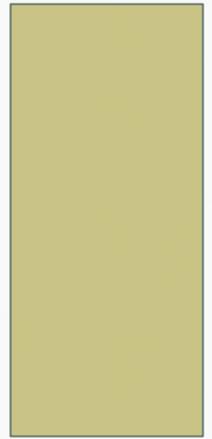
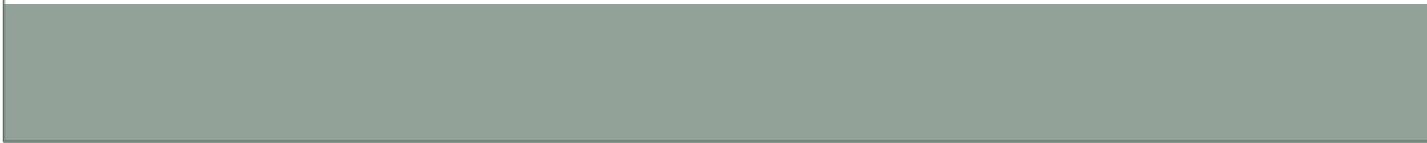
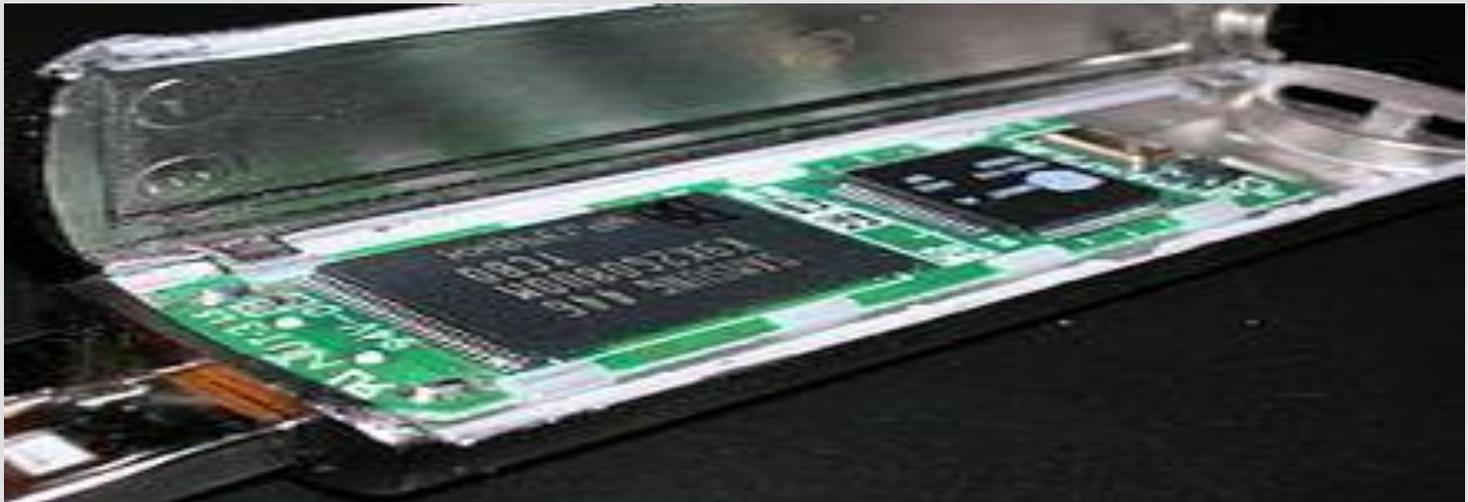


РАЗНОВИДНОСТИ ФЛЕШ- ПАМЯТИ И ПРИНЦИП ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ



ФЛЕШ-ПАМЯТЬ

- Флеш-память — разновидность полупроводниковой технологии электрически перепрограммируемой памяти (EEPROM). Это же слово используется в электронной схемотехнике для обозначения технологически законченных решений постоянных запоминающих устройств в виде микросхем на базе этой полупроводниковой технологии. В быту это словосочетание закрепилось за широким классом твердотельных устройств хранения информации.



