

## ПРОЕКТ "АНГСТРЕМ-Т": ПЕРВАЯ РОССИЙСКАЯ SMART-FOUNDRY.

РАССКАЗЫВАЕТ ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР ОАО "АНГСТРЕМ-Т" А.И. СУХОПАРОВ

В последние несколько лет в российской микроэлектронике наступило заметное оживление (если не сказать – оживание). Полным ходом идут пуско-наладочные работы на новом производстве "Микрона", как реальность рассматривается приобретение компании Altis, реализуется проект "Ангстрем-Т". Последний до недавнего времени был окружен некоей завесой тайны – о нем говорили многие, но ничего конкретно сказать не могли. Видимо, сегодня пришло время узнать об этом проекте "из первых уст" – от генерального директора ОАО "Ангстрем-Т" Анатолия Ивановича Сухопарова.

**Анатолий Иванович, в течение последних пяти лет про проект "Ангстрем-Т" ходило много разных разговоров, назывались различные цифры и сроки, но конкретного в них было мало. Давайте внесем ясность, что же такое "Ангстрем-Т" сегодня?**

ОАО "Ангстрем-Т" – полностью частная организация, акционеры которой – группа частных компаний. Это совершенно самостоятельная организация, финансово независимая от ОАО "Ангстрем".

Цель компании "Ангстрем-Т" – создание нового полупроводникового завода с технологией уровня 130 нм и менее, с полным комплексом всей производственной инфраструктуры. В плане инженерной инфраструктуры завод будет совершенно самодостаточным, от собственного энергоснабжения до технологических газов. Общая численность сотрудников компании "Ангстрем-Т" составит порядка 1000 человек, сегодня у нас более 100 сотрудников. Завод рассчитан на выпуск 15 тыс. 200-мм пластин в месяц. Технологическое разрешение – от 130 нм, но мы хотим сразу ориентировать производство на 110 нм.

У нас подписано лицензионное соглашение с компанией Advanced Micro Devices (AMD). По лицензии нам предоставлен комплект технологического оборудования вместе с собственно технологическими процессами. Соглашение предусматривает обучение нашего персонала. Сотрудничество с

AMD для нас ценно тем, что каждая единица оборудования будет уже настроена, мы получаем конкретные описания технологических операций каждой установки. В результате "Ангстрем-Т" станет обладателем кремниевой КМОП-технологии AMD уровня 130–110 нм, с девятью слоями медной металлизации. По оценкам известной аналитической компании Gartner (США), технология уровня 130 нм сегодня оптимальна по экономическим показателям.

Фабрика AMD, которую мы хотим воспроизвести у себя, в 2006 году по оценке авторитетных зарубежных экспертов была №1 в мире по эффективности производства. Это интегральный показатель, зависящий от выхода годных, производительности на одного работающего, величины цикла изготовления и т.д. Мы ставим задачу повторить эти показатели.

Отмечу, что будущая фабрика "Ангстрем-Т" – это завод-автомат, перемещение пластин между участками будет происходить в специальных SMIF-контейнерах по монорельсам, предусмотрена система автоматического контроля на основе RFID-меток для каждой партии и т.д.

### На какой стадии сейчас процесс оснащения?

Монтаж оборудования проходит в три основные стадии. Первый этап – собственно установка оборудования, подключение его ко всей инженерной инфраструктуре здания (вода, газы, электричество и т.п.). Этим занимается компания Meissner & Wurst Zander, построившая здание завода. Следующий этап – ввод в строй технологических установок. Его проводят производители оборудования – такие компании, как Applied Materials, ASM Lithography (ASML) и т.д. Третья стадия – запуск технологического процесса. Здесь мы будем работать совместно с AMD. AMD фактически проводит авторский надзор за всем процессом, начиная с первого цикла монтажа. В результате хотелось бы получить технологическую копию их завода.

В конце 2009 года мы запустим первые пластины, а в 2010



году производство должно выйти на проектную мощность. Мы предполагаем работать на уровне 0,11–0,13 мкм. Это возможно, поскольку именно таково технологическое разрешение степперов (литографов) компании ASML.

Завод будет работать в тесной технологической кооперации с другими производственными компаниями. Например, мы предполагаем завершать свой технологический цикл скрайбированием пластин и раскладкой кристаллов. Собственно-го корпусирования кристаллов мы не предусматриваем, поскольку сегодня номенклатура корпусов просто громадная, и поддерживать их всех финансово совершенно нерентабельно. А фабрик, занимающихся исключительно корпусированием, в мире достаточно много. Поэтому мы будем кооперироваться с зарубежными компаниями, в основном в Юго-Восточной Азии. Кристаллы будут направляться в эти компании, а от них – заказчику. Так работает почти весь мир. Конечно, монтировать кристаллы в ограниченную номенклатуру корпусов мы планируем и у себя, в кооперации с российскими предприятиями.

Пока не предусматривается и собственное производство фотошаблонов. В этом плане у нас уже налажена неплохая кооперация с рядом компаний, но мы готовы сотрудничать с любыми другими изготовителями фотошаблонов, в том числе и в России.

В области фотолитографии также возможна интересная интеграция. Компания ASML во всем мире сама эксплуатирует свое литографическое оборудование. На многих ведущих полупроводниковых предприятиях присутствуют сотрудники ASML, которые и обеспечивают технологическую работу. Когда речь идет о серийном производстве, это экономически выгоднее, чем обучать и содержать собственных специалистов. Но это хорошо при массовом производстве. Если же нужно часто модернизировать технологию, такой подход не всегда оправдывает себя. На первых порах мы планируем использовать как специалистов ASML, так и собственных.

### **Каковы перспективы развития технологии на “Ангстрем-Т”?**

У нас есть два направления развития. Естественно, мы будем уменьшать проектные нормы, к 2011 году освоим технологию уровня 90 нм. Это вполне реально, поскольку почти все оборудование, кроме степперов и ряда других установок, рассчитано именно на такое технологическое разрешение.

Но наша главная задача – освоить дополнительные технологические опции. Параллельно базовой цифровой КМОП-технологии будем запускать технологию встроенной энерго-независимой памяти (e-flash). Параллельно мы ставим технологию для интегральных схем обработки смешанного сигнала, т.е. цифроаналоговых схем, а также радиочастотных схем (RF). Также будет освоена технология высоковольтных ИС, начиная с 30 В. Это – минимальный набор опций. Базовая цифровая технология также будет в двух версиях – высокочастот-

**Анатолий Иванович Сухопаров** до января 2006 года был Председателем Федерального фонда развития электронной техники.

С февраля 2006 по май 2007 года возглавлял ОАО “Ангстрем”, с мая 2007 года – генеральный директор ОАО “Ангстрем-Т”.

ные (до 2,6 ГГц) и маломощные ИС. Кроме того, в рамках базовой технологии мы обеспечим различное напряжение входных сигналов цифровых схем, от 1 до 3,3 В, т.е. позволим заказчику самому выбирать уровень рабочих напряжений. Это непростая задача, но к 2010 году такая возможность будет реализована. В 2010 году, помимо базовой технологии, у нас будут технологии e-flash и цифроаналоговых схем, остальные опции реализуем в 2011 году.

Помимо базового набора технологических возможностей, мы ведем переговоры с очень интересными компаниями о получении дополнительных технологических опций – в области оптоэлектроники, МЭМС и др. Речь идет о кооперации с зарубежными компаниями. Сейчас подробно говорить об этом несколько преждевременно.

Мы также планируем опцию SiGe BCD (Bipolar – CMOS – DMOS). Она необходима для создания высоковольтных и высокочастотных приборов, но ее запуск ожидается в начале 2012 года.

### **AMD и в будущем останется технологическим партнером “Ангстрем-Т”?**

Для этого надо вести переговоры с AMD. Но начиная с 65 нм основная масса патентов принадлежит IBM, и переговоры нужно вести и с этой компанией. Недаром практически все международные альянсы, созданные для развития технологий от 65 нм и менее, строятся вокруг IBM. Поэтому говорить о стратегическом партнерстве еще рано.

