



НАШ ВЕКТОР РАЗВИТИЯ – ВЫПУСК ВОСТРЕБОВАННОЙ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОЙ ПРОДУКЦИИ

OUR VECTOR OF DEVELOPMENT IS RELEASING OF DEMANDED AND COMPETITIVE PRODUCTS

А. А. Ковалев, генеральный директор АО "ЗНТЦ"
A. A. Kovalev, CEO, ZNTC JSC

DOI: 10.22184/1993-8578.2021.14.7-8.400.404

Получено: 22.12.2021 г.



АО "Зеленоградский нанотехнологический центр" (АО "ЗНТЦ") – предприятие, которое не только активно развивает непростое направление микроэлектронного производства, но и стремится соответствовать в этом самым передовым тенденциям, выстраивая кооперацию с ведущими отечественными вузами и предприятиями для создания полноценных цепочек от разработки ЭКБ до создания аппаратуры с ее использованием. В уходящем году компания проделала большую работу сразу по нескольким направлениям. Это сборка полупроводниковых приборов и интегральных схем, производство электронной компонентной базы по технологии нитрид галлия на кремнии и интегральная фотоника. О достигнутых результатах и наиболее перспективных областях, в которых развивается Зеленоградский наноцентр, рассказывает генеральный директор АО "ЗНТЦ" Анатолий Андреевич Ковалев.

The Zelenograd Nanotechnology Center JSC (ZNTC JSC) develops microelectronics manufacturing and also strives to stay inline with the most advanced trends in this matter by arranging cooperation with leading Russian universities. ZNTC implements comprehensive flow from electronic components design to equipment creation based on these components. In this year, the company has reached a new level in semiconductor assembly, GaN-on-Si and integrated photonics manufacturing. Anatoly Kovalev, CEO of ZNTC JSC, tells about the achievements and the most promising growth lines of the company.

Анатолий Андреевич, в конце года принято подводить некоторые итоги. Что удалось сделать вашему предприятию в уходящем году?

АО "ЗНТЦ" с этого года активно развивает технологии производства силовых, в том числе нитрид-галлиевых, транзисторов в корпусах типа ТО и подобных им. Сложность освоения данной технологии прежде всего заключается в том, что она должна быть очень дешевой – иначе в ней нет смысла. В силовой электронике такие компоненты очень востребованы,

объем рынка исчисляется сотнями тысяч и даже миллионами штук.

Нитрид галлия на кремнии (GaN -Si) – это мировой тренд, который постоянно обсуждается в отрасли, и на российском технологическом поле достаточно много компаний смотрит в эту сторону. Данная технология вполне реализуема в серийном производстве, а сочетание скорости переключения нитрид-галлиевых транзисторов и их мощности с дешевизной кремниевой подложки позволяет рассчитывать на широкое



применение этих изделий, прежде всего в системах питания как мобильных потребительских устройств, так и электромобилей. Диапазон пробивных напряжений GaN-Si-транзисторов, который мы определили для себя в качестве целевого – от 150 до 600 В; он как раз перекрывает потребности данных областей применения.

К настоящему моменту мы полностью закупили необходимое оборудование и часть его уже запустили. Планируем завершить эту работу в первом квартале будущего года и ко второму кварталу уже выйти на установочные партии изделий на основе технологии GaN-Si.

Мы ведем данную работу совместно с нашим основным партнером – НИУ МИЭТ, в рамках которой университет разрабатывает базовые технологии, а мы их реализуем на нашем производстве.

Задача сегодняшнего дня – вместе с технологическими и промышленными партнерами по кооперации создать сквозную технологию нитрида галлия на кремнии, полностью локализованную в России: от эпитаксиального производства GaN-подложек до изготовления транзисторов, их сборки и интеграции в аппаратуру.

