

# ТЕМА 16

Флэш-память.

Перспективные запоминающие устройства.

В 1979 г. компания Intel разработала новый вид  
памяти — **EEPROM**

Или по-нашему...

**ФЛЭШ-ПАМЯТЬ**



# Что такое Флэш-память



- **Флэш-память** (англ. *Flash-Memory*)  
— разновидность твердотельной полупроводниковой энергонезависимой перезаписываемой памяти
- Флэш-память может быть прочитана сколько угодно раз, но писать в такую память можно лишь ограниченное число раз (обычно около 10 тысяч раз).

# преимущества

- её энергонезависимость
- более компактна чем CD-ROM , жёсткие диски, DVD
- дешева (с учётом стоимости устройств чтения-записи)
- обеспечивает более **быстрый доступ**



# недостатки

- малый объём  
(до 16 Гб )



# Флэш-память

съёмная



несъёмная



DVD

Сегодня  
выпускают  
флэш-память



NOR

(логика ячеек NOT OR)



NAND

(логика ячеек NOT AND)



в качестве элементарных ячеек хранения информации используются

полевые двухзатворные **МОП-транзисторы**  
(транзисторы с плавающим затвором).



# Микросхемы NOR

- архитектура NOR предпочтительней, поскольку **скорость** произвольного доступа у нее **выше**. (например, для хранения программного кода BIOS, мобильных телефонов)



# Микросхемы NAND

- обеспечивают более **высокую плотность** хранения информации, поэтому для записи/хранения большого количества информации используется преимущественно именно эта микросхема (**флэш-накопители, карты памяти**).

**МОП** (металл-окисел-полупроводник) — это самый простой тип полевого транзистора.

- **работает очень медленно**
- **высокая степень интеграции** (занимают на кристалле микросхемы в 6-9 раз меньшую площадь чем ТТЛ-транзистор )

**иные  
разновидности**

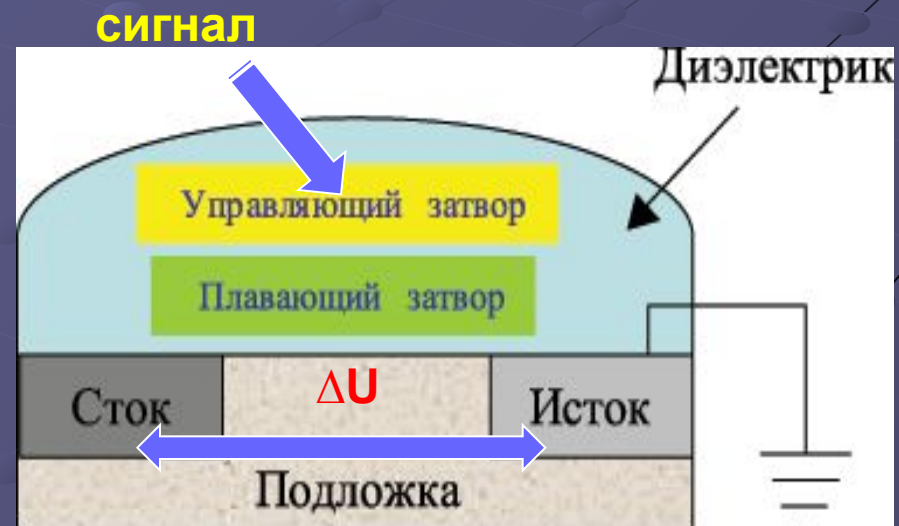
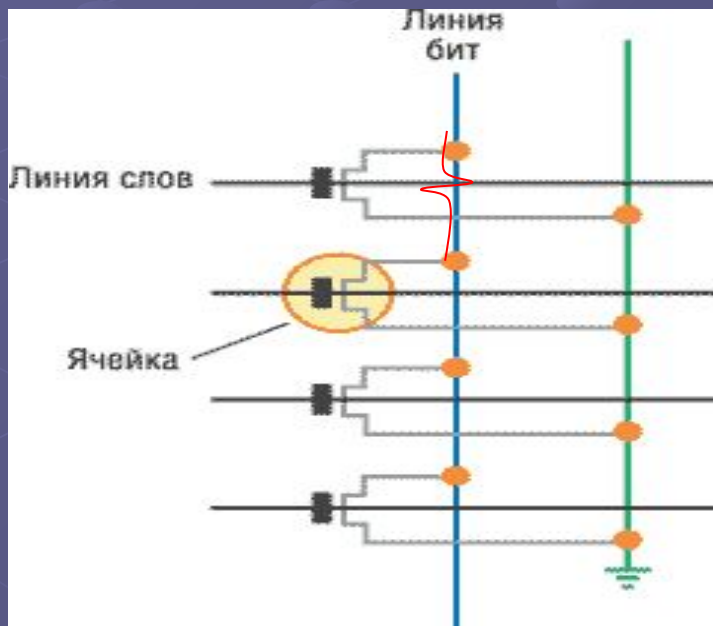
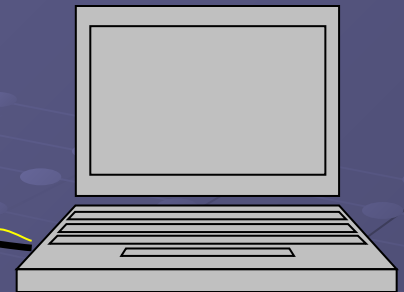
**ЛИЗМОП**