### **А вы планируете освоение уровня 65 нм?**

Вся инженерная инфраструктура завода создается с учетом требований именно такого технологического разрешения. Это и система очистки воды, газов, воздуха, сами сооружения, фундаменты и т.п. Более того, в рамках существующей инфраструктуры мы можем перейти и на 300-мм пластины. Создание инфраструктуры производства – очень сложный и длительный процесс, для нас этим всем под ключ занимается компания Meissner & Wurst Zander. Так как инфраструктуру мы закладываем с запасом на будущее, то при необходимости сможем быстро освоить новые технологические возможности.

### **Как вам удалось получить доступ к достаточно новым технологиям, несмотря на существующие огра-**

## ничения по их распространению государственного департамента США?

Прежде всего, «Ангстрем-Т» — это коммерческая, полностью частная компания. Это — foundry, которая будет работать с коммерческими заказчиками на коммерческих условиях. Мы это показали и обосновали, и поэтому нам удалось не просто получить современную технологию, но и возможность ее модернизировать и развивать, как нам нужно.

## Вы говорите о полностью коммерческом предприятии. То есть вы не ориентированы на государственный заказ. Как вы планируете загружать производство с объемом выпуска 15 тыс. пластин в месяц? Какова бизнес-модель предприятия?

Действительно, «Ангстрем-Т» именно коммерческая компания, ориентированная на открытый рынок. Нами получен коммерческий кредит Внешэкономбанка, который мы обязаны вернуть. Поэтому мы разработали и обосновали модель работы — модель smart-foundry. По оценке компании Gartner, на сегодня это одна из наиболее эффективных моделей. По ней работают такие всемирно известные фирмы, как X-fab (Германия), Tower Semiconductor (Израиль), Silterra (Малайзия). Мы хотим работать в той же нише, что и эти фабрики. Но и в выполнении государственных заказов мы обязательно будем участвовать.

## В чем суть модели smart-foundry?

Наша задача — сделать производство максимально привлекательным для заказчика. А в российских условиях это возможно только за счет услуг проектирования. Без этого мы не видим смысла в производстве, поэтому активно развиваем инфраструктуру разработки ИС. Заказчик сможет обращаться к нам не только с готовым проектом на любом уровне — от net-листа до топологического описания и фотомаски, но и просто с идеей. Именно так мы понимаем смысл слова smart в названии модели. Компания стремится максимально упростить доступ к производству для всех потенциальных заказчиков, хоть просто с идеей. Конечно, гораздо лучше, если она описана хотя бы на языке высокого уровня. Как только будет сформулирована поведенческая функциональная модель будущей системы, можно будет приступить к изготовлению продукции.

Исходя из этой модели мы и будем поддерживать широкий набор технологических опций. Он отражает наиболее востребованные на рынке технологии. Наши зарубежные партнеры полностью поддержали идею smart-foundry и готовы продолжать сотрудничать с нами по загрузке новой фабрики. Они заинтересованы в нас не потому, что их продукцию нельзя изготовить в странах Юго-Восточной Азии. Есть класс интегральных схем, которые требуют тесного взаимодействия дизайнеров и технологов производства, своего рода «тюнинга».

Эту услугу мы и готовы предоставлять. Она востребована сегодня у многих заказчиков. В области же стандартных, чисто цифровых схем мы, разумеется, не конкуренты кремниевым фабрикам Юго-Восточной Азии.

## И вы предполагаете, что «Ангстрем-Т» с такой моделью работы окажется востребованным на рынке, несмотря на существующих конкурентов?

