

ROM RAM nv_RAM

- **ROM** (Read Only Memory) - *память только для чтения*. Русский эквивалент - ПЗУ (Постоянно Запоминающее Устройство).
- **RAM** (Random Access Memory)- память с произвольной выборкой. Русский эквивалент - ОЗУ (Оперативное Запоминающее Устройство).
- Среди полупроводниковой памяти только два типа относятся к "чистому" ROM - это Mask-ROM и PROM. В отличие от них **EPROM**, **EEPROM** и **Flash** относятся к классу **энергонезависимой перезаписываемой памяти** (английский эквивалент - **nonvolatile read-write memory** или **NVRWM, nv_RAM**).

ВИДЫ памяти (ПЗУ & ОЗУ)

ПЗУ:

- На пережигаемых перемычках, PROM, OTP ROM
- Mask ROM

ОЗУ:

- Статическое
- динамическое

nvRWM = nvRAM (энергонезависимая память)

nvRWM = nvRAM ближе к ПЗУ (долгая запись, мало циклов перезаписи):

- EPROM, UvE EPROM,
- EE PROM, flash ROM

nvRWM = nvRAM ближе к ОЗУ, (быстрая запись, практически неограниченное количество перезаписей) могут использоваться как ОЗУ:

- FeRAM
- MRAM
- PCM (PCRAM)

Mask ROM

- **ROM** (Read Only Memory) - *память только для чтения*. Русский эквивалент - ПЗУ (Постоянно Запоминающее Устройство). Если быть совсем точным, данный вид памяти называется **Mask-ROM** (Масочные ПЗУ). Память устроена в виде адресуемого массива ячеек (матрицы), каждая ячейка которого может кодировать единицу информации. **Данные на ROM записывались во время производства путём нанесения по маске (отсюда и название) алюминиевых соединительных дорожек литографическим способом в верхнем слое металлизации.** Наличие или отсутствие в соответствующем месте такой дорожки кодировало "0" или "1".
- Mask-ROM отличается сложностью модификации содержимого (только путем изготовления новых микросхем), а также длительностью производственного цикла (4-8 недель). Поэтому, а также в связи с тем, что современное программное обеспечение зачастую имеет много недоработок и часто требует обновления, данный тип памяти не получил широкого распространения.

+ и – Mask ROM

Преимущества:

1. Низкая стоимость готовой запрограммированной микросхемы (при больших объёмах производства).
2. Высокая скорость доступа к ячейке памяти.
3. Высокая надёжность готовой микросхемы и устойчивость к электромагнитным полям и радиации.

Недостатки:

1. Невозможность записывать и модифицировать данные после изготовления.
2. Сложный производственный цикл.

PROM

- **(Programmable ROM)**, или однократно Программируемые ПЗУ. (**OTP**- One Time Programeble)) В качестве ячеек памяти в данном типе памяти раньше использовались **плавкие перемычки**. В отличие от Mask-ROM, в PROM появилась возможность кодировать ("пережигать") ячейки при наличии специального устройства для записи (программатора). Программирование ячейки в PROM осуществляется разрушением ("прожигом") плавкой перемычки путём подачи тока высокого напряжения. (564PE, 564PT) Возможность самостоятельной записи информации в них сделало их пригодными для штучного и мелкосерийного производства. PROM практически полностью вышел из употребления в конце 80-х годов.

+ И - P ROM

Преимущества:

1. Высокая надёжность готовой микросхемы и устойчивость к электромагнитным полям и радиации.
2. Возможность программировать готовую микросхему потребителем, что удобно для штучного и мелкосерийного производства.
3. Высокая скорость доступа к ячейке памяти.

Недостатки:

1. Невозможность перезаписи
2. Большой процент брака
3. Необходимость специальной длительной термической тренировки, без которой надёжность хранения данных была невысокой

EPR0M,

Различные источники по-разному расшифровывают аббревиатуру EPR0M

- как Erasable Programmable ROM (стираемые программируемые ПЗУ)
- или как Electrically Programmable ROM (электрически программируемые ПЗУ).

В EPR0M перед записью необходимо произвести стирание (соответственно появилась возможность перезаписывать содержимое памяти).

UV EPROM

- Стирание ячеек EPROM выполняется сразу для всей микросхемы посредством облучения чипа ультрафиолетовыми (UV-EPROM) или рентгеновскими лучами в течение нескольких минут. Они содержат окошки из кварцевого стекла, которые по окончании процесса стирания заклеивают.
- EPROM от Intel была основана на МОП-транзисторах с лавинной инжекцией заряда (FAMOS - Floating Gate Avalanche injection Metal Oxide Semiconductor, русский эквивалент - ЛИЗМОП). В первом приближении такой транзистор представляет собой конденсатор с очень малой утечкой заряда.

+ - UV EPROM

- **Достоинство:** Возможность перезаписывать содержимое микросхемы
- **Недостатки:**
 - 1. Небольшое количество циклов перезаписи (300-1000)
 - 2. Невозможность модификации части хранимых данных.
 - 3. Высокая вероятность "недотереть" (что в конечном итоге приведет к сбоям) или передержать микросхему под УФ-светом (т.н. *overerase* - эффект избыточного удаления, "пережигание"), что может уменьшить срок службы микросхемы и даже привести к её полной негодности.
 - 4. Низкая радиационная стойкость

EEPROM, flashROM

- **EEPROM** (Electrically Erasable PROM) - электрически стираемые ППЗУ были разработаны в 1979 году в той же Intel. В 1983 году вышел первый 16Кбит образец, изготовленный на основе FLOTOX-транзисторов (Floating Gate Tunnel-Oxide - "плавающий" затвор с туннелированием в окисле).

+ и - EEPROM

Преимущества EEPROM по сравнению с EPROM:

1. Увеличенный ресурс работы.
2. Проще в обращении.
3. можно писать и читать
4. Возможность стирания и записи впадной в устройство ИС (ISP *in-system programming*)

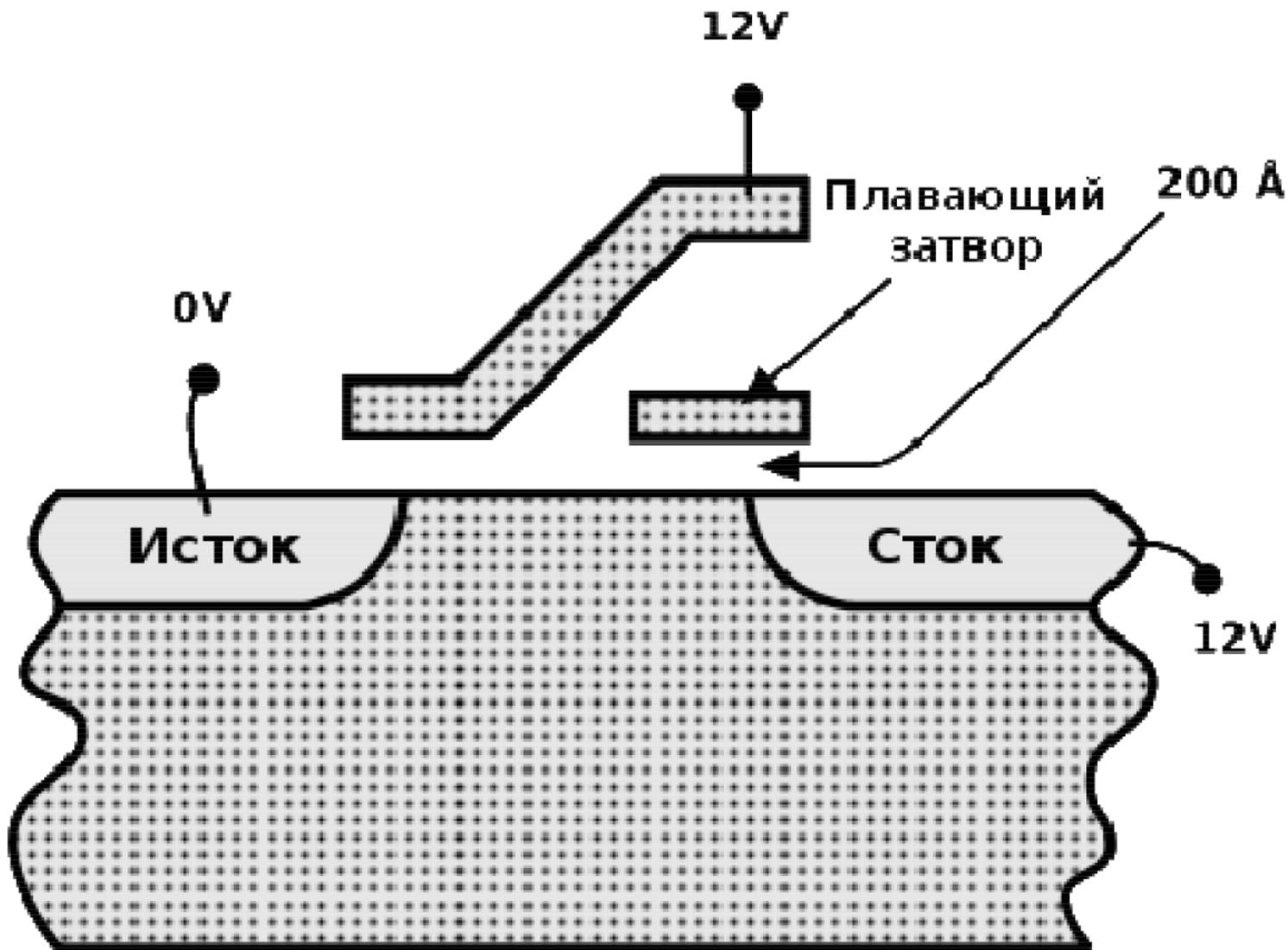
Недостаток:

- 1 Высокая стоимость
- 2 Время хранения (разряда затвора) 7-10 лет
- 3 число циклов стирание/запись до 10^6 (для ОЗУ этого мало)
- 4 Время записи очень большое (для озу не годится)

Flash ROM

- **Flash Erase EEPROM** – стирание импульсом (вспышкой)
- Она может быть прочитана сколько угодно раз, но писать в такую память можно лишь ограниченное число раз (максимально — около миллиона циклов[1]).
Распространена флеш-память, выдерживающая около 100 тысяч циклов перезаписи

Структура flash (EEPROM)



- Транзистор имеет два затвора: управляющий и плавающий. Последний полностью изолирован и способен удерживать электроны до 10 лет. В ячейке имеются также сток и исток. При программировании напряжением на управляющем затворе создаётся электрическое поле и возникает туннельный эффект. Некоторые электроны туннелируют через слой изолятора и попадают на плавающий затвор, где и будут пребывать. Заряд на плавающем затворе изменяет «ширину» канала сток-исток и его проводимость, что используется при чтении.

SLC MLC

- Флеш-память хранит информацию в массиве транзисторов с плавающим затвором, называемых ячейками (англ. *cell*). В традиционных устройствах с одноуровневыми ячейками (англ. *single-level cell, SLC*), каждая из них может хранить только один бит. Некоторые новые устройства с многоуровневыми ячейками (англ. *multi-level cell, MLC*) могут хранить больше одного бита, используя разный уровень электрического заряда на плавающем затворе транзистора.

Отличие FlashROM от EEPROM

- Основное отличие флэш-памяти от EEPROM заключается в том, что стирание содержимого ячеек FlashROM выполняется либо для всей микросхемы, либо для определённого блока (кластера, кадра или страницы 256 байт- до 256кбайт). Используют для хранения программ, конфигурации (редкая перезапись)
- В EEPROM стирание/запись возможна в отдельные байты (или стирание блоками минимальных размеров 1-16 байт). Используют для энергонезависимого хранения данных (частая перезапись).

+ - flash ROM

Преимущества флэш-памяти по сравнению с EEPROM:

1. Более высокая скорость записи при последовательном доступе за счёт того, что стирание информации во флэш производится блоками.
2. Себестоимость производства флэш-памяти ниже за счёт более простой организации.

