



Выполнили ученики 10 класса МБОУ-СОШ с.Красное
Знамя

Бугров Денис

Грибанова Наталия

2011-2012 у.г.

Запоминающие устройства будущего — это компактные и недорогие носители с более высокой скоростью работы, нежели у SSD-накопителей на основе микросхем флеш-памяти.

Твердотельные диски в настоящее время пользуются огромной популярностью — носители данных на основе ячеек флеш-памяти встречаются практически везде: в планшетах, смартфонах, ноутбуках и даже десктопных компьютерах. Эти быстрые запоминающие устройства обеспечивают высокую производительность в сочетании с мощной аппаратной частью. В качестве возможных преемников твердотельных накопителей на основе флеш-памяти рассматриваются различные технологии хранения данных. В разработке высокоскоростных запоминающих устройств будущего участвуют такие крупные компании, как IBM, Toshiba и Fujitsu. Только они располагают ресурсами, достаточными для изучения десятков способов создания запоминающего устройства с более высокой скоростью чтения и записи, надежностью хранения данных и энергоэффективностью по сравнению с SSD-накопителями.

ФЛЕШ-ПАМЯТЬ

Основной ячейки флеш-памяти является плавающий затвор — элемент, который изолирован от электрической цепи. Однако он может хранить заряд и с его помощью оказывать влияние на поток электронов, проходящий от истока к стоку. Такая память используется, в частности, в USB-накопителях, картах памяти и SSD.



Исток **1** как отрицательный полюс и сток **2** как положительный составляют электрическую цепь ячейки флеш-памяти. Управляющий затвор **3** способен заполнять электронами плавающий затвор **4** — собственно запоминающий элемент. В заряженном состоянии последний блокирует прохождение тока от истока к стоку, в результате чего ячейка принимает значение «0». Если плавающий затвор разряжен, ток течет беспрепятственно, а ячейка памяти возвращает «1».



Состояние «0»

Заряженный плавающий затвор блокирует ток.

Состояние «1»

Отрицательно заряженный управляющий затвор разряжает плавающий затвор, и ток начинает течь.

Накопитель SONOS: ловушка электронов — ключ к высокой производительности.

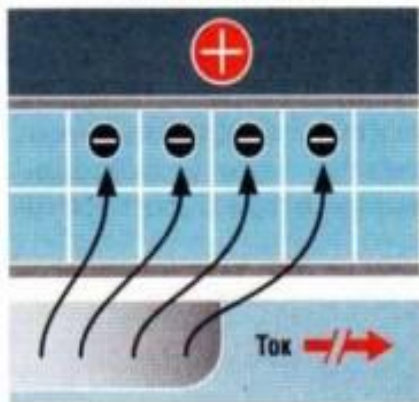
Попытка решения именно данной проблемы была предпринята при создании накопителя на основе памяти SONOS. В разработанной компаниями Philips и Spansion технологии для записи требуется в два раза меньшее напряжение по сравнению с флеш - памятью. Благодаря этому накопитель на основе SONOS способен выдержать в 1000- 10 000 раз больше циклов перезаписи.

ПАМЯТЬ SONOS

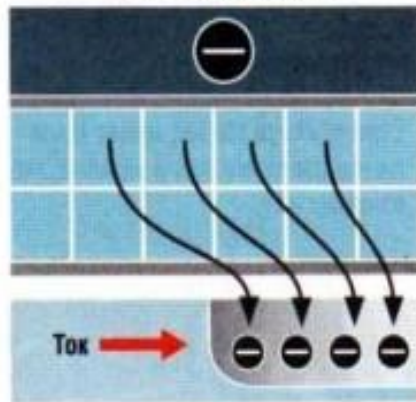
В плавающем затворе памяти SONOS (Silicon Oxide Nitride Oxide Silicon) используется нитрид кремния, который способен эффективно хранить заряд.



Состояние «0»



Состояние «1»



Ловушки электронов в ячейке из нитрида кремния эффективнее удерживают заряд. Благодаря этому можно использовать более тонкую изоляцию и ячейки меньших размеров.

