

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**

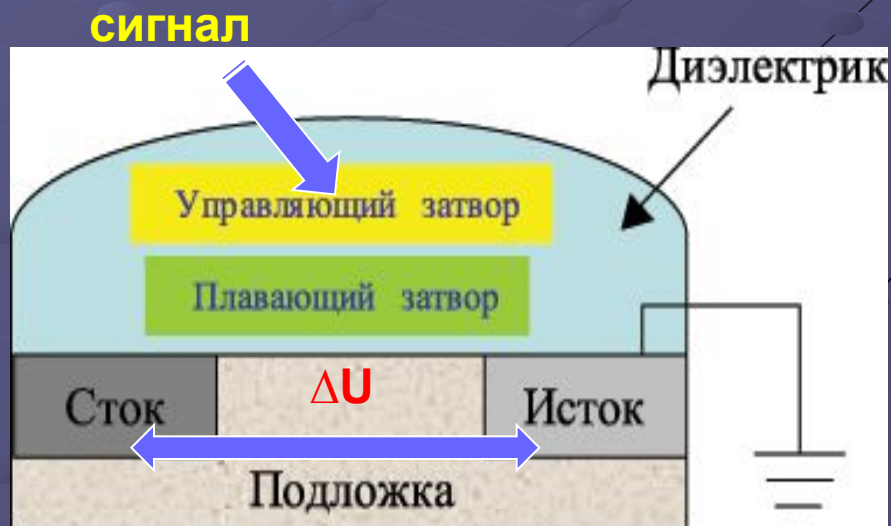
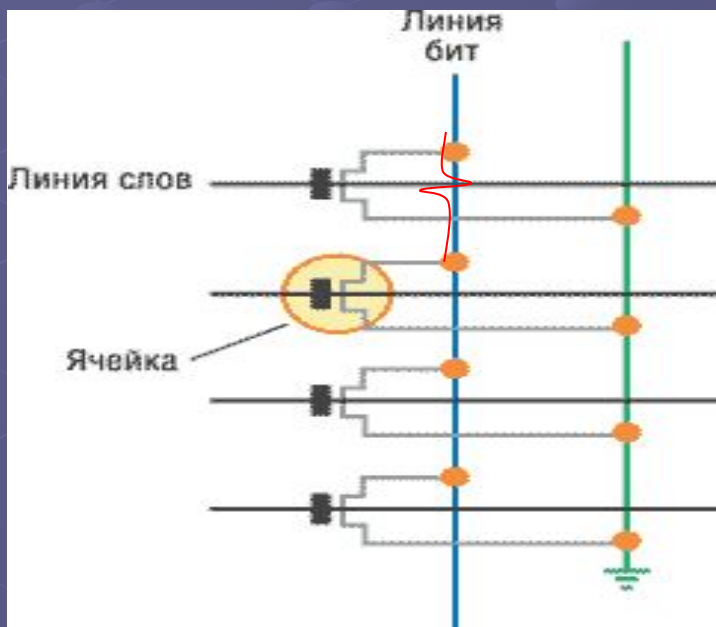
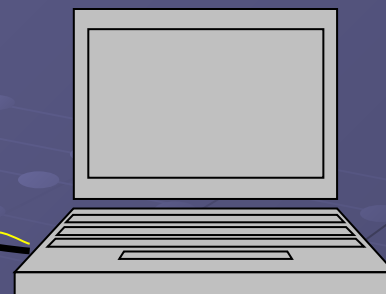
ЛИЗМОП

