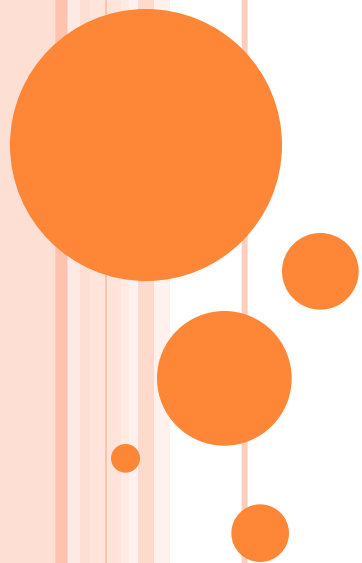


**ФИЗИЧЕСКИЕ  
ОСНОВЫ  
ИНФОРМАЦИОННЫ  
Х ТЕХНОЛОГИЙ**



# ГЛАВА 3. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЗАПИСИ, СЧИТЫВАНИЯ И ХРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

## □ 3.1. Магнитный принцип записи и считывания информации

### 3.1.1. Термоассистируемая магнитная запись

## □ 3.2. Оптическая запись и считывание информации

### 3.2.1. Оптические диски

## □ 3.3. Магнитооптическая технология записи информации

## □ 3.4. Технология DVD

## □ 3.5. Голографическая технология записи, считывания информации

## □ 3.6. Физические основы памяти компьютера

### 3.6.1. Магнитная память

### 3.6.2. Полупроводниковая память

### 3.6.3. Флэш-память

## □ 3.7. Перспективные технологии памяти



## 3.1. МАГНИТНЫЙ ПРИНЦИП ЗАПИСИ И СЧИТЫВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ

В начале XX в. появилась *магнитная запись информации*. Она осуществляется под влиянием магнитного поля путем изменения состояния носителя записи или его отдельных частей при воздействии сигналов записываемой информации. В устройствах считывания магнитной записи используется система, аналогичная той, которая применялась при записи звука на пластинках. Функции составных частей остались прежними, только поменялись сами составные части: вместо виниловых пластинок использовались ленты или диски с напыленным на них сверху слоем частиц ферромагнетиков, а вместо иголки — специальное считывающее устройство.



- Основными материалами, применяемыми в магнитной записи информации, являются *ферромагнетики*, а их главными характеристиками являются магнитная проницаемость, остаточная намагниченность, коэрцитивная сила и магнитное сопротивление.
- Основными элементами магнитной записи являются магнитные головки стирания, записи, воспроизведения и магнитные носители (лента, диск, барабан и др.).

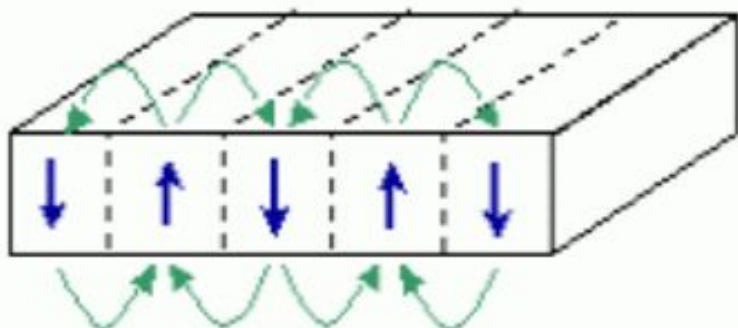


# Магнитная запись информации

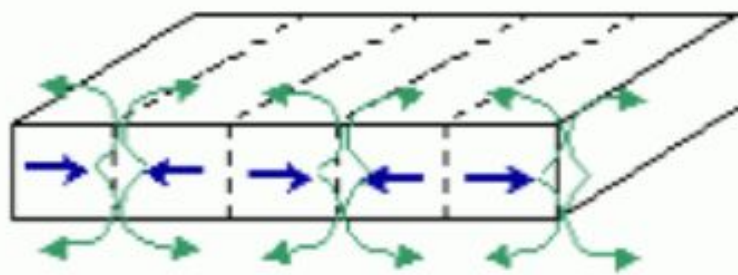
Существует два метода магнитной записи: *продольный* и *перпендикулярный*.

- *Метод продольной записи* — это технология, при которой биты информации сохраняются в горизонтальных доменах и участки рабочего слоя носителя намагничиваются вдоль его движения.
- *Метод перпендикулярной записи* — это технология, при которой биты информации сохраняются в вертикальных доменах. Частицы записывающего слоя намагничиваются вертикально, а частицы магнитного подслоя — горизонтально.

Метод перпендикулярной записи



Метод продольной записи



В настоящее время используются головки на основе *магниторезистивного эффекта* и *гигантского магнитосопротивления*, которые имеют не один, а два зазора – для записи и считывания информации.

▣ **Магниторезистивный эффект (магнитосопротивление)** - это изменение электрического сопротивления материала в магнитном поле.

Впервые эффект был обнаружен в 1856 У. Томсоном. В нормальных металлах эффект магнитосопротивления выражен слабо. В полупроводниках относительное изменение сопротивления может быть в 100–10 000 раз больше, чем в металлах, и может достигать сотен тысяч процентов.



Более широкое применение получил так называемый эффект *гигантского магнитосопротивления* (ГМС), отличающийся от *магниторезистивного эффекта* масштабом, так как изменение сопротивления материалов происходит в десятки раз больше, чем изменение магнитосопротивления.

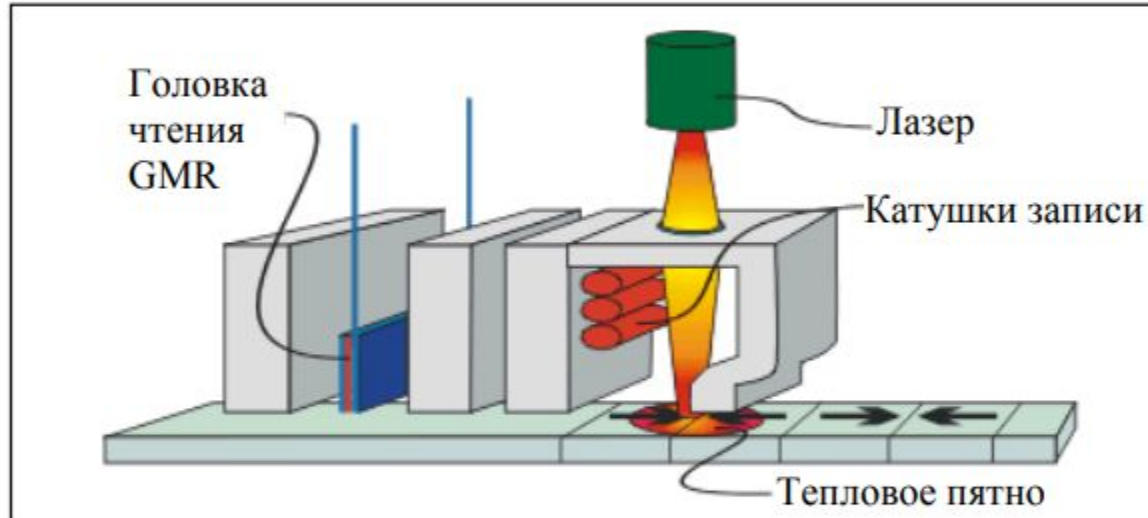
*Эффект ГМС* – существенное изменение электрического сопротивления материалов при изменении взаимного направления намагниченности соседних магнитных слоев.





### 3.1.1. ТЕРМОАССИСТИРУЕМАЯ МАГНИТНАЯ ЗАПИСЬ

- *Термоассистированная магнитная запись* – это комбинация магнитной записи с локальным лазерным нагревом перемагничиваемой области.



Принцип работы устройств, использующих эту технологию, состоит в локальном нагревании лазером и перемагничивании в процессе записи поверхности пластин жесткого диска.

Основная проблема в усовершенствовании устройств магнитной записи состоит в преодолении так называемого *супермагнитного предела*. Начиная с какого-то размера, частицы становятся настолько маленькими, что не могут поддерживать эффект намагничивания ввиду возрастания колебаний тепловой энергии (кораблик на воде).

Состояние, при котором направление магнитного момента частиц непрерывно меняется и не может быть зафиксировано, называется *суперпарамагнитным*. Если частицы в устройстве записи станут суперпарамагнитными, то вся сохраненная информация будет утеряна в результате постоянного хаотического изменения бита информации.



## 3.2. ОПТИЧЕСКАЯ ЗАПИСЬ И СЧИТЫВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ

### 3.2.1. ОПТИЧЕСКИЕ ДИСКИ

- *Оптический диск* – собирательное название для носителей информации, выполненных в виде дисков, чтение с которых ведется с помощью оптического излучения.
- *Компакт-диск* – оптический носитель информации в виде пластикового диска с отверстием в центре, процесс записи и считывания информации которого осуществляется при помощи лазера.



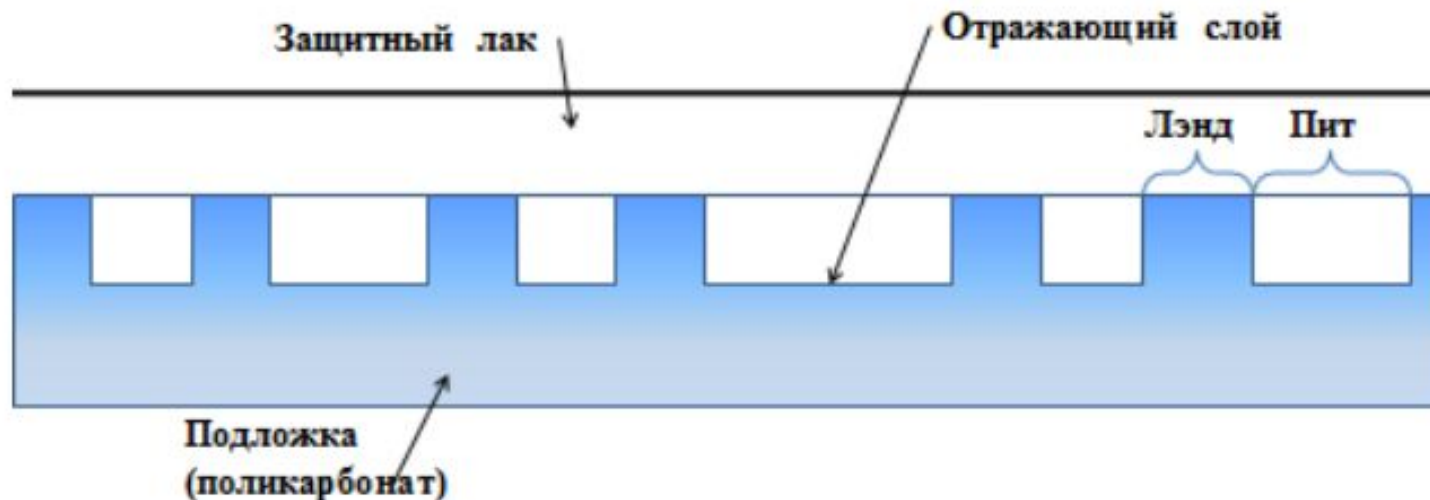
Компакт-диск состоит из жесткой, оптически прозрачной основы поликарбоната или полихлорвинила, на который нанесен специальный слой, он и служит для хранения информации.



Зеркальная поверхность, переливающаяся цветами радуги, — это *зона записи*. В отличие от магнитных дисков, компакт-диски имеют не множество кольцевых дорожек, а одну — спиральную дорожку. В связи с этим угловая скорость вращения диска линейно уменьшается в процессе продвижения читающей магнитной головки к центру диска.



- Дорожка представляет собой чередующиеся участки: *питы* (углубления) и *ленды* (промежутки между углублениями).

