофонов) магнитные ленты, у которых рабочий слой состоит из двух слоев различного магнитного материала. Один слой (Fe_2O_3) позволяет получить лучшие характеристики на низких частотах, а второй (CrO_2) - на высоких.

Международная электротехническая комиссия (МЭК) приняла в качестве основных четыре типа магнитных лент для бытовых магнитофонов.

Тип магнитной ленты	МЭК-1	МЭК-2	МЭК-3	МЭК-4
Материал рабочего слоя	γ - Fe_2O_3	CrO_2	γ - Fe_2O_3 + CrO_2	Fe

Начиная с 50-х годов, в магнитной записи стали применяться **измерительные магнитные ленты**. С применением этих лент отпала необходимость практически в каждом магнитофоне подстраивать канал записи и канал воспроизведения под каждую магнитную ленту, каждый полив.

Условное обозначение типа отечественной магнитной ленты расшифровывается следующим образом.

Первая буква - назначение ленты: А - звукозапись.

Первая цифра (после буквы) - материал основы: 2 - диацетилцеллюлоза, 3 - триацетилцеллюлоза; 4 - лавсан. Вторая цифра толщина ленты, например 2 - 18 мкм, 3 - 27 мкм, 4 - 34 мкм, 6 - 5 мкм. Две последующие цифры - индекс технологической разработки, пятая цифра - численное значение номинальной ширины. Буква Б в конце - область применения - бытовая аппаратура.

Магнитные головки

В зависимости от выполняемых функций они делятся на записывающие, воспроизводящие, универсальные, стирающие и комбинированные. В бытовых магнитофонах чаще всего используется **универсальная** магнитная головка.

Универсальная головка предназначена как для записи, так и для воспроизведения. Конструкция и параметры ее выбираются средними, поскольку требования к записывающей и воспроизводящей головкам различные.

Раздельные магнитные головки применяют в высококачественных магнитофонах.

Стирающая головка. Полное размагничивание ленты достигается в результате ее многократного перемагничивания с постепенным спадом магнитного поля до нуля по мере удаления размагничиваемого участка ленты от рабочего зазора головки.

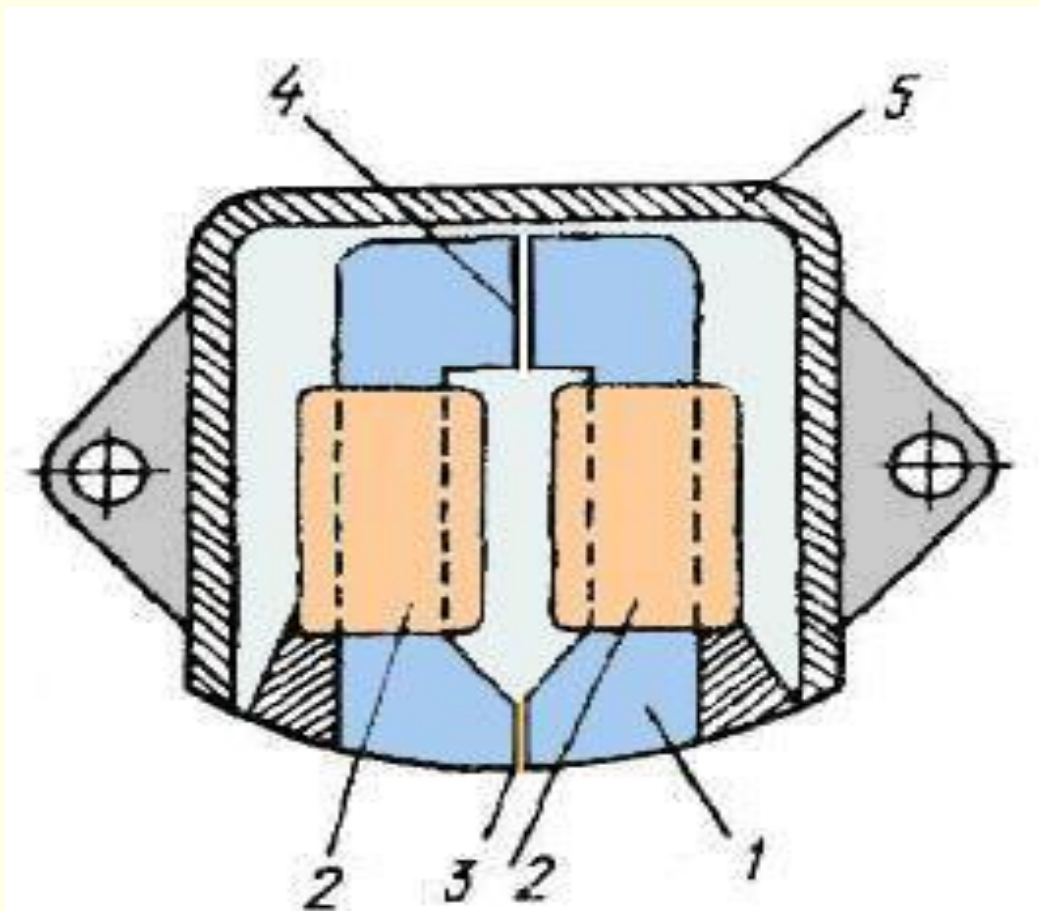
Комбинированные головки позволяют одновременно выполнять функции головок записи, воспроизведения, стирания или любой пары этих головок.

1 – сердечник из магнитного материала, на котором размещается обмотка с проводом 2.

В сердечнике имеется зазор 3, мимо которого движется магнитная лента.

Дополнительный зазор 4 увеличивает магнитное сопротивление сердечника, предохраняя его от остаточного намагничивания.

5- магнитный экран, который уменьшает наводки от внешних полей.



Тип головки	Рабочий зазор, мкм	Дополнительный зазор, мкм
Записывающая головка	2-10	50-300
Воспроизводящая головка	1-5	отсутствует
Универсальная головка	1-5	отсутствует
Стирающая головка	100-200	отсутствует

Чтобы избежать засорения рабочих зазоров, их заполняют немагнитными прокладками (медь, латунь, бронза).

Головки имеют замкнутый сердечник, набранный из изолированных друг от друга пластин толщиной 0,1—0,2 мм. Для них применяют материал с высокой магнитной проницаемостью и небольшой индукцией насыщения. Обычно это пермаллой.

В последнее время выпускались сендастовые головки (Fe-Al-Si сплав). Особенности сендаста - высокая износоустойчивость.

Тип головки	Высота головки, мм	
	2 дорожки	4 дорожки
Универсальная	2,5	1
Стирающая	3	1.5
Унив. касс. магн.	1.5	0.66

Сердечники ГС выполняются из **феррита**. Малые потери на вихревые токи головок из ферритовых сердечников позволяют в несколько раз уменьшить мощность генератора тока стирания.

По этой же причине у ГС материалом заполняющим рабочий зазор, служит слюда или пластмасса.

В зависимости от количества витков обмотки головки разделяются на **низкоомные и высокоомные**. Высокоомные применяли в ламповых магнитофонах.

В транзисторных магнитофонах индуктивность универсальной головки порядка 50-100 мГн (1 Гн в ламповом).

Головки, у которых на каждой половине сердечника имеется отдельная обмотка, **менее чувствительны к помехам** от внешних источников магнитных полей (поскольку напряжения создаваемые полем помех, компенсируются).

Для защиты от влияния внешних магнитных полей (электродвигатели ЛПМ, электромагниты) магнитные головки **экранируются**.

Экраны ГС изготавливают из меди или латуни, а всех остальных — из пермаллоя толщиной 1-3 мм. В универсальных головках применяют двойные экраны.

Различают **однородорожечные** головки и **многодорожечные** блоки универсальных и стирающих магнитных головок.

В одном общем экране размещены две универсальные головки, их рабочие зазоры находятся на одной вертикали. Обе головки разделены между собой экраном, а каждая головка помещена в свой внутренний экран.



Стандарт обозначений головок.

Первая арабская цифра - ширина магнитной ленты: 3 — для ленты шириной 3,81 мм, 6 — для ленты шириной 6,25 мм.

Первая буква - назначение головки: «А» — головка записи; «В» — воспроизведения; «С» — стирания; «Д» — универсальная.

Вторая арабская цифра - максимальное число одновременно воспроизводимых, записываемых или стираемых дорожек фонограмм: 1 — однопорожечная; 2 — двухдорожечная.

Третья арабская цифра - максимальное число дорожек фонограммы в обоих направлениях ленты: 2 — двухдорожечная; 4 — четырехдорожечная фонограмма.

Арабские цифры (двузначное число) после точки указывают номер модификации. Последняя арабская цифра обозначает группу сложности головки: 0-я, 1-я или 2-я.

Пример условного обозначения: ЗД24.120.
Головка для ленты шириной 3,81 мм,
универсальная, двухдорожечная, для записи и
воспроизведения четырехдорожечной
фонограммы, двенадцатой модификации,
0-й группы сложности.

Существует **ГОСТ 19775—87** «Головки
магнитные для магнитофонов. Общие технические
условия».

РЕЧЕВОЙ ИНФОРМАТОР



Оптическая и магнитооптическая запись

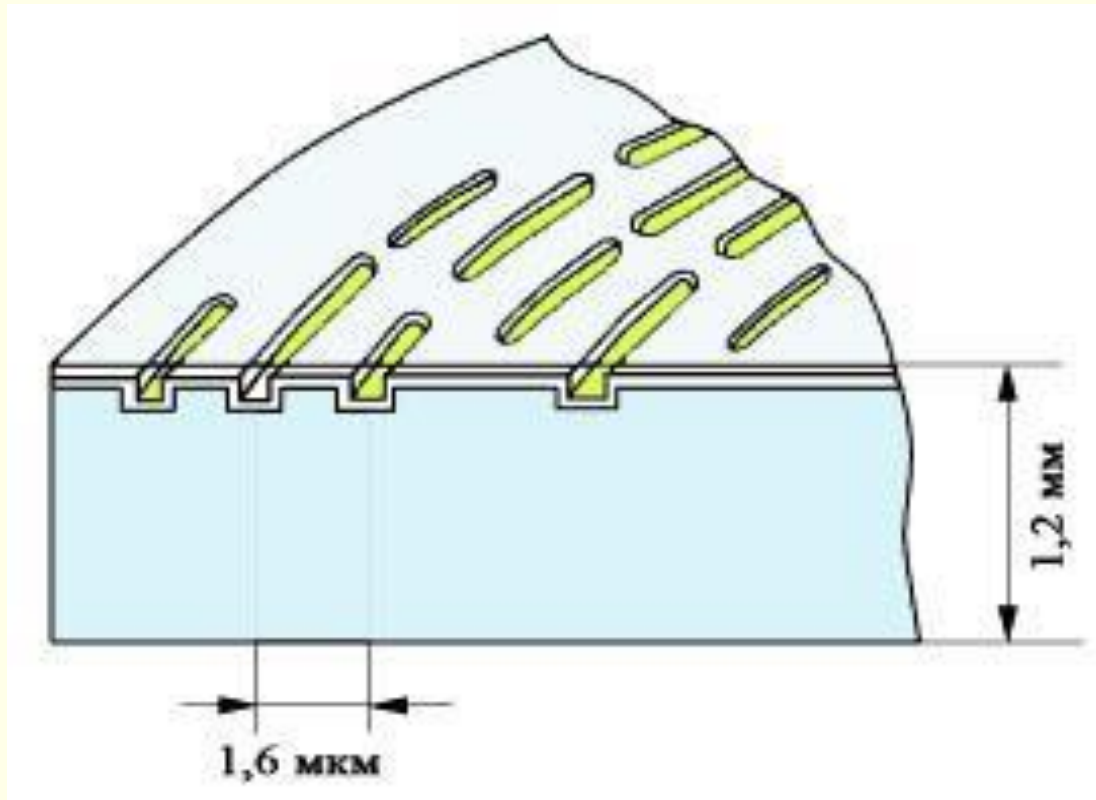
CD (compact disk) — стандартный оптический носитель видео и данных был разработан Sony. Достаточно долго такие диски использовались только в бытовой технике, в рамках системы ROM (Read Only Memory).

На этом этапе были отработаны принципы оптической записи и ее «укладки» на диске. Оптическая запись выполняется с помощью импульсов лазера, который выжигает в рабочем слое диска **питы**, глубиной около 0,1 мкм (pit — канава, углубление).

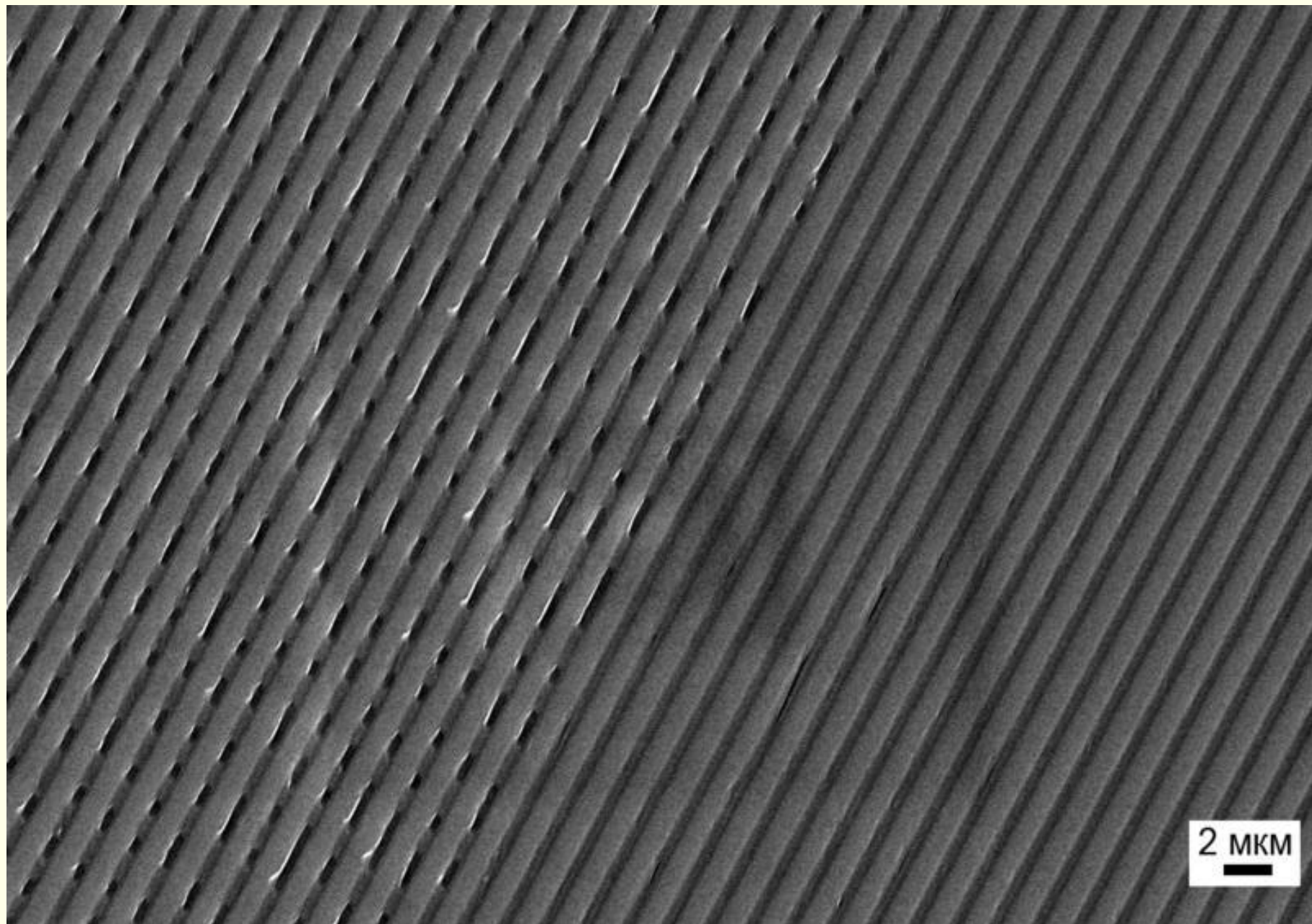
Для записи аналоговых сигналов используется ШИМ, при которой длина пита определяется размахом соответствующего отсчета аналогового видеосигнала. Минимальная и максимальная длина пита задаются принятым форматом записи.

