

ЕСЛИ В ГОСУДАРСТВЕ НЕТ ЭЛЕКТРОНИКИ – У НЕГО НЕТ БУДУЩЕГО

ВИЗИТ В ЦЕНТР "НАНОТЕХНОЛОГИИ" НИЯУ "МИФИ"

И.Шахнович

Научно-образовательный центр "Нанотехнологии" Национального исследовательского ядерного университета МИФИ (НИЯУ "МИФИ") был создан всего несколько лет назад, однако уже начинает играть заметную роль в отечественной электронной отрасли. Уникальная особенность центра – это полностью замкнутый экспериментально-производственный комплекс, ориентированный на перспективные направления некремниевой электроники, полупроводники групп A^3B^5 и A^2B^4 и др. Пожалуй, другого такого учебного центра в стране нет. Да и научных центров с подобным оснащением немного.

НОЦ "Нанотехнологии" МИФИ (Наноцентр) интересен и как пример воплощения системного подхода к созданию научно-производственного комплекса, причем практически "с нуля". Ключевым партнером НИЯУ "МИФИ" при реализации проекта стала инжиниринговая компания "ЭлТех СПб", специалисты которой участвовали в решении целого комплекса задач: от выбора технологических решений, подбора оборудования и создания инженерной инфраструктуры до ввода в эксплуатацию установок и всего исследовательского комплекса. Взаимодействие научного центра и инжиниринговой компании на всех стадиях реализации проекта не только способствовало созданию одной из сильнейших точек технологического роста России, но и интеграции Наноцентра в процессы научно-образовательного и промышленного развития страны.

О Наноцентре, его возможностях и особенностях нам рассказал **начальник управления развития перспективных исследований НИЯУ "МИФИ", д.т.н. Николай Иванович Каргин.**

Николай Иванович, как создавался "Наноцентр"?

История НОЦ "Нанотехнологии" НИЯУ "МИФИ" началась в 2008 году, когда в рамках ФЦП "Развитие наноиндустрии" Минобрнауки РФ объявило конкурс на создание нанотехнологических центров. Его победителями стали

порядка 40 вузов, в том числе – МИФИ. До этого, в том же 2008 году, в МИФИ была организована кафедра "Физика наноразмерных гетероструктур и СВЧ-нанoeлектроника", которую возглавил член-корр. РАН, директор Института СВЧ полупроводниковой электроники (ИСВЧПЭ) РАН Владимир Григорьевич Мокеров. К сожалению, Владимир Григорьевич скончался в сентябре 2008 года.

Однако уже с 2009 года у ректора НИЯУ "МИФИ" Михаила Николаевича Стриханова возникла идея создать

научно-образовательный центр "Нанотехнологии", ориентированный на некремниевую электронику. Это было актуально, поскольку в области традиционной кремниевой электроники работали несколько вузов – например, МИЭТ. А вот ниша, связанная с широкозонными полупроводниками, с соединениями A^3B^5 в целом, была свободна. Ее мы и решили заполнить.

Михаил Николаевич понимал, что гораздо эффективнее концентрировать выделяемые вузам средства в такого рода центрах, нежели равномерно распределять их по всем структурам университета. Ведь если руководствоваться принципом "чтобы никого не обидеть", деньги просто размываются, а результата нет.

Конкурс на реализацию центра "Нанотехнологии" был выигран компанией "ЭлТех СПб", специалисты которой разработали проект создания Наноцентра, предложили идеологию чистых комнат, инженерной инфраструктуры. Подчеркну, они выступали не только как проектанты – благодаря немалому опыту, эта компания сыграла важную роль на стадии подбора технологического и контрольно-измерительного оборудования. Хотя проектирование и создание инженерной инфраструктуры тоже очень важная составляющая, и здесь так же в немалой степени пригодился опыт "ЭлТех СПб". Например, они привлекли к проекту специалистов из Германии, которые смонтировали инфраструктуру газовых магистралей. Ведь эта работа – не только гарантия работы оборудования центра, но и вопрос безопасности людей.

В сумме, в проект было вложено порядка 1,5 млрд. руб. В результате к 2013 году удалось создать действующий нанотехнологический центр, с полностью оснащенными технологическими зонами и всей необходимой инженерной инфраструктурой. Его общая площадь – порядка 1000 м², из них 580 м² – чистые комнаты классов 100 000–1000 (ISO 8 – ISO 6). Это очень

серьезное техническое сооружение. Достаточно сказать, что пиковая мощность энергопотребления достигает 2 МВт. Штат центра – 25 постоянных сотрудников, а также совместители – студенты, аспиранты. В работе Наноцентра задействованы специалисты различных подразделений университета, в частности, Ресурсного центра по направлению "Ядерные технологии", а также созданного в 2010 году Института функциональной ядерной электроники НИЯУ "МИФИ".



Н.И.Каргин

Какие задачи решает "Наноцентр"?

Создавая Наноцентр, мы поставили две основные цели – научную и образовательную. В сфере научно-практической деятельности мы стремились аккумулировать у себя работы по перспективным направлениям некремниевой электроники. Наши основные задачи связаны с исследованиями и разработками в области широкозонных полупроводников, радиационно-стойкой элементной базы, СВЧ- и силовой электроники, в области светодиодов и фотодетекторов. Фундаментальные исследования направлены на создание новых наноматериалов, гетероструктур на основе соединений A^3B^5 . Мы разрабатываем технологии эпитаксии и нанолитографии с топологическими нормами до 50 нм для формирования квантовых устройств и нанотранзисторов. Ведем исследования и анализ свойств материалов, начиная от исследований кристаллической структуры (в объеме и на поверхности) и заканчивая их электронными и оптическими свойствами.

Вторая цель, которую мы преследовали, – подготовка кадров с совершенно новым видением электроники. Мы стремимся, чтобы

подготовленный нами специалист пришел на предприятие с пониманием современных перспектив развития электроники. Ведь широкозонные полупроводники – то, что обеспечит будущее. Да, сегодня более 95% электроники – это кремний. Закон Мура продолжает работать, топологические размеры уже достигли 11 нм. Но ряд направлений технического развития определяется именно некремниевой электроникой. Например, в энергетической и силовой электронике перспективны приборы на основе широкозонных полупроводников SiC и GaN, кремний в этой области неконкурентоспособен. Вся мобильная связь обеспечивается приборами не на кремнии, а на GaAs. Подобных направлений много, и все они будут востребованы в промышленности.

Одна из важнейших задач Наноцентра – перенести в Россию технологическую культуру производства,

принятую в ведущих странах, привить ее нашим студентам и аспирантам. Это возможно только в тесной интеграции учебного процесса и науки. Мы сотрудничаем с ведущими зарубежными научными центрами, такими как imes в Бельгии, с Институтом физики полупроводников общества Фраунгофера в Германии, у нас тесные отношения с Беларуссией – с НПО "Интеграл", с Беларусским государственным университетом электроники и информатики.

Какими технологическими возможностями обладает Наноцентр?

В основе Наноцентра – технологии, ориентированные на молекулярно-лучевую эпитаксию. Мы в основном работаем со структурами на GaAs-либо InP-подложках, а также с GaN-структурами на SiC-, сапфировых либо на кремниевых подложках. Ведем активные исследования в области



Особенности проекта Наноцентр НИЯУ "МИФИ" нам прокомментировал генеральный директор ЗАО "ЭлТех СПб" А.В. Трошин

Алексей Валерьевич, компания "ЭлТех СПб" – один из участников

разработки идеологии проекта. Каковы его наиболее характерные особенности?

В 2009 году нам удалось выиграть конкурс на проектные работы по созданию Наноцентра в МИФИ. Сам проект стал возможен благодаря активному участию в нем ректора МИФИ Михаила Николаевича Стриханова и Николая Ивановича Каргина, активно поддержавших развитие направления некремниевой электроники, полупроводниковой группы A³B⁵. Победа в конкурсе была во многом обусловлена и нашим интересом к этой области материаловедения, наработками в построении технологических линий и организации производств для столь перспективного

направления. Соответственно, мы понимали технологию и пути ее развития, а также лежащую в ее основе физику процессов.

Кроме того, мы знали, как выглядят научные центры в Европе и стремились реализовать схожую концепцию в МИФИ. Поэтому еще на этапе разработки эскизного проекта предложили схему замкнутого производственного цикла, от эпитаксии до финишных операций на пластине. После согласования полного набора необходимых технологий и разработки оптимальной технологической линии приступили к решению спектра задач по проектированию и созданию центра.

В МИФИ мы стремились создать центр, способный конкурировать с ведущими зарубежными исследовательскими организациями. Поэтому при комплектации технологической линии руководствовались максимальной эффективностью и гибкостью оборудования. И выбрали лучшее, на наш взгляд, что есть на рынке для решения поставленных технологических задач.

Проект обладал рядом достаточно интересных особенностей. Центр требовал высокого

формирования пленок посредством осаждения из газовой фазы (CVD). Недавно выиграли большой и перспективный проект Минобрнауки по разработке технологий роста SiC на пористом кремнии. Ведутся исследования и в области спинтроники. Эти работы связаны с формированием сложных многослойных эпитаксиальных структур на основе арсенида галлия и оксида европия.

В целом, в центре представлены все необходимые технологии, от формирования эпитаксиальных слоев до получения завершенных приборных структур. Наш конечный продукт – чипы, проверенные и измеренные. Мы можем поставлять заказчикам либо бескорпусные компоненты, либо неразделенные пластины. Если нужны корпусированные компоненты, обращаемся к партнерам. Таким образом, у нас создан фактически замкнутый производственный цикл. Конечно,

это не серийное производство. Центр оптимален для экспериментальных и исследовательских задач, для разработки электронных компонентов и отработки технологий их выпуска. Кроме того, здесь студенты знакомятся со всеми операциями технологического процесса, начиная с получения гетероструктур, литографии, нанесения и травления фоторезиста, нанесения диэлектрика, омических контактов, утонения и резки пластин – вплоть до измерений электрических и оптических параметров созданных приборов и структур.

Какие наиболее интересные проекты реализует Наноