Министерство образования и науки Российской Федерации

Факультет «»

Кафедра «»

Перспективные технологии памяти

РЕФЕРАТ

по дисциплине «»

Проверил

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2010 г.

Автор работы (проекта)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2010 г.

Реферат защищен

с оценкой

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2010 г.

Златоуст 2010

**СОДЕРЖАНИЕ**

[ВВЕДЕНИЕ 4](#_Toc279826451)

[1. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 4](#_Toc279826452)

[2. КЛАССИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ 4](#_Toc279826453)

[3. ТИПЫ ПАМЯТИ 4](#_Toc279826454)

[3.1.ПОЛИМЕРНАЯ ПАМЯТЬ (PFRAM) 4](#_Toc279826455)

[3.2. PRAM 4](#_Toc279826456)

[3.3. MRAM 4](#_Toc279826457)

[3.4. FERAM 4](#_Toc279826458)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 4](#_Toc279826459)

[БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 4](#_Toc279826460)

# ВВЕДЕНИЕ

Создание новых технологий, их развитие и воплощение в коммерческих продуктах – процесс непрерывный и закономерный. Без появления новых технологий остановился бы технический прогресс, а рыночную экономику ждал бы неминуемый коллапс. Однако каждая из новых разработок имеет свои особенности и определенный потенциал. Если одни могут лишь незначительно улучшить существующие решения, то другие способны совершить настоящий переворот в той или иной отрасли ИT-индустрии.

В современной электронике применяется несколько видов полупроводниковой памяти, различающихся по емкости (объему), рассеиваемой мощности, уровню питания, внутренней организации, типу интерфейса, быстродействию, габаритам и другим характеристикам. Производится тысячи разновидностей этих микросхем с различными параметрами, но, пожалуй, одним из главных отличий является отношение памяти к наличию питания. Одни типы (FLASH, EEPROM, OTP EPROM) способны сохранять записанные данные при выключенном питании, другие – нет. Есть и еще одно важное различие: одни виды допускают обращение по любому адресу, то есть к произвольной ячейке, а другие, в силу технологических или иных особенностей, имеют ограничения по адресации данных. Пока нет универсального варианта, разработчику, к сожалению, приходится ставить на одну плату два, три, а то и больше разных видов памяти. И каждый из них требует формирования своих, особенных диаграмм записи и чтения.

Попытки создать универсальную память, обладающую достоинствами всех видов – энергонезависимостью, малым временем доступа и произвольной адресацией, велись непрерывно. Испытывались различные физические принципы, опробовались новые материалы, разрабатывались и менялись технологии. Появились новые микросхемы памяти, причем некоторые из них стали серийным продуктом, изменились структуры ячеек памяти, яснее обозначились возможности, достоинства и недостатки различных технологий. Наконец, появились совершенно новые технические решения.

# 1. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кремниевые полупроводниковые технологии почти исчерпали свои ресурсы, и поэтому неотвратимо приближается эра новых технических решений. В декабре 2005 года было опубликовано официальное сообщение International Technology Roadmap for Semiconductors от имени Международного комитета производителей. В сообщении говорится о начале перехода к посткремниевой эре в схемотехнике. Производители из Японии, Европы, Кореи, США и Тайваня планируют в ближайшее время представить объединенный план перехода на новую технологию. Вероятно, универсальная память, как важнейший компонент электронных устройств, если когда-нибудь и появится, то будет продуктом именно новых, а не традиционных кремниевых технологий. [4]

Основным отличием современных подходов к разработке энергонезависимой памяти является применение совершенно новых физических принципов и механизмов хранения информации:

* перемещение заряда в кристалле или молекуле вещества (сегнетоэлектрическая память FRAM);
* изменение электрического сопротивления ячейки в зависимости от изменения магнитного поля (магнито-резистивная память MRAM);
* изменение фазового состояния вещества и связанного с ним изменения электрических свойств (CRAM или PC Memory);
* использование наномеханических переключателей, имеющих два стабильных положения (NRAM).

Приблизительно с 2000 года ведутся настойчивые попытки разработать технологию серийного производства памяти на веществах с изменяемым фазовым состоянием. На так называемых халькогенидах на основе селена, серы или теллура. Эти вещества (халькогениды) меняют свое строение при нагревании, переходя из кристаллической фазы в аморфное состояние. В этом состоянии вещество остается после остывания. Но если его вновь нагреть и выдержать в расплавленном состоянии короткое время (около 50 нс), то оно вновь вернется к исходному, кристаллическому виду. Широко известны оптические запоминающие устройства (CD ROM), которые реализуются именно на таких материалах.

Как оказалось, при смене фазового состояния меняются не только оптические, но и электрические характеристики вещества. Проводимость кристаллического перехода отличается от проводимости аморфного в десятки и даже сотни раз. Эту особенность и используют в новых ИС запоминающих устройств. Кроме энергонезависимости привлекательными качествами ЗУ на халькогенидах являются также исключительно высокая радиационная стойкость, нечувствительность к электрическим и магнитным полям, что крайне важно при создании аэрокосмических аппаратов и военной техники. По этой причине повышенный интерес к исследованиям в данной области проявляют структуры, связанные с космосом и обороной.

Первыми занялись разработками технологии специалисты фирмы Ovonyx. Компании удалось добиться успеха в своих исследованиях и определить основные принципы технологии производства памяти в интегральном исполнении. Патенты на нее быстро разошлись по свету. Попытки усовершенствовать процессы и получить промышленные образцы таких ЗУ велись в ряде крупнейших фирм (STMicroelectronics, BAE Systems). Конечно же, такой гигант, как Intel, тоже не обошел вниманием указанную проблему, но он, впрочем, принимает участие в разработках вообще всех перспективных технологий. Однако удача сопутствовала не всем. Прошли годы, но лишь одна BAE Systems (компания — один из крупных поставщиков электронных систем для вооруженных сил США и NASA), сообщила о начале серийного производства C-RAM (Chalcogenide Random Access Memory). В других компаниях такие ЗУ называют PCM (Phase Change Memory), или OUM (Ovonyx Unified Memory). [1]

Другая технология, в которой использованы самые современные достижения, память на нанопереключателях, реализуется на углеродных нанотрубках. (Приставка «нано» означает применение прецизионных технологий, в которых размеры основных элементов структуры меньше 100 нм (< 0,1 микрона), а также продукты, в принципах, работы которых проявляются законы квантовой физики.) Здесь использованы новые, ранее неизвестные материалы и недоступные решения.

Всем со школьных времен хорошо известны такие структурные формы существования углерода, как графит и алмаз. Углеродная нанотрубка – это новая форма углерода, представляющая собой свернутые в пустотелую трубочку с диаметром в несколько нанометров и длиной в десятки микрон «сеточки», состоящие из атомов углерода. Сеточки образуются структурами, напоминающими пластинчатые молекулы графита. Впервые они были обнаружены японской компанией NEC в 1991 году, в процессе производства фуллеренов. Эти структуры, представляющие собой порошок черного цвета, очень похожий на сажу, интересны не своими размерами и необычной формой, а, прежде всего, особенными качествами. Оказывается, строение нанотрубки определяет ее электронные свойства: они могут быть металлами, полуметаллами или полупроводниками. Так, многослойные трубки имеют свойства, присущие полупроводникам.

Первая ячейка памяти на нанотрубках, разработанная в компании NEC, представляла собой сеть скрещивающихся в пространстве углеродных трубок, часть из них могла приходить в соприкосновение друг с другом, меняя сопротивление цепи. Программирование состояния, то есть запись данных, производилось путем подачи электрического тока к нужному участку, считывание – измерением сопротивления цепи, Точнее, сравнением его с некоторым пороговым уровнем. Этот тип памяти обещал прекрасные перспективы в будущем, так как ячейки получались малопотребляющими при записи и энергонезависимыми при хранении данных. Однако, кроме высокой стоимости производства, дело осложнялось техническими проблемами. Технология требовала идентичности свойств нанотрубок и строгого контроля за их пространственной ориентацией. Достичь этого удавалось с большим трудом.

Несколько лет назад о своих первых успехах в данном направлении объявила новая американская компания Nantero (www.nantero.com), которая ведет исследования в партнерстве с ON Semicoductors, LSI Logic и уже знакомой нам BAE Systems. Nantero удалось найти оригинальное решение проблемы: в новой структуре вся поверхность предварительно обработанной должным образом кремниевой пластины покрывалась углеродными нанотрубками, а затем часть из них удалялась методом обычной литографии.

В исходном состоянии нанотрубки натянуты и не касаются поверхности расположенных ниже электродов. Расстояние между плоскостью размещения углеродных трубок и поверхностью электродов равно всего 13 нм. При записи информации напряжение прикладывается к электродам и элементам межсоединений. Находящиеся над местом пересечения эластичные трубки прогибаются вниз под действием электрического поля и касаются поверхности электродов, меняя сопротивление цепи. Трубки удерживаются в таком положении под действием сил Ван Дер Ваальса после снятия напряжения(некоторая избыточность трубок лишь повышает надежность системы). Подача обратного напряжения позволяет им вновь распрямиться и разорвать контакт между элементом межсоединения и электродом. Таким образом можно записывать и стирать информацию. Пространственная ориентация трубок и интервал между ними при данной технологии не играют особой роли. Упрощения сказываются на стоимости конечного продукта, снижая ее до разумных пределов.

В процессе чтения измеряется сопротивление цепи между электродом и элементом межсоединения. Если оно мало (если трубки касаются электрода), то полагают, что в ячейку записан «0», в противном случае — «1». При тестировании опытных образцов скорость записи данных в ячейку не превышала 5 нс.

Оказалось, что для выполнения записи и стирания данных не требуется больших токов и зарядов. Память получается очень экономичной. Во всяком случае, лабораторные экземпляры обещают чудесные параметры в будущем: благодаря применению нанотехнологий размеры ячейки должны быть меньше, чем у DRAM, и, следовательно, объемы памяти будут больше. Потребляемая мощность ниже, а скорость доступа выше. Поскольку углеродные волокна имеют высокую прочность, а операции записи и чтения не нарушают структуры углеродных трубок, то срок их службы будет практически неограничен.

В отличие от Flash-памяти число циклов записи может быть бесконечным. Радиационная и электромагнитная стойкость NRAM тоже много выше, чем у традиционных кремниевых Flash. (Вероятно, именно эти качества побудили компанию BAE Systems принять участие в разработке технологии.) К сожалению, пока все это не удается воплотить в серийный продукт, имеющий конкурентную стоимость.[3]

Нанотехнологии – это абсолютно новое явление в электронике, и накопленного опыта пока еще не достаточно, чтобы уверенно прогнозировать их применимость в тех или иных областях техники. Однако заложенный в них потенциал очень велик, и по мере развития и совершенствования нанотехнологии смогут потеснить сегодняшних фаворитов.

Хотя оба типа описанных технологий энергонезависимой памяти (память OVONYX и память на нанопереключателях) довольно интересны и обладают привлекательными качествами, но все же самые большие ожидания связаны с другими исследованиями. В явные лидеры вышли две принципиально разные технологии, позволяющие уже сегодня получать универсальную память с качествами идеальной памяти (энергонезависимость, произвольный доступ, высокая скорость работы). Это ферроэлектрическая (FRAM) и магниторезистивная (MRAM) технологии. [2]

# 2. КЛАССИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

Не застыли на месте исследования и в традиционных технологиях энергонезависимой памяти. Flash-память преодолевает все новые рубежи плотности и при этом становится все менее энергоемкой. Пока ни одна из серийных ИС памяти, сделанных по другим технологиям, не может приблизиться к Flash по этим характеристикам. Лидирующая четверка мировых производителей данного типа памяти – INTEL, AMD, TOSHIBA и SAMSUNG – все время совершенствует техпроцессы, переходя ко все более маленьким технологическим размерам. Преодолен рубеж в 90 нм, и начинается подготовка к переходу на 65-нм технологию.