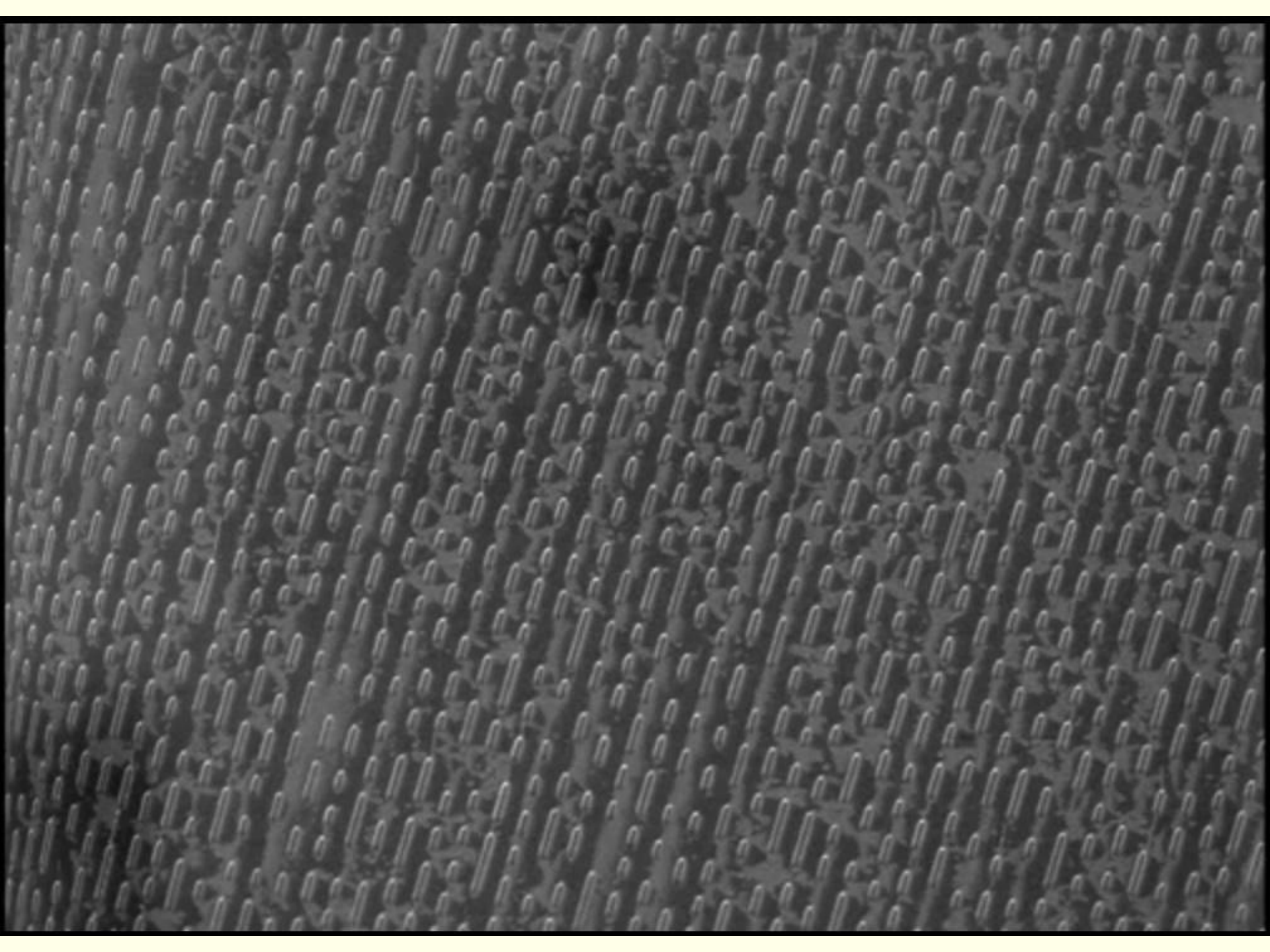
При цифровой записи используется **позиционный принцип**. Каждому 8-разрядному слову (байту) отводится участок дорожки определенной длины.

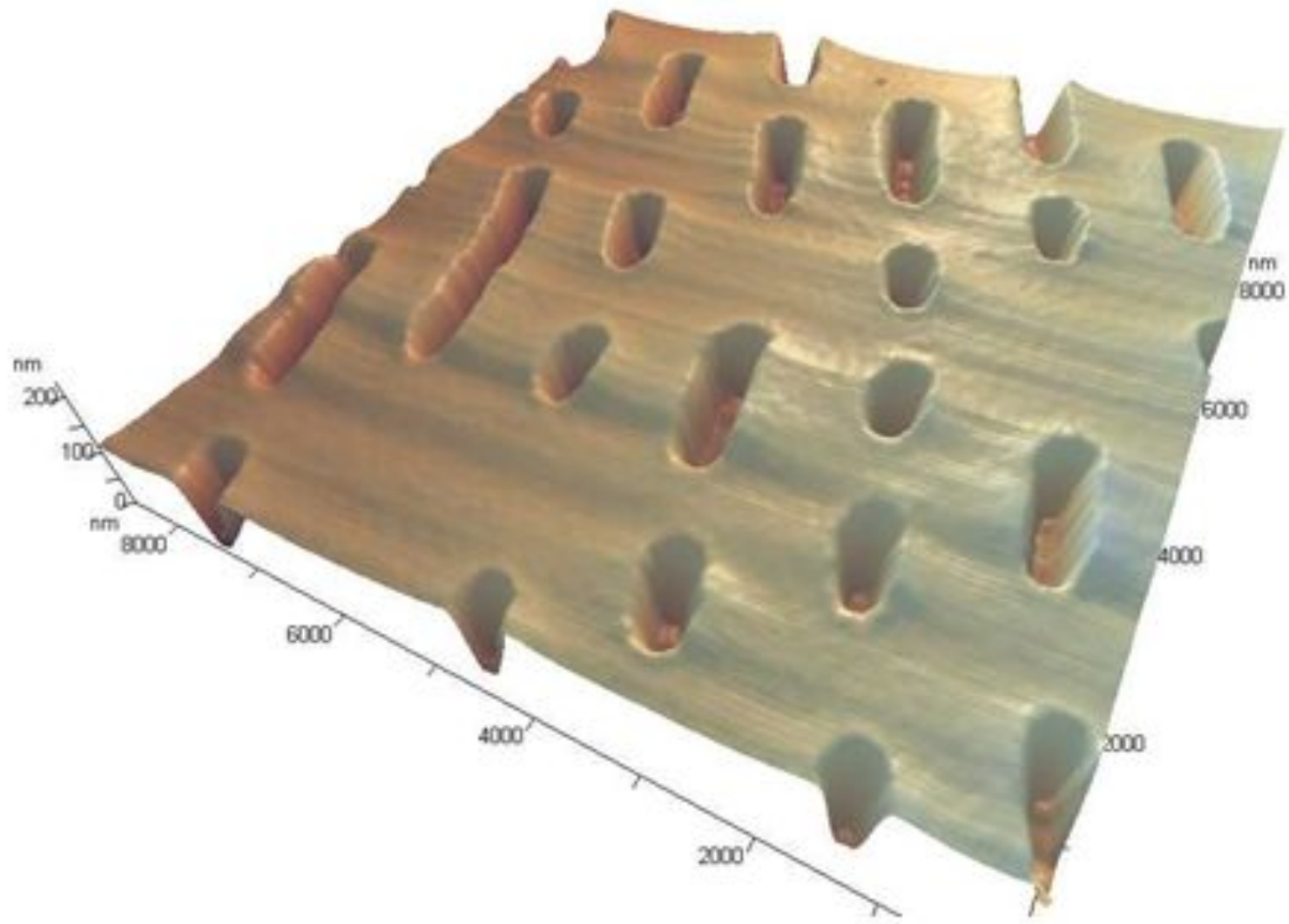
Отсчитывая тактовые импульсы записи, несложно определить, какой бит соответствует тому или иному разряду кодового слова. Наличие пита, например, соответствует логической единице, а его отсутствие — нулю.

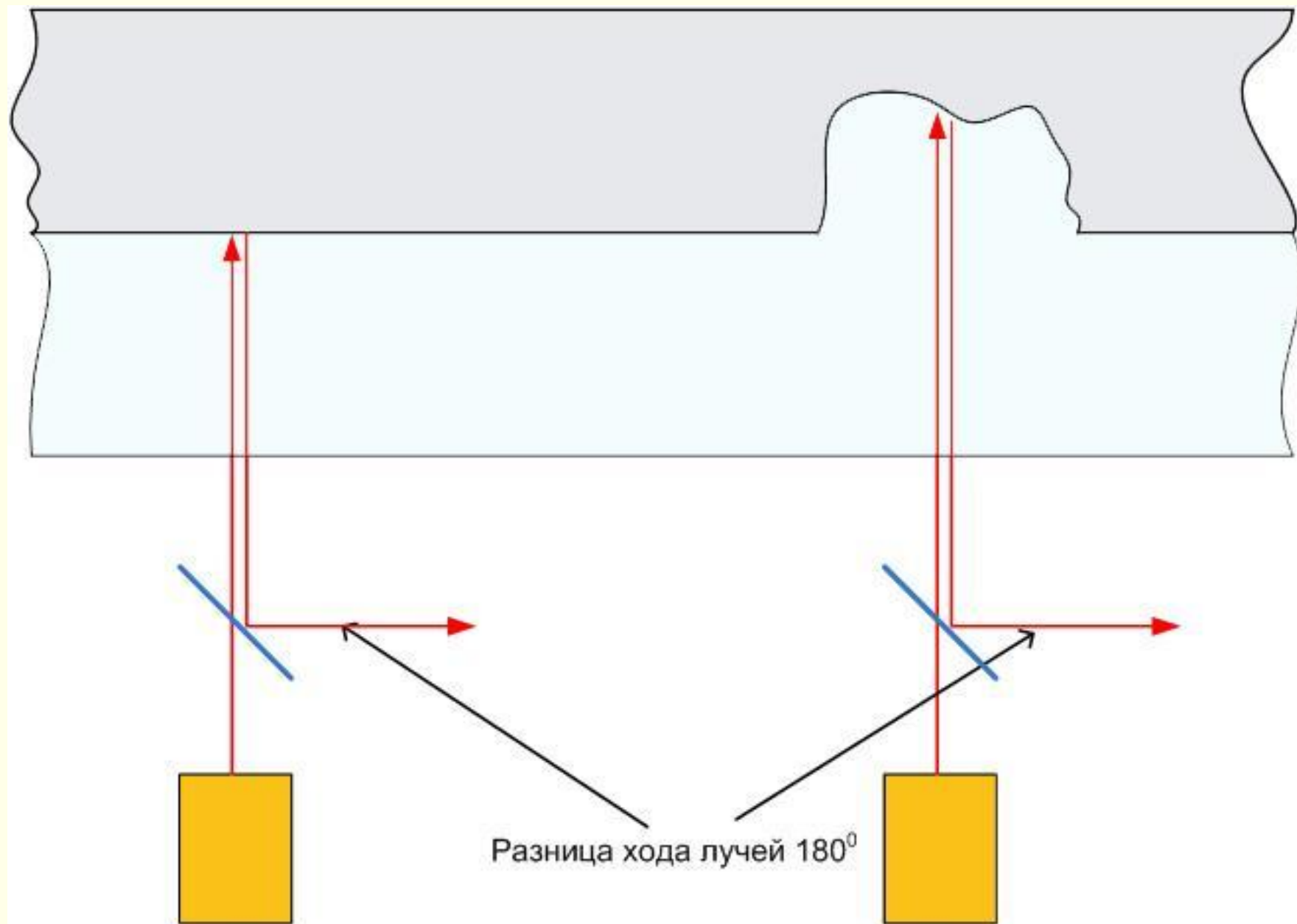












Для записи и воспроизведения стандартного CD используются полупроводниковые лазеры с длиной волны излучения **0,6...0,65 мкм**. Предел разрешения оптических дисководов при этом составляет около **0,33 мкм** и не может быть меньше половины длины волны излучения.

В стандартных оптических системах дисководов (например, для компакт-дисков), геометрические размеры пита и ширины дорожки примерно в 1,5 раза превышают длину волны света.

Основные параметры формата оптической записи CD
700 Мбайт (при 8-разрядном уровне кодирования):

- ширина пита — **0,8 мкм**,
- шаг дорожки — **1,6 мкм**.

В случае цифровой записи кодовое слово (8 бит) занимает вместе с межбайтовыми интервалами 12,4 мкм.

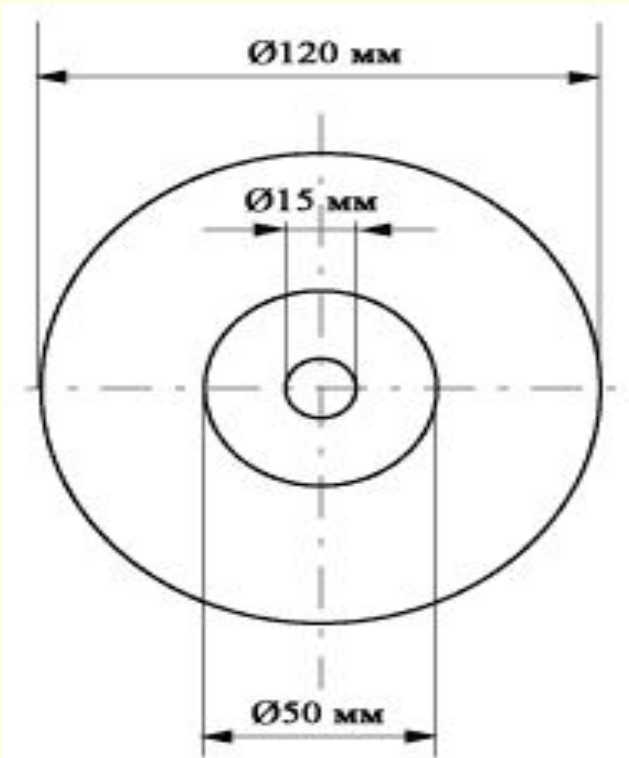
Интервал длин питов в режиме аналоговой записи равен 0,8...6,4 мкм без учета разделительных интервалов.

В системах с компакт-дисками, тиражируемыми с помощью технологий штамповки, запись исходных оригиналов на диск производится с помощью **гелий-неоновых газовых лазеров**, длина волны излучения которых составляет 0,63 мкм. Это достаточно большие и энергоемкие установки, но зато газовый гелий-неоновый лазер способен генерировать световое излучение мощностью до 10 Вт и более, что обеспечивает ускоренную запись в самых разных режимах.



В CD- приводах с функцией только воспроизведения применяются полупроводниковые лазеры, излучающие в ИК диапазоне, а именно с длиной волны **0,78 мкм.**

В CD-приводах с функциями считывания и записи используются полупроводниковые лазеры с длиной волны излучения около **0,65 мкм.**



Глубина пита определяется толщиной рабочего слоя (около 0,1 мкм).

Тонкий рабочий слой важен, если запись ведется за счет его теплового разрушения при лазерном подогреве. От толщины слоя будут зависеть энергетические затраты.

Но он должен быть **достаточно толстым**, чтобы не повреждался при считывании. Приведенное компромиссное значение глубины пита удовлетворяет этим противоречивым условиям.