(МОП с Лавинной Инжекцией Заряда)  
с «плавающим» затвором без вывода.

**МНОП**

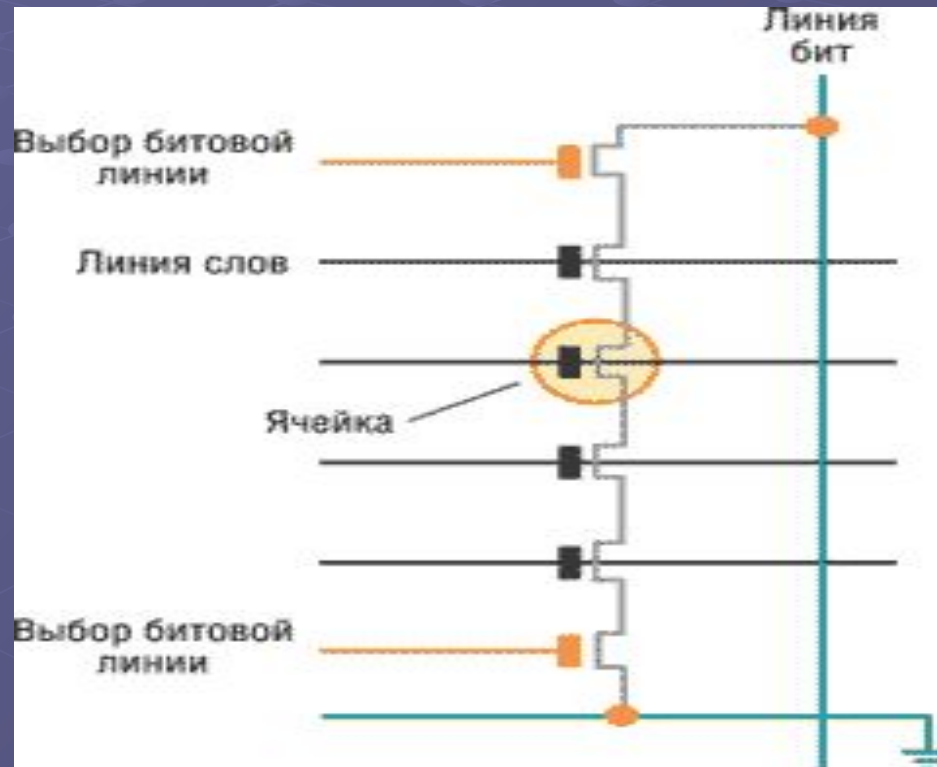
(металл-нитрид-окисел-полупроводник)  
— транзистор с двойным затвором и  
двойным изолятором из  
нитридного и оксидного слоёв

