

Материалы в электронике должны развиваться опережающими темпами

Рассказывает генеральный директор АО «Эпиэл» Н. В. Тюрнев



Область специализации зеленоградской компании «Эпиэл» очень узкая. Однако она лежит у самой основы «перевернутой пирамиды» производства современных полупроводниковых приборов, как дискретных, так и интегральных. Речь идет о технологиях изготовления базовых материалов микроэлектроники – кремниевых эпитаксиальных структур.

В этом году «Эпиэл» отмечает 20-летний юбилей. К этому событию приурочена Конференция Потребителей АО «Эпиэл», которая пройдет 26 октября 2018 года в Москве.

Об истории компании, ее технологических возможностях, планах развития, а также о том, какие ниши занимает «Эпиэл» на рынке, нам рассказал генеральный директор АО «Эпиэл» Николай Валерьевич Тюрнев.

Николай Валерьевич, компании «Эпиэл» около двух месяцев назад исполнилось 20 лет, а это значит, что она была создана в августе 1998 года. Этот месяц запомнили, вероятно, все, кто в то время занимался бизнесом. Почему компания была образована именно в этот момент?

Это был, пожалуй, самый серьезный кризис за всё время рыночной экономики после распада СССР. Тогда многие предприятия, особенно крупные, рассчитанные на выпуск больших объемов продукции в условиях плановой экономики, оказались в очень тяжелом положении и не могли обеспечивать даже текущую рентабельность; были огромные задержки по заработной плате сотрудникам. Внутренний рынок уже не давал требуемого объема заказа, а к выходу на внешние рынки компании были еще не готовы.

На тот момент у завода «Микрон», который и тогда являлся ведущим предприятием отечественной микроэлектроники, был собственный участок производства кремниевых эпитаксиальных структур. Однако содержание этого участка требовало затрат, которые не окупались из-за недостаточной загрузки. Кроме того, существовало множество проблем как с его обслуживанием, так и с качеством производимой продукции.

Первоначальная бизнес-идея заключалась в том, чтобы консолидировать заказы на производство эпитаксиальных структур как от самого «Микрона», так и от других предприятий, что позволило бы сделать это производство экономически эффективным, а также решить проблемы с качеством.

Компания арендовала у «Микрона» производственные площади вместе с оборудованием. Это были уже на тот момент изрядно изношенные отечественные установки «Эпиквар-121М». Но они, тем не менее, позволяли изготавливать эпитаксиальные структуры на пластинах диаметром до 100 мм, и этого было достаточно, чтобы начать работу.

Была подобрана уникальная команда специалистов, обладающих компетенциями и в технологии самой эпитаксии, и в эпитаксиальном оборудовании, и в какой-то мере в тех приборах, которые создаются на базе эпитаксиальных структур. Эта связка компетенций и сыграла ключевую роль в дальнейшем успешном развитии АО «Эпиэл».

Одновременно с этим была организована работа по формированию кооперационных связей с поставщиками материалов и комплектующих, а главное – по привлечению сторонних заказчиков, поскольку только на заказах «Микрона» поднять производство

было бы невозможно. И все эти меры, предпринятые в очень короткий период времени, дали эффект менее чем через год: в начале 1999 года началось реальное производство, объемы стали расти, и к 2001 году штат сотрудников увеличился с первоначальных шести до 100 человек.

В самом начале «Эпиэл» производил структуры для изделий с проектными нормами 0,6–1 мкм на пластинах диаметром 60, 76 и 100 мм.

Но уже в 2000–2001 годах нашей компанией был спроектирован и построен новый участок, отвечающий самым современным на тот момент требованиям, который был оборудован высокопроизводительными установками PE2061S итальянской компании LPE S.p.A., обеспечивающими оптимальное соотношение цена/качество структур для дискретных электронных компонентов. Это позволило компании перейти на принципиально новый уровень качества для структур диаметром 100 мм и освоить выпуск первых в России эпитаксиальных структур диаметром 150 мм. В свою очередь наши заказчики тогда получили возможность не только улучшить качество выпускаемых изделий, но и осваивать выпуск новых современных электронных компонентов на базе структур диаметром 100 и 150 мм, существенно нарастив долю экспорта в портфеле своих заказов и заняв прочные позиции на рынке Восточной и Юго-Восточной Азии, сохраняющиеся по сей день.