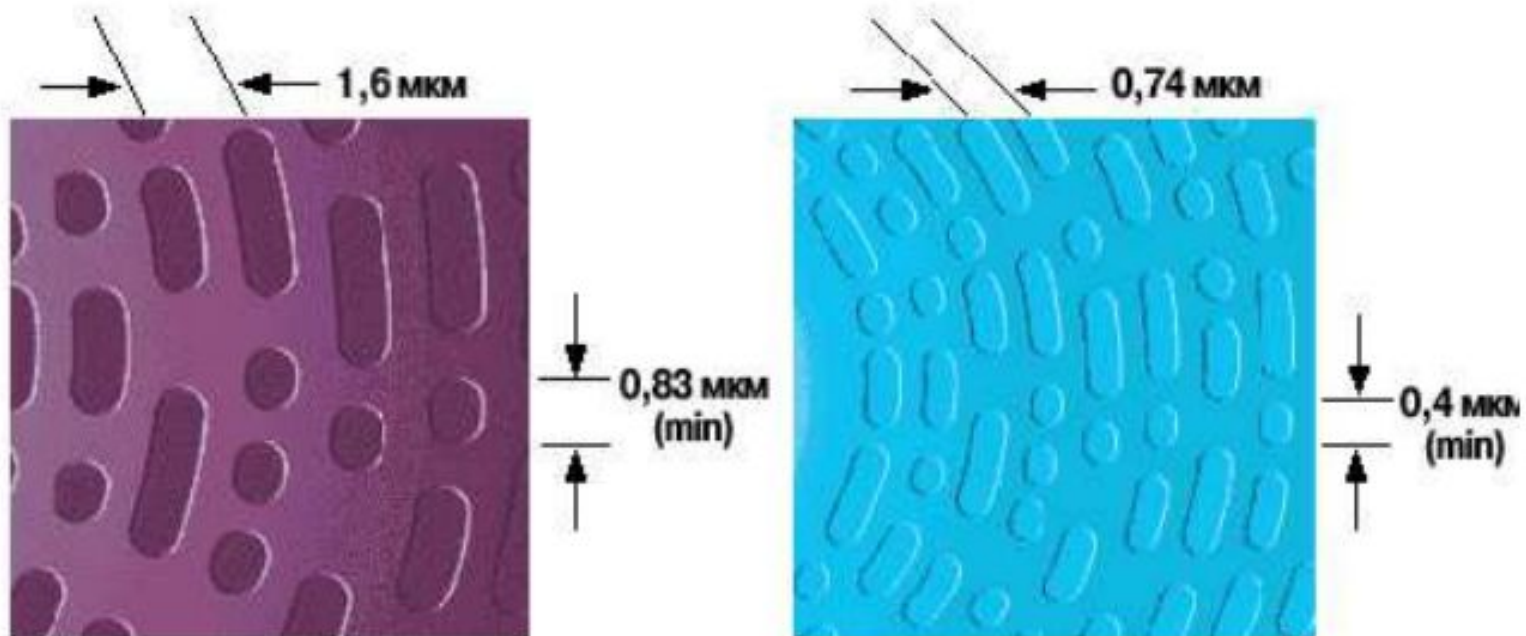


- Поперечный шаг витков спирали, ширина дорожки (размеры питов) зависят от вида диска: CD, DVD или Blue-ray

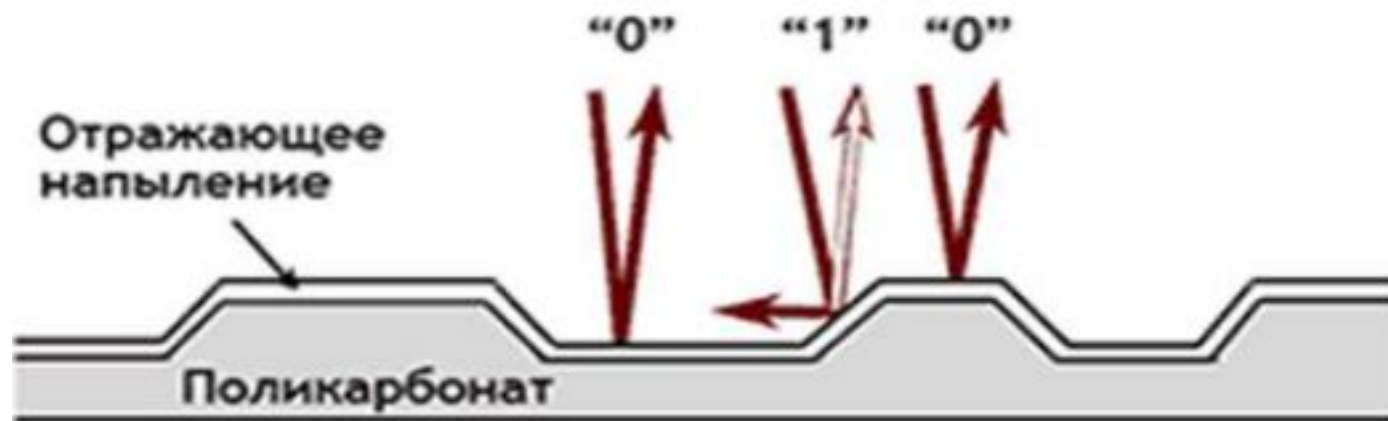


	<b>CD</b>	<b>DVD</b>	<b>Blue-ray</b>
Диапазон	Инфракрасный	Красный	Сине-фиолетовый
Длина волны, нм	780	650	405
Ширина дорожки, мкм	1,6	0,8 / 0,74	0,32
Минимальная длина пита, мкм	0,833	0,44 / 0,40	0,16/0,149/0,138

## Изображение питов на CD-диске и DVD-диске



В настоящее время запись и считывание информации выполняются посредством лазерного луча. Лазерный луч отражается от лендов и без изменений попадает на фотоприемник. При отражении лазерного луча от дна пита происходит его небольшое искажение за счет интерференции, в результате чего отраженный от пита сигнал не попадает на фотоприемник. Таким образом, привод видит переход с ленда на пит (и наоборот), что является для него логической единицей, тогда как движение лазера по питу или ленду воспринимается как нуль.



## 3.3. МАГНИТООПТИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЗАПИСИ ИНФОРМАЦИИ

*Магнитооптический накопитель* построен на совмещении магнитного и оптического принципов хранения информации. Запись информации производится при помощи луча лазера и магнитного поля, а считывание – при помощи одного только лазера. В качестве носителя информации используется тонкий магнитный слой. При обычной температуре он не может быть намагничен приложенным магнитным полем. Поэтому его нагревают с помощью лазерного луча небольшой мощности до температуры Кюри. Магнитное поле прикладывается перпендикулярно поверхности диска. Для считывания информации используется *эффект Керра*.





- *Эффект Керра* – это изменение направления поляризации луча, отраженного от намагниченной поверхности.

Отражающим элементом в данном случае является намагниченная при записи точка на поверхности диска, соответствующая одному биту хранимой информации. При считывании информации используется лазерный луч небольшой интенсивности, не приводящий к нагреву считываемого участка. Таким образом, при считывании хранимая информация не разрушается.

В настоящее время разработаны две технологии, позволяющие осуществлять запись и считывание за один проход лазерной головки:



1. *Технология модулированной интенсивности света LIMDOW* (Light Intensity Modulation Direct Overwrite). Суть ее состоит в том, что используются 2 магнитных поля: внешнее поле смещения и внутреннее поле дополнительных магнитных слоев носителя, поэтому при записи направление внешнего магнитного поля не нужно переключать.
2. *Технология, основанная на изменении фазового состояния вещества.* Применяется в устройствах записи дисков CD-RW и DVD-RW. Технология основана на способности вещества под воздействием лазера переходить из кристаллического состояния в аморфное. При этом изменяется отражающая способность поверхности. Для новой записи необходимо вернуть рабочий слой в исходное кристаллическое состояние.



## 3.4. ТЕХНОЛОГИЯ DVD

На DVD-диске достигается значительное увеличение объема информации. За счет перевода считывающего лазера из инфракрасного диапазона ( $\lambda=780\text{нм}$ ) в красный ( $\lambda=650\text{нм}$  или  $635\text{нм}$ ) и увеличения числовой апертуры объектива до 0,6 (против 0,45 в CD) достигается более чем двукратное уплотнение дорожек и укорочение длины отражающих пиков. В компакт-дисках минимальная длина углубления составляет 0,834мкм, а в DVD-дисках – 0,4мкм.

*Числовая апертура* - произведение показателя преломления среды между предметом и объективом на синус апертурного угла (угла между крайним лучом конического светового пучка на входе (выходе) из оптической системы и ее оптической осью).






## 3.5. ГОЛОГРАФИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЗАПИСИ, СЧИТЫВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ

□ *Голография* – метод получения объемных изображений предметов.

В основе голографии лежат явления интерференции и дифракции волн. Первые голограммы получил венгерский физик Д. Габор в 1947 году. До его изобретения любая фотография была плоской. Она передавала лишь два измерения предмета. Он решил наложить волну, отраженную от предмета, на попутную проходящую волну. При этом возникает характерная интерференционная картина, чередование тонких белых и черных линий. Эту картину можно запечатлеть на фотопластинке – *голограмме*. Она будет содержать всю информацию об объеме предмета, попавшего в объектив.



- *Голограмма* – это трехмерное проецируемое изображение, производимое лучом лазера.

*Голографическая технология*, в отличие от других известных технологий, использующих только поверхность носителя, позволяет использовать для хранения данных всю толщину записывающего слоя.





## 3.6. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПАМЯТИ КОМПЬЮТЕРА

### 3.6.1. МАГНИТНАЯ ПАМЯТЬ

История магнитной памяти началась еще в 1888 г., когда О. Смит высказал идею использования намагничивания для записи звука. Потом были различные типы магнитных носителей: магнитные ленты, магнитные барабаны, магнитные диски и т.д. Первый жесткий диск с произвольным доступом имел размеры с приличный шкаф весом больше тонны. Объем его памяти составлял 5Мб. В состав накопителя входили 50 дисков диаметром 24 дюйма (61 см), которые вращались со скоростью 1200 об/мин.





- В основе работы всех магнитных носителей лежит явление *электромагнетизма*, открытое датским физиком Х. Эрстедом в 1820 г. Суть этого явления заключается в том, что при пропускании через проводник электрического тока вокруг него образуется магнитное поле. Существует и обратный эффект: в проводнике под действием переменного магнитного поля возникает электрический ток.

Основной механизм хранения информации на жестких дисках включает в себя намагничивание в определенном направлении очень малой области магнитного носителя — *бита*. Для достижения плотности хранения 10 Гигабит на квадратный дюйм ( $1 \text{ кв. дюйм} = 6,45 \text{ см}^2$ ) отдельный бит должен занимать место длиной 70 нм и шириной 1 мкм. Толщина магнитной пленки должна составлять 30 нм.



## 3.6.2. ПОЛУПРОВОДНИКОВАЯ ПАМЯТЬ

Полупроводниковая память бывает двух типов: *динамическая* (DRAM) и *статическая* (SRAM).

- ▣ *Динамическая оперативная память* (DRAM – Dynamic Random Access Memory) – энергозависимая память с произвольным доступом, каждый бит которой представляется в виде наличия (или отсутствия) заряда на конденсаторе, образованном в структуре полупроводникового кристалла.

Элементарная ячейка динамической памяти состоит из транзистора, выполняющего роль ключа, конденсатора, который хранит информацию, а также устройства, регенерирующего заряд конденсатора или информацию на нужных конденсаторах.

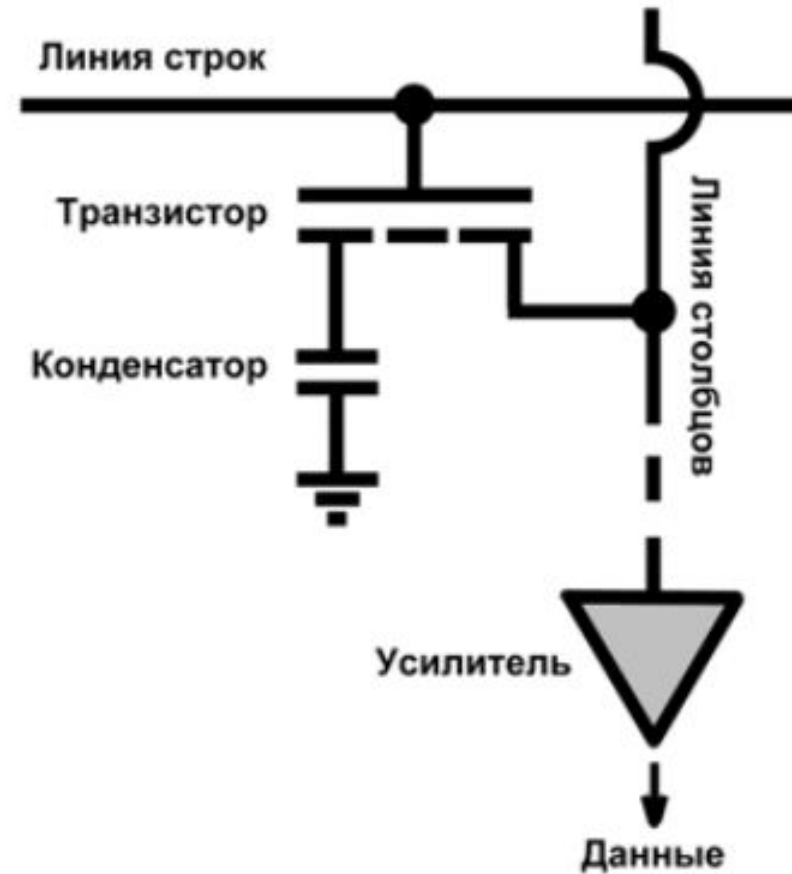


## □ Схема элементарной ячейки DRAM

На самом деле, отдельного конденсатора нет, его роль выполняет емкость между затвором и истоком транзистора.

Но для простоты изложения емкость выделена как бы в отдельный элемент. Поскольку емкость маленькая и имеет место достаточно быстрый ее разряд, т.е. потеря информации,

то в случае, если была записана «1», возникает необходимость в регенерации между разрядами. Устройство регенерации осуществляет постоянные циклы регенерации или восстановления информации.



- ▣ *Статическая память* (SRAM – Static Random Access Memory) – это энергозависимая полупроводниковая память с произвольным доступом, в которой каждый разряд хранится в триггере, позволяющем поддерживать состояние разряда без постоянной перезаписи.

Для статической памяти SRAM не требуется заряд регенерации, так как она выполнена на *триггерах*, состояния которых устойчивы и при наличии питания могут сохраняться бесконечно долго. Каждый триггер хранит один бит информации, т.е. ровно столько же, сколько и ячейка динамической памяти. Триггер работает на частотах вплоть до нескольких ГГц, тогда как конденсаторы работают только до 75–100 МГц.



- Если взять одного размера динамическую и статическую память, то у *динамической памяти емкость будет гораздо выше при тех же размерах, чем у статической памяти.* Это значит, что динамическая память имеет возможность оперировать с большим объемом информации. Поэтому ее применяют в качестве *оперативной памяти* RAM. Но статическая память имеет более высокое быстродействие, поэтому она применяется внутри центрального процессора. Эта память называется *сверхоперативной памятью* (SRAM), или *кэшем* центрального процессора.



### 3.6.3. ФЛЭШ-ПАМЯТЬ

- *Флэш-память* – это особый вид энергонезависимой, перезаписываемой полупроводниковой памяти.

Ячейки флэш-памяти бывают как на одном, так и на двух транзисторах. Полевой транзистор имеет специальную электрически изолированную область – *«плавающий» затвор*, способную хранить заряд.





## 3.7. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПАМЯТИ

*Магниторезистивная память MRAM* – это один из перспективных типов энергонезависимой памяти.

▣ *MRAM (Magnetic Random Access Memory)* – энергонезависимая память, предусматривающая сохранение информации благодаря намагничиванию тонкой магнитной пленки.

Преимущество памяти MRAM состоит в том, что она подразумевает бесконечное число циклов записи, а также очень высокие скорости записи и доступа. Запись бита информации в чип MRAM происходит примерно в 1млн раз быстрее, чем во флэш-память.





- При считывании информации измеряется ток, протекающий через ячейку. Его величина зависит от конфигурации намагниченности магнитных слоев структуры: *при параллельной ориентации* сопротивление перехода минимально. Это соответствует *логическому «0»*. *При антипараллельной ориентации* намагниченностей сопротивление велико, туннельный ток мал – это *логическая «1»*.



- Ферроэлектрическая (сегнетоэлектрическая) память *FRAM* – энергонезависимая память с произвольным доступом, предусматривающая сохранение информации за счет сохранения ферроэлектриком поляризации, приобретенной в электрическом поле при записи.

Уникальные свойства FRAM позволяют использовать ее вместо ОЗУ и ПЗУ одновременно. Ячейка FRAM состоит из пары «транзистор – конденсатор», как в динамической памяти. Но в качестве диэлектрика в конденсаторе используется ферроэлектрик.



- В основе FRAM лежит возможность изменять расположение атомов в ферроэлектрическом материале. Такая коррекция поляризации влияет на проводимость элемента. Электрический ток направлен от *истока 1* к *стоку 2* и проходит через *ферроэлектрический элемент 3*. Напряжение между управляющим *затвором 4* и *стоком 2* изменяет поляризацию ферроэлектрического элемента.



- Сегодня FRAM применяется во множестве современных принтеров, копиров, факсимильных и телефонных аппаратов, в сетевых устройствах и в компьютерной технике. Наиболее массовыми измерительными приборами, в которых применяется FRAM, являются счетчики электрической энергии. Таким образом, FRAM бесспорно является наиболее перспективной технологией памяти запоминающих устройств. Она обеспечивает быстрый и простой доступ при любом типе операций и энергонезависимость. FRAM позволяет хранить в одном кристалле как оперативную, так и постоянную информацию.