В качестве материала для информационного (рабочего) слоя CD-дисков часто используют **цианин** – органический краситель синего цвета, который отличается повышенной чувствительностью к солнечному свету или металлорганические соединения - **фталоцианины**.

Сигналограмма записи на диске размещается на непрерывной **дорожке, свернутой в спираль**.

Запись раскручивается от центра к внешней кромке, у которой размещают дорожку со служебной информацией. Общая длина дорожки ~ 5,6 км.

В качестве основы используют поликарбонат. При изготовлении диск формируют, для чего в основе **методом тиснения** формируют канавку и затем покрывают сначала рабочим слоем (как правило, это алюминий), затем — защитным. Нанесенная канавка служит **направляющим элементом** при записи и воспроизведении.

DVD-диск

Геометрические параметры CD- и DVD-дисков совпадают и определены международными стандартами. Все параметры, характеризующие геометрию диска и его сигналограмму, взаимосвязаны и не случайны.

Зоной записи на диске является кольцо с внешним радиусом 120 мм и внутренним — 50 мм. На один бит отводится площадь $0,25 \text{ мкм}^2$. Полная длина дорожки записи около 10 км.

Оптика считывающего привода без существенных потерь позволяет применять устройства на основе полупроводниковых лазеров с длиной волны излучения $0,65 \text{ мкм}$, дифракционный предел которых около $0,33 \text{ мкм}$. Однако все-таки в DVD лучше использовать источники излучения с длиной волны, близкой к $0,4 \text{ мкм}$.

Запись оригиналов для изготовления тиражных матриц бытового DVD осуществляют **ультрафиолетовым газовым лазером**, работающим на длине волны $0,4 \text{ мкм}$.

Blu-ray

Емкость нового формата до 25 Гб на однослойном диске и до 50 Гб на двухслойном.

В нем применен **синий лазер** (blue-violet laser).

У синего лазера длина волны составляет **405 нанометров**. Это позволило сделать толщину дорожки данных тоньше, что приводит к значительному увеличению емкости носителя.

Ширина дорожки у Blu-ray диска в два раза меньше (0,32 мкм), чем у DVD.

Покрытие Blu-ray на которое записываются данные очень тонкое - 0.1 мм.



Запись и фазовые переходы

Для однократной записи применяется процесс теплового разрушения рабочего слоя при нагреве остро сфокусированным лазерным лучом.

Материалом рабочего слоя сначала служила металлическая пленка толщиной 0,1 мкм, а потом металлоорганические красители.

Первоначально запись можно было производить только в заводских условиях.

Для реализации реверсивной оптической записи с многократным повторением реализовано два процесса, основанных на применении фазовых переходов в рамках твердотельного агрегатного состояния.

Многие вещества при достаточно быстром охлаждении переходят из жидкой фазы в условно твердую, аморфную, сохраняя присущее жидкостям хаотическое расположение молекул (стекло, например).

Аморфное состояние возникает при затвердевании переохлажденного расплава.

От других аморфных состояний стекла отличаются тем, что **процессы перехода расплав — стекло и стекло — расплав обратимы**. Это важно для создания носителей обеспечивающих многократную перезапись.

Основным условием образования стекловидных состояний, в том числе металлов, является очень быстрое охлаждение.

При толщине рабочего слоя оптического диска в 0,1 мкм создать условия для сверхбыстрого охлаждения не трудно. Сложнее обеспечить достаточно медленное охлаждение, когда следует получить не стеклообразную, а **кристаллическую фазу**.

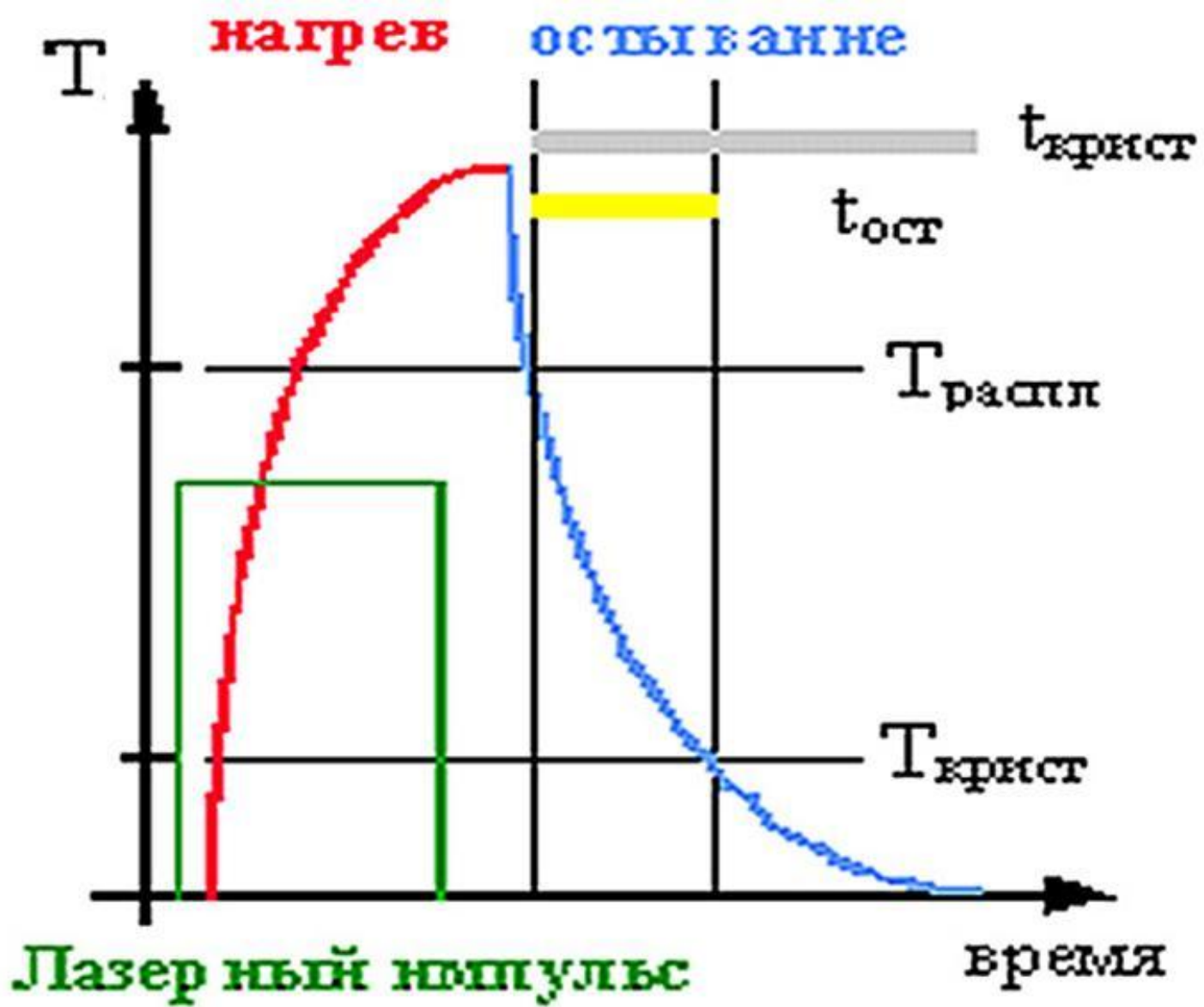
Принцип записи

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).

Механизм записи

Полный цикл [запись — многократное воспроизведение — стирание — новая запись] выглядит следующим образом.

Подогревая точечным лазером, рабочий слой диска, находящийся в кристаллическом состоянии, переводят его в расплав. За счет быстрой диффузии тепла в подложку расплав быстро охлаждается и переходит в фазу стекла. **Кристаллическому и стеклообразному состояниям присуща разная** интенсивность отраженного света, которая и несет информацию о записи.



