

# РОССИЙСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО МАГНИТНОЙ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

Рассказывает Марк Дидик,  
генеральный директор компании "Крокус Наноэлектроника"



В 2011 году корпорация "Роснано" и франко-американская компания Crocus Technology основали совместное предприятие "Крокус Наноэлектроника" (КНЭ) с целью создания в России промышленного производства магниторезистивной памяти с использованием технологии Magnetic Logic Unit (MLU). КНЭ стала резидентом технополиса "Москва", в конце 2013 года было объявлено о запуске первого технологического оборудования, а в текущем году компания получила дополнительное финансирование от учредителей (51% принадлежит Crocus Technology и 49% – "Роснано"), что свидетельствует об их уверенности в успехе. Чтобы из первых рук узнать об особенностях, состоянии и перспективах развития проекта, мы встретились с генеральным директором КНЭ Марком Дидиком.

**Господин Дидик, каковы предпосылки разработки магниторезистивной памяти?**

Создание быстродействующей памяти путем интеграции магнитных элементов с полупроводниковыми приборами – задача, над которой исследователи работают уже несколько десятков лет. Существующие типы памяти близки к пределам своих возможностей, поэтому ведется поиск новых путей, и магниторезистивная память (MRAM) имеет очень хорошие перспективы. Сейчас ее развитие находится на стадии перехода к промышленной реализации разработок третьего поколения.

В общем виде магниторезистивная ячейка представляет собой структуру, которая включает два магнитных слоя и разделяющий их изолятор. Принцип хранения информации основан на разнице в электрическом сопротивлении ячейки при параллельном и антипараллельном намагничивании слоев. Скорость намагничивания высока, поэтому по своему быстродействию MRAM сравнима с SRAM и DRAM, но, в отличие от последних, способна сохранять информацию при отсутствии внешнего питания. По сравнению с другими видами энергонезависимой памяти, например, с флэш и EEPROM, MRAM характеризуется значительно более высокой скоростью записи и считывания информации. Уникальная особенность MRAM – безопасность, поскольку некоторые существующие технологии атаки на память к ней не применимы. Единственный недостаток MRAM – меньшая плотность ячеек и, соответственно, меньшая емкость, чем у DRAM и NAND-флэш. При этом магниторезистивная память имеет более низкую себестоимость, так как изготавливается с применением обычных для производства электронных приборов технологических операций, а структура ячейки проще, чем, например, у флэш-памяти.

**Расскажите, пожалуйста, о решениях, предложенных Crocus Technology.**

Crocus Technology была создана в 2004 году для коммерциализации разработок лаборатории Spintec. Штаб-квартира

компании расположена в США, а исследовательский центр в Гренобле (Франция). В кооперации с IBM мы разработали технологию MLU, которая позволяет создавать магниторезистивные элементы, размещаемые в металлизированных слоях на полупроводниковом приборе без нарушения структуры последнего. То есть мы нашли решение, как сформировать магниторезистивную ячейку и как присоединить

*MLU – универсальная технология, позволяющая выпускать магнитные ячейки не только для MRAM, но и, например, для датчиков магнитного поля*

ее к приборам с комплементарной структурой металл-оксид-полупроводник (КМОП). Фактически мы объединяем в одном процессе две известные, хорошо отработанные технологии и получаем продукт с новыми свойствами, который совместим с традиционной элементной базой и пригоден для массового производства.

MLU – универсальная технология, позволяющая выпускать магнитные ячейки не только для MRAM, но и, например, для датчиков магнитного поля. Магниторезистивная ячейка может использоваться и как логический элемент для сравнения сохраненной в ней информации с поступающими данными. В этом случае информация не считывается из памяти и обеспечивается исключительно высокая степень ее защиты.

Еще одно принципиальное отличие нашей разработки – нагрев магнитной структуры перед записью данных. Эта технология получила название Thermally Assisted Switching (TAS). Также мы первыми смогли реализовать технологию производства магнитных ячеек с топологической нормой 90 нм.

TAS MRAM энергонезависима, характеризуется хорошим быстродействием, низкой стоимостью и долговечностью.

**В каких областях могут использоваться ваши магниторезистивные элементы?**

Пока можно назвать три области: датчики магнитного поля (их производство

уже налажено), дискретные модули памяти, а также встраиваемые в микроконтроллеры блоки MLU и защищенные микроконтроллеры для смарт-карт (SIM-карт, идентификационных карт, банковских карт). Перспективы очень хорошие. MLU хорошо подходит как для ОЗУ, так и для долгосрочного хранения данных, поэтому в будущем она вполне может стать

*MLU хорошо подходит как для ОЗУ, так и для долгосрочного хранения данных, поэтому в будущем она вполне может стать универсальным видом памяти*

универсальным видом памяти, который позволит значительно упростить конструкцию электронной и компьютерной техники. Очень интересное направление связано с развитием так называемых баз данных в оперативной памяти. Сейчас для обеспечения быстрого поиска в базах данных используются серверы, кэширующие информацию в ОЗУ с большими объемами DRAM-памяти, которая характеризуется высоким энергопотреблением. В будущем при достижении плотности, сопоставимой с DRAM, использование вместо DRAM энергонезависимой MRAM позволит существенно снизить затраты на эксплуатацию таких систем.

По мере отработки и совершенствования технологии мы планируем предлагать рынку новые типы продукции.

#### **На какой стадии развития находится проект КНЭ?**

КНЭ создает производство, ориентированное на обработку 300-мм пластин с топологической нормой 90 нм. Это будет производство неполного цикла – КМОП-пластины мы покупаем у других компаний, в частности, у SMIC. Отмечу, что КНЭ станет первым российским предприятием, работающим с 300-мм пластинами.

Бизнес-план предусматривает три этапа оснащения оборудованием: нулевой, А и В. В конце 2013 года была сдана в эксплуатацию первая производственная линия по нанесению на КМОП-пластины

магнитных слоев, что ознаменовало завершение нулевой стадии. На этапе А устанавливается оборудование для литографии и травления, которое позволяет создавать магниторезистивные структуры, а на этапе В мы закончим оснащение производства и получим мощности для выполнения полного комплекса предусмотренных операций по созданию готовых к порезке пластин с магниторезистивными продуктами.

Мы уже располагаем всем технологическим оборудованием для стадии А, в частности, 193 нм литографическим сканером и интегрированной линией травления и осаждения магнитных слоев в специальной конфигурации, которую изготовила корейская компания Jusing. Важной вехой стала выполненная в конце июня сертификация чистых помещений в соответствии с требованиями ISO 14644-1 по классу чистоты 1000. Сейчас мы перешли ко второму этапу оснащения производства и формированию единой инфраструктуры предприятия – планируется, что этот процесс будет завершен в ноябре. Следующей стадией станет настройка оборудования и внедрение технологии – в этом нам помогут партнеры из IBM, и мы рассчитываем закончить ее в конце февраля 2015 года. Еще около трех месяцев займет комплексное тестирование производства – будут проверяться технические характеристики магниторезистивных продуктов и их пригодность для корпусирования. В мае мы планируем начать выпускать пилотные партии продукции с последующей их проверкой в работе, что также займет примерно три месяца. Таким образом, запуск коммерческого производства, по нашим расчетам, состоится в августе 2015 года.

Хотя начало полномасштабного производства пока еще вопрос будущего, мы уже участвуем в выполнении коммерческих заказов – с момента окончания нулевого этапа в качестве одного из смежников наносим на пластины магнитные слои. По мере запуска и отладки технологических участков номенклатура выполняемых работ будет расширяться вплоть до выхода предприятия на проектную мощность – 500 пластин в неделю. Общая

площадь производства составит 8,2 тыс. м<sup>2</sup>, включая 2,4 тыс. м<sup>2</sup> чистых помещений. При необходимости мощность может быть увеличена до 1000 пластин в неделю.

**Почему в качестве площадки для предприятия был выбран технополис "Москва"?**

Резидентам технополиса обеспечиваются упрощенная процедура согласования строительных работ, необходимые электрические мощности, сокращенный налог на прибыль и субсидии от Правительства Москвы, поэтому здесь мы получили оптимальные условия для осуществления наших планов.

**С какими проблемами приходится сталкиваться при реализации проекта?**

У нас были проблемы с привлечением дополнительных инвестиций, так как российские финансовые организации

неохотно вкладывают средства в инновационные проекты, но сейчас они решены.

**Планируется ли создать при КНЭ исследовательский центр и развивать сотрудничество с российскими научно-исследовательскими институтами?**

Пока КНЭ будет служить только производственной базой, но дальнейшие планы развития предусматривают разработку системных решений и современных применений технологии в России.

**Как вы оцениваете эффективность участия "Роснано" в проекте?**

Сотрудничество с "Роснано" очень продуктивно, российский учредитель неукоснительно выполняет свои обязательства и оказывает проекту всестороннюю поддержку.

**Спасибо за интересный рассказ.**

*С М. Дидиком беседовал Д. Гудилин*