ИСТОРИЯ

- Предшественниками технологии флеш-памяти можно считать ультрафиолетово-стираемые постоянные запоминающие устройства и электрически стираемые ПЗУ. Эти приборы также имели матрицу транзисторов с плавающим затвором, в которых инжекция электронов в плавающий затвор («запись») осуществлялась созданием большой напряжённости электрического поля в тонком диэлектрике. Однако площадь разводки компонентов в матрице резко увеличивалась, если требовалось создать поле обратной напряжённости для снятия электронов с плавающего затвора («стирания»). Поэтому и возникло два класса устройств: в одном случае жертвовали цепями стирания, получая память высокой плотности с однократной записью, а в другом случае делали полнофункциональное устройство с гораздо меньшей ёмкостью.

ПРИНЦИП РАБОТЫ

- Основным компонентом в флеш-памяти является транзистор с плавающим затвором, который является разновидностью МОП-транзисторов. Его отличие в том, что у него есть дополнительный затвор (плавающий), расположенный между управляющим затвором и р-слоем. Плавающий затвор изолирован, и хранимый в нём отрицательный заряд будет оставаться надолго.



АУДИОПАМЯТЬ

- Естественным развитием идеи МЛС-ячеек была мысль записать в ячейку аналоговый сигнал. Наибольшее применение такие аналоговые флеш-микросхемы получили в воспроизведении относительно коротких звуковых фрагментов в дешёвых тиражируемых изделиях. Такие микросхемы могут применяться в простейших игрушках, звуковых открытках, автоответчиках и так далее.

ЧТЕНИЕ

- Для чтения подаётся положительное напряжение на управляющий затвор. Если в плавающем затворе отсутствует заряд, то транзистор начнёт проводить ток. В противном случае ток между истоком и стоком не возникает. Для MLC ячеек необходимо произвести несколько измерений.

ЗАПИСЬ

- Для записи заряды должны попасть в плавающий затвор, однако он изолирован слоем оксида. Для перенесения зарядов может использоваться эффект туннелирования. Для разряда необходимо подать большое положительное напряжение на управляющий затвор: отрицательный заряд с помощью туннельного эффекта покинет плавающий затвор. И наоборот, для заряда плавающего затвора необходимо подать большое отрицательное напряжение.
- Также запись может быть реализована с помощью инъекции горячих носителей. При протекании тока между истоком и стоком повышенного напряжения электроны могут преодолевать слой оксида и оставаться в плавающем затворе. При этом необходимо, чтобы на управляющем затворе присутствовал положительный заряд, который создавал бы потенциал для инъекции.

NOR

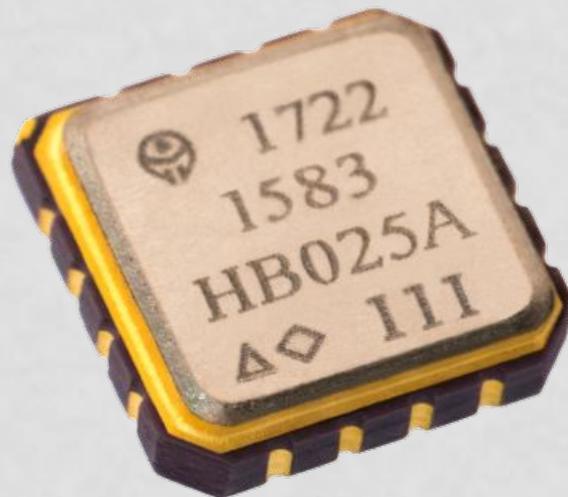
- На первой стадии очистка ячеек происходит с помощью туннельного эффекта: на все управляющие затворы подаётся сильное напряжение. Для установки конкретной ячейки в 0 используется инжекция горячих носителей. На разрядную линию подаётся большое напряжение. Вторым важным условием этого эффекта является наличие положительных зарядов на управляющем затворе. Положительное напряжение подаётся лишь на некоторые транзисторы, на остальные транзисторы подаётся отрицательное напряжение. Таким образом ноль записывается только в интересующие нас ячейки.

NAND

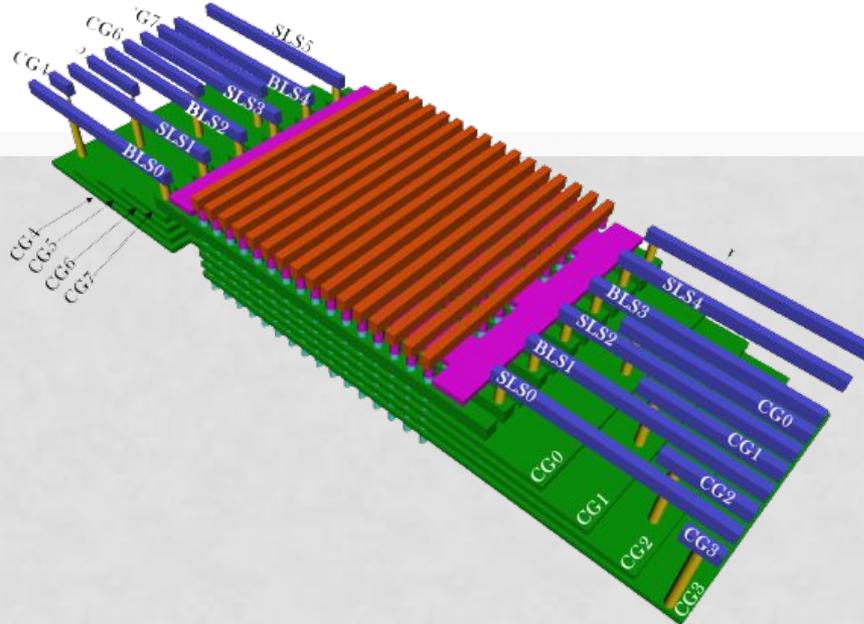
- Первая стадия в NAND аналогична NOR. Для установки нуля в ячейку используется туннельный эффект, в отличие от NOR. На интересующие нас управляющие затворы подаётся большое отрицательное напряжение.

Многокристальные микросхемы

Для экономии места в одну микросхему флеш-памяти может упаковываться несколько полупроводниковых пластин (кристаллов), до 16 штук.



3D NAND



- Схемотехника NAND оказалась удобна для построения вертикальной компоновки блока ячеек на кристалле. На кристалл послойно напыляют проводящие и изолирующие слои, которые образуют проводники затворов и сами затворы. Затем в этих слоях формируют множество отверстий на всю глубину слоев. На стенки отверстий наносят структуру полевых транзисторов — изоляторы и плавающие затворы. Таким образом формируют столбец кольцеобразных полевых транзисторов с плавающими затворами.

РЕСУРС ЗАПИСИ

- Одна из причин деградации — невозможность индивидуально контролировать заряд плавающего затвора в каждой ячейке. Дело в том, что запись и стирание производятся над множеством ячеек одновременно — это неотъемлемое свойство технологии флеш-памяти. Автомат записи контролирует достаточность инжекции заряда по референсной ячейке или по средней величине. Постепенно заряд отдельных ячеек рассогласовывается и в некоторый момент выходит за допустимые границы, которые может скомпенсировать инжекцией автомат записи и воспринять устройство чтения. Понятно, что на ресурс влияет степень идентичности ячеек. Одно из следствий этого — с уменьшением топологических норм полупроводниковой технологии создавать идентичные элементы все труднее, поэтому вопрос ресурса записи становится все острее.
- Другая причина — взаимная диффузия атомов изолирующих и проводящих областей полупроводниковой структуры, ускоренная градиентом электрического поля в области кармана и периодическими электрическими пробоями изолятора при записи и стирании. Это приводит к размыванию границ и ухудшению качества изолятора, уменьшению времени хранения заряда.

ИЕРАРХИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА

- Стирание, запись и чтение флеш-памяти всегда происходит относительно крупными блоками разного размера, при этом размер блока стирания всегда больше, чем блок записи, а размер блока записи не меньше, чем размер блока чтения. Собственно это — характерный отличительный признак флеш-памяти по отношению к классической памяти EEPROM.
- Как следствие — все микросхемы флеш-памяти имеют ярко выраженную иерархическую структуру. Память разбивается на блоки, блоки состоят из секторов, секторы — из страниц. В зависимости от назначения конкретной микросхемы глубина иерархии и размер элементов может меняться.

СКОРОСТЬ ЧТЕНИЯ И ЗАПИСИ

- Скорость стирания варьируется от единиц до сотен миллисекунд в зависимости от размера стираемого блока. Скорость записи — десятки-сотни микросекунд.
- Обычно скорость чтения для NOR-микросхем нормируется в десятки наносекунд. Для NAND-микросхем скорость чтения составляет десятки микросекунд.



ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ МАСШТАБИРОВАНИЕ

- Из-за своей высокорегулярной структуры и высокого спроса на большие объёмы техпроцесс при изготовлении флеш-памяти NAND уменьшается более быстро, чем для менее регулярной DRAM-памяти и почти нерегулярной логики (ASIC). Высокая конкуренция между несколькими ведущими производителями лишь ускоряет этот процесс. В варианте закона Мура для логических микросхем удвоение количества транзисторов на единицу площади происходит за три года, тогда как NAND-флеш показывала удвоение за два года. В 2012 году 19 нм техпроцесс был освоен совместным предприятием Toshiba и SanDisk. В ноябре 2012 года Samsung также начала производство по техпроцессу 19 нм (активно используя в маркетинговых материалах фразу «10nm-class», обозначавшую какой-то процесс из диапазона 10—19 нм)

NOR

- NOR-флеш наиболее применима в устройствах с энергонезависимой памятью относительно небольшого объёма, требующих быстрого доступа по случайным адресам и с гарантией отсутствия сбойных элементов:
- Встраиваемая память программ однокристалльных микроконтроллеров. Типовые объёмы — от 1 кбайта до 1 Мбайта.
- Стандартные микросхемы ПЗУ произвольного доступа для работы вместе с микропроцессором.
- Специализированные микросхемы начальной загрузки компьютеров (POST и BIOS), процессоров ЦОС и программируемой логики. Типовые объёмы — единицы и десятки мегабайт.
- Микросхемы хранения среднего размера данных, например, DataFlash. Обычно снабжаются интерфейсом SPI и упаковываются в миниатюрные корпуса. Типовые объёмы — от сотен кбайт до технологического максимума.

НИЗКОУРОВНЕВЫЕ ИНТЕРФЕЙСЫ

- Стандартизацией корпусов, интерфейсов, системы команд и вопросов идентификации чипов флеш-памяти типа NAND занимается Open NAND Flash Interface (ONFI). Первым стандартом стала спецификация ONFI версии 1.0, выпущенная 28 декабря 2006 года, за ней последовали ONFI V2.0, V2.1, V2.2, V2.3, V3.0 (2011). Группа ONFI поддерживается Intel, Micron Technology, Hynix, Numonyx.
- Samsung и Toshiba разрабатывают свой, альтернативный ONFI, стандарт Toggle Mode DDR. Первая ревизия выпущена в 2009 году, вторая — в 2010

ВЫСОКОУРОВНЕВЫЕ ИНТЕРФЕЙСЫ

- Помимо стандартизации непосредственно микросхем памяти идет специфическая формализация доступа к долговременной памяти со стороны распространенных цифровых интерфейсов. Например, группа Non-Volatile Memory Host Controller Interface занимается вопросами стандартизации создания твердотельных дисков для интерфейса PCI Express.
- Особняком стоят интегральные решения памяти и контроллера в виде микросхем, например, широко применяется встраиваемая eMMC-память, использующая электрический интерфейс, сходный с MMC, но выполненная в виде микросхемы. Развитием этого интерфейса занимается JEDEC.

ГДЕ НУЖНА ПАМЯТЬ...

- Сфера применения какого-либо типа флэш-памяти зависит в первую очередь от его скоростных показателей и надежности хранения информации. Адресное пространство NOR-памяти позволяет работать с отдельными байтами или словами (2 байта). В NAND ячейки группируются в небольшие блоки (по аналогии с кластером жесткого диска). Из этого следует, что при последовательном чтении и записи преимущество по скорости будет у NAND. Однако с другой стороны NAND значительно проигрывает в операциях с произвольным доступом и не позволяет напрямую работать с байтами информации. К примеру, для изменения одного байта требуется:
 - считать в буфер блок информации, в котором он находится
 - в буфере изменить нужный байт
 - записать блок с измененным байтом обратно



Где нужна память...

- Если еще ко времени выполнения перечисленных операций прибавить задержки на выборку блока и на доступ, то получим отнюдь неконкурентоспособные с NOR показатели (отмечу, что именно для случая побайтовой записи). Другое дело последовательная запись/чтение — здесь NAND наоборот показывает значительно более высокие скоростные характеристики. Поэтому, а также из-за возможностей увеличения объема памяти без увеличения размеров микросхемы, NAND-флэш нашел применение в качестве хранителя больших объемов информации и для ее переноса. Наиболее распространенные сейчас устройства, основанные на этом типе памяти, это флэш-драйвы и карты памяти.

спасибо за внимание

поставьте 5 пожалуйста