Недостаток:

1. Медленная запись в произвольные участки памяти.
2. Низкая радиационная стойкость

Виды ОЗУ

SRAM

Динамическая (DR, DDR,DDR2....DDR4)

SRAM (Static RAM)

- ОЗУ, собранное на **триггерах**, называется статической памятью с произвольным доступом или просто статической памятью.
- **Достоинство** этого вида памяти — скорость. Поскольку триггеры собраны на вентилях, а время задержки вентиля очень мало, то и переключение состояния триггера происходит очень быстро.
- **Недостатки.**
 - ✓ группа транзисторов, входящих в состав триггера, обходится дороже, даже если они вытравляются миллионами на одной кремниевой подложке.
 - ✓ Кроме того, группа транзисторов занимает гораздо больше места, поскольку между транзисторами, которые образуют триггер, должны быть вытравлены линии связи.

DRAM (Dynamic RAM)

- Для хранения разряда (бита или трита) используется схема, состоящая из одного **конденсатора и одного транзистора** (в некоторых вариациях конденсаторов два).
- Плюсы один конденсатор и один транзистор дешевле нескольких транзисторов) и во-вторых, компактности (там, где в SRAM размещается один триггер, то есть один бит, можно уместить восемь конденсаторов и транзисторов).
- Минусы заряд/разряд в десятки раз дольше чем переключение триггера
- Конденсатор саморазряжается за 1-100мс, Надо регенирировать память

DDRAM

- DDR SDRAM, DDR2 SDRAM использует передачу данных по обоим срезам тактового сигнала, за счёт чего при такой же частоте шины памяти, как и в обычной SDRAM, можно фактически удвоить скорость передачи Данных

DDR2, DDR3, DDR4

Преимущества DDR2 по сравнению с DDR

- – Более высокая полоса пропускания
- – Как правило, меньшее энергопотребление
- – Улучшенная конструкция, способствующая охлаждению

Недостатки по сравнению с DDR

- – Обычно более высокая CAS-латентность (от 3 до 6)
- – Итоговые задержки оказываются выше
- – Первоначально более высокая стоимость

DDR3 имеет уменьшенное на 40 % потребление энергии по сравнению с модулями DDR2, что обусловлено пониженным (1,5 В, по сравнению с 1,8 В для DDR2 и 2,5 В для DDR)

быстрые nvRAM, nvRWM

Новые виды памяти имеют

- малое время старания,
- Огромное число циклов перезаписи
- Радиационную стойкость

