МАГНИТОРЕЗИСТИВНАЯ ПАМЯТЬ – ТЕХНОЛОГИЯ, БИЗНЕС, ПЕРСПЕКТИВЫ

Рассказывает президент и исполнительный директор Everspin Technologies Филлип ЛоПрести



В микроэлектронике новые технологии рождаются не часто. Но когда это происходит, мир начинает меняться. Запоминающие устройства, память – одна из областей, где инновации остро необходимы. Традиционные КМОПячейки статической и динамической памяти (СОЗУ и ДОЗУ), технологии репрограммируемой памяти с плавающими затворами, флеш-памяти – все это уже перестает устраивать создателей современных устройств. А ведь память – ключевой элемент практически любого электронного устройства, она предполагает постоянное совершенствование.

Одна из наиболее интересных, перспективных и промышленно освоенных технологий - магниторезистивная память MRAM. Ее разработка началась в компании Motorola в начале 1990-х годов, продолжилась (после разделения) в Freescale Semiconductor, которая и выпустила в 2006 году первую коммерческую партию MRAM (4 Мбит) по цене 25 долл. за штуку. А в 2008 году из Freescale выделилась компания Everspin Technologies, специально для развития и промышленного производства магниторезистивной памяти. Эта фирма свыше шести лет выпускает MRAM, активно осваивая новые рынки. Более 500 патентов защищают интеллектуальную собственность этой компании в области MRAM.

В конце 2015 года руководство компании посетило Россию. Президент и исполнительный директор Everspin Technologies Филлип ЛоПрести (Phillip LoPresti) рассказал нам об особенностях технологии MRAM, новых продуктах компании и ее рыночных задачах.

КОМПЕТЕНТНОЕ МНЕНИЕ

Господин ЛоПрести, давайте начнем с неизбежного вопроса – в чем основные достоинства памяти MRAM?

МRAM — это магниторезистивная память, то есть она использует различные физические принципы для записи и чтения данных в сравнении с электрическими СОЗУ и ДОЗУ. Магнитное поле применяется для перевода сопротивления ячейки памяти в состояние высокого или низкого импеданса — таким образом происходит запись и хранение данных в форме магнитного состояния (см. врезку). При чтении мы определяем уровень сопротивления этой ячейки для идентификации значения "О" или "Т". Такой подход обеспечивает два важнейших преимущества — долговечность хранения данных и неограниченное число рабочих циклов чтения-записи.

Многие другие технологии памяти так или иначе используют эффект хранения заряда. Поскольку в любой электронной структуре присутствуют токи утечки, это приводит к потере данных. В других типах памяти сама процедура считывания оказывает влияние на состояние ячейки (например, в памяти типа FRAM). В случае MRAM, однажды запрограммировав бит, вы можете считывать его множество раз без какой-либо деградации состояния ячейки. При этом срок хранения составит более 20 лет, причем в очень широком диапазоне рабочих температур — от —40 до 125°C.

Кроме того, поскольку операции чтения и записи не сокращают ресурсоемкость запоминающего устройства (не происходит переноса зарядов, изменения структуры вещества слоев и т.п.), число рабочих циклов памяти практически неограничено. Это свойство присуще не всем технологиям памяти. На рынке появляются другие типы резистивной памяти, такие как мемристоры, память на фазовых переходах, очень перспективная память CBRAM и т.д. Все эти виды памяти используют механизмы, связанные с изменением физического состояния вещества (например, формирование или разрушение электрических связей). Такому подходу присущ важный недостаток - ограниченное число рабочих циклов записи. В случае MRAM подобного ограничения нет. Пожалуй, в этом смысле к нашей технологии ближе всего PRAM - память на основе изменения фазовых состояний.

Конечно, технология MRAM не идеальна, ей свойственны свои ограничения. И прежде всего – допустимая плотность запоминающих ячеек на кристалле. Она существенно ниже, чем, например, у флешпамяти. Именно поэтому флештехнология используется для создания твердотельных накопителей данных, твердотельных дисков (SSD) и т.п. Технологии ReRAM и CBRAM, резистивной памяти, памяти на фазовых перестивной памяти, памяти на фазовых пере-

Нетривиальная задача – обеспечить быстродействие и число циклов перезаписи на уровне ОЗУ, но сделать память энергонезависимой

ходах — все они нацелены на обеспечение высокой степени интеграции для создания запоминающих устройств объемом порядка 100 Гбит и выше.

У МRAM иной сегмент – мы говорим о хранении относительно небольших объемов данных, до одного или нескольких гигабит, но с высокой скоростью чтения-записи (35 нс), сопоставимой с традиционными КМОП ОЗУ. Такая память используется для хранения данных рабочих журналов устройств, лог-файлов, кэширования или буферизации данных при записи на долговременный носитель и т.п. Для различных технологий памяти на рынке есть очень разные области применения.

Компания Everspin начала производить MRAM около восьми лет назад. И первый рынок, на который мы ориентировались — это рынок "энергонезависимого ОЗУ", то есть памяти с объемом и быстродействием традиционных ОЗУ, но с возможностью сохранения данных в случае пропадания питания или аварийного выключения устройства. Обычно для подобных задач используют стандартные схемы статической памяти с подпиткой от батареек. Сегодня такие решения стали высоконадежными, однако их эксплуатация затруднена, поскольку связана с контролем и заменой батарей.

Таким образом, это была нетривиальная задача – обеспечить быстродействие и число циклов перезаписи на уровне традиционных ОЗУ, но при этом сделать память энергонезависимой. И наша технология памяти MRAM решает эту задачу.

Принцип работы магниторезистивной памяти компании Everspin Technologies

Принцип работы MRAM основан на эффекте туннельного магнитного сопротивления. Он проявляется при протекании тока между двумя слоями ферромагнетиков, разделенных тонким (около 1 нм) слоем диэлектрика. Этот квантовомеханический эффект связан со спин-орбитальным и спин-спиновым взаимодействиями. Ток туннелирования электронов сквозь слой диэлектрика зависит от взаимной ориентации полей намагничивания двух ферромагнитных слоев. Сопротивление туннелирования минимально, если векторы магнитных полей параллельны и сонаправлены, и максимально, если они противоположны. Вся структура "феромагнетик-диэлектрик-ферромагнетик" называется туннельным магнитным переходом.

В МRAM один ферромагнитный слой – "фиксированный" – обладает постоянной ориентацией магнитного поля (постоянный магнит). Верхний, "свободный" слой изменяет свою магнитную ориентацию под воздействием внешнего магнитного поля. Это поле возбуждается током, текущим по расположенному рядом проводнику. От направления тока зависит магнитная ориентация свободного слоя. Для считывания достаточно приложить небольшое напряжение (порядка 200 мВ) туннельному магнитному переходу,

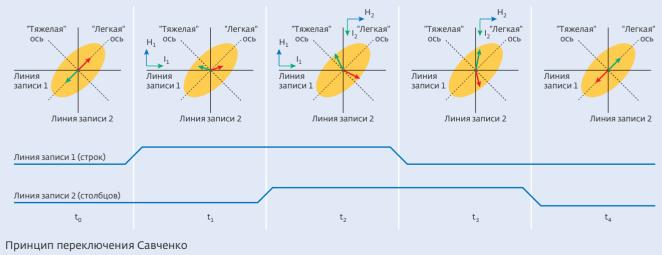




Структура ячейки MRAM с полевым переключением

измерить ток и тем самым определить уровень магниторезистивного сопротивления (высокое или низкое). Принципиально, что в такой структуре схемы записи и чтения данных электрически не связаны друг с другом.

В СБИС памяти битовые запоминающие ячейки расположены в виде матрицы, и для выбора определенной ячейки используются два проводника – линии выбора строк и выбора столбцов. В первых работах в области МRAM эти линии располагали параллельно кристаллографическим осям магнитной анизотропии ферромагнетиков: линия строк – параллельно оси легкого намагничивания ("легкой" оси), столбцов – параллельно оси тяжелого намагничивания ("тяжелой" оси). Для программирования (поляризации слоя) необходимо одновременное воздействие на ячейку двух магнитных полей – индуцируемых линиями выборки строк и столбцов. Однако при этом требовалось очень точно подбирать значения токов записи. Выход за их очень



Компания Everspin развивает две технологии MRAM. Насколько они различны?

Действительно, у нас есть два семейства продуктов и оба являются MRAM. Первое поколение наших устройств – Troggle MRAM – память с полевым переключением. В ней изменение состояния магнитного слоя в запоминающей ячейке происходит за счет приложения внешнего магнитного поля. Это очень надежная технология, мы уже восемь лет производим на ее основе

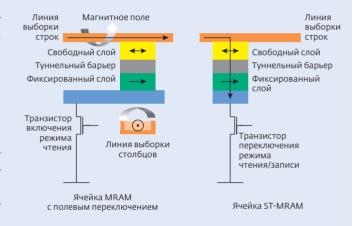
память объемом от 128 Кбит до 16 Мбит, как с параллельным, так и с последовательным интерфейсом (в том числе с высокоскоростным Quad SPI). Однако врожденная особенность этой технологии — низкая масштабируемость, то есть низкая плотность ячеек на кристалле, что не позволяет добиваться высокой степени интеграции СБИС памяти.

Поэтому мы развиваем другую технологию MRAM – на основе переноса спиновых

узкий диапазон приводил либо к тому, что ориентация свободного слоя не изменялась (токи малы), либо, если токи велики, происходило изменение состояния других ячеек вдоль линии выборки (так называемый эффект разрушения полутоком записи, характерный для всех видов ОЗУ, когда сигнал по одной из двух шин выборки приводит к изменению состояния нескольких ячеек в строке или столбце).

Решение было найдено группой исследователей компании Motorola. В качестве свободного слоя была предложена структура синтетического антиферромагнетика (САФ). Это сэндвич из двух ферромагнитных слоев, разделенных очень тонким немагнитным металлическим слоем (рутений). Взаимная ориентация этих двух слоев в отсутствии внешних магнитных полей всегда противоположна (антиферромагнетик). Идея состояла в том, что если последовательно подавать импульсы тока на шины выборки ячейки, вектор магнитного поля слоя САФ развернется на 180°. Сами шины выборки при этом располагают не ортогонально к "легкой" и "тяжелой" осям ферромагнетиков, а под некоторым углом. Для изменения состояния ячейки достаточно подать ту же самую последовательность импульсов. Причем инвертирование вектора намагниченности произойдет только в одной ячейке, на пересечении шин выборки. Этот принцип был назван "переключением Савченко" (Savtchenko Switching) в честь предложившего его российского исследователя Леонида Савченко. В 1997 году он защитил кандидатскую диссертацию в МГУ, а затем работал в компании Motorola, где играл важную роль в разработке магниторезистивной памяти. К сожалению, Л.Савченко скоропостижно скончался от инсульта 10 июня 2001 года в возрасте 35 лет, так и не увидев промышленного воплощения результатов своих работ. Механизм переключения Савченко используется в первом поколении MRAM компании Everspin.

Механизм переноса спина Spin Torque в MRAM принципиально отличается от полевого переключения. Здесь для записи используют не внешнее магнитное поле,



Сравнение ячейки MRAM с полевым переключением и SR-MRAM

а собственно ток, протекающий через структуру туннельного магнитного перехода. Для перевода ячейки из состояния высокого сопротивления в низкое (противоположная магнитная ориентация слоев) поток электронов направляют от фиксированного слоя к свободному (электрический ток - в обратном направлении). При этом, когда электроны протекают через фиксированный слой, их спины поляризуются. Когда достигается определенная плотность электронов с поляризованным спином в свободном слое, изменяется его магнитная ориентация. Для переключения из состояния низкого сопротивления в высокое (из параллельного состояния слоев в антипараллельное) поток электронов направляют от свободного слоя к фиксированному. При этом часть электронов со спином, противоположным поляризации фиксированного слоя, отражается обратно в свободный слой. Происходит перераспределение поляризованных электронов, и свободный слой в целом приобретает магнитную ориентацию, противоположную фиксированному. Такой подход существенно упрощает конструкцию ячейки по сравнению с MRAM на основе полевого переключения.

состояний (ST – spin torque) ST-MRAM. В ней для записи бита используется не внешнее магнитное поле, а ток, протекающий через структуру ячейки. Упрощенно, проходя через слой с фиксированной ориентацией магнитного поля, спины электронов поляризуются. Затем, попадая в "свободный слой" с изменяемой ориентацией магнитного поля, этот поток электронов изменяет его поляризацию. Такой механизм поляризации позволят существенно упростить конструкцию запоминающей ячейки. Кроме того, снижается величина тока записи. В результате возможно масштабирование таких ячеек, вплоть до топологических размеров современных КМОПтехнологий, например, используемых для ДОЗУ.

Уже первое поколение MRAM было доступно не только в виде отдельных СБИС, но и как встроенная память

Everspin уже производит ST-MRAM объемом 64 Мбит со стандартным интерфейсом DDR3 (тактовая частота 400 МГц). В начале 2016 года представим новую СБИС ST-MRAM объемом 256 Мбит (также с DDR3), на очереди — ST-MRAM объемом 1 Гбит с интерфейсом DDR4. В целом, память ST-MRAM по объему и быстродействию более походит на динамическое ОЗУ, поэтому мы планируем выпускать ее с интерфейсами DDR, что существенно повышает наши возможности на рынке ДОЗУ.

МRAM с полевым переключением больше походит на СОЗУ. Поэтому мы производим ее с параллельными интерфейсами, аналогичными СОЗУ, а также с последовательным интерфейсом SPI. Причем год назад мы начали продажи MRAM с последовательным интерфейсом Quad SPI. Он обеспечивает практически такую же пропускную способность, как и параллельный интерфейс, но только по четырем сигнальным проводникам. Это означает гораздо большую эффективность для многих новых проектов.

Как видите, технологии MRAM с полевым переключением и ST-MRAM различны и ориентированы на разную производительность. Поэтому мы, безусловно, продолжим производить оба типа MRAM-памяти.

Вы изготавливаете MRAM на собственном производстве?

Когда Everspin выделилась из Freescale. мы сохранили полупроводниковую фабрику в Чандлере (Аризона), обладающую оборудованием для обработки 200-мм пластин с разрешением до 90 нм. На этой фабрике внедрили технологии формирования магниторезистивных структур. Приборные структуры по КМОП-технологии мы создаем на сторонних кремниевых фабриках, таких как тайваньские TSMC или UMC. Мы получаем от них обработанные кремниевые пластины, на своей фабрике формируем структуры магниторезистивных ячеек, наносим два слоя металлизации. Затем тестируем готовые структуры на пластинах и направляем их на операции корпусирования, после чего проводим финальные испытания готовых СБИС MRAM.

Технологических возможностей нашего предприятия было достаточно для работы с MRAM первого поколения, с полевым переключением. Однако с переходом к технологиям ST-MRAM нам потребовалось более современное топологическое разрешение. Поэтому в 2014 году мы заключили стратегическое соглашение с одним из ведущих контрактных производителей полупроводников - компанией GLOBALFOUNDRIES. Это соглашение, в частности, включает трансфер наших технологий MRAM на GLOBALFOUNDRIES. Мы получили доступ к технологиям этого гиганта полупроводниковой индустрии. В результате новая ST-MRAM объемом 256 Мбит будет производиться по технологии уровня 40 нм на 300-мм пластинах. Начав массовые продажи в 2016 году, мы планируем перейти к крупносерийному производству ST-MRAM в 2017 году, используя технологии GLOBALFOUNDRIES уровня 40 и 28 нм.

Могут ли разработчики СБИС использовать MRAM как встроенную память?

Конечно. Уже первое поколение MRAM с полевым переключением было доступно на рынке не только как отдельные СБИС, но и как встроенная память. На сегодня мы продали 60 млн. устройств с MRAM — как в виде отдельных СБИС, так и встроенной в различные приборы.

КОМПЕТЕНТНОЕ МНЕНИЕ

В случае ST-MRAM мы будем поступать аналогично. Эта память будет производиться на мощностях GLOBALFOUNDRIES как отдельные СБИС. Но заказчики смогут применять ее в своих микросхемах как встроенную память — разумеется, для этого им необходимо обращаться на GLOBALFOUNDRIES. В будущем мы создадим библиотеку различных элементов памяти, чтобы разработчики процессоров или микроконтроллеров смогли выбирать оптимальный вариант встроенной MRAM для своего проекта.

Вы ориентируетесь только на одного контрактного производителя, GLOBAL-FOUNDRIES?

Наша базовая бизнес-модель подразумевает возможность применения встроенной памяти только путем обращения к GLOBALFOUNDRIES. Однако в принципе некоторые пользователи могут лицензировать нашу технологию, создавать свои собственные IP-ядра MRAM и внедрять на полупроводниковых фабриках.

В будущем мы планируем расширить число производственных партнеров, но сейчас наш фокус – на GLOBALFOUNDRIES.

Каковы основные области применения MRAM, где наиболее полно проявляются ее преимущества?

Для MRAM с полевым переключением назову три наиболее значимых рыночных сегмента. Первый связан с системами хранения данных. Объем поставок в этот сегмент занимает 40% нашего бизнеса. Как правило, MRAM в них используется для хранения метаданных в RAID-массивах (70% применения MRAM для систем хранения). Применяется MRAM и для хранения данных журналов ошибок, протоколирования работы устройств и т.д.

Второй крупнейший рыночный сегмент для MRAM — промышленные применения и, прежде всего, одноплатные промышленные программируемые логические контроллеры (ПЛК). Здесь существует множество различных типов задач и областей применения, от интеллектуальных счетчиков расхода энергоресурсов

до игровых автоматов в казино и торговых терминалов. Этот сегмент рынка составляет 35% нашего бизнеса.

Приведу только один пример – во многих современных индустриальных устройствах предусмотрена возможность дистанционного обновления управляющего программного обеспечения. Например, по беспроводному каналу. Для этого необходимы два запоминающих устройства – флешпамять для хранения программы и буферное СОЗУ для временного хранения нового программного кода. Новая программа сначала записывается в ОЗУ, верифицируется и затем переписывается в рабочую флешпамять. Такой механизм связан с особенностями флешпамяти – в нее возможна запись только определенного массива информат

Мы заменяем все эти решения на ST-MRAM, поскольку она обеспечивает производительность на уровне ДОЗУ

ции. Вместо этого можно использовать всего одну СБИС MRAM — в силу ее энергонезависимости и возможности побайтной адресации и записи.

Третий важный сегмент – это производство автомобилей и транспортных средств в целом. Здесь очень важно такое достоинство нашей MRAM-памяти, как очень широкий температурный диапазон, от -40 до 125°C. Он позволяет квалифицировать нашу продукцию для автомобильных применений. Этот рынок очень важен, поскольку сегодня в любом автомобиле более сотни различных систем управления на основе микроконтроллеров. И каждая из них должна сохранять множество данных при пропадании питания. Хранение информации от множества датчиков и систем, в том числе данных от видеокамер, важно и для расследований дорожно-транспортных происшествий. Если для подобных задач использовать традиционные технологии построения систем хранения, такие как флеш-память, через какое-то время будет достигнуто критическое число циклов записи-чтения. Пройдет порядка пяти-шести лет и начнется потеря данных, многие опции систем управления не смогут нормально работать. A MRAM идеально подходит для таких задач.

Что касается ST-MRAM, то мы только начинаем выводить ее на рынок. Мы видим основную область ее применения в качестве кэш-памяти и буферной памяти для систем хранения данных. Это огромный рынок, он включает различные хранилища данных, жесткие диски, в том числе твердотельные жесткие диски. Во всех этих устройствах в процессе записи данные сначала сохраняются в буферной кэш-памяти и лишь затем переносятся на долговременный носитель. Сегодня в качестве подобной кэшпамяти обычно используют ДОЗУ с подпиткой от суперконденсаторов или батареек. Мы заменяем все эти решения на ST-MRAM. поскольку она обеспечивает производительность на уровне ДОЗУ. При этом не требуя ни регенерации данных в процессе работы, ни дополнительной защиты от сбоев по питанию.

Конечно, это лишь основные рынки, применений для MRAM гораздо больше — это и медицинская техника, и системы хранения критичных данных в телекоммуникационных маршрутизаторах, и профессиональные электромузыкальные инструменты, и многое другое.

Насколько активно развивается ваша компания?

Everspin Technologies – частная компания, поэтому мы не публикуем данные о прибыли. Но могу сказать, что наши темпы ежегодного роста составляют от 30 до 40%. Мы ведь говорим о новой технологии, которая только начинает выходить на рынок. Например, первые опытные образцы ST-MRAM мы представили в 2012 году, однако тогда разработчики просто не осознавали всех возможностей этой технологии. Сейчас ситуация меняется. На этот рынок стремятся уже многие крупные компании. Но у нас есть решающее преимущество перед всеми – мы уже более шести лет промышленно выпускаем MRAM. И ни в одном случае из 60 млн. применений за все это время в MRAM не было ни единого отказа.

Какую часть выручки вы направляете на исследования и разработки?

Практически всю. Исследования и разработки – это основная статья расходов компании Everspin Technologies. Сегодня наш массовый продукт — это MRAM с полевым переключением. Весь рынок применений для этого типа MRAM оценивается в 300 млн. долл. Тогда как рынок для ST-MRAM сегодня можно оценить в 3 млрд. долл. А к 2019 году весь рынок MRAM составит порядка 5 млрд. долл. Поэтому мы инвестируем практически всю нашу выручку от продаж MRAM первого поколения в будущие технологии и будущие рынки.

Конечно, для столь амбициозных задач выручки компании недостаточно, поэтому мы до сих пор активно привлекаем деньги венчурных инвесторов и стратегических партнеров. Причем сегодня у нас есть не только институциональные инвесторы (инвестиционные организации, венчурные фонды), но истратегические инвесторы. Один из них – это компания GLOBALFOUNDRIES. Другой наш стратегический партнер – один из ведущих создателей систем хранения, корпорация Western Digital. Мы планируем расширять стратегическое партнерство с крупными компаниями.

С чем связан ваш визит в Россию?

Сегодня во всем мире экономика растет очень медленно. Поскольку мы — быстрорастущая компания, нам нужно использовать возможности всех перспективных рынков. Одна из стратегических задач — увеличить выручку на европейском рынке, который включает Россию. Сейчас объем продаж в Европе составляет порядка 30%. Восточная Европа — это достаточно быстрорастущие рынки. Мы верим, что если будем расширяться в России, то сможем увеличить наш общеевропейский оборот примерно на 10%.

В России есть немало предприятий, которые формируют хороший рынок для MRAM. Поэтому наш российский партнер – компания "Макро Групп" – организовала для нас встречу рядом из них. Разговаривая напрямую с крупными заказчиками, мы можем расширить свой бизнес.

Какие основные области применения для MRAM вы видите на российском рынке?

Здесь основной рынок сосредоточен в сфере промышленной электроники, прежде всего ПЛК. Мы видим большой интерес к MRAM от компаний-производителей

измерительных приборов, таких как счетчики газа, воды, электроэнергии. Немалый интерес проявляют и производители различных систем безопасности. Полагаю, со временем к ним добавятся производители систем экологического мониторинга, систем кондиционирования воздуха и т.п. Все они нуждаются в MRAM. Неизбежно появятся и другие области применения.

Наши темпы ежегодного роста составляют от 30 до 40%

Как вы планируете развивать свой бизнес в России?

У нас есть глобальная сеть дистрибьюторов, однако на европейском и российском рынке очень важны именно локальные дистрибьюторы. Пользователи предпочитают общаться на родном языке, поддерживать более тесные отношения с поставщиками. Поэтому в ряде стран мы предпочитаем работать с локальными партнерами. В России это компания "Макро Групп", которая открывает перед нами очень хороший доступ на рынок.

Мы сотрудничаем уже четыре года, делаем вместе хороший бизнес. Конечно, новой технологии всегда нужно время, чтобы специалисты смогли в ней разобраться и по достоинству оценить. Объемы продаж МRAM в России начали увеличиваться последние пару лет. Но сейчас мы видим, что интерес возрастает, и это — одна из причин нашего визита к российской промышленности. Через два года мы планируем удвоить объем наших продаж в России, такова ближайшая цель.

Everspin Technologies – исследовательская компания, которая создает новые технологии памяти. Вам лучше, чем кому-либо, видно будущее этого направления. На ваш взгляд, какие технологии памяти мы увидим на рынке через 10–15 лет?

Требуется очень долгое время, прежде чем новая технология памяти будет представлена на рынке. Например, технология магниторезистивной памяти развивается с 1990 года, однако сегодня Everspin – единственная компания, которая серийно производит MRAM. Я полагаю, через 10–15, может быть, через 20 лет, мы увидим много

разнообразных технологий памяти. Сегодня на рынке представлены три базовых технологии памяти – СОЗУ, ДОЗУ и флеш. Полагаю, в будущем новые технологии памяти будут более специализированными, ориентированными на различные типы задач.

Сегодня весь рынок памяти - 90 млрд. долл., из них рынок ДОЗУ – около 40 млрд. долл. Но внутри этого рынка ДОЗУ очень много различных типов задач. Развивая МКАМ, мы фокусируемся на 10% всего рынка ДОЗУ, создавая специализированные продукты для конкретных применений. Но остальные области так же обладают своими специфическими требованиями. На удовлетворение этих требований

и будет направлено создание новых технологий памяти.

Электронные системы становятся все более специализированными, каждый из типов применения требует своего набора свойств запоминающих устройств. Конечно, все предпочли бы работать с одним типом памяти, которая удовлетворит всем возможным требованиям. Но создать такую память весьма затруднительно. Поэтому в будущем мы увидим 5-6 типов технологий памяти, и каждый из них будет оптимизирован для различных задач.

Спасибо за интересный рассказ!

С Филлипом ЛоПрести беседовал И.Шахнович

М.: ТЕХНОСФЕРА. 2015. – 344с.

ISBN: 978-5-94836-406-3

НОВЫЕ КНИГИ ИЗЛАТЕЛЬСТВА "ТЕХНОСФЕРА"



Цена 420 руб.

СТРАТЕГИЧЕСКОЕ **УПРАВЛЕНИЕ**

Издание 3-е., испр. и перераб. Анцупов А.Я.

В книге обосновывается ключевая роль стратегического управления, дается краткая характеристика состояния зарубежной и отечественной стратегической мысли. Демонстрируется определяющая роль психики лидера в разработке стратегии, раскрывается ее влияние на качество стратегического управления и границы картины мира у стратега. Прикладным ядром работы является авторская концепция оптимизированного цикла стратегического управления. Она включает четыре частных цикла: обоснование, принятие, выполнение стратегии, обобщение опыта стратегического управления. Предпринимается попытка анализа глобальных проблем советских и российских стратегов XX и XXI веков, раскрываются актуальные и прикладные проблемы стратегического управления. Анализируются проблемы риска, внезапности и нестандартных решений в стратегическом управлении. Предлагаются рекомендации лидерам по избавлению от стресса и развитию стратегического мышления.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

ы 125319, Москва, а/я 91; **** (495) 234-0110; ⊕ (495) 956-3346; knigi@technosphera.ru, sales@technosphera.ru

21