По-прежнему Flash делится на два класса – NOR-память, характеризующуюся сравнительно коротким временем доступа и большими размерами сторов, и NAND-память, которой свойственны меньшие размеры секторов, более высокое напряжение программирования и более длительные циклы доступа к данным.

Первый тип памяти чаще применяется для хранения программного обеспечения, а второй – для хранения данных. Второй тип является наиболее массовым и имеет меньшую стоимость. Его основной недостаток — относительно низкая скорость записи. Впрочем, это препятствие можно частично преодолеть посредством встраивания скоростных буферных регистров

Эволюция Flash-памяти четко подчиняется закону Мура и повторяет путь развития DRAM. Размер ячейки непрерывно сокращался и за 10 лет изменился в 30 раз. Структуры ячеек памяти тоже совершенствуется, но характерные для них ограничения и отрицательные черты остаются неизменными. Самым важным технологическим новшеством Flash было изобретение инженерами Intel многоуровневой ячейки памяти, позволяющей хранить в одной ячейке 2 разряда данных. Однако, по мере роста объемов ИС, физические размеры ячейки становятся все более миниатюрными, и для рассеивания оксидных перегородок, изолирующих плавающий затвор, требуется все меньшее напряжение. Это сказывается на надежности памяти и ограничивает число циклов обращения. [5]

# 3. ТИПЫ ПАМЯТИ

## 3.1.ПОЛИМЕРНАЯ ПАМЯТЬ (PFRAM)

Полимерная память (Polymer Memory) относится к категории флэш-памяти и может использоваться для энергонезависимого хранения данных. По оценкам аналитиков, удельный объем такой памяти, отнесенный к одному квадратному сантиметру площади, почти в 20 раз больше, чем у обычной флэш-памяти. Разработки этого типа памяти ведут многие компании, в частности компания Intel в содружестве с Thin Film Electronics – дочерней компанией шведской фирмы Opticom, впервые предложившей полимерную память еще в 1994 году. Специалистами Thin Film Electronics получена специфическая группа полимеров с двумя стабильными состояниями поляризации. Это позволяет программировать память путем изменения поляризации пленки сегнетоэлектрического полимера, заключенной между взаимно перпендикулярными металлическими шинами, и обеспечивает энергонезависимость памяти.

Пленка полимера может содержать и тонкопленочные транзисторы схем управления. Возможность формирования многослойных структур полимерной памяти позволяет получить ранее недостижимый объем памяти. Если для функционирования обычной кремниевой схемы памяти объемом 1 Гбит требуется 1,5-6,5 млрд транзисторов, то для памяти PFRAM-типа такого же объема их нужно только 500 тыс. При этом объем полимерной памяти размером с кредитную карту эквивалентен объему 400 тыс. CD-дисков или объему устройства, хранящего достаточно данных для воспроизведения музыки MPG-формата в течение 126 лет. При этом увеличение емкости памяти за счет нанесения дополнительных полимерных пленок не влечет за собой существенного увеличения потребляемой мощности.

Специалисты Intel считают, что PFRAM найдут применение в первую очередь в картах памяти цифровых фотокамер и другом бытовом оборудовании. Но прежде всего необходимо решить проблему обработки термочувствительного материала в условиях полупроводникового производства. И на вопрос, когда же начнется массовое производство PFRAM, можно ответить, что при удачном стечении обстоятельств не раньше чем в 2010 году.

## 3.2. PRAM

PRAM – это новый тип памяти, позиционируемый как универсальная замена и динамической, и флэш-памяти. В качестве признака состояния ячейки предлагается использовать изменение фазового состояния халькогенида (chalcogenide) – вещества, способного под воздействием нагрева и электрических полей переходить из непроводящего аморфного состояния в проводящее кристаллическое. Такая память известна также как «память с изменением фазового состояния» (phase change memory, PCM), PRAM и Ovonic Unified Memory. Она является энергонезависимой, то есть не требует электропитания для сохранения своего состояния.