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

МНОП

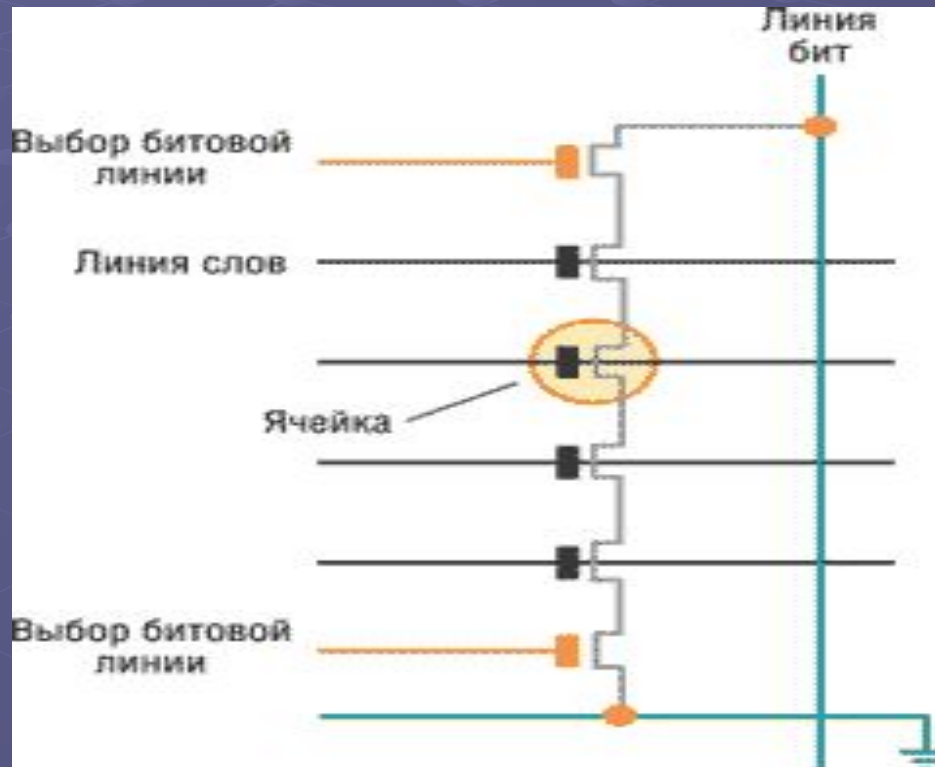
(металл-нитрид-окисел-полупроводник)
— транзистор с двойным затвором и
двойным изолятором из
нитридного и оксидного слоёв

Процесс ЗАПИСИ информации для ячеек NOR



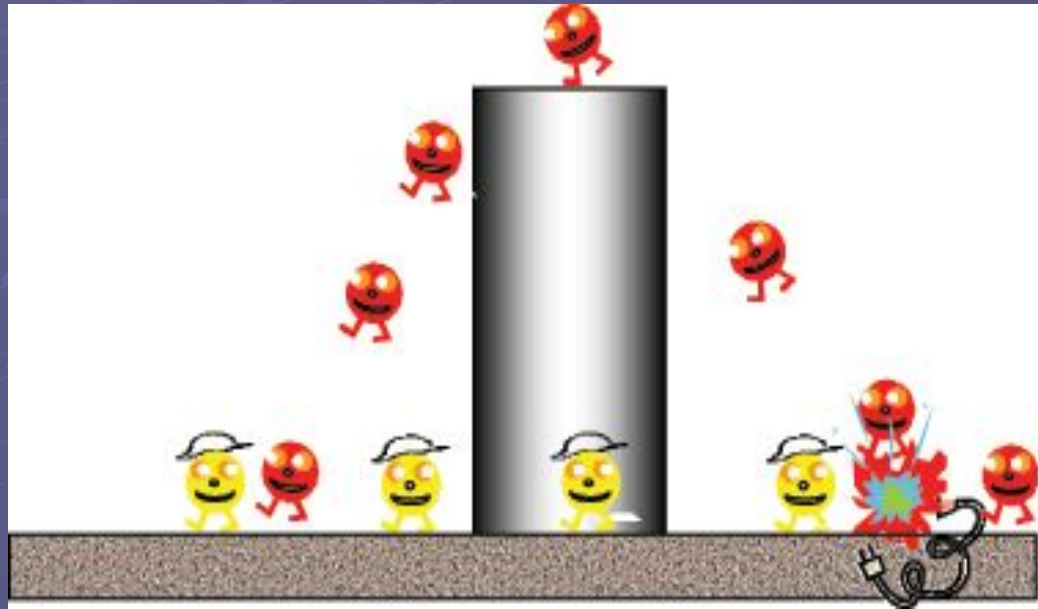
на плавающий затвор
инжектируются (впрыскиваются)
электроны, изменяя его заряд

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.