Начиная с того момента было разработано и освоено более 20 эпитаксиальных технологий и их модификаций. Кроме этого, в 2008 году в дополнение к эпитаксии типа «кремний на кремнии» в АО «Эпиэл» была разработана технология производства структур КНС – «кремний на сапфире». Подложка сапфира является идеальным изолятором, и это позволяет использовать такие структуры для изготовления ЭКБ специального назначения, которая применяется в аппаратуре для космоса, атомных электростанций и т. п. Кроме того, структуры КНС используются для создания прецизионных тензочувствительных элементов широкого спектра применения: от газо- и нефтепроводов до космических спутников.

Сейчас парк оборудования АО «Эпиэл» насчитывает три установки PE2061S, на которых выпускаются бюджетная продукция типа «кремний на кремнии» и структуры КНС диаметром 76, 100 и 150 мм, а также две установки нового поколения PE3061D, на которых производятся кремниевые эпитаксиальные структуры диаметром 150 мм с улучшенными характеристиками, а также структуры диаметром 200 мм под микросхемы с проектными нормами 180–90 нм.

А старый участок с установками «Эпиквар», с которого всё начиналось, был полностью демонтирован

в 2013 году, и в настоящий момент на его месте создается новое производство.

Оглядываясь назад, можно уверенно утверждать, что решение создать «Эпиэл» в тот момент было очень мудрым. Кризис, разрушая старое, одновременно дает возможность создать что-то новое – главное ее увидеть и реализовать. И это удалось сделать основателям компании.

К этому стоит добавить, что тот кризисный период в момент зарождения компании сыграл роль «детской прививки». Дальнейшие экономические кризисы «Эпиэл» переживал легче благодаря тому неординарному опыту, который получила наша компания в самом начале своего существования.

Какие компании сейчас входят в число заказчиков «Эпиэл»?

Сегодня компания насчитывает порядка 40–50 активных потребителей продукции. А общее число предприятий, заказывавших у нас структуры, включая зарубежные компании, составляет более 200.

Самые крупные наши заказчики – ПАО «Микрон» и воронежское предприятие АО «ВЗПП-Микрон». Еще можно выделить такие предприятия, как АО «Ангстрем» (г. Зеленоград); АО «ГЗ «Пульсар» (г. Москва); АО «НПК ВИП» (г. Екатеринбург); АО «НЗПП с ОКБ» (г. Новосибирск); АО «Протон» (г. Орел); ООО «Микротензор» (г. Орел). Но это уже относительно небольшие заказчики – само собой, с точки зрения объемов поставок эпитаксиальных структур. Предприятие может быть очень крупным, но объем его кристалльного производства на базе эпитаксии и, следовательно, размещаемые у нас заказы – не такими большими.

АО «Эпиэл» на сегодняшний день является единственным специализированным поставщиком заказной эпитаксиальной продукции в России

В России есть предприятия, у которых сохранились собственные эпитаксиальные участки еще с советских времен, где они изготавливают структуры только для собственных нужд. Но, во-первых, таких предприятий – единицы, а во-вторых, сейчас эти участки находятся, наверное, еще в худшем, плачевном состоянии, чем был участок «Микрона», когда наша компания только создавалась.

Эпитаксиальное производство достаточно капиталоемкое. Для его создания, не считая затрат на строительство самих промышленных площадей, необходимы крупные инвестиции – по меньшей мере

20 млн долл. Затем его нужно регулярно обслуживать, модернизировать. Накладные расходы тоже достаточно велики. Безусловно, при внутренних потребностях, скажем, 1000 структур в год создавать собственное эпитаксиальное производство совершенно неоправданно.

АО «Эпиэл» на сегодняшний день является единственным специализированным поставщиком заказной эпитаксиальной продукции в России. Текущий суммарный объем производства составляет порядка 50 тыс. структур в месяц, что позволяет обеспечивать рентабельность как нашего эпитаксиального производства, так и производимой продукции для заказчика, и при этом решать для него ряд других технологических задач, о которых он может даже не догадываться.