Наряду с материалами, описывающими возможные перспективы производства мультигигабитных чипов PCM по 45- или 32-нм процессу, компания ST представила прототип 128-мегабитного чипа PCM, изготовленный по 90-нм технологии. К преимуществам PRAM-памяти относятся малая площадь ячейки, хорошие электрические характеристики и высокая надежность.

До сих пор халькогениды применялись в основном в перезаписываемых оптических носителях, где использовалась их способность к изменению не только электрических, но и оптических свойств, а коммерческая реализация PCM была затруднена из-за проблем с получением достаточно качественного материала и с энергопотреблением. Возрастание интереса к этому типу памяти связано с тем, что PCM лучше подходит для применения вместе с более «тонкими» литографическими техпроцессами, чем динамическая или флэш-память.

## 3.3. MRAM

MRAM (Magnetic Random Access Memory) – это один из перспективных типов энергонезависимой памяти, которая может прийти на смену как динамической оперативной памяти DRAM, так и статической памяти SRAM и флэш-памяти.

Вместо конденсаторов, применяемых в микросхемах DRAM, технология MRAM предусматривает использование тонкой магнитной пленки. В привычных нам микросхемах памяти информация сохраняется благодаря формированию соответствующим образом распределенного заряда конденсаторов, а в устройствах MRAM это будет осуществляться за счет намагничивания пленки.

Одно из преимуществ новой технологии заключается в том, что, в отличие от DRAM, память MRAM является энергонезависимой. В микросхемах DRAM информация хранится в конденсаторах, и при отключении питания происходит ее потеря. Это означает, что для длительного хранения информацию необходимо переписывать на жесткий диск, имеющий магнитную поверхность. Благодаря энергонезависимости память MRAM позволяет преодолеть это ограничение. Таким образом, при отключении питания не пропадет ни бита.

Применение эффекта магнитной поляризации вместо электрического заряда подразумевает отсутствие необходимости периодического обновления памяти MRAM. Таким образом, отпадает надобность и в загрузке компьютера в начале каждого сеанса работы. Пользователи получат в свое распоряжение устройства постоянной готовности. Времени на их включение уйдет не больше, чем на включение телевизора.

Еще одно преимущество памяти MRAM состоит в том, что она обеспечивает заметное сокращение расхода энергии батарей. Ведь, в отличие от микросхем SRAM и DRAM, здесь не требуется постоянного энергоснабжения.

Технология MRAM выглядит многообещающей. Конечно, пройдет еще немало времени, прежде чем память MRAM появится в коммерческих системах. Но если данная технология будет развиваться в правильном направлении, то со временем она вытеснит с рынка микросхемы DRAM.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики различных технологий памяти

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Св-ва/Тип памяти | MRAM | DRAM | SRAM | FLASH | EEPROM | FeRAM |
| Высокая плотность | + | + | - | + | - | - |
| Энергонезави-симость | + | - | - | + | + | + |
| Произвольный доступ | + | + | + | - | - | + |
| Неразрушающее чтение | + | - | + | + | + | - |
| Неограниченное число обращений | + | + | + | - | - | - |
| Быстрое считывание | + | + | + | + | + | + |
| Быстрая запись | + | + | + | - | - | + |
| Низкое потребление при записи | + | + | + | - | - | + |
| Цикл чтения | 5–70 нс | ~100 нс | 5–100 нс | ~100 нс | ~100 нс | 50–150 нс |
| Цикл записи | 5–70 нс | ~100 нс | 5–100 нс | >1 мс | >1 мс | 50–150 нс |
| Напряжение записи,В | <5 | <5 | <5 | 5 | 12 | <5 |
| Срок хранения данных (без питания), лет | Беско-нечно | 0 | 0 | >10 | >5 | >10 |
| Стойкость (число циклов записи) | >1015 | >1015 | >1015 | ~106 | ~106 | ~106 |
| Радиационная стойкость | + | - | - | - | - | - |

Собственно, первоначально прогнозировалось, что первые образцы MRAM-памяти появятся на рынке уже в 2004 году, а в 2005-м спрос на память составит 40 млрд долл. Именно такие прогнозы делались в 2001 году.

