

# Магниторезистивная оперативная память

Материал из Википедии — свободной энциклопедии

**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](#).

Важнейшее преимущество этого типа памяти - [энергонезависимость](#), то есть способность сохранять записанную информацию при отсутствии внешнего питания.

Технология магниторезистивной памяти разрабатывается с 1990х годов. В сравнении с растущим объемом производства других типов компьютерной памяти, особенно [флэш-памятью](#) и памятью типа [DRAM](#), она пока широко не представлена на рынке. Однако её сторонники верят, что благодаря ряду преимуществ, она в конечном счёте заменит все типы компьютерной памяти, и станет по настоящему "универсальной" компьютерной памятью.

## Содержание

- [1 Описание](#)
- [2 Сравнение с другими типами памяти](#)
  - [2.1 Плотность размещения элементов в микросхеме](#)
  - [2.2 Энергопотребление](#)
  - [2.3 Быстродействие](#)
  - [2.4 Общее сравнение](#)
- [3 История](#)
  - [3.1 Текущий Статус](#)
- [4 Применение](#)
- [5 См. также](#)
- [6 Внешние ссылки](#)

## Описание

В отличие от других типов запоминающих устройств, информация в магниторезистивной памяти хранится не в виде [электрических зарядов](#) или токов, а в [магнитных](#) элементах памяти. Магнитные элементы сформированы из двух [ферромагнитных](#) слоёв, разделенных тонким слоем [диэлектрика](#). Один из слоёв представляет собой постоянный [магнит](#), намагниченный в определённом направлении, а намагниченность другого слоя изменяется под действием внешнего поля. Устройство памяти организовано по принципу сетки, состоящей из отдельных «ячеек», содержащих элемент памяти и транзистор.

Считывание информации осуществляется измерением [электрического сопротивления](#) ячейки. Отдельная ячейка (обычно) выбирается подачей питания на соответствующий ей [транзистор](#), который подаёт ток от источника питания через ячейку памяти на общую землю микросхемы. Вследствие [эффекта туннельного магнитосопротивления](#), электрическое сопротивление ячейки изменяется в зависимости от взаимной ориентации намагниченностей в слоях. По величине протекающего тока, можно определить сопротивление данной ячейки, и как следствие, полярность перезаписываемого слоя.

Обычно одинаковая ориентация намагниченности в слоях элемента интерпретируется как «0», в то время как противоположное направление намагниченности слоёв, характеризующееся более высоким сопротивлением - как «1».

Информацию можно записывать в ячейки, используя множество способов. В простейшем случае, каждая ячейка лежит между двумя линиями записи, размещёнными под прямым углом друг к другу, одна над, а другая под ячейкой. Когда ток проходит через них, в точке пересечения линий записи [наводится магнитное поле](#), которое воздействует на перезаписываемый слой. Такой же способ записи использовался в памяти на магнитных сердечниках, которая использовалась в 1960х годах. Этот способ требует достаточно большого тока, необходимого для создания поля, и это делает их не очень подходящими для применения в портативных устройствах для которых важна малое потребление энергии, это один из основных недостатков MRAM. Кроме того, с уменьшением размера микросхем, придёт время, когда индуцированное поле перекроет соседние ячейки на маленькой площади, что приведёт к возможным ошибкам записи. Из-за этого в памяти MRAM данного типа необходимо использовать ячейки достаточно большого размера. Одним из экспериментальных решений этой проблемы было использование круглых доменов, читаемых и записываемых с помощью эффекта [гигантского магнитного сопротивления](#), но исследования в этом направлении более не проводятся.

Другой подход, переключения режимов, использует многошаговую запись с модифицированной многослойной ячейкой. Ячейка модифицирована содержит в себе искусственный [антиферромагнетик](#), где магнитная ориентация чередуется назад и вперёд через поверхность, с обоими прикреплённым и свободным слоями, составленными из многослойных стеков изолированных тонким «соединяющим слоем». Результирующие слои имеют только два стабильных состояния, которые могут быть переключены из одного в другое выбором времени тока записи в двух линиях так одна немного задерживается, таким образом «поворачивая» поле. Любое напряжение меньше, чем полный уровень записи фактически увеличивает его сопротивление для переключения. Это значит, что ячейки расположенные вдоль одной из линий записи не претерпят проблемы полувыбора, позволяя использовать меньшие размеры ячеек.