# Процесс ЗАПИСИ информации для ячеек NOR



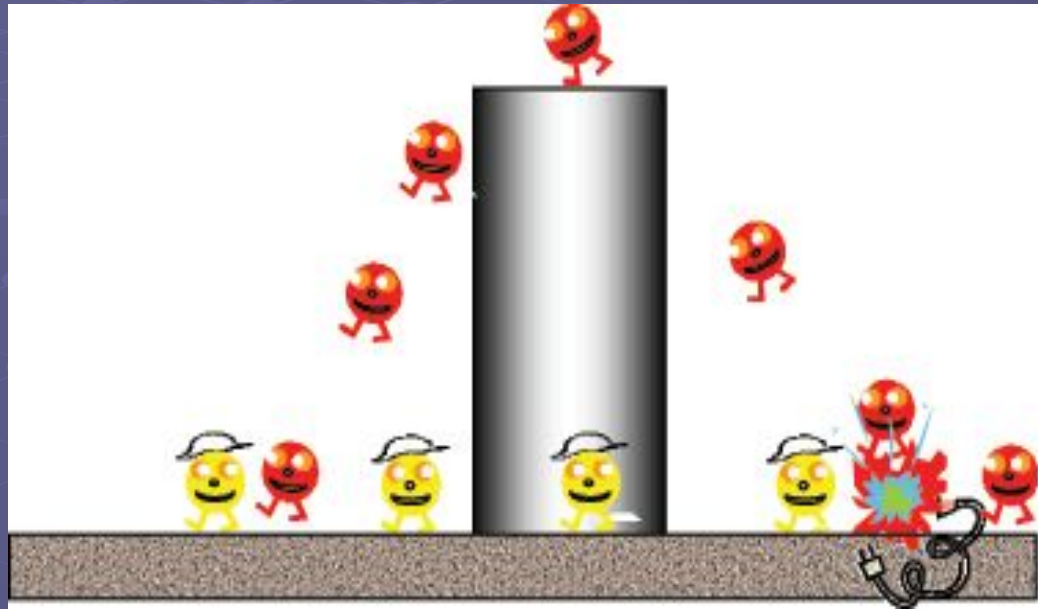
на плавающий затвор  
инжектируются (впрыскиваются)  
электроны, изменяя его заряд

# Архитектура ячейки NAND



# запись в ячейках NAND

методом туннелирования электронов

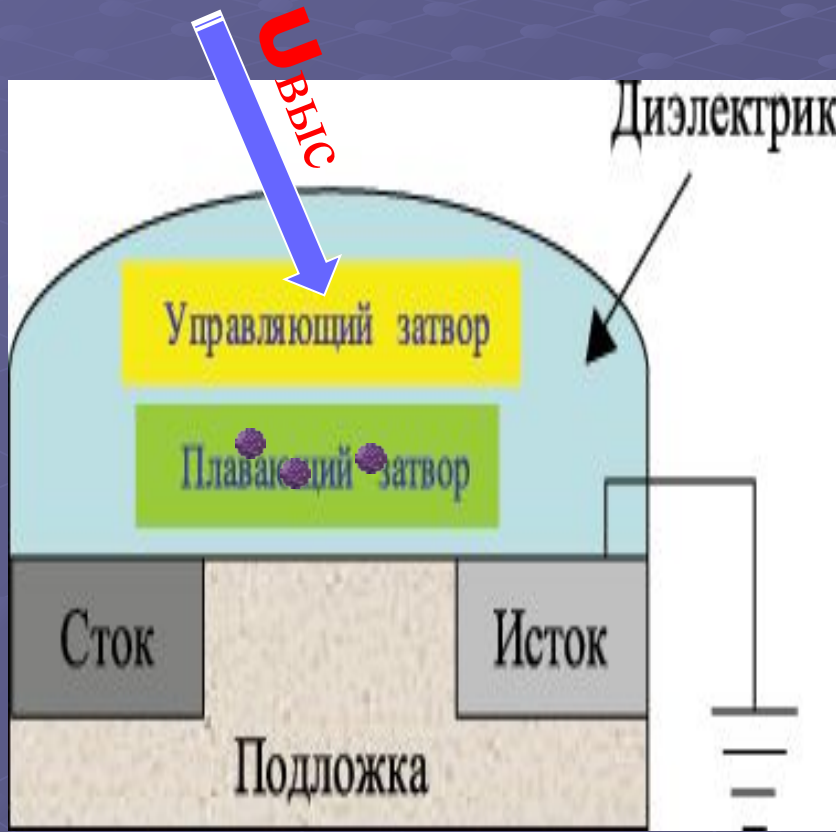


желтые частицы проходят сквозь барьер;  
красные частицы перепрыгивают его благодаря  
полученной дополнительной энергии

# Процесс стирания информации в ячейках NOR и NAND

туннельный эффект:

На управляющий затвор подается высокое напряжение противоположной полярности (обратной той, что была), и электроны с плавающего затвора переходят на исток



- В настоящее время основные усилия разработчиков сосредоточены на наращивании объемов памяти и сокращении размеров носителей с параллельным снижением энергопотребления.



# НОВЫЕ разработки

Hitachi  
Архитектура флэш-памяти AND

Mitsubishi  
флэш-память DiNOR

ячейки памяти типа MRAM

NRAM  
(Nonvolatile RAM)

OUM-технологии



# Перспективные запоминающие устройства

(FRAM, PFRAM, MRAM, OUM)

Успехи создания ЗУ на основе полупроводниковой технологии не снимают проблемы дальнейшего совершенствования микросхем памяти. Чтобы приблизиться к идеалу, желательно к таким свойствам ЗУ, как высокая емкость, быстродействие и малая потребляемая мощность, добавить и энергонезависимость, которой современные ОЗУ не обладают. Если к такому комплексу качеств прибавить и низкую стоимость, то получатся ЗУ, близкие к идеалу. Пути приближения к идеалу включают в себя попытки использования нескольких новых для технологии ЗУ физических явлений - ферроэлектрических, магниторезистивных.

# ЗУ типа FRAM (ферроэлектрические)

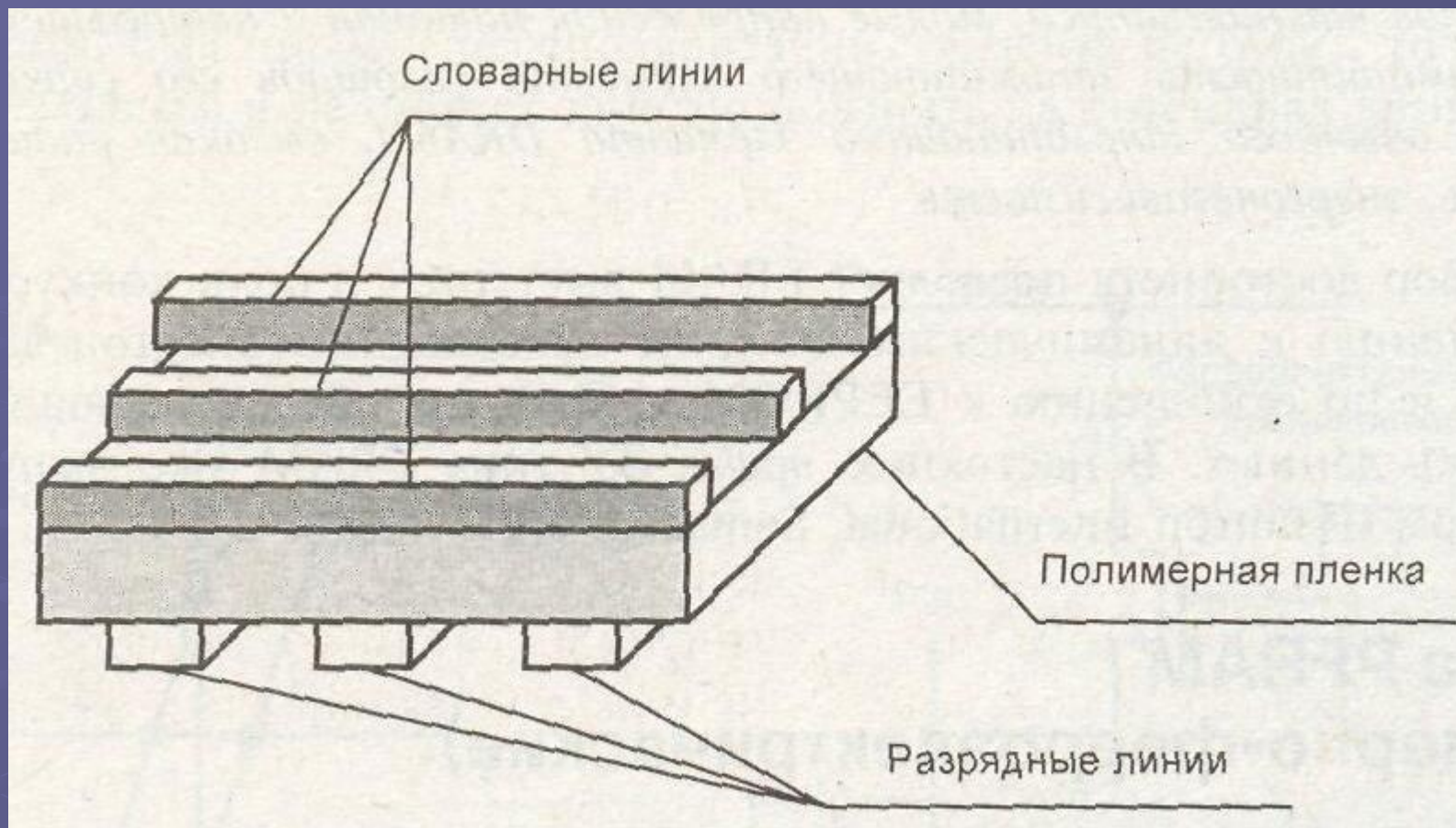
- В ферроэлектрических **FRAM** (Ferroelectric RAM) основой запоминающего элемента служит материал, в кристаллической структуре которого имеется бистабильный атом. Занимая одно из двух возможных пространственных положений ("верхнее" или "нижнее"), этот атом создает в ферроэлектрическом материале внутренние диполи того или иного знака (спонтанная поляризация).