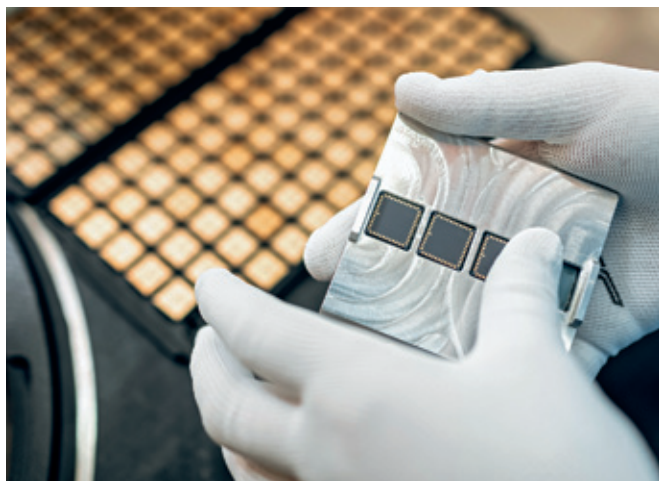
В этом проекте участвует целый ряд компаний, обладающих компетенциями в определенных областях. Так, за ростовое оборудование отвечает компания "НТО" из Санкт-Петербурга; изготовлением эпитаксиальных слоев занимается зеленоградское предприятие "Эпиэл"; мы взяли на себя постростовую часть – кристалльное производство. В России достаточно много компаний, которые разрабатывают и применяют компоненты на основе нитрида-галлия на кремнии, но сейчас сами чипы изготавливаются за рубежом. Цель нашей совместной с партнерами работы – разработать дорожную карту проекта и предложить сквозную технологию,

по которой GaN-Si-приборы и разрабатывались бы, и производились полностью в нашей стране по полному технологическому циклу.

Вы назвали в качестве рынка GaN-Si-технологии силовую электронику, но у нитрида галлия есть потенциал и в области СВЧ. Планируется ли на вашем предприятии реализация кристалльного производства по технологии нитрида галлия на кремнии и для этого направления?

Действительно, нитрид галлия – хороший материал для СВЧ-электроники. На гражданских рынках, связанных в первую очередь с телекоммуникационной аппаратурой, нет другого варианта удешевления продукции, кроме как использование технологии нитрид галлия на кремнии. В гражданской сфере наиболее востребованы полупроводниковые приборы, рассчитанные на частотный диапазон до 12 ГГц. Это вполне реализуемо на данной технологии. Более того, мы уже получили такой транзистор, провели измерения его параметров и аттестовали данный прибор. Правда, этот транзистор был изготовлен на зарубежных эпитаксиальных подложках, но мы ожидаем в ближайшее время появление таких подложек российского производства от компании "Эпиэл".

Следует отметить, что если в силовой электронике не требуются малые проектные нормы – там вполне достаточно нормы 0,35 мкм, которая легко реализуется на нашем производстве, – то при использовании этой же технологии в изготовлении СВЧ-изделий необходимо создание затвора размером до 90 нм. На нашей площадке мы это выполняем с помощью имеющейся у нас установки прямой литографии и таким образом "сшиваем" всю цепочку также и для СВЧ-изделий.



Так что эта технология у нас тоже в целом освоена, и к концу следующего года мы рассчитываем выйти на небольшие серии СВЧ-приборов. Надеюсь, через год мы сможем поделиться с вами успехами и в этой области.

GaN – это не единственное направление?

Конечно. В стадии освоения технология производства специальных датчиков и чипов для контроля радиационно-стойких микросхем. Активно развивается технология производства элементов интегральной фотоники, над которой мы уже некоторое время работали в инициативном порядке, но теперь она приобрела у нас официальный статус.