Новая технология, переноса спинового момента (spin-torque-transfer-STT) или переключение с помощью переноса спина, использует [электроны](#) с заданным состоянием спина («поляризованные»), прямо вращая области. Особенно, если электроны текут внутрь слоя, должно измениться их вращение, это будет способствовать вращению, будет перенесено на ближайший слой. Эта уменьшает величину тока, необходимую для записи информации в ячейку памяти, и потребление тока при чтении и записи становится примерно одинаковым. Проблемы, которые «классический» тип ячейки MRAM будет иметь препятствия на высоких плотностях соответствующих величине тока необходимой в течение записи, проблему избегает STT. По этой причине сторонники STT ждут техники использующей для устройств 65 нм и менее. Нижняя сторона такая, в настоящее время, STT необходимо переключать больше тока через управляющий транзистор, чем обычной MRAM, требующей больший транзистор, и необходимо поддерживать [когерентность](#) вращения. В целом, несмотря на это, STT требует намного меньшего тока записи, чем обычная или переключательная MRAM.

## Сравнение с другими типами памяти

### Плотность размещения элементов в микросхеме

Главным фактором который определяет цену [микросхемы](#) памяти, это плотность размещения составляющих её элементов. Чем меньше размер одного элемента, тем большее их количество может быть упаковано в одну микросхему, и соответственно, большее число микросхем может быть произведено за один раз из одной кремниевой пластины. Это улучшает выход годных изделий, который прямо связан с ценой.

В памяти типа [DRAM](#) в качестве элементов памяти используются [конденсаторы](#), провода переносят ток к ним и от них, и транзистор, чтобы управлять ими — так называемая ячейка «1Т/1С». Конденсатор представляет из себя две маленькие металлические пластинки, разделённые тонким слоем диэлектрика, этот элемент может быть изготовлен, таким маленьким, каким это позволяет сделать текущее состояние технологии производства микросхем. Память DRAM имеет наивысшую плотность размещения элементов из всех доступных на сегодняшний день типов памяти. Это делает её наиболее дешёвой, и она используется в качестве основной оперативной памяти компьютеров.

MRAM по своему устройству похожа на DRAM, несмотря на то, что часто не требует транзистора для операции записи. Несмотря на это, как и упомянутая выше, самая основная ячейка MRAM испытывает проблему полувыбора, которая ограничивает размер ячейки приблизительно от 180 нм и более. Метод переключателя MRAM предлагает гораздо меньший размер ячейки до того как это станет проблемой, очевидно около 90 нм, такой же размер как в большинстве современных DRAM изделиях. Будучи достойной, введения в широкое производство, тем не менее, они, как правило, верят, что MRAM должна подвинуться к 65 нм размеру самых передовых устройств памяти, которые потребуют использование STT.

## Энергопотребление

Так как конденсаторы, используемые в микросхемах DRAM, со временем теряют свой заряд, сборки памяти, использовавшие их, должны периодически обновлять содержимое всех ячеек в микросхеме, считывая каждую ячейку и перезаписывая её содержимое. Это требует наличия постоянного источника питания, поэтому как только питание компьютера отключается, память типа DRAM теряет всю хранящуюся информацию. Чем больше ячейки DRAM уменьшаются в размерах, тем короче становятся циклы обновления, и потребление энергии увеличивается.

В отличие от DRAM, память MRAM не требует обновления каждый раз. Это значит не только то, что память сохраняет записанную в нее информацию при отключенном питании, но и то что при отсутствии операций чтения или записи, нет постоянного потребления энергии. Хотя теоретически при чтении информации память MRAM должна потреблять больше энергии, чем DRAM, на практике энергоёмкость чтения у них почти одинаковая. Несмотря на то, что процесс чтения требует большей энергии в порядке перезаписи существующего поля сохраняющегося в соединении, изменяющегося от трёх до восьми раз энергия требуется в течение чтения. Хотя точное количество энергии сберегаемой зависит от характера работы — более частая запись потребует больше энергии — в целом сторонники MRAM ждут более низкого энергопотребления (до 99 % меньше) сравнивая с [DRAM](#). У микросхем STT MRAM, нет различия в потреблении энергии при чтении и при записи, потребление энергии еще меньше.

Также стоит сравнить магниторезистивную память с еще одним типом памяти, с [флэш-памятью](#). Как и MRAM, флэш-память не теряет информацию, при отключении питания, что делает её очень удобной для замены [жёстких дисков](#) в портативных устройствах, таких как MP3-плееры или цифровые камеры. При чтении информации, флэш-память и

MRAM имеют схожее энергопотребление. Однако для записи [флэш-память](#), использует большой импульс напряжения (около 10 В) который накапливается определенное время в накачке заряда, которая требует много энергии и времени. Кроме этого импульс тока физически разрушает ячейки памяти, и информация в [флэш-память](#) может быть записана некоторое конечное число раз, прежде чем ячейка памяти выйдет из строя.