- С помощью электрического поля можно придать внутреннему диполю тот или иной знак. Под воздействием внешнего электрического поля и при температуре не выше определенной (связанной с точкой Кюри) материал поляризуется, делая выстраиваются упорядоченное состояние материала может отображать двоичные данные 0 и 1. Зависимость поляризации  $P$  от напряжения  $U$  имеет петлю гистерезиса, показанную на рис. 4.50. а Через  $U_c$  на рисунке обозначены коэрцитивные напряжения, через  $P_R$  - остаточные поляризации, до сохраняются после снятия электрических полей.

# ЗУ типа PFRAM (полимерно-ферроэлектрические)

**ЗУ типа PFRAM (Polimeric Ferroelectric RAM)**  
– разновидность ферроэлектрических ЗУ. Они построены на основе ферроэлектрических материалов – пленок с двумя стабильными состояниями поляризации, полученных около 10 лет назад шведской фирмой Opticom. Над применением таких пленок в схемах ЗУ работает фирма Intel совместно с дочерней компанией указанной шведской фирмы.

В пленке, толщина которой меньше 0,1 мкм, образуются ориентированные диполи, которые служат запоминающими элементами, хранящими различные двоичные данные при изменении знака поляризации. Расположенные в полимерной пленке запоминающие элементы размещаются между двумя взаимно перпендикулярными металлическими дорожками, на которые подаются определенные напряжения (рис. 16.3). Индивидуальные биты активизируются возбуждением словарной и разрядной линии, на пересечении которых они находятся. Наличие созданных диполей себя проявляет, и набор чувствительных усилителей в разрядных линиях воспринимает значения битов данных.



**Рисунок 16.3 Схематическая конструкция полимерно-ферроэлектрического ЗУ.**

- Процессы записи и чтения идентичны по быстродействию — и тот, и другой занимают приблизительно по 50 нс. Эта цифра исключает какой-либо разговор о быстродействии, она на три порядка превышает времена доступа обычных DRAM. Поэтому PFRAM перспективны не в качестве ОЗУ, а для замены дисковой памяти. Подсчитано, что плата PFRAM-памяти размером с кредитную карту по информационной емкости будет эквивалентна 400 тысячам CD.

- Имеются сообщения о возможности существенного повышения быстродействия PFRAM при новых методах обработки полимерной пленки. Предполагается, что массовое производство PFRAM начнется приблизительно через 5 лет.



# ЗУ типа MRAM (магниторезистивные)

В ЗУ типа **MRAM** (Magnetoresistive RAM) битам двоичных данных соответствуют участки намагниченности, создаваемые в материалах, обладающих остаточной намагниченностью.

Участки с остаточной намагниченностью образуют "микромагнитики", положение полюсов которых *задается* при записи информации.

Магнитные ЗУ обладают естественной энергонезависимостью. Магнитные поля отдельных магнитиков обнаруживаются расположенными у их краев элементами с магниторезистивными свойствами, электрическое сопротивление которых зависит от магнитного поля, окружающего эти элементы. Чтение при этом не является разрушающим.

- Для создания MRAM можно использовать два типа эффектов — так называемый *гигантский магниторезистивный эффект* (Giant Magnetic-resistive Effect) или *туннелирование носителей заряда* через тонкий слой, управляемое магнитным полем (в 3У типа MTJ, Magnetic Tunnel Junction).
- В последнее время почти все разработчики предпочли второе направление, на котором мы и остановимся.