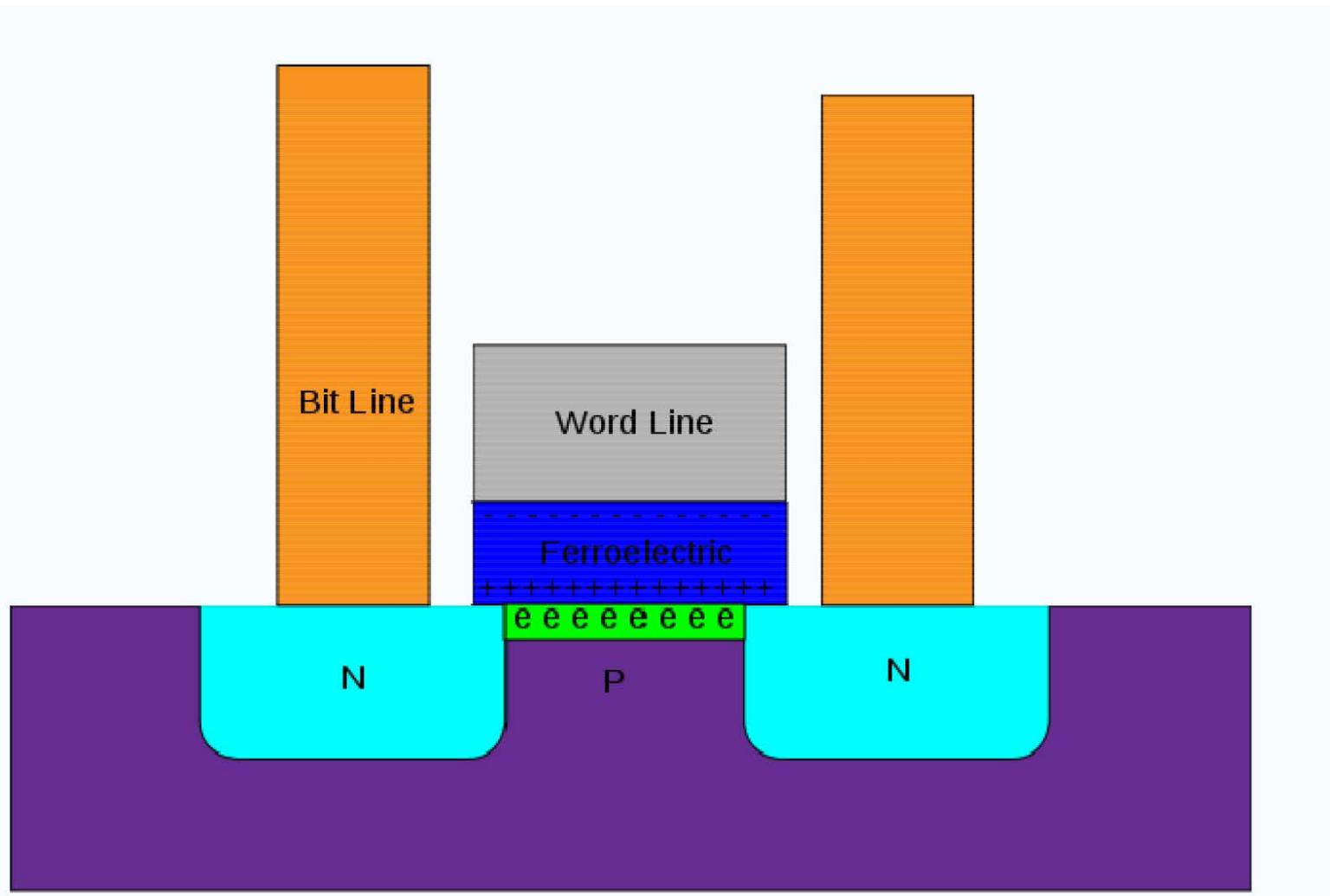
поэтому могут использоваться как ПЗУ так и ОЗУ с КА , реакторах, военных РЭС

FRAM

- **сегнетоэлектрическая оперативная память (Ferroelectric RAM, FeRAM или FRAM[1])** — оперативная память, по своему устройству схожая с DRAM, но использующая слой сегнетоэлектрика вместо диэлектрического слоя для обеспечения энергонезависимости.
- Число циклов перезаписи (превышающее 10^{16} для устройств, рассчитанных на 3.3 В).
- Быстрая запись
- Низкое энергопотребление

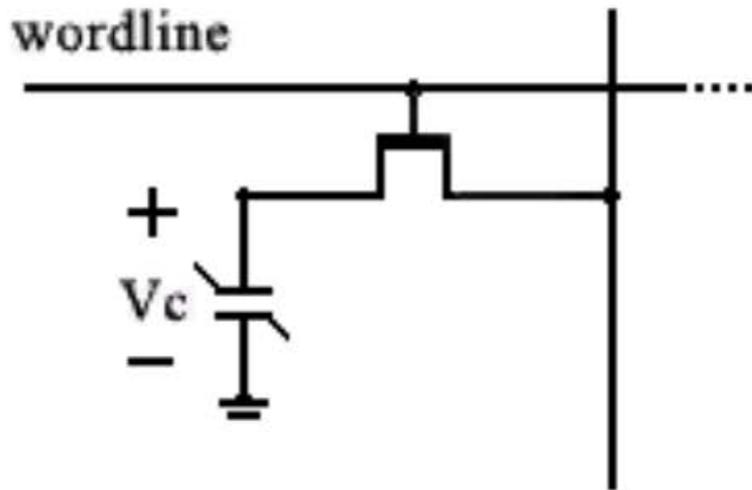
- FeRAM-ячейки применяются диэлектрическая структура, включающая в себя сегнетоэлектрик, обычно его роль играет пьезокерамика цирконат-титанат свинца (PZT). Сегнетоэлектрик обладает нелинейной связью между применяемым электрическим полем и хранимым зарядом. В частности, сегнетоэлектрическая характеристика имеет вид петли гистерезиса, который очень схож с в общих чертах с петлей гистерезиса ферромагнитных материалов.

Структура FeRAM –аналог EEPROM

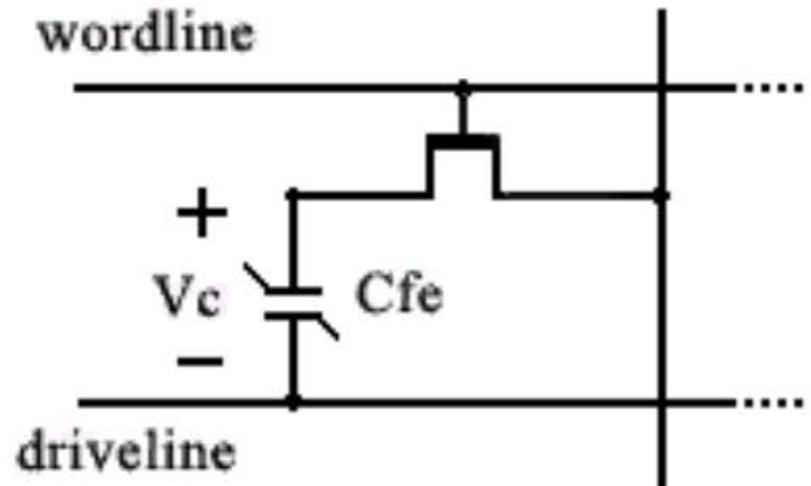


Структура FeRAM- аналог DRAM

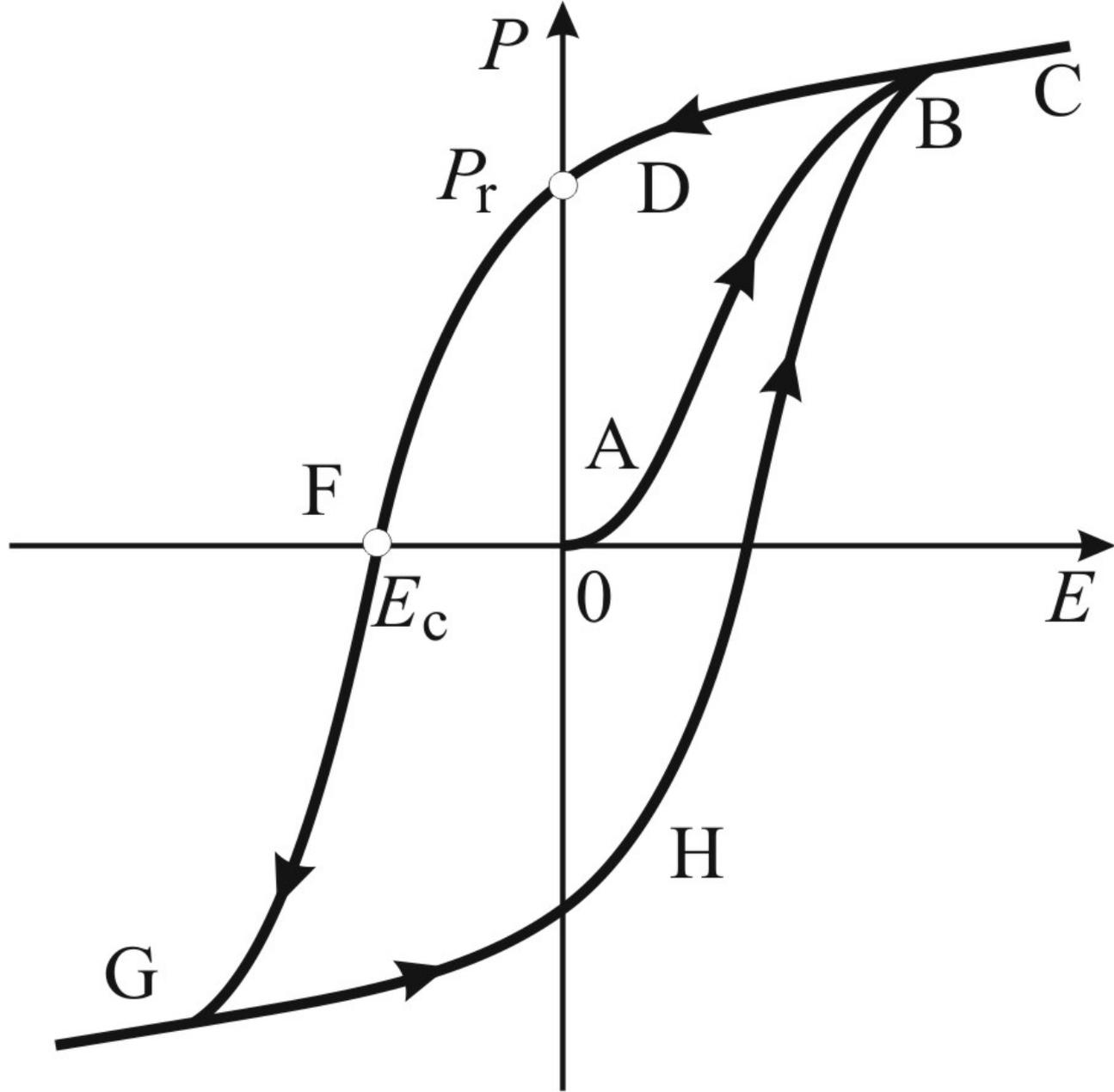
- Деструктивное чтение по петле гестирезиса