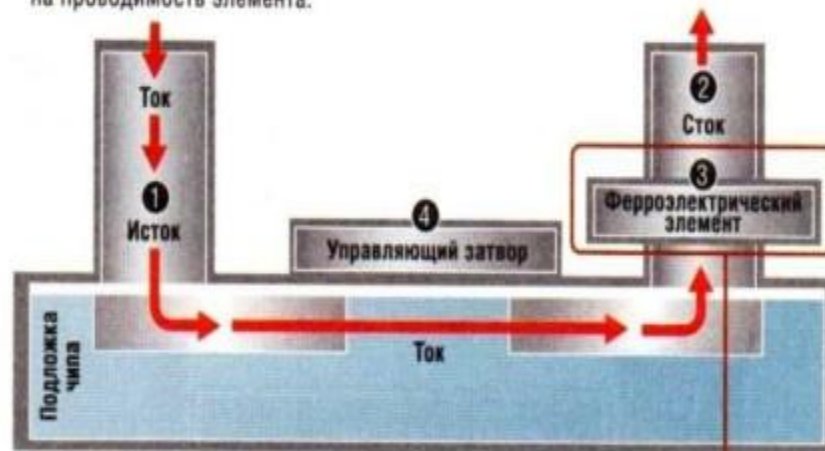
Ячейки SONOS - памяти имеют такую же структуру, как и у флеш - памяти, однако запоминающий элемент состоит не из кремния, а из нитрида кремния. Данный материал обладает более равномерной молекулярной структурой, что позволяет прочно удерживать электроны. Поэтому изоляционный слой может быть тоньше и иметь менее сложное строение, что обеспечивает высокую компактность и простоту технологии производства.

FeRAM: переключаемые молекулы продлевают срок службы.

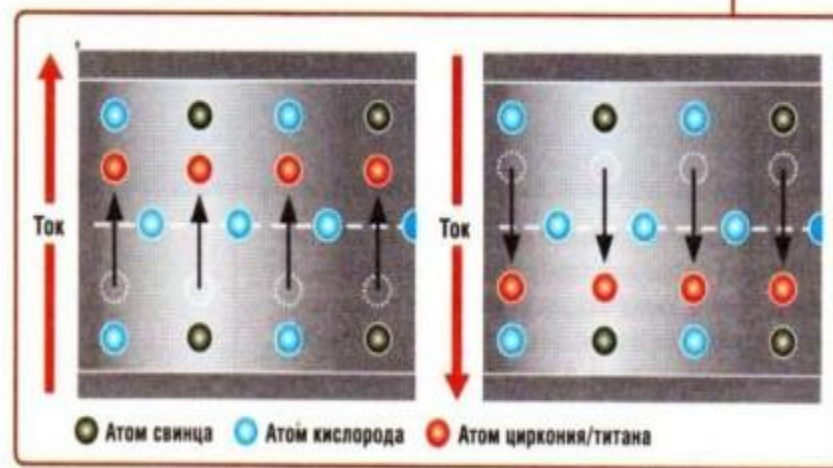
Вместо 10 000 циклов записи, которые может выдержать флеш - память, ячейка на основе FeRAM, по имеющейся информации, теряет свою способность к хранению данных после 10 квадриллионов циклов перезаписи, то есть она практически вечна. Над этой технологией работают исследователи таких компаний, как Ramtron, Fujitsu и Texas Instruments. В отличие от флеш - и SONOS-памяти ферроэлектрическая сохраняет данные путем смещения атомов — операции, которая теоретически может выполняться неограниченное количество раз. К преимуществам FeRAM относится низкое напряжение, необходимое для записи данных. В результате технология в сравнении с флеш - памятью обеспечивает наполовину или на четверть более низкое энергопотребление. Сам процесс переключения в ячейке памяти FeRAM осуществляется очень быстро: она способна записать бит за один цикл записи продолжительностью 150 нс. Это приблизительно в 67 раз быстрее, чем у флеш - памяти, продолжительность цикла записи которой составляет 10 микросекунд.

ФЕРРОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПАМЯТЬ (FeRAM)

В основе FeRAM лежит возможность изменять расположение атомов в ферроэлектрическом материале. Такая коррекция поляризации влияет на проводимость элемента.



Ток движется от истока ① к стоку ②, проходя через ферроэлектрический элемент ③. Напряжение между управляющим затвором ④ и стоком изменяет его поляризацию.



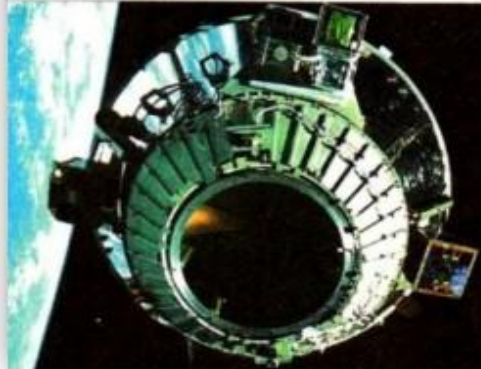
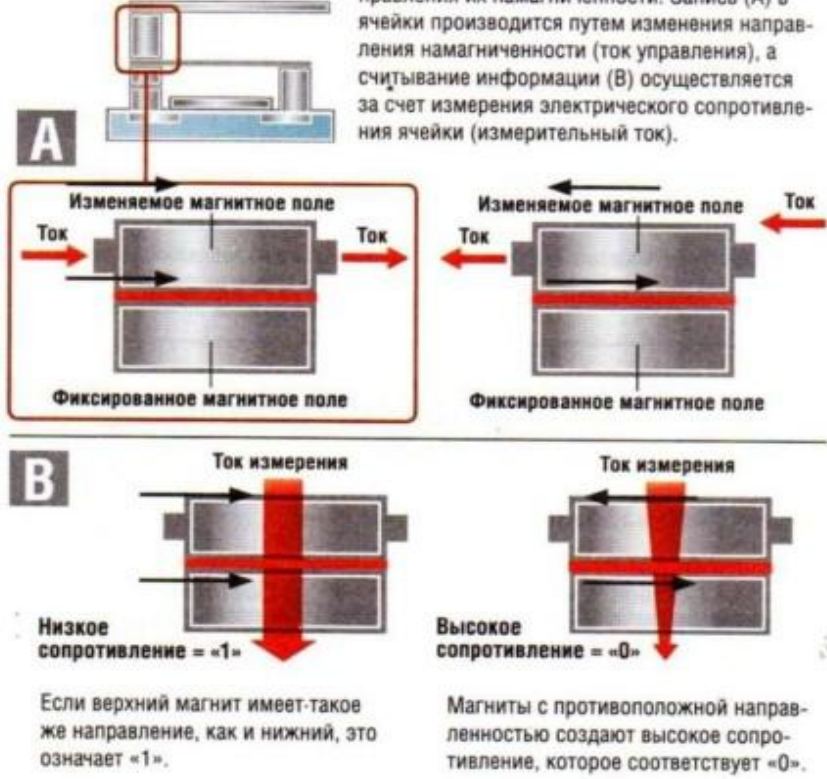
MRAM: магниты хранят информацию вечно.

Носителем информации в MRAM являются магнитные моменты, обеспечивающие высокую скорость переключения и способные длительное время сохранять свое состояние и изменять его, в отличие от флеш - памяти, не ограниченное количество раз. Принцип MRAM прост: рядом друг с другом расположены два ферромагнитных слоя. Один из слоев постоянно намагничен в определенном направлении, а у другого этот параметр может изменяться под действием внешнего поля и принимать одинаковое с первым или противоположное ему направление. Если оба слоя намагничены в одном направлении, то проходящий через два элемента ток чтения встретит низкое сопротивление — ячейка примет значение «1». Второй вариант характеризуется высоким сопротивлением, что соответствует значению «0».

MRAM обладает коротким временем отклика — теоретически оно может достигать одной наносекунды. Благодаря этому MRAM обеспечивает до 1000 раз более высокую скорость записи, чем флеш - память.

МАГНИТОРЕЗИСТИВНАЯ ПАМЯТЬ (MRAM)

MRAM основана на изменении проводимости двух магнитных слоев, которая зависит от направления их намагниченности. Запись (A) в ячейки производится путем изменения направления намагниченности (ток управления), а считывание информации (B) осуществляется за счет измерения электрического сопротивления ячейки (измерительный ток).



Прочная память MRAM ввиду своей устойчивости к излучению использовалась в японском микроспутнике Sprite-Sat

Phase Change Memory: высокая скорость благодаря технологии CD-RW.

Технология Phase Change Memory (память на основе фазового перехода) в перспективе будет обеспечивать в 100 раз более высокую в сравнении с флеш - памятью пропускную способность и большую плотность записи данных. В то время как основные методы хранения информации основываются на электрических или магнитных эффектах, PRAM работает благодаря физическим изменениям в материале. В ней используется такой эффект, при котором материал фазового перехода, сходный с материалами, применяемыми в перезаписываемых оптических накопителях, может принимать одно из двух состояний — кристалльное, характеризующееся низким электрическим сопротивлением, и аморфное, в котором данный, показатель повышается. При записи в ячейку под действием импульсов тока материал принимает различные состояния. Длинный импульс вызывает плавление материала, который при охлаждении переходит в твердое состояние с беспорядочным молекулярным строением, короткий — разогревает его до небольшой температуры, при которой образуется упорядоченная кристаллическая структура. Как и в случае с MRAM, чтение содержимого ячейки осуществляется путем измерения ее электрического сопротивления.

ПАМЯТЬ НА ОСНОВЕ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА

Сопротивление материала фазового перехода ④, находящегося между истоком ① и стоком ②, зависит от того, какую температуру ему передал нагреватель ③.



Слабый нагрев: материал кристаллизуется. Сопротивление слабое, ячейка приобретает значение «1».



Сильный нагрев: материал переходит в аморфное состояние. Сопротивление сильное, ячейка приобретает значение «0».

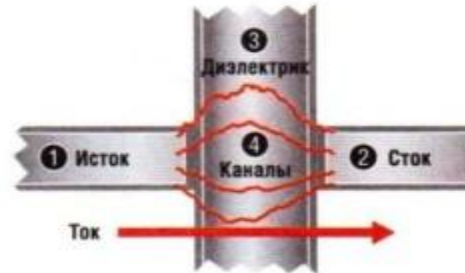


ReRAM и CBRAM: миниатюризация как козырь.

В то время как многие современные технологии хранения данных достигли предельных размеров ячеек памяти, ReRAM (резистивная) и Conductive Bridging RAM (память с проводящим мостом) позволяют создавать еще более миниатюрные элементы — вплоть до величины нескольких ионов. Обе технологии работают по одному принципу: внутри слоя изоляции создаются токопроводящие мостики (см. схему слева), которые затем ликвидируются. Отличия заключаются в материалах. В случае с ReRAM изоляционный слой состоит из диэлектрика — материала, электроны которого не могут свободно передвигаться. В исходном состоянии он блокирует напряжения чтения между электродами, и ячейка принимает значение «0». Для записи «1» контроллер подает на электроды высокое напряжение, которое пробивает диэлектрик и оставляет токопроводящие каналы. В этом состоянии ток чтения способен преодолеть диэлектрик, и ячейка в качестве записанной информации выводит значение «1». Для записи нуля подается обратное напряжение, которое разрушает созданные ранее каналы.

РЕЗИСТИВНАЯ ПАМЯТЬ (ReRAM)

Высокое напряжение создает токопроводящие каналы связи в материале, являющемся, по сути, изолятором. Обратное напряжение разрушает каналы и заставляет ячейку перейти в исходное состояние.



Между истоком 1 и стоком 2 находится изолирующий материал (диэлектрик 3). При подаче высокого напряжения в нем образуются токопроводящие каналы 4, обеспечивающие возможность прохождения тока измерения и вывода «1». В исходном состоянии ток не течет, что соответствует значению «0».



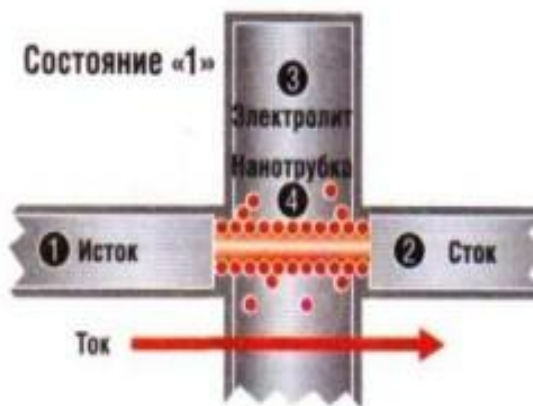
Производство ReRAM

Данный аппарат компании ULVAC создает модули памяти ReRAM

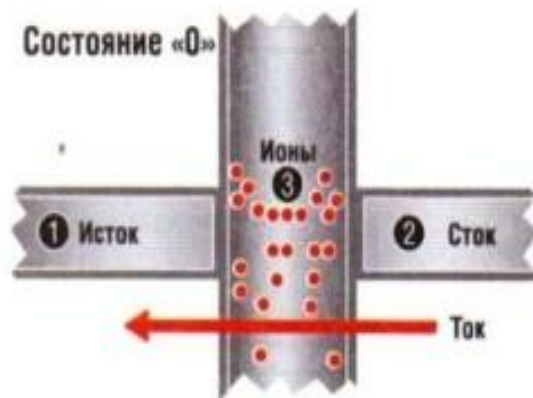
Ячейка памяти CBRAM имеет схожую структуру — разница лишь в том, что один из двух электродов состоит из электрохимически активного материала, например серебра, а другой — из неактивного вещества, например вольфрама. Электроды отделены друг от друга слоем электролита, выступающим в качестве изолятора. Таким образом, ток чтения блокируется, в результате чего ячейка принимает значение «0». Для записи «1» контроллер подает высокое напряжение на электрод из вольфрама. Благодаря этому между электродами возникает нанотрубка. Нанотрубка снижает сопротивление ячейки, в результате чего та выводит значение «1». Для перевода ячейки памяти CBRAM в состояние со значением «0» ток течет в противоположном направлении и разрушает нанотрубку.

ПАМЯТЬ С ПРОВОДЯЩИМ МОСТОМ (CBRAM)

CBRAM работает так же, как и ReRAM. Благодаря использованию других материалов вместо нескольких каналов образуется токопроводящая нанотрубка, которая снижает сопротивление, что соответствует значению «1».



Если приложить высокое напряжение между истоком ① и стоком ②, из ионов электролита ③ и электрода стока ② образуется нанотрубка ④, которая пропускает ток, тем самым снижая сопротивление ячейки.



Для устранения нанотрубки и присвоения ячейке значения «0» между истоком ① и стоком ② прилагается обратное напряжение. После этого ионы ③ снова перемещаются в электролит и к электрохимически активному электроду стока.

Прочие технологии: Nano-RAM, Racetrack и Millipede.

Относительно новые проекты вместо электрических цепей предусматривают использование традиционных механических схем переключения. Примером тому может служить Nano-RAM, о разработке которой было объявлено несколько лет назад американской компанией Nantero, однако до настоящего момента существует лишь прототип данных чипов памяти. По имеющейся информации, они обеспечивают высокую плотность записи, а технология основывается на том, что, прилагая напряжение, можно заставить нанотрубку принять одно из двух положений, соответствующее определенному сопротивлению. Nano-RAM способна на высокую плотность записи, присущую DRAM-памяти.

NANO-RAM

Nano-RAM использует нанотрубки, которые в изогнутом состоянии имеют меньшее электрическое сопротивление, нежели в прямом. Переключение осуществляется посредством электрода.



Связь между истоком 1 и стоком 2 обеспечивает нанотрубка 3. В изогнутом состоянии она имеет меньшее электрическое сопротивление, чем в прямом. Электрод 4 в зависимости от заряда может притягивать или отталкивать ее, выгибая или выпрямляя. Свое текущее состояние трубка способна сохранять и без электричества: прямая форма обычна для нее, а в изогнутом виде за счет действия притяжения Ван-дер-Ваальса она касается электрода.



Космонавтика Nano-RAM была протестирована, в частности, на космическом челноке

В двух других проектах используется принцип работы традиционных жестких дисков, но реализуется он с применением нанотехнологий. В Racetrack Memory, над которой помимо компании IBM работает университет Гамбурга, информация, как и на жестком диске, хранится в намагниченных областях с различной поляризацией, но на фиксированной нанопроволоке. Для чтения или записи данных намагниченные области под воздействием электрических импульсов направляются в ту или иную сторону, что позволяет подвести определенную область данных точно под считывающую или записывающую головку. Это объясняет название технологии (в переводе — «гоночная трасса»): области с данными «пролетают» мимо головок чтения и записи подобно болидам «Формулы 1». Технология Racetrack обеспечивает меньшее время отклика, чем механические решения. Высокая пропускная способность возможна благодаря параллельной работе бесчисленного количества подобных ячеек памяти.

RACETRACK MEMORY

Разработанная компанией IBM технология Racetrack Memory предусматривает хранение информации на тонкой нанопроволоке с использованием такого явления, как магнетизм. Для чтения и записи магнитные поля перемещаются под воздействием электрических импульсов.

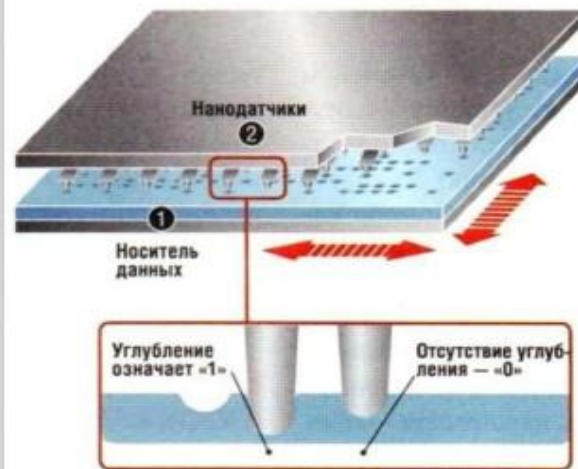


На нанопроволоке **1** информация **2** сохранена в виде последовательности магнитных полей. Данная последовательность под действием тока **3** перемещается то в одном направлении, то в другом, проходя при этом мимо записывающих **4** или считывающих **5** головок, которые или фиксируют новые или воспроизводят имеющиеся данные. Быстрое перемещение обеспечивает высокую скорость доступа.

Преимуществом технологии Millipede также является параллельность, которая сулит высокую скорость работы. Отдельные биты сохраняются на поверхности механического диска в виде мельчайших углублений. Над ней располагается массив V-образных кремниевых игл. Для записи «1» наконечник иглы разогревается до высокой температуры (400 °С), размягчая при этом материал диска, и в результате кратковременного погружения в него формирует углубление. Для записи «0» игла разогревает только материал и переходит в пассивное состояние, за счет чего поверхностное давление восстанавливает ровную плоскость диска. Для считывания бита крохотные приводы располагают диск таким образом, чтобы над соответствующей областью находился датчик. Он опускается и определяет, присутствует в этом месте углубление или нет. Отдельный блок Millipede обеспечивает пропускную способность на уровне 50—150 Мбит/с. Благодаря тому что множество подобных блоков способно работать параллельно, технология делает возможной производительность практически на уровне электронных накопителей при крайне высокой плотности записи, поскольку наноглубления занимают значительно меньше места, чем токопроводящие цепи.

MILLIPEDE

Как и в перфокартах, в разработанной компанией IBM технологии Millipede сохранение данных осуществляется за счет создания углублений на поверхности. Подобные «наноперфокарты» обеспечивают крайне высокую плотность записи.



Данные сохраняются на диске ①. Для считывания данных соответствующая область на нем помещается под фиксированный нанодатчик ②. Углубление означает «1», его отсутствие — «0».



Прототип

Компания IBM уже имеет опыт успешного изготовления накопителя Millipede, предназначенного для испытательных целей