- Конструкция запоминающего элемента типа МТJ включает в себя два ферромагнитных слоя, разделенных тонким слоем диэлектрика, действующим как туннельный барьер (Рисунок 16.4 ).
- Электрическое сопротивление такого элемента зависит от создаваемого в тонком слое магнитного поля.
- Поле зависит от окружающих диэлектрик двух ферромагнитных слоев — если их магнитные моменты параллельны, то сопротивление элемента МТJ минимально, если антипараллельны, то максимально.
- Чтение осуществляется измерением туннельного тока между магнитными слоями. В этой конструкции разница между сопротивлениями элементов, находящихся в состояниях 0 и 1, достигает 50%.

Цепь тока чтения

Разрядная линия



Магнит переменной ориентации  
(запоминающий элемент)

Туннельный барьер

Магнит фиксированной ориентации

Ключевой транзистор

**Рисунок 16.4 Схематическая конструкция запоминающего элемента типа МТJ**

- Современные разработки MRAM еще далеки от теоретически достижимых, уровень которых очень высок: время записи 2,3 нс, т. е. на три порядка меньше, чем у флэш-памяти, время считывания 3 нс, т. е. приблизительно в 20 раз меньше, чем у современных DRAM, число циклов практически неограничено (превышает  $10^{15}$ ), потребляемая мощность на порядки меньше, чем у DRAM. Микросхемы обладают повышенной радиационной стойкостью.
- Фирма Motorola в 2002 г. продемонстрировала MRAM емкостью 1 Мбит (при топологической норме 0,6 мкм). К 2004 г. этой фирмой ожидаются MRAM емкостью 32 Мбит или более. К этому же году намерена выпустить прототипные кристаллы MRAM и фирма Intel.

# ЗУ типа OUM

(с использованием фазовых переходов вещества)

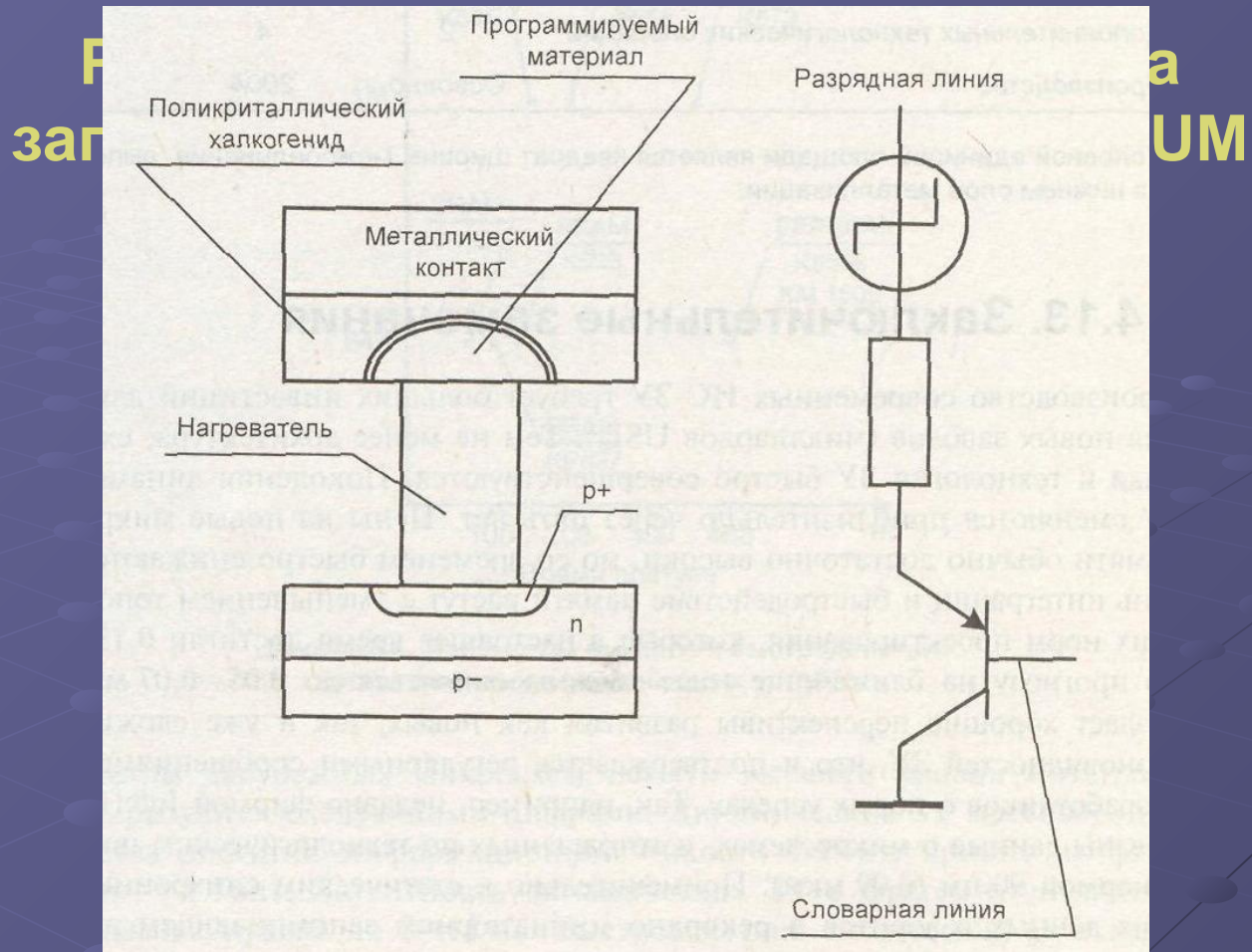
- ЗУ типа **OUM** (Ovonyx Unified Memory, по названию фирмы Ovonyx) построены на основе физических эффектов, которые уже использовались в памяти на компакт-дисках. В OUM эти же эффекты применены для реализаций памяти по интегральной технологии. Как и в дисках CD и DVD с перезаписью данных, в памяти OUM применены *халкогенидные сплавы*. Халкогенид — сплав  $\text{GeSbTe}$ , который может иметь кристаллическое проводящее или аморфное непроводящее состояния.
- Эти состояния материал может сохранять, а выявлять их можно измерением сопротивления запоминающего элемента. Состояния "кристаллическое—аморфное" взаимно обратимы, их изменения происходят быстро.
- В конструкции запоминающего элемента (**Рисунок 16.5**) небольшой объем халкогенида играет роль резистора с программируемым сопротивлением при динамическом диапазоне между значениями низкого и высокого сопротивлений около 100.