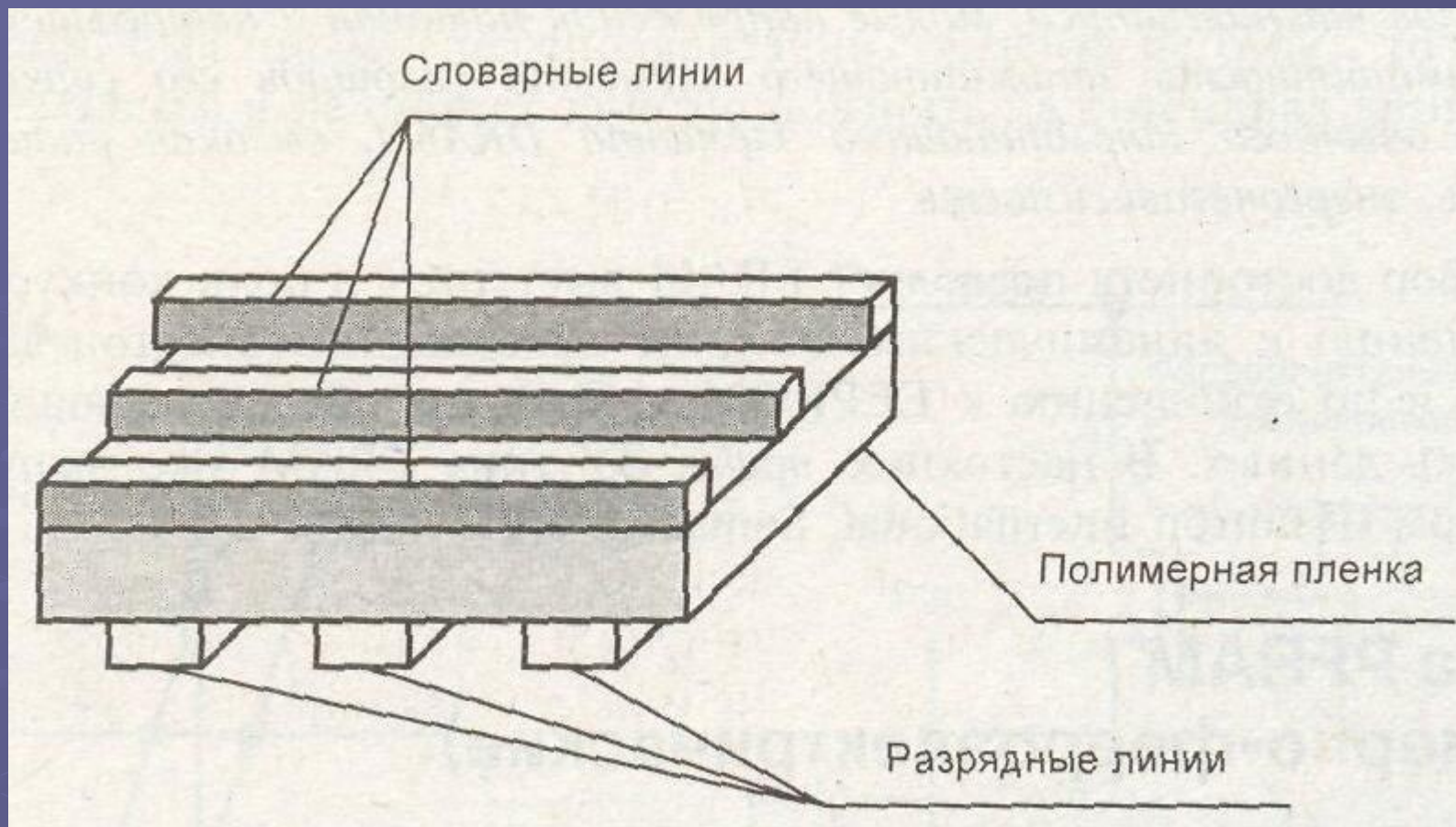


Рисунок 16.3 Схематическая конструкция полимерно-ферроэлектрического ЗУ.

- 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

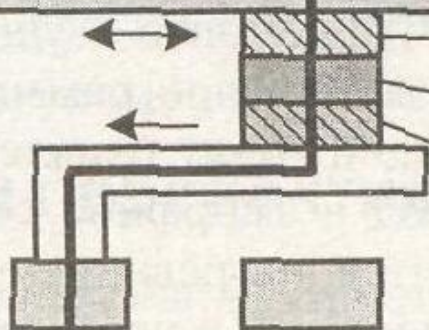
Разрядная линия



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 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.