В отличие от Flash памяти, MRAM требует немного больше энергии на запись чем на чтение, и не изменяя напряжение, устраняя необходимость в накачке заряда. Это ведёт к более быстрым операциям, меньшему энергопотреблению, и к отсутствию ограниченного срока службы. Предполагается что, Flash будет первым типом памяти, который будет со временем заменён MRAM.

## Быстродействие

Быстродействие памяти типа [DRAM](#) ограничено скоростью, с которой ток, хранящийся в ячейках, может быть слит (для чтения) или храниться (для записи). Работа MRAM основана на мерных напряжениях предпочтительнее, чем токи, так меньше «стабилизационного времени» требуется. Исследователи [IBM](#) продемонстрировали устройства MRAM с временем доступа порядка 2 нс, весьма лучше чем даже самые продвинутые DRAM построенные на самых новых технологических процессах. Преимущества по сравнению с Flash памятью более значительные, время чтения у них похожее, но время записи в тысячи раз меньше.

Только одна современная технология памяти может конкурировать в быстродействии с магниторезистивной памятью. Это статическая память или [SRAM](#). Элементы памяти типа SRAM представляют из себя [триггеры](#), которые хранят одно из двух состояний так долго, как долго поступает энергия. Каждый триггер состоит из нескольких транзисторов. Так как транзисторы имеют очень низкое потребление энергии, их время переключения очень мало. Но поскольку ячейка памяти SRAM состоит из нескольких транзисторов, обычно четырёх или шести, её площадь больше, чем у ячейки памяти типа DRAM. Это делает память SRAM более дорогой, поэтому она используется только в малых объемах, в качестве особо быстродействующей памяти, например как [кэш-память](#) в большинстве современных моделей [центральных процессоров](#).

Хотя магниторезистивная память не такая быстрая, как память типа SRAM, она достаточно интересна и в этом качестве. Она обладает более высокой плотностью, и разработчики [центральных процессоров](#) могли бы в будущем выбирать для использования в качестве [кэш-памяти](#) между большим объемом менее быстрой памяти MRAM и меньшим объемом более быстрой памяти типа SRAM. Остаётся увидеть, как она продаётся, как сыграет в будущем.

## Общее сравнение

Магниторезистивная память имеет быстродействие сравнимое с памятью типа [SRAM](#), сравнимую плотность размещения элементов, но меньшее энергопотребление, чем у памяти типа [DRAM](#), она более быстрая и не страдает деградацией по происшествию времени в сравнении с [флэш-памятью](#). Эта та комбинация свойств, которая может сделать её «универсальной памятью», способной заменить SRAM, DRAM и [EEPROM](#) и Flash. Это объясняет большое количество исследований направленных на её разработку.

Конечно, на данный момент MRAM ещё не готова для широкого применения. Огромный спрос на рынке [флэш-памяти](#) вынуждает производителей к агрессивному внедрению

новых технологических процессов. Самые последние фабрики, на которых например изготавливают микросхемы [флэш-памяти](#) емкостью 16 Гбайт фирма Samsung, используют 50 нм [технологический процесс](#). На более старых технологических линиях изготавливаются микросхемы памяти DDR2 DRAM, для которых используется 90 нм технологический процесс предыдущего поколения.

Магниторезистивная память всё ещё в значительной степени находится «в разработке», и производится с помощью устаревших технологических процессов. В настоящее время доступен только один коммерческий продукт, это микросхема памяти емкостью 4 Мбайт производства Freescale Semiconductor, изготавливаемая на устаревшем на несколько поколений 180 нм процессе. Так как спрос на [флэш-память](#) в настоящее время превышает предложение, то еще не скоро появится компания, которая решится перевести одну из своих фабрик, с новейшим технологическим процессом на изготовление микросхем магниторезистивной памяти. Но и в этом случае, конструкция магниторезистивной памяти на сегодняшний момент проигрывает флэш-памяти по размерам ячейки, даже при использовании одинаковых технологических процессов.

## История

- 1955 — память на магнитных ядрах имеет тот же принцип чтения записи, что и MRAM
- 1989 — учёные IBM сделали ряд ключевых открытий о «гигантском магниторезистивном эффекте» в тонкоплёночных структурах.
- 1995 — Motorola (в дальнейшем Freescale) начинает разработку MRAM.
- 2000 — IBM и Infineon установили общую программу развития MRAM.
- 2002 — NVE объявляет о Технологическом Обмене с Cypress Semiconductor.
- 2003 — 128 кбит чип MRAM был представлен, изготовленный по 0,18 микронметров технологии.