DRAM



FeRAM



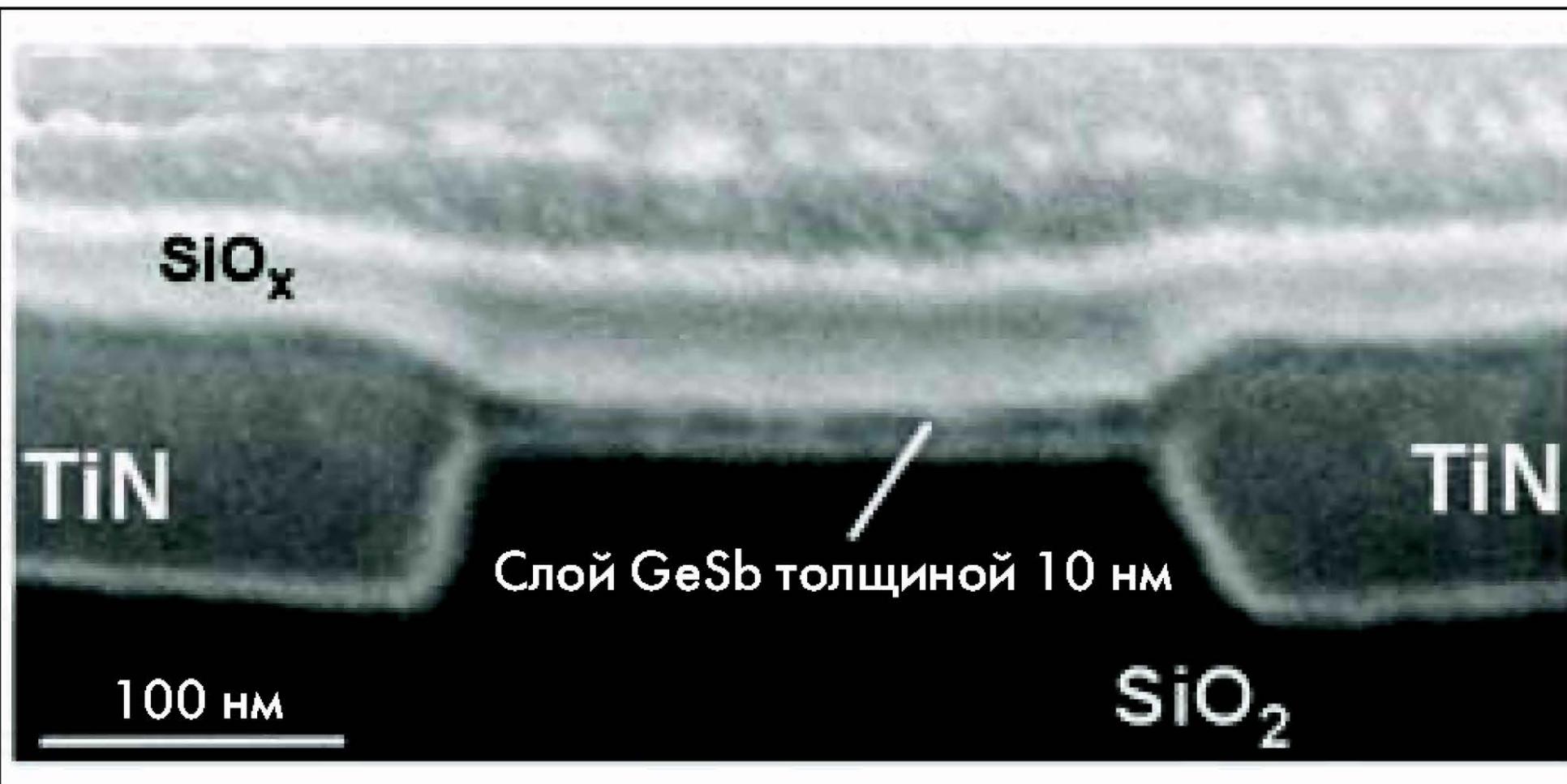
- Существующие 350 нм образцы обладают временем чтения порядка 50-60 нс. Хотя по скорости они сопоставимы с современными чипами DRAM, среди которых можно найти экземпляры с показателями порядка 2 нс, Распространенные 350 нм чипы DRAM работают с временем чтения порядка 35 нс, поэтому производительность FeRAM выглядит сравнимой при аналогичном процессе производства. (а у флеш время записи блока 12кб -10мс)