Но ведь можно покупать эпитаксиальные структуры за рубежом, допустим в Китае...

Да, было время, когда китайские производители активно пытались проникнуть на рынок России за счет откровенно демпинговых цен. Но потом появилось понимание, что, кроме низкой цены и массовости поставок, они ничего предложить не могут. А для отечественного рынка важна возможность быстрой разработки нового решения, которая сопряжена с практически ежедневным взаимодействием между заказчиком и производителем, и то, что мы находимся рядом и говорим с потребителем на одном языке, – очень немаловажный фактор.

Китайские производители занимают рынок массового производства достаточно простых изделий, а наша ниша – сложные, подчас уникальные разработки. Как уже упоминалось выше, мы разработали ряд различных базовых технологий, каждая из которых ориентирована на определенный тип приборов, и выпускаем продукцию по 2000 различных спецификаций.

Если какое-то время назад эпитаксия была относительно простой технологической операцией, а прибор создавался в основном за счет стандартного набора планарных технологий, то сейчас существуют, в частности, дискретные компоненты, в которых доля эпитаксии в общем объеме ноу-хау может составлять более 60%, как, например, в новых разработках под диоды Зенера и изделия TVS (супрессоры) нового поколения, предназначенные для защиты высокоскоростных линий передачи информации от разрушающего воздействия статического электричества и бросков напряжения. Эпитаксиальные слои, сформированные в определенной последовательности и обладающие заданными характеристиками, формируют непосредственно сам активный элемент, задают его основные параметры. Поэтому характеристики

прибора, который требуется создать, определяются свойствами эпитаксиальных структур, и это вызывает необходимость в разработке специализированных технологических приемов для соответствующего типа приборов. Для этого подбираются реагенты, с помощью которых формируется эпитаксиальный слой, их соотношение, режимы роста и другие параметры, определяющие технологию. Объемы производства таких структур могут быть небольшими, но сами структуры достаточно дорогостоящие. Это, с одной стороны, наукоемкая, а с другой – высокомаржинальная ниша, и мы успешно работаем именно в ней.

Еще одно наше преимущество – то, что мы с самого начала очень серьезно относимся к выбору поставщиков исходных материалов. То, что мы выбираем не самые дешевые, а максимально качественные материалы, позволяет нам достигать характеристик структур, которые далеко не всем под силу. Кроме того, работая с лидерами рынка, у которых всегда есть определенные наработки для дальнейшего развития, мы также можем ориентироваться не только на востребованные в настоящий момент технологии, но и на технологии будущего.

Благодаря этому, например, мы смогли разработать технологию производства сверхвысокоомных структур кремния с удельным сопротивлением слоя более 1500–2000 Ом·см, в то время как для большинства компаний пределом является уровень удельного сопротивления 200 Ом·см.

Можно привести еще один достаточно интересный пример разработанной нами технологии, которая только недавно нашла свою нишу.

В свое время мы разработали так называемую сэндвич-эпитаксию – уникальную технологию эпитаксии из твердого источника, которая позволяет достаточно дешевым способом формировать толстые слои кремния – до 800 мкм. До недавнего времени она была не очень востребованной, практически оставалась в статусе разработки. А не так давно появился заказчик, который попробовал использовать нашу эпитаксию большой толщины в своих изделиях, и обнаружилось очень интересное свойство: микросхемы на базе монокристаллических КСДИ (кремниевых структур с диэлектрической изоляцией), изготовленных с помощью нашей сэндвич-эпитаксии, выдерживают повышенные механические и вибрационные нагрузки, что позволяет использовать их в автомобильной электронике, в то время как изделия, изготовленные с использованием традиционной технологии методом спекания, при аналогичных нагрузках расслаиваются.

Сейчас это вылилось в совместный проект, мы разработываем эту технологию и будем осваивать ее

в серийном производстве, потому что под нее появился реальный экспортный рынок. Кроме того, у нас есть планы модернизации этой технологии для других применений.

Какие зарубежные компании заказывают вашу продукцию и какова доля экспорта в поставках АО «Эпиэл»?

Прямого экспорта у нас до текущего момента было не так много. Правда, если учесть косвенный экспорт, то есть те кристаллы, которые изготавливаются на наших структурах и затем продаются на зарубежных рынках, то в сумме с прямым экспортом это составит, вероятно, порядка 90% наших поставок.

В этом году мы наблюдаем почти трехкратный рост объемов прямых экспортных поставок по сравнению с 2017 годом. По итогам текущего года мы ожидаем довести долю прямого экспорта в обороте компании до 5%. Сейчас у нас порядка 15 зарубежных заказчиков. Около 50% прямого экспорта приходится на Китай, 30% – на Канаду, остальное – на Францию, Индию, Японию и другие страны.

Конечно, это в подавляющем большинстве нишевые продукты. Массовый рынок всё же занимают крупные китайские производители, мощности которых превосходят наши в разы. К нам обращаются за продукцией, которую никто больше не может сделать, либо которая не интересна для крупных мировых производителей из-за малых объемов. Как правило, это специализированная продукция с конечным применением в космосе, медицине и т. п. Также на нас выходят иностранные институты и исследовательские центры, которым требуются нестандартные структуры для экспериментов и новых разработок. Мы всегда рассматриваем такие запросы и стараемся сделать всё, что в наших силах. И часто в ходе выполнения таких заказов мы для себя находим некое новое решение, новый технологический прием.

Вообще, хотелось бы сказать большое спасибо нашим заказчикам, как отечественным, так и зарубежным, потому что благодаря им у нас появляется много новых идей. Это в итоге способствует нашему совместному гармоничному развитию.

Большую долю прямого экспорта у вас составляют поставки в Китай. Там есть малые объемы, специализированные изделия?

Конечно есть. И китайские производители не всегда могут удовлетворить потребности своего рынка в соответствующих эпитаксиальных структурах с точки зрения технических характеристик.

Например, мы обладаем технологией производства структур для силовой электроники, в частности

для IGBT-транзисторов с рабочим напряжением до 1200 В, обладающих при этом высокой надежностью и длительным сроком службы.

В Китае сейчас есть ниша, где востребованы именно такие изделия, при этом крупные китайские производители эпитаксиальных структур не способны предложить продукт с такими параметрами, которые обеспечили бы аналогичные характеристики. Эта ниша небольшая, однако там есть потребность, которая не удовлетворена, и мы планируем там прочно обосноваться.

Доля эпитаксии в общем объеме ноу-хау современных дискретных компонентов может составлять более 60%

Как вы продвигаете свою продукцию на зарубежном рынке?

Основной механизм продвижения – зарубежные выставки. В этом отношении мы часто пользуемся поддержкой нашего Инновационно-территориального кластера «Зеленоград», который организует коллективные стенды с бесплатным для предприятий участием на международных профильных выставках. Там мы рассказываем о своей продукции, о возможностях «Эпиэл», показываем, какой широкий выбор решений мы можем предложить. И это расширяет сеть наших контактов, позволяет построить взаимоотношения с новыми заказчиками.

Второй путь – это интернет-технологии, сайты, раскрутка в сети. На нашем сайте есть форма обратной связи, через которую к нам часто обращаются те, кому требуются необычные, нестандартные и даже уникальные структуры.

Еще один способ выхода на зарубежные рынки – через наших заказчиков. У нас был такой опыт, когда на базе наших структур была разработана технология, которая, видимо, оказавшись невостребованной на внутреннем рынке, была продана канадской компании, работающей в области медицинского оборудования. Разработчик этой технологии указал на нас как на поставщика эпитаксиальных структур, и вот уже около семи лет мы поставляем наши структуры для этой компании из Канады. В этом году их заказы значительно выросли, потому что они разработали новое медицинское оборудование на базе МРТ, добавив ряд новых диагностических функций, основанных на последних разработках изделий, для которых потребовалась уникальная эпитаксия, которую мы для них выполняем.

Развитие экспорта требует от вас движения в сторону уменьшения топологических норм?

В отношении топологических норм для нас основным драйвером всё же выступает наш внутренний рынок. Если наши заказчики решат развиваться в этом направлении, мы будем двигаться вместе с ними.