### 2004

- Июнь — Infineon анонсирует 16-Мбит опытный образец, основанный на 0,18 микронметров технологии
- Сентябрь — MRAM становится стандартным продуктом в Freescale, которая начала испытывать MRAM.
- Октябрь — Тайваньские разработчики MRAM печатают 1 Мбит элементы на [TSMC](#).
- Октябрь — [Micron](#) бросает MRAM, обдумывает другие памяти.
- Декабрь — [TSMC](#), [NEC](#), [Toshiba](#) описывают новые ячейки MRAM.
- Декабрь — Renesas Technology разрабатывают Высокоскоростную, Высоконадёжную Технологию MRAM.

### 2005

- Январь — Cypress испытывает MRAM, использует NVE IP.
- Март — Cypress продаёт дочернюю компанию MRAM.
- Июнь — Honeywell сообщает таблицу данных для 1-Мбит радиационно-устойчивой MRAM, используя 0,15 микронметров технологию.
- Август — рекорд MRAM: Ячейка памяти работает на 2ГГц.
- Ноябрь — Renesas Technology и Grandis сотрудничают в Разработке 65 нм MRAM, применяя Вращательно Крутящее Перемещение.

- Декабрь — Sony представляет первую лабораторию производящую вращательно-крутящее-перемещение MRAM, которая использует вращательно-поляризованный ток через туннельный магниторезистивный слой, чтобы записать данные. Этот метод более энергоэффективен и более расширяем, чем обыкновенная MRAM. С дальнейшими преимуществами в материалах, этот процесс должен позволить плотности, большие, чем те, что возможны в DRAM.
- Декабрь — Freescale Semiconductor Inc. анонсирует MRAM, в которой вместо оксида алюминия используется оксид магния, позволяющий делать более тонкий изолирующий туннельный барьер и улучшенное битовое сопротивление в течение цикла записи, таким образом, уменьшая требуемый ток записи.

## Текущий Статус

2006

- Февраль — Toshiba и NEC анонсировали 16 Мбит чип MRAM с новой «энерго-разветвляющейся» конструкцией. Они добились частоты перемещения в 200 МБ/с, с временем цикла 34 нс — лучшая производительность любого чипа MRAM. Они также гордятся наименьшим физическим размером в своём классе — 78,5 квадратных миллиметров — и низким требованием энергии 1,8 вольт.
- Июль — 10 Июля, Austin Texas — Freescale Semiconductor выводит на рынок 4-Mbit чипы MRAM, по цене приблизительно \$25.00 за микросхему.

2007

- Ноябрь — фирма NEC разработала самую быструю в мире магниторезистивную SRAM-совместимую память, с рабочей частотой МГц.

2008

- В японском искусственном спутнике SpriteSat, была применена магниторезистивная память производства Freescale Semiconductor для замены компонентов SRAM и FLASH.
- Июнь — Samsung и Hynix становятся партнерами по разработке STT-MRAM.
- Июнь — Freescale Semiconductor выделяет весь свой бизнес, связанный с магниторезистивной памятью, в отдельную компанию Everspin.

2009

- Февраль — Компании [NEC](#) и [NEC Electronics](#) заявили об успешной демонстрации работающей памяти магниторезисторного типа емкостью 32 Мбит.

## Применение

Предполагается использовать память MRAM в таких устройствах как:

- [Аэрокосмические и военные системы](#)
- [Цифровые фотоаппараты](#)
- [Ноутбуки](#)
- [Смарт карты](#)
- [Мобильные телефоны](#)

- [Сотовые базовые станции](#)
- [Персональные компьютеры](#)
- [Для замены SRAM с питанием от аккумуляторной батареи](#)
- [Специальные устройства для регистрации данных \(чёрные ящики\)](#)

## См. также

- [RAM](#)
- [Магнитоэлектронные запоминающие устройства](#)
- [Память на магнитных сердечниках](#)

## Внешние ссылки

- [Новый чип уменьшит зависимость от электропитания / BBC Russian, июль 2006](#)

Источник

«[http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B0%D1%8F\\_%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B0%D1%8F\\_%D0%BF%D0%B0%D0%BC%D1%8F%D1%82%D1%8C](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D0%B0%D0%BC%D1%8F%D1%82%D1%8C)»

Категории: [Запоминающие устройства](#) | [Электроника](#)