Мы строим свой бизнес, не рассчитывая ни на государственную поддержку, ни на государственные заказы. Поэтому «Ангстрем-Т» ориентируется только на рынок, на коммерческих заказчиков — и не только российских. Завод будет работать с зарубежными компаниями, создавать с ними альянсы. Именно такую задачу ставят акционеры компании. И для уверенности в успехе есть все основания. Ведь мы уже обладаем неплохим опытом работы с заказчиками на уровне 0,25–0,18 мкм, около семи лет выполняя такие заказы (в частности, с 1999 года этим занимается ОАО «Ангстрем-М»). Получен хороший опыт взаимодействия со многими зарубежными фабриками. Мы видели, как они работают, на себе оценили, что для заказчика хорошо, что плохо. Поэтому мы определили набор требований к своей фабрике, чтобы она была интересна заказчику.

Кроме того, мы опросили многих заказчиков, руководителей fabless-фирм, что бы они хотели видеть на нашем заводе, какие технологии их интересуют. В итоге сформирован набор наиболее востребованных на рынке технологических опций, который позволит успешно работать практически во всех областях массового рынка, от бытовой электроники до промышленных систем. В частности, нашим партнерам нужен реинжиниринг существующих систем — например, с уровня 0,25 до 0,13 мкм. Это повышает эффективность, снижает мощность потребления аппаратуры и т.п. Мы готовы решать и такие задачи.

Несмотря на то, что завод еще строится, работа с заказами уже идет. Сегодня мы выполняем несколько проектов по разработке и изготовлению СБИС, причем производим изделия пока за рубежом, но впоследствии будем переводить их на свою фабрику. С 2009 года мы активно начинаем работать по заказам, чтобы к моменту запуска серийного производства у нас уже были подготовленные к производству проекты.

## В создании альянсов с зарубежными компаниями уже есть результаты?

Зарубежные фирмы проявляют к нам большой интерес. Достоинство smart-foundry — это конструкторско-технологическая гибкость. Мы можем очень быстро доработать проект ИС и технологию под нужды заказчика. Чтобы воспроизводить схемы по заданной технологии, есть другие предприятия, прежде всего — в Китае. Любое изменение техно-



логии – это огромные затраты, в первую очередь – на инженерную работу. Поэтому многие наши партнеры по всему миру с нетерпением ждут, когда же будет запущена фабрика “Ангстрем-Т”.

### **Но ведь подобная перестройка технологии затратна и для вас?**

Да, конечно. Но мы изначально предусматриваем эту возможность. А дополнительные затраты можно учесть при дальнейшем выпуске пластин. Например, мы вкладываем деньги в какую-либо постановочную работу, а затем, когда нам заказывают пластины, по взаимной договоренности увеличиваем цену, чтобы на определенной партии компенсировать эти затраты.

С другой стороны, именно своей гибкостью мы и интересны на мировом рынке. Интеллект наших специалистов там по-прежнему котируется очень высоко. Да, мы не можем конкурировать в области крупносерийной продукции, производимой по стандартным, отработанным технологиям. Но если сделать шаг в сторону от этого накатанного пути, открываются большие потребности рынка и большие возможности для производителей. Посмотрите – компания Tower Semiconductor имеет 100%-ный годовой рост оборотов на оптоэлектронике, X-fab – на МЭМС.

Очень важна и технологическая опция по производству RF ИС. Возможно, это одна из самых востребованных опций на рынке. Поэтому мы считаем, что подход, основанный на развитии сервисе для заказчиков, даст предприятию немалую долю рынка. И ключевую роль в этом будут играть дизайн-центры, потому что услуги проектирования сегодня очень востребованы. Заказчики просят не изготовить, а спроектировать и изготовить. Именно поэтому проектирование мы считаем доминирующим фактором.

### **А в области проектирования ваши позиции достаточно сильны?**

Разумеется. У нас достаточно большой опыт заказного проектирования как для российских, так и для зарубежных фирм.

Но нас пока сдерживает отсутствие готовых правил проектирования и набора конструкторско-технологических норм и ограничений для нашего производства. Формирование всех этих необходимых разработчикам документов мы завершим в конце года, и тогда приступим к широкомасштабному приему заказов.