Исследования по технологии производства MRAM ведут такие известные компании, как IBM, Infineon, Motorola (Freescale), Toshiba, NEC, Sypress. Все они весьма серьезные фирмы на рынке электроники, и подозревать их в легкомысленной трате денег на бесперспективные исследования не стоит. По мнению специалистов компании Northen Lights semiconductor Corp. [9], MRAM обладает рядом преимуществ перед всеми остальными типами памяти, в том числе перед FRAM. (Компания производит ряд специальных изделий, оснащенных встроенной энергонезависимой памятью, в частности микроконтроллеры и RFID-карты.) Достоинства названной технологии, по оценке специалистов компании, отражены в таблице 1.

Однако производство MRAM-памяти до сих пор не вышло на уровень массового, серийного, хотя периодически делаются анонсы о разработке новых типов MRAM-памяти различными компаниями. Совсем недавно фирма Freescale Semiconductor сообщила о начале выпуска чипов нового типа MRAM-памяти, пригодных для коммерческого использования.

## 3.4. FERAM

Ferroelectric RAM (FeRAM) – это тип сегнетоэлектрической энергонезависимой памяти, который может стать альтернативой DRAM- и SRAM-памяти.

Впервые работающий образец FeRAM был получен еще в 1992 году в лабораториях компании Symetrix. С тех пор такая память вызывает пристальное внимание со стороны индустрии. Достаточно сказать, что с 1992-го по 2002 год по данной теме было выдано свыше 360 патентов, что свидетельствует о всевозрастающем интересе к этой нише сегнетоэлектриков и, главное, к их практическому применению.

Основными элементами ячеек FeRAM памяти являются сегнетоэлектрические транзисторы (ferroelectric transistor) и конденсаторы (ferroelectric capacitor), обладающие переменными ферромагнитными свойствами.

По принципу действия ячейки FeRAM-памяти во многом схожи с ячейками обычной DRAM-памяти. Напомним, что DRAM-память представляет собой массив ячеек, состоящих из одного конденсатора и управляющего транзистора (схема 1T-1C). Размер ячейки памяти зависит от технологического процесса производства. К примеру, при использовании 90-нм техпроцесса размер ячейки памяти составляет 0,22 мкм2. Данные в ячейке DRAM-памяти ассоциируются с наличием или отсутствием заряда в конденсаторе.

Ячейка FeRAM-памяти подобна ячейке DRAM-памяти в том смысле, что данные в ней ассоциируются с наличием или отсутствием заряда на конденсаторе. Разница заключается в особых свойствах диэлектрика конденсатора, который в FeRAM-памяти обладает ферромагнитными свойствами. Под воздействием приложенного к конденсатору напряжения диэлектрик поляризуется, но после исчезновения напряжения он обладает остаточной поляризацией, что позволяет конденсатору удерживать заряд при отсутствии внешнего питания. Для того чтобы разрядить конденсатор, необходимо приложить к нему отрицательное напряжение. Таким образом, в ферромагнитных диэлектриках зависимость поляризации от приложенного напряжения неодинакова при увеличении и уменьшении напряжения. Это свойство диэлектриков принято изображать в виде петли гистерезиса.

На данный момент выделяют три основных типа ячеек FeRAM-памяти: одноконденсаторная ячейка 1С FeRAM, называемая еще SFRAM (Statically Read Ferroelectric Random Access Memory – аналог SRAM); наиболее распространенная транзисторно-конденсаторная ячейка 1Т-1С FeRAM и наиболее стабильная из всех вышеперечисленных двойная ячейка 2T-2C FeRAM. [6]

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К сожалению, ни один из разрабатываемых сегодня подходов не лишен недостатков, и пока еще память, изготовленная по новым технологиям, не может полностью и повсеместно заменить «старые» варианты. Имеющиеся сегодня образцы ИС не являются идеальной и универсальной памятью, сочетающей лучшие качества SRAM (высокая скорость работы и произвольный доступ), Flash и DRAM (низкое потребление и очень высокая плотность ячеек). Но мечта многих разработчиков стала понемногу приобретать реальные очертания. Вот только момент ее окончательного воплощения в конкретный продукт откладывается на неопределенное время.