Фотоника – это направление, которое быстро развивается во всем мире, в том числе в России. До недавнего времени оно включало в основном такие элементы, как светодиоды, лазеры и другие компоненты приемно-передающих устройств. Сегодня в рамках сквозного проекта, якорным заказчиком которого выступает ведущая отечественная компания в области телекоммуникаций ПАО "Ростелеком", мы ставим на нашей площадке серийную технологию производства базового фотонного интегрального компонента – оптического мультиплексора. Цепочка кооперации выстроена следующим образом: АО "ЗНТЦ" разрабатывает технологию и сам чип мультиплексора, известная на нашем рынке компания "Т8" создает устройство мультиплексирования, а "Ростелеком" будет применять эту аппаратуру в своих системах передачи данных. Все параметры устройств и сроки выполнения согласованы по всей цепочке проекта.

Технология интегральной фотоники требует достаточно серьезной переработки ряда

технологических процессов, потому что они отличаются от стандартных КМОП-операций. Мы к этому готовы: в рамках проекта мы дооснащаем наше кристалльное производство, спроектировали и собрали специализированные измерительные стенды.

А чем отличается эта технология?

Мультиплексор – это, по сути, система волноводов с определенной конфигурацией, сформированная на кремниевом кристалле. На входе – оптические сигналы, несущие полезную информацию, каждый из которых генерируется на собственной частоте. В мультиплексоре эти сигналы объединяются и передаются в одно оптоволокно, а на приемном конце они вновь разделяются с помощью демultipлексора. Эта технология, называемая мультиплексированием со спектральным разделением (wavelength-division multiplexing, WDM), позволяет передавать по одному оптоволоконному каналу в 50–100 раз больше данных, чем если бы каждый сигнал передавался отдельно.

Для изготовления интегрального оптического мультиплексора необходимо сформировать на кремнии оптические слои. Собственно, количество литографических операций в этом процессе небольшое. Но к слоям предъявляются нехарактерные для микроэлектроники, специфичные и очень жесткие требования, чтобы минимизировать потери сигнала, что, естественно, сказывается на технологии. Именно это и требует ее серьезной переработки.

Например, нижний слой – так называемый кладдинг – представляет собой окисел кремния толщиной 13–15 мкм. Для того чтобы вырастить такой слой оксида на монокристалле кремния обычным термическим

способом без применения специальных технологических приемов, необходимо порядка 40 дней. Специалистам понятно, что это нестандартная технологическая задача. Для ускорения этого процесса, а также для обеспечения требуемого качества окисла мы ищем оригинальные решения.

Технология формирования основного волнового слоя развивается очень быстро, и необходимо следить за тем, что делается в мире. Исходя из лучших мировых практик мы модернизировали нашу технологическую линию для работы с моногерманом. Использование этого газа значительно улучшает характеристики изготавливаемых структур.

Для нас очень важно учитывать мировую практику, потому что наш конечный потребитель, в данном случае "Ростелеком", привык к оборудованию самого передового уровня. К нему действительно "стоит очередь" из вендоров, ему есть из чего выбирать. И, конечно, заказчик ждет от нас, чтобы мы были не хуже, а с учетом перспективы, может быть, даже и лучше того, что предлагают зарубежные производители. Да, государство сейчас мотивирует конечных потребителей внедрять отечественные решения, предоставляет субсидии на закупку российского оборудования. Но если мы не сможем обеспечить нужного потребителю качества, никакая поддержка не поможет: зачем потребителю подвергать свой бизнес излишним рискам?

Но мы уверены, что справимся с этой задачей и получим по-настоящему хороший продукт.

Помимо кристалльного производства, вы развиваете еще и сборочное?

В 2021 году мы закончили проект по модернизации нового сборочного участка. На сегодняшний день полностью готова производственная и инженерная инфраструктура, отработаны новые технологии корпусирования. Хотелось бы подчеркнуть, что целью этого проекта явилась именно постановка технологии, а не просто наладка и запуск оборудования.

На новом участке реализуется сборка микросхем как по традиционным технологиям проволочной разварки, так и с использованием современных методов, в том числе flip-chip, 3D-интеграции, а также ряда других технологических решений. В их числе сборочные процессы в новом

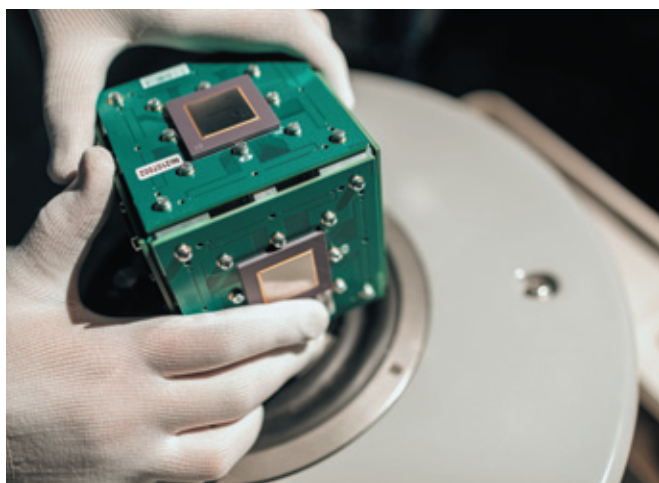
для нас направлении – интегральной фотонике. В частности, на нашем производственном участке будут собираться мультиплексоры, которые будут выпускаться в рамках уже утвержденного сквозного проекта в области телекоммуникаций. В процессе модернизации производства мы закупили необходимый для реализации данного направления комплект оборудования и сейчас практически готовы к корпусированию широкого круга изделий ЭКБ для телекоммуникаций.

Еще одно направление, которое активно развивается на новом сборочном участке, – это корпусирование процессоров. В настоящее время очень большое внимание уделяется локализации производства электроники на территории Российской Федерации, в особенности таких стратегически значимых электронных компонентов, как процессоры и микроконтроллеры. Корпусирование и тестирование – это та часть технологического цикла, которая может быть реализована в нашей стране в первую очередь, прежде всего потому, что локализация кристалльного производства с малыми технологическими нормами, которые нужны для изготовления современных процессоров, займет значительно больше времени и потребует гораздо больших инвестиций.

Мы взаимодействуем практически со всеми российскими дизайн-центрами, работающими в этой сфере, такими как "Байкал Электроникс", МЦСТ, "ЭЛВИС". С точки зрения локализации, процессоры – продукт нишевый, но важный для создания доверенных цифровых платформ. Мы считаем, что наших производственных мощностей по сборке и испытаниям хватит для их мелкосерийного производства.

В чем заключаются особенности корпусирования процессоров?

Современный процессор содержит не только сам чип, но и определенную обвязку, периферию, другие вспомогательные компоненты. Как правило, такие процессоры собираются на общей плате, и, соответственно, эта технология отличается от традиционного корпусирования, когда кристалл помещается в корпус, развариваются выводы и корпус герметизируется. Может показаться, что ничего сложного здесь нет: припаял обвязку, установил на плату чип, приварил проволочные соединения или выполнил соединения методом бампирования.



Однако здесь есть ряд нюансов, которые делают корпусирование процессоров особой технологией. Главный из них связан с размерами элементов и требуемой точностью. В связи с тем, что процессор может содержать более четырех тысяч выводов и расстояние между ними очень малы, посадка чипа должна выполняться с точностью порядка 0,5 мкм.

Для крупносерийной сборки таких изделий существует специализированное оборудование, но учитывая высокие требования к выполнению операций, оно очень дорогое. Мы же отработали технологию на более простом оборудовании и с точки зрения качества достигли значительных результатов. Конечно, под каждого заказчика еще потребуется адаптация технологии, но с уверенностью можно сказать, что в целом мы технологически готовы к корпусированию отечественных процессоров.

Как, на ваш взгляд, обстоят дела с оборудованием для микроэлектроники? Например, для литографии.