- Фазовое состояние халкогенида программируется пропусканием через элемент импульсов тока, имеющих разные параметры. Управление током производится с помощью МОП-транзистора. Чтение бита осуществляется путем измерения сопротивления элемента. При записи программируемый материал нагревается до температуры, превышающей точку плавления, и затем быстро охлаждается, что вызывает его переход в аморфное состояние. В кристаллическое состояние элемент переводится нагреванием до температуры ниже точки плавления с последующей выдержкой в ней в течение 50 нс.

- В элементе памяти с халкогенидом можно программировать сопротивление не только для двух его значений (максимального и минимального), но и для промежуточных, а это означает принципиальную возможность использовать в памяти многоуровневые сигналы и, следовательно, хранить в одном элементе более одного бита данных.



- Запоминающие элементы ОУМ просты по конструкции, потребляют малую мощность, энергонезависимы, имеют неразрушающее чтение, допускают до  $10^{12}$  циклов записи/стирания. Особо можно отметить предполагаемую высокую надежность памяти ОУМ, что существенно для военной и аэрокосмической аппаратуры. Фирма Ovonic совместно с фирмой Intel разработала тестовый кристалл памяти ОУМ с топологической нормой 0,18 мкм.



**Рисунок 16.5 Конструкция и схема запоминающего элемента памяти OUM**

# Параметры перспективных микросхем памяти, имеющих наибольшую степень практического освоения, приведены в табл. 1.

| Параметр                                | FRAM      | MRAM      | OUM       |
|---|-----------|-----------|-----------|
| Информационная емкость, Мбит            | 64        | 1         | 4         |
| Площадь ячейки, условных единиц*        | 18        | 10–20     | 5–8       |
| Допустимое число циклов                 | $10^{16}$ | $10^{14}$ | $10^{12}$ |
| Время чтения/записи, нс                 | 40/40     | 50/50     | 50/50     |
| Дополнительных технологических операций | 2         | 4         | 3–4       |
| Производство                            | Освоено   | 2004      | —         |

\* Условной единицей площади является квадрат ширины межсоединения, выполненного в нижнем слое металлизации.



Презентацию

ВЫПОЛНИЛ

СТУДЕНТ

Гр. ИИТ – 52

***Егорова Е.В.***