M RAM

- **Магниторезистивная оперативная память** (MRAM — англ. *magnetoresistive random-access memory*) — это запоминающее устройство с произвольным доступом, которое хранит информацию при помощи магнитных моментов, а не электрических зарядов.
- процесс чтения перезаписывает содержимое ячейки, то чтение из MRAM — деструктивный процесс, и требует регенерации данных в ячейке в случае их изменения в ходе считывания.

PC RAM

- память, выполненная на материале с изменяемым фазовым состоянием, или фазоинверсная память (Phase Change Memory -PCM, PCRAM, PRAM).
- В памяти этого типа используется свойство халькогенидного стекла (как правило, соединения германия, сурьмы и теллура - GST) при непродолжительном нагреве до температуры выше 600°C изменять свое стабильное кристаллическое состояние (характеризуемое низким сопротивлением, логическая 1) на столь же стабильное аморфное состояние (с высоким сопротивлением, логический 0)



- ИС 251A184.
- Микросхема имеет следующие параметры: – Объем памяти.....4 Мбит – Организация.....512К × 8 бит – Длительность цикла при чтении.....70 нс – Длительность цикла при записи.....500 нс – Напряжение питания.....3,3 В – Диапазон рабочих температур-55.... 125°С
Память без каких-либо сбоев выдерживает **облучение в 1 Мрад**, т. е. способна работать в условиях космоса и при высоком уровне излучения. Поставляется в 40-выводном плоском корпусе.

- РСМ емкостью 128 Мбит (кодовое название Alverstone), выполненной по 90-нм технологии. Размер ячейки памяти равен 12А, ток записи - 400 мкА, ресурс - 10^8 циклов считывания/записи, срок хранения данных - более 10 лет. Диапазон рабочих температур составляет -40...85°C. Микросхема памяти предназначена для замены флэш-памяти NOR-типа.

- **Мемристор** (англ. *memristor*, от *memory* — «память», и *resistor* — «электрическое сопротивление») — пассивный элемент в микроэлектронике, способный изменять свое сопротивление. Может быть описан как двухполюсник с нелинейной вольт-амперной характеристикой, обладающий гистерезисом.