Набор правил проектирования будет выложен в открытом доступе на сайте. Там же укажем цены на наши услуги (мы сейчас их изучаем). Компания будет проводить открытую политику, поддерживать диалог с заказчиками. В группе сервиса заказчиков на “Ангстрем-Т” предполагается более 100 дизайнеров.

### Центр проектирования уже готов к работе?

Да. Он уже оснащен САПР компании Cadance, ведутся переговоры о поставках САПР компаний Synopsys и Mentor Graphics. Мы полагаем, что завод такого класса должен иметь наборы средств САПР всех ведущих производителей. Этот процесс завершим к концу года. В результате наши специалисты смогут формировать собственные маршруты проектирования, используя лучшие продукты ведущих производителей.

Кроме того, наш центр проектирования будет оснащен самыми высокопроизводительными аппаратными средствами в отрасли. Будет работать пакет TCAD – САПР технологического моделирования компании Synopsys.

Кроме того, у нас заключен альянс с рядом российских дизайн-центров, с другими ведутся переговоры. Это не значит, что вошедшие в альянс с нами компании должны работать только на “Ангстрем-Т” – они могут сотрудничать с кем угодно, это только увеличит их опыт, к нашей обоюдной выгоде. Мы хотим работать с сетью дизайн-центров, “Ангстрем-Т” готов взаимодействовать с любым дизайн-центром, который примет наши правила. Более того, мы обязательно будем работать с дизайн-центрами университетов. У нас будет соответствующая программа для поддержки этих центров, включающая льготные ценовые условия. Вузы готовы к такой работе.

### “Ангстрем-Т” предполагает выпускать собственные продукты?

Если говорить о законченных изделиях, то нет, мы будем работать исключительно на заказ. Но “Ангстрем-Т” входит в созданную в мае 2008 года корпорацию “Ангстрем”. В эту корпорацию также вошли ОАО “Ангстрем” и ОАО “Ангстрем-М”. Со временем ее пополнят и другие компании, вот они и будут заниматься собственными продуктами, которые сможет производить “Ангстрем-Т”.

Но, с другой стороны, перед “Ангстрем-Т” стоит задача создать мощную собственную библиотеку IP-блоков. Уже верифицированных, проверенных в кремнии. Разумеется, какие-то IP-блоки мы будем покупать. В частности, нам нужно обладать IP-ядрами процессоров, ставших фактически промышленным стандартом. Собственными IP-блоками мы занимаемся уже сейчас, активные переговоры с зарубежными производителями начнутся с 2009 года, когда будут готовы правила проектирования.

### С какими объемами заказчик может обращаться к вам?

Поначалу мы сможем принимать заказы до 10 тыс. пластин в месяц. Но тут важно отметить еще одно достоинство проекта. Ведь наша технология не уникальна, ей обладает еще ряд фабрик. Поэтому если заказ превышает наши про-

изводственные возможности, мы можем часть изделий изготовить у партнеров с такой же технологией. И наоборот, принимать в производство их заказы.

### А каков минимальный объем заказа?

В производстве есть три уровня – пилотная пластина (шаттл), инженерная партия и массовое изготовление. Для единичных заказов приемлем, например, шаттл. В этом случае на пластине заказчик покупает место (минимум 5×5 мм), мы набираем пул различных заказов, интегрируем их на одной пластине. Потом изготавливается один комплект фотошаблонов, его стоимость делится на всех заказчиков. Основная цель таких запусков – верификация проекта в кремнии. Причем в первый год фабрика вообще может оказывать подобные услуги бесплатно – мы ведь все равно будем запускать шаттлы для отработки собственных IP-блоков и технологии. Более того, поначалу мы будем брать на себя все технологические риски, т.е. мы готовы бесплатно переделать заказ.

### Сегодня современные полупроводниковые производства создают и “Ангстрем-Т”, и “Микрон”. Вам хватит места на одной площадке?

Я думаю, что два таких предприятия – это даже недостаточно. Вообще, все разговоры о том, сколько России нужно современных полупроводниковых фабрик, беспочвенны. Даже оценки руководства отрасли электроники России показывают, что рынок потенциально больше, чем объемы производства одного предприятия. А ведь никто еще не смог оценить действительный объем этого рынка. Как это ни покажется удивительным, в России работает немало дизайн-групп. Причем о многих из них мы узнаем от зарубежных компаний. Специалисты фирмы Tower утверждают, что у них много российских заказчиков. X-Fab открыл в Воронеже свой центр по приему заказов. Многие российские группы специалистов работают на другие западные компании. Каков действительный объем рынка, какой потребности России в электронных приборах, мы никогда не узнаем, пока не начнем сами работать на этом рынке – активно и на современном конкурентном уровне.

Кроме того, бытует заблуждение, что одна или две фабрики закроют весь спектр потребности в микроэлектронных изделиях. Но на самом деле рынок нуждается в широком спектре различных технологий, и его никогда не перекроют одна или две фабрики. “Микрон” ориентирован на одни технологии (например, EEPROM), мы – на несколько иные. Если мы договоримся об общих правилах, то вполне сможем плодотворно сотрудничать, загружать и будущую фабрику “Микрона”.

Важно понимать, что Западу интересны именно наши инженерные ресурсы. Они по потенциалу пока выше, чем в Китае. Но этот потенциал уменьшается с каждым годом, молодежи негде проявить свои таланты. Вот почему нужно срочно



создавать современные фабрики, которые сами по себе способны приумножать этот потенциал.

### **Как вы предполагаете привлекать и удерживать молодежь?**

Прежде всего, на “Ангстрем-Т” будет вполне достаточный уровень зарплаты. Он уже сегодня весьма высок и очень конкурентен. Есть иные механизмы привлечения молодых специалистов, например – содействие в обеспечении жильем через ипотеку. Но в вопросе кадров только денег недостаточно, необходима ведь еще и интересная работа в достойных условиях. Поэтому предприятие такого уровня, как “Ангстрем-Т”, само по себе является важным фактором в решении кадровой проблемы.

Что интересно – у нас уже есть предложения от зарубежных специалистов. И зарплату они запрашивают вполне реальную. Отмечу – это специалисты с опытом работы на ведущих полупроводниковых предприятиях. Я не говорю о том, что многие наши сотрудники работали за рубежом. В плане собственных кадров мы хотим подписать с МИЭТ трехлетний контракт на подготовку специалистов специально для “Ангстрем-Т”. Реально нам нужно 200–300 инженеров, поэтому проблема кадров для нас не критична.

### **Проект “Ангстрем-Т” как-то поддержан государством?**

Судите сами. В феврале 2008 года состоялось заседание наблюдательного совета Внешэкономбанка – государственной организации. Проект был одобрен, в результате государство в лице ВЭБ предоставило нам кредит. Как уже многократно сообщали средства массовой информации (например, см. [www.cnews.ru/news/top/index.shtml?2008/04/25/298657](http://www.cnews.ru/news/top/index.shtml?2008/04/25/298657)), объем кредита – 815 млн. евро. А общий объем инвестиций – более 1 млрд. евро.

Но условия кредита – чисто коммерческие, мы платим с него процент. И деньги в любом случае нужно возвращать. Плюс нам нужно заплатить 134 млн. евро НДС. Это возвращаемый НДС, но платить нужно сейчас, а потом пытаться вернуть эти деньги назад. И, разумеется, мы платим все возможные налоги. С точки зрения всех передовых в области развития высоких технологий стран, вряд ли это можно назвать государственной поддержкой. Но для России и это уже хорошо. Никаких гарантированных государственных заказов у нас нет. Поэтому нам надеяться не на кого, кроме как на самих себя и на активную работу на рынке. Но нас это не пугает, именно так мы и планируем работать.

**Спасибо за содержательный рассказ, пожелаем вам успешной реализации всех столь грандиозных планов.**

*С А.И.Сухопаровым беседовали П.П.Мальцев и И.В.Шахнович*