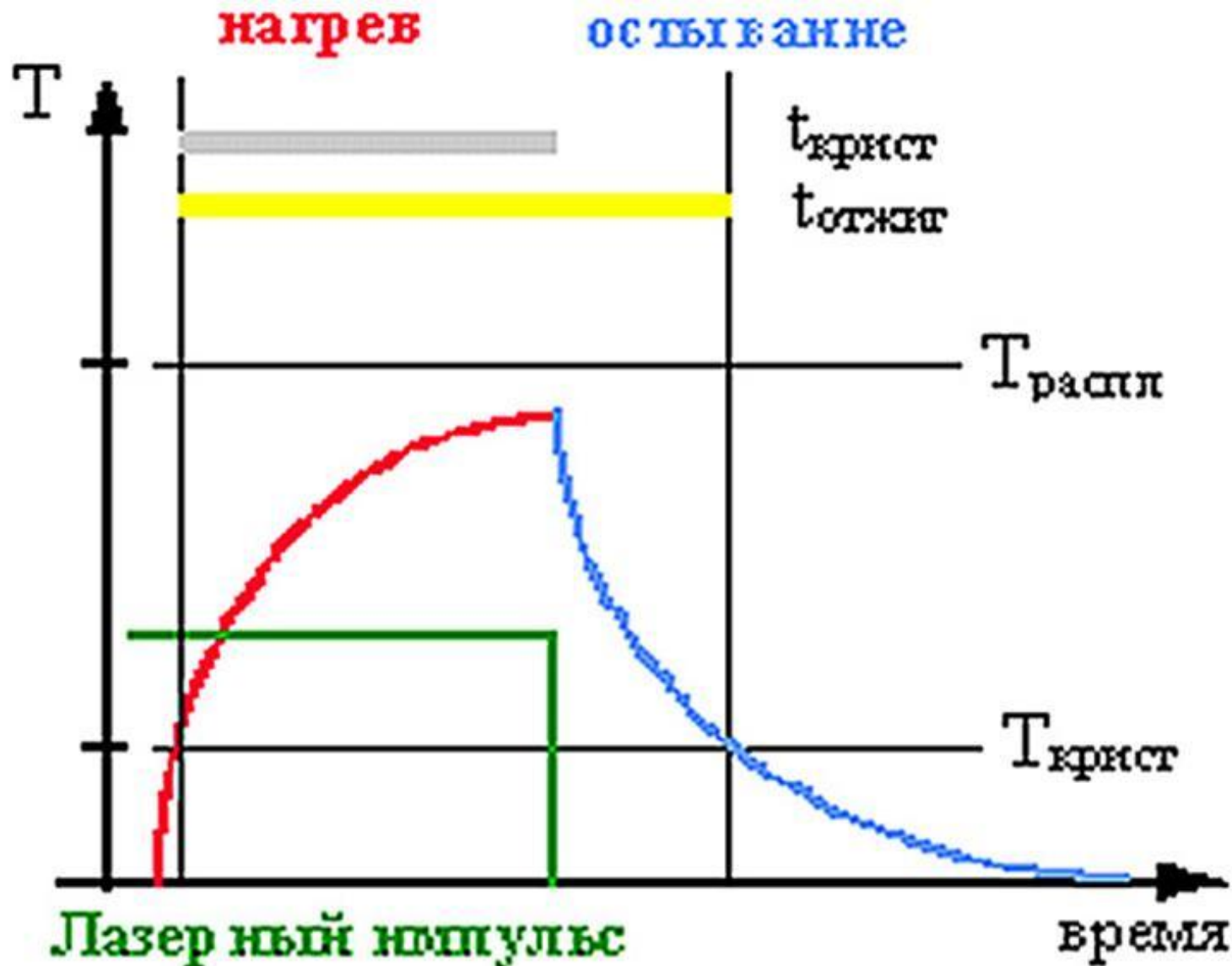
Короткий лазерный импульс высокой мощности расплавляет записывающий материал (**температура нагрева превышает температуру плавления материала, $T > T_{\text{плавл}}$**). Затем следует охлаждение ниже температуры кристаллизации ($T_{\text{крист}}$).

Результат такого охлаждения - **отсутствие кристаллизации**. Вещество остается в аморфном состоянии.

Считывание производится при пониженной интенсивности излучения лазера, **не влияющей на фазовые переходы**.

Для новой записи необходимо вернуть рабочий слой в исходное кристаллическое состояние.

Для этого можно перегреть рабочий слой так, чтобы **достаточно «горячей» оказалась и основа**. Перегрев замедлит процесс диффузии тепла и создаст условия для возврата в кристаллическую фазу.



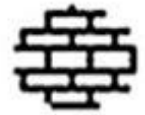
Лазерный импульс



Кристаллическое или аморфное



Жидкое



Кристаллическое

Для стирания надо **вернуть вещество в кристаллическое состояние**. Для этого 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 ($t_{\text{крист}}$, $t_{\text{крист}} < t_{\text{отж}}$).

Если необходима очень быстрая запись, например для DVD-RW, то необходима **быстрая кристаллизация**.

Поэтому время $t_{\text{крист}}$ должно быть ниже 100 нс, а это строго ограничивает выбор используемого материала.

Лучше всего подходят сплавы Ge, Sb и Te - они не только удовлетворяют требованию к времени кристаллизации, но и обладают **большим оптическим контрастом** между аморфной и кристаллической фазой. Кроме того, они имеют приемлемые температуры кристаллизации и плавления ($T_{\text{крист}} = 150-200^\circ\text{C}$, $T_{\text{плавл}} = 600^\circ\text{C}$).

Второй способ основан на кристаллических средах, которые могут существовать **в двух и более кристаллических фазах**.

При относительно низких температурах в таких средах реализуется **рыхлая кристаллическая решетка** с пониженной группой симметрии.

Выше определенной температуры (точки фазового перехода) возникает **упорядоченная кристаллическая решетка** с высокой степенью симметрии.

При постепенном понижении температуры это кристаллическое состояние остается устойчивым и сохраняется при температурах ниже точки фазового перехода.

Физические характеристики этих кристаллических состояний различны, разными будут и **коэффициенты отражения**.

Основной критерий при отборе материалов для реверсивной оптической записи — достаточно **низкая температура точки фазового перехода** и **малая теплоемкость перехода**. Это определяет требования к мощности лазера.