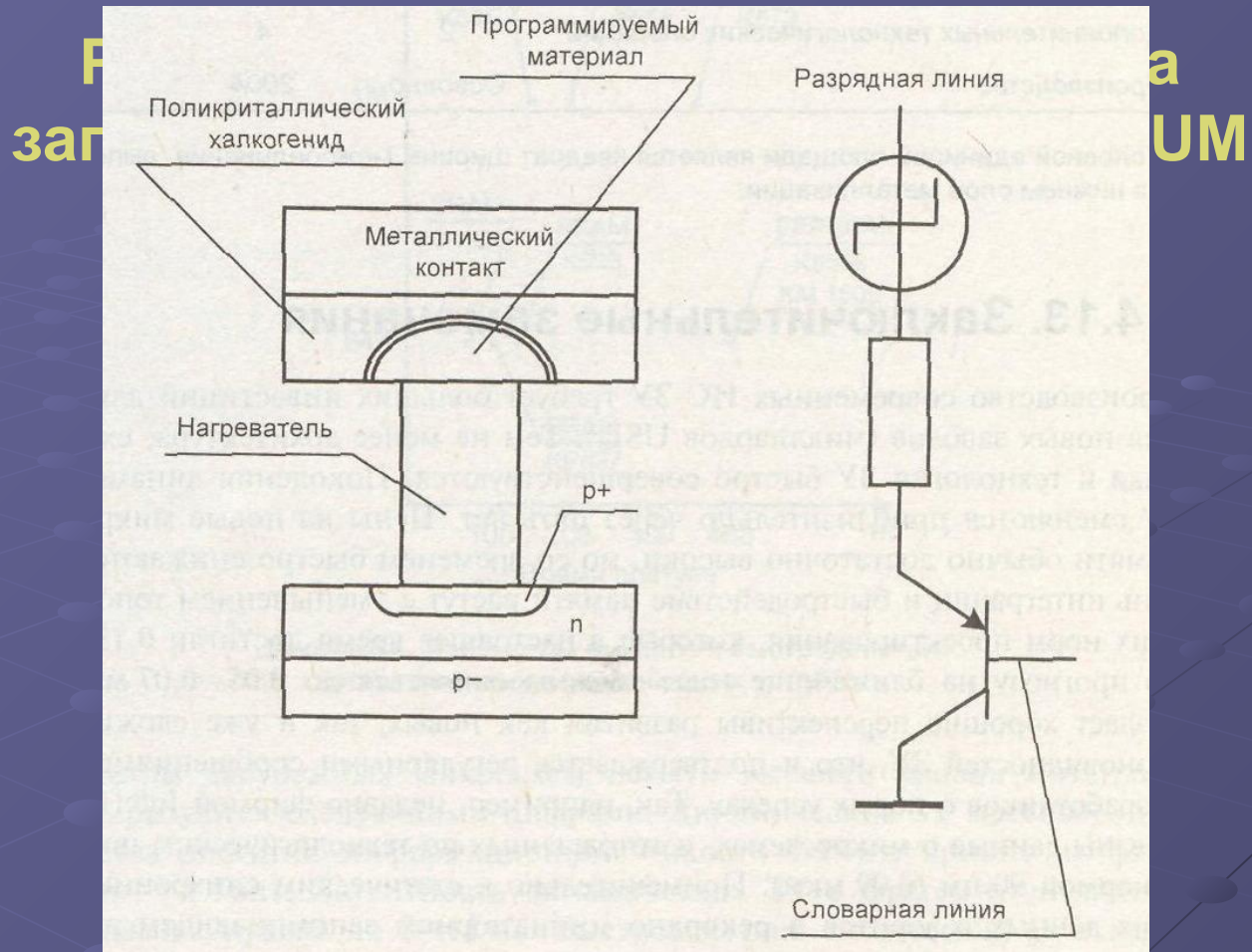


Рисунок 16.5 Конструкция и схема запоминающего элемента памяти OUM

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.