Вероятно, разнообразие требований, предъявляемых к электронной аппаратуре, наложит свой отпечаток и на применимость тех или иных типов энергонезависимой памяти. Будут существовать области электроники, где предпочтение отдается, например, быстродействию, но будут также области, где важнее энергопотребление. Скорее всего, еще долгое время не удастся разработать тот единственный тип технологии, который позволил бы производить память со всеми желаемыми свойствами идеального универсального чипа и при этом имел бы низкую стоимость.

Ни одна из новых технологий по объемам продаж в ближайшие несколько лет не сможет представить серьезной конкуренции Flash. Гигантская емкость, очень низкое энергопотребление и все продолжающееся сокращение времени доступа делают этот тип памяти незаменимым. Тем не менее Flash не сможет подменить собой все остальные типы и стать ни оперативной памятью данных в измерительных приборах, ни программной памятью компьютеров в силу присущих ей ограничений по числу обращений и по возможностям адресации. Она лучше всего подходят для записи и хранения больших и редко обновляющихся массивов информации, и ее не рекомендуется применять в устройствах с частой перезаписью.

Ближайшим конкурентом Flash сегодня является память типа FRAM в традиционном интегральном исполнении, но имеющиеся серийные образцы пока еще сильно отстают от Flash. Причем лучшие образцы ИС в обеих технологиях по объему памяти отличаются более чем в 1000 раз, по удельному энергопотреблению почти во столько же раз, а по времени доступа микросхемы Flash и FRAM почти одинаковы. Единственной преимущество FRAM — возможность произвольной адресации. Число циклов записи FRAM хоть и велико, но тоже, как и у Flash, конечно. Разрушающее чтение и необходимость в восстановлении данных ограничивают скоростные параметры данного типа памяти. Разумеется, это не означает, что данная технология тупиковая ветвь развития энергонезависимой памяти. ИС FRAM несомненно найдут свою нишу на рынке электронных приборов хотя бы потому, что они почти идеально подходят для взаимодействия с 8-разрядными микроконтроллерами, поскольку имеют примерно равные скорости работы. К тому же эту память характеризует относительно низкое потребление. (В сравнении с существующими серийными ИС MRAM, например, оно меньше примерно в 10 раз!)

Магнито-резистивная память MRAM быстрее всех остальных конкурентов и не имеет ограничений на число обращений, но энергопотребление и стоимость не позволяют применять ее в массовых товарах. Если бы эра электронных компонентов, начавшаяся с появлением IBM PC, не сменилась эрой мобильной и портативной электроники с батарейным питанием, то перспективы MRAM виделись бы более радужными, чем теперь.

Сейчас экономичность – одно из важнейших качеств, каким должен обладать претендент на место универсальной памяти. Конечно, MRAM найдется место в аппаратуре и, прежде всего, в стационарных высокоскоростных устройствах с обычными источниками питания, таких как оптоволоконные линии связи, радиолокация, научные исследования в ядерной физике и т. п., но массовым продуктом она пока быть не сможет.

# БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Валентинова М. Полупроводниковая энергонезависимая память. На перепутье // Электроника. Наука, технология, бизнес. 2003.
2. Нечаев Г. Наступление наноэры. Материалы сайта http://www.interself.ru/info/article.php?article\_id=4.
3. Вихарев Л. Микросхемы энергонезависимой памяти: накануне революции // Компоненты и технологии. 2003.
4. Сообщение международного комитета International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS) http://www.itrs.net/papers.html.
5. Зайцев И. Сравнение новых технологий энергонезависимой памяти // Компоненты и технологии. 2004.
6. Эпоха гигантских эффектов. Сообщение сайта http://www.newsit.ru/hardware/id\_25928.