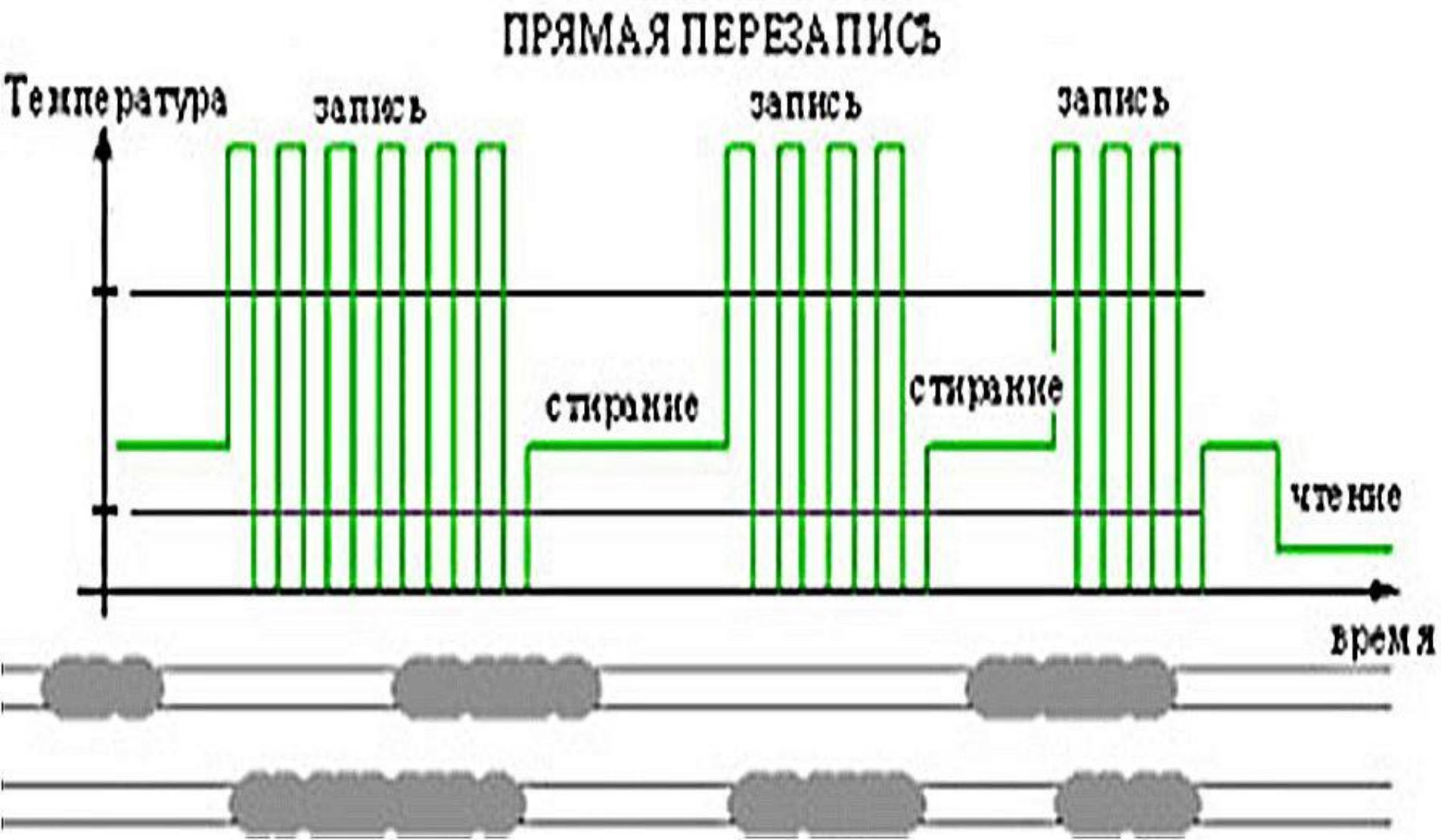
Однако для сохранения записей в жаркие летние дни температура перехода не должна быть ниже 90...100°C. При считывании температура рабочего слоя диска может увеличиться на 20...30°C, а при температурах воздуха выше 40°C — приближаться к температуре фазового перехода.

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 стирания < P записи).

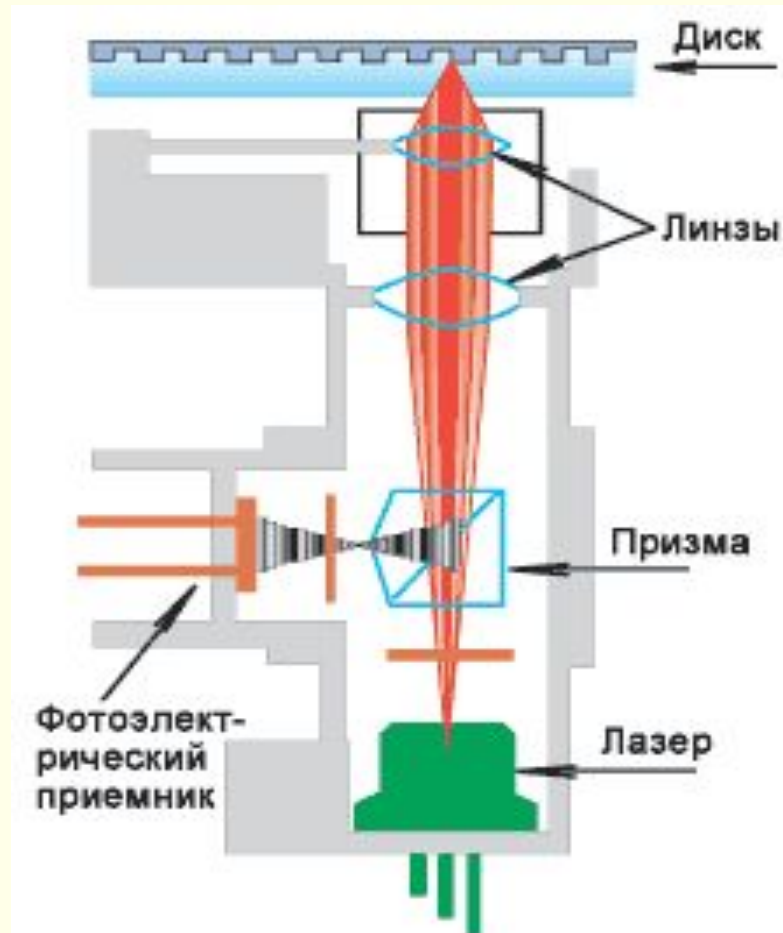
Чтение информации осуществляется уже при гораздо меньшей мощности лазера ($P_{\text{чтения}} = 0,5-0,6$ мВт).



Многократная перезапись в принципе может приводить к **механической усталости** рабочего слоя и, как следствие, к его разрушению. Поэтому при выборе веществ важным фактором становится отсутствие **эффекта накопления усталости**.

Оптическая головка (датчик)

Оптическая головка должна обеспечивать все функции считывания и записи. Размеры, а главное масса головки должны быть минимальными. В течение кадрового синхронизирующего импульса оптическая головка должна с запасом успевать пересекать зону записи от края до края. Упрощенная схема оптической головки представлена на рис.



Все элементы ОГ должны изготавливаться **из легких материалов**. Это требование относится и к линзам.

Обязательными элементами оптической головки являются **поляризаторы, образующие скрещенную систему**, которая отсекает постоянную составляющую светового потока от фотоприемника. Иначе вместе с относительно слабой переменной (информационной) составляющей на вход фотоприемника попадет намного более мощная постоянная составляющая.

Поляризаторы не являются отдельными элементами оптической схемы, а в виде **поляризующих пленок** наклеиваются на грани делительной призмы. Одна — со стороны лазера (входной поляризатор), другая — со стороны фотоприемника (выходной).

В **кристаллической фазе среда является анизотропной** и эффективно воздействует на поляризацию света. В **фазе стекла среда становится изотропной** и не влияет на состояние поляризации. В скрещенных поляризаторах фотоприемник хорошо «видит» участки записи в кристаллической фазе, а участки в фазе стекла воспринимает как темные. Мощная постоянная составляющая света в обоих случаях полностью отсекается.

Магнитооптическая запись

В основе перспективного направления реверсивной оптической записи лежит **фазовый переход ферромагнетик — парамагнетик**.

Ферромагнетизм - магнитоупорядоченное состояние вещества, при котором все носители магнетизма ориентированы одинаково. Такое состояние возможно только ниже некоторой температуры T_k — точки Кюри.

При температуре T_k и выше ферромагнетик переходит в **парамагнитную фазу**. Самопроизвольная магнитная упорядоченность, характерная для ферромагнетиков, исчезает.

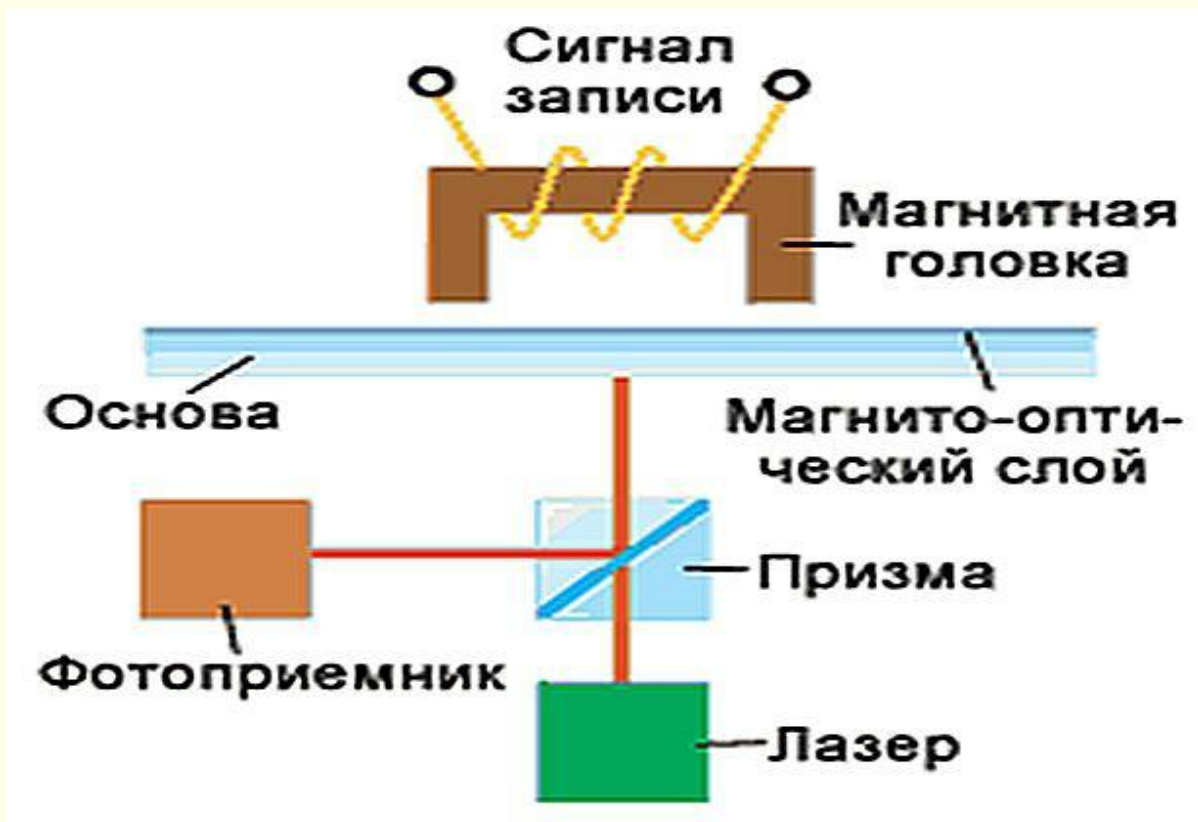
Утрачивается и **магнитная память**, т. е. способность сохранять намагничивание, вызванное внешним магнитным полем после его исчезновения.

При температурах, близких к точке Кюри, но ниже ее магнитная восприимчивость возрастает до огромных значений обратно пропорционально разности между температурой Кюри и действующей температурой. Такая зависимость называется **законом Кюри-Вейса**.

При этом даже очень слабые магнитные поля способны наводить остаточную намагниченность, которая быстро нарастет в процессе остывания среды.

Этот эффект, который называется **терромагнитным**, неоднократно пытались использовать для магнитной видеозаписи.

Среди известных в настоящее время претендентов на роль магнитных материалов для магнитофонных лент диоксид хрома имеет самую низкую точку Кюри — 121°C .



Лазер в магнитооптических видеодисках в режиме записи выполняет одну функцию — локальный разогрев среды до температуры, немного превышающей точку Кюри.

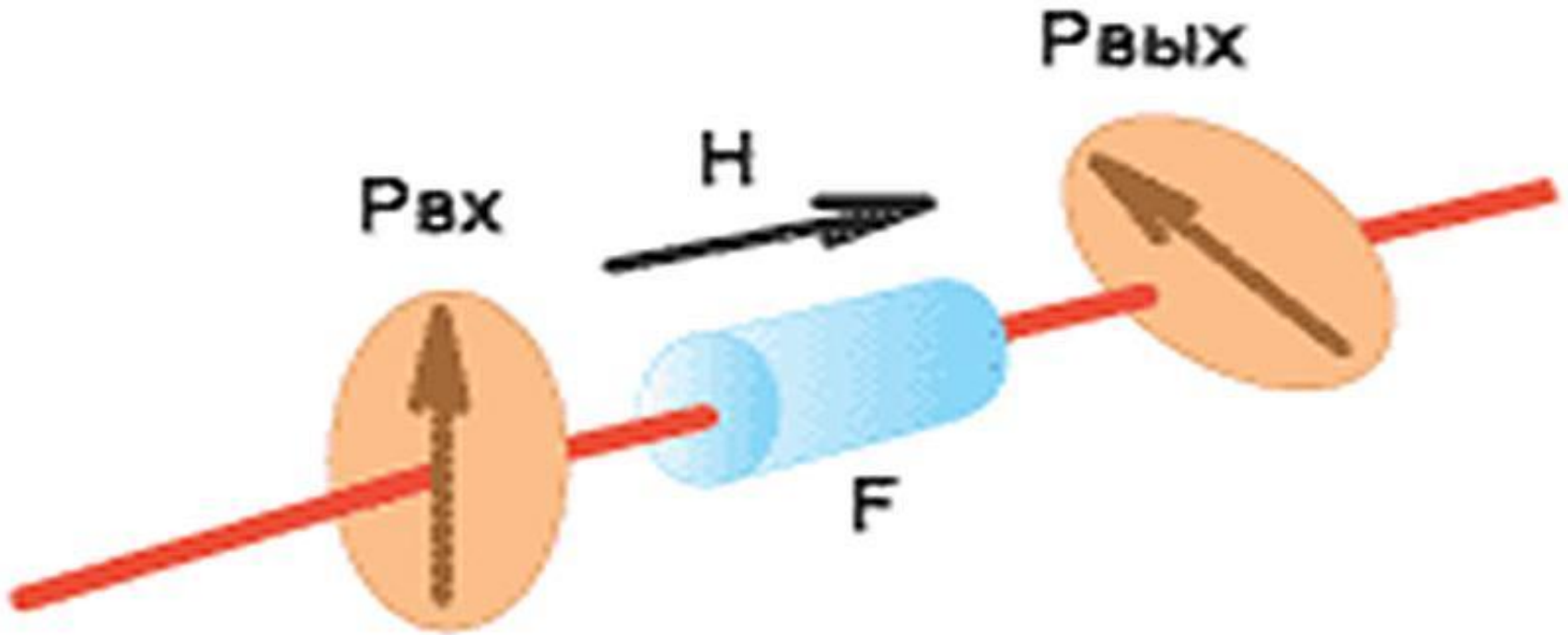
Информационное содержание записи определяет внешнее магнитное поле, слабое и протяженное.

Силовые линии магнитного поля ориентированы ортогонально поверхности диска.

Возможен и режим записи **на предварительно намагниченный диск**. В этом режиме магнитное поле при записи отсутствует. Сигналограмма записи формируется за счет модуляции света изменением тока питания лазерного диода.

Лазерный нагрев переводит предварительно намагниченный рабочий слой в парамагнитную фазу. На тех участках рабочего слоя, которые не подвергались лазерному разогреву, предварительная намагниченность сохраняется.

Считывание сигналограммы обеспечивается за счет магнитооптических эффектов Керра или Фарадея. Оба эффекта сводятся к повороту вектора поляризации считывающего луча, прошедшего или отраженного от рабочего слоя. Оптическая схема считывания информации для эффекта Фарадея представлена на рис.



Недостаток схемы Фарадея в том, что она может работать только на просвет.

Основными элементами схемы считывания на основе эффекта Фарадея (см. а) являются:

входной поляризатор $P_{вх}$, задающий направление линейной поляризации излучения лазера;

фарадеевский элемент F ;

выходной поляризатор $P_{вых}$;

магнитное поле H .

В данном случае фарадеевский элемент — это считываемый пит, имеющий остаточную намагниченность.

Луч на выходе из фарадеевского элемента оказывается повернутым по поляризации на угол $\varphi = C \cdot H \cdot L$, где C — коэфф., H — напряженность поля остаточной намагниченности, L — длина пути света в элементе.

Выходной поляризатор $P_{вых}$, скрещенный с входным, преобразует угол поворота вектора поляризации в изменение интенсивности света, которое пропорционально $\sin 2 \cdot \varphi$ (φ — угол поворота). В отсутствие остаточной намагниченности свет через систему не проходит.