Сейчас создание отечественных средств производства электроники – одно из приоритетных направлений развития отрасли, ему уделяется большое внимание со стороны Минпромторга России, разрабатываются соответствующие дорожные карты, вышло постановление Правительства РФ о субсидировании разработок в данной области.

"Средства производства" – термин достаточно широкий, но в значительной степени он относится именно к оборудованию для микроэлектронных производств, которое в нашей стране в последние десятилетия практически не создавалось. Исключением были лишь отдельные сравнительно

небольшие компании, которые пытались поддерживать соответствующие технологии, например зеленградское предприятие НИИТМ.

Сейчас ситуация стала меняться. Уже стартовали первые проекты, в первую очередь направленные на создание оборудования для серийных кремниевых производств на пластинах диаметром 300 мм – установок плазмохимического травления, напыления слоев, формирования эпитаксиальных структур. Конечно, нельзя закрыть все ниши, в особенности, когда необходимо начинать практически с нуля. Поэтому нужно сосредоточиться на наиболее критических позициях. На данный момент министерство проводит аналитическую работу, направленную на определение таких первоочередных позиций. Здесь необходимо оценивать не только востребованность того или иного оборудования, но и наличие в России необходимых компетенций. Нужно понимать, остались ли в нашей стране готовые к разработке таких установок команды или их нужно создавать заново либо находить партнеров, в кооперации с которыми может быть воссоздана технология изготовления данного оборудования. По результатам этого анализа, надеюсь, будет запущен еще целый ряд проектов.

Что касается литографии, уже стартовал проект, в котором мы тоже принимаем участие. Это проект по разработке степпера для переноса на пластину рисунков с элементами размером до 130 нм. На фоне передовых проектных норм, освоенных у мировых лидеров, эта цифра может показаться скромной. Но на самом деле на рынке наиболее востребованы проектные нормы не 7, 5 или 3 нм, а от 250 до 90 нм, и, по всей видимости, эта ситуация будет сохраняться еще долгое время. А единицы нанометров нужны лишь для некоторых устройств, таких как процессоры ПК и смартфонов.

Основными участниками кооперации по проекту степпера являются белорусская компания "Планар" и российская – "Лассард", которые, в отличие от многих, сохранили все свои компетенции и развивали их в течение последних лет. На мой взгляд, у этого проекта хороший задел, чтобы стать успешным.

Подводя итоги, можно сказать, что у АО "ЗНТЦ" в этом году были и серьезные достижения и старты новых проектов, работу над которыми мы продолжаем. С удовольствием поделимся с вашей аудиторией новыми результатами в наступающем 2022 году.

Спасибо за интересную беседу.

СБОРОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

ЗЕЛЕНОГРАДСКОГО НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦЕНТРА

Оказывает комплекс услуг по корпусированию интегральных микросхем и электронных модулей на контрактной основе от разработки ТЗ до испытаний и серийного производства готовых изделий.



Сборка кристаллов микросхем или датчиков в металлокерамические, металлостеклянные и пластиковые корпуса гражданского и специального назначения.

Производство бескорпусного и гибридного исполнения микросхем, микроэлектромеханических систем и датчиков.

Отработка технологий сборки и штучный выпуск специализированных изделий, в том числе изготовление экспериментальных и опытных образцов микроминиатюрных изделий и многокристалльных модулей на основе технологий 3D wire bonding, flip-chip, embedded die, FO WLP.

Разработка и проведение отдельных технологических операций.

Проведение параметрического и функционального контроля кристаллов микросхем и датчиков в составе пластин и изделий в корпусах.

**± 3
МКМ**

точность разварки

**50 x 50
МКМ**

контактные площадки

**>1500
ШТ**

количество выводов

**300
ММ**

резка пластин

**12
МКМ**

диаметр проволоки

**до 0,5
МКМ**

точность монтажа
кристаллов

**0,5 - 25
ММ**

размеры кристаллов

**20 - 200 000
ШТ**

количество микросхем
в месяц