Сейчас мы производим структуры на пластинах диаметром 76, 100, 150 и 200 мм. Последний является самым большим диаметром, востребованным на данный момент на российском рынке, причем пока всего двумя компаниями. Это «Микрон» и «Ангстрем-Т». На диаметре 200 мм могут изготавливаться изделия с топологическими нормами вплоть до 90–65 нм.

Однако нужно отметить, что предел для диаметра 200 мм, вообще говоря, даже не 65, а 90 нм. Это вопрос по преимуществу экономический: обычно меньшие топологические нормы используются в очень сложных устройствах, и даже с учетом меньших размеров транзистора габариты чипа возрастают, а также возрастает число операций, которые должна пройти пластина по мере формирования кристалла. Производить большие кристаллы с малыми проектными нормами на пластинах с небольшим диаметром оказывается экономически невыгодным. Поэтому кристаллы с проектными нормами менее 90 нм в основном сейчас производят на пластинах диаметром 300 мм.

В мире говорят о переходе на диаметр 450 мм, но это требует создания полного комплекта оборудования и технологий «с нуля», на что пока рынок решиться не может.

С другой стороны, если на пластинах диаметром 200 мм еще встречаются изделия, изготавливаемые непосредственно на исходных кремниевых подложках без эпитаксии, то пластины диаметром 300 мм без эпитаксии практически не используются.

В России рассматривается проект создания кристалльного производства на диаметре 300 мм с проектными нормами 28 нм, но он пока находится на этапе разработки. Здесь очень важно, как будет обеспечен спрос на такую продукцию. Мы также готовы начать двигаться в этом направлении и взять на себя решение задач по разработке и поставкам исходных эпитаксиальных структур.

Вы говорили про подготовку площадки под новый участок. Какие технологии будут на нем реализованы?

Мы сейчас смотрим в сторону таких новых и перспективных материалов, как нитрид галлия (GaN) и карбид кремния (SiC).

Нитрид галлия находит широкое применение в силовой электронике, светодиодах и СВЧ-изделиях. Сейчас один из мощнейших драйверов рынка – развитие

автомобильной промышленности, создание электромобилей и беспилотного транспорта. В современных и перспективных транспортных средствах очень много узлов с приводом от электродвигателей, управление которыми требует мощных электронных компонентов. Кроме того, на электрических заправочных станциях зарядка аккумуляторов электромобилей должна выполняться очень быстро, что будет создавать высокую и очень неравномерную, «рваную» нагрузку на электросети. Поэтому нужны приборы, которые смогут этим эффективно управлять.

Для беспилотного транспорта необходимы системы управления, которые должны быть способны в непрерывном режиме оценивать обстановку вокруг машины и за доли секунды реагировать на ее изменение. Это требует разработки соответствующей компонентной базы с очень высоким быстродействием.

Для этих областей нитрид галлия представляет большой интерес, потому что, с одной стороны, у него ширина запрещенной зоны примерно в три раза больше, чем у кремния, и это дает возможность создавать компоненты, работающие с более высоким напряжением, с другой – в разы более высокая удельная плотность мощности и меньшее сопротивление прямого включения позволяют существенно уменьшить габаритные размеры изделий. Кроме того, на базе этого материала можно получить приборы со скоростью переключения до 10 раз выше, чем на кремнии, что делает его привлекательным для СВЧ-техники.

И если в современных кремниевых дискретных компонентах доля эпитаксиального ноу-хау, как уже говорилось, может составлять 60%, то в изделиях на нитриде галлия эта величина может достигать 80–90%. Здесь дискретный прибор практически полностью создается эпитаксиальными структурами, и остается лишь выполнить соединения с кристаллом. Поэтому для нас это направление очень интересно.

На новом участке, строительство которого началось в этом году, мы планируем организовать производство эпитаксиальных структур GaN на кремнии диаметром 200 мм, обладающих большим потенциалом для выпуска массовой гражданской продукции в таких областях, как телекоммуникации и силовая электроника.

Поддерживает ли государство вашу компанию как единственного отечественного производителя эпитаксиальных структур, работающего на заказы российских предприятий?

Я не могу сказать, связана ли государственная поддержка с тем, что наша компания единственная в своем роде, но эта поддержка нам оказывается. Мы участвуем в государственных программах,

реализуемых Минпромторгом России, в различных НИОКР по разработке технологий. Ряд НИОКР мы уже успешно выполнили.

Также наша компания – резидент Особой экономической зоны «Технополис «Москва». Благодаря этому нам предоставляется ряд налоговых льгот, что помогает развитию компании. Мы пользуемся и такими механизмами, как субсидии на возмещение части затрат на уплату процентов по кредитам, гарантии государственных фондов при получении кредитов на приобретение оборудования.

А каких мер поддержки не хватает?

Для успешной реализации наших инвестиционных программ не хватает длинных денег под низкие проценты. Наше производство очень капиталоемкое. Оборудование, которое необходимо для дальнейшего развития наших технологий, – импортное, и, особенно после кризиса 2014 года, оно очень дорогое в рублях. Стартовая цена установки порядка 1,5–1,8 млн долл., то есть сейчас это более 100 млн руб. А таких установок, как правило, нужно несколько. И привлечь такие деньги достаточно сложно. Кроме того, проценты по кредитам слишком высокие, а сроки – относительно короткие для такой области, как микроэлектроника, для которой характерно длительное время окупаемости новых технологий.

Есть и еще одна проблема. Чтобы получить кредит, нужен залог или 100%-ная гарантия возврата заемных средств. А когда компания средних размеров внедряет новую технологию, приобретает новое технологическое оборудование, для этого требуются большие инвестиции, и у нее в принципе может не быть требуемого залога: ведь она еще только «наращивает свои мышцы»...

Для развития высокотехнологичных производств нужны длинные деньги под низкие проценты

Мы на хорошем счету у наших заказчиков, и нам в предоставлении гарантий для получения кредитов помогают государственные компании. Но в принципе, для высокотехнологичных компаний при рассмотрении кредитных заявок было бы более правильно использовать в качестве обеспечительных гарантий кредитную историю данного предприятия, как это делается во многих странах.

Существует ли у вас взаимодействие с АО «НИИМЭ» как с головным предприятием по развитию

приоритетного технологического направления «Электронные технологии», направленное на то, чтобы ваше видение развития технологий и ваши идеи находили отражение в стратегических решениях на государственном уровне?

Безусловно, мы пользуемся и этой, и другими возможностями для того, чтобы принимать участие в формировании стратегии развития отрасли.

Большая работа по координации развития электронной промышленности ведется в рамках Межведомственного совета главных конструкторов по ЭКБ РФ, который возглавляет академик РАН, генеральный директор АО «НИИМЭ» Геннадий Яковлевич Красников. Наш главный конструктор и председатель совета директоров АО «Эпиэл» Владимир Николаевич Стаценко входит в этот совет и принимает участие в формировании стратегии развития отрасли по направлению развития технологий материалов и специализированного оборудования для их производства. Так что участие нашей компании в этом процессе очень активное.

И возможность вносить свой вклад в эту работу, влиять на процесс тоже можно в определенном смысле рассматривать как поддержку со стороны государства.

В заключение хотелось бы услышать несколько слов о предстоящей конференции, которую организует ваша компания. В чем ее задачи?

Впервые мы решили провести конференцию пять лет назад, приурочив ее к 15-летию компании. Сейчас нам 20 лет. Пять лет – это срок, который уже позволяет подвести определенные итоги и сформировать планы на следующий период. Можно сказать, своего рода «пятилетка». И мы организуем такие конференции с тем, чтобы обменяться новыми идеями с нашими заказчиками, познакомиться с их видением дальнейшего развития и учесть это в формировании собственных планов, чтобы иметь возможность предоставить им нужные решения тогда, когда они им понадобятся. Материалы для электроники должны развиваться опережающими темпами, так как без них невозможно даже попробовать сделать образцы новых изделий.

Благодаря такому взаимодействию и мы, и наши заказчики получают дополнительную информацию, которая не только помогает действовать согласованно, но и создавать почву для новых идей и направлений развития.

Спасибо за интересный рассказ.

С Н. В. Тюрневым беседовал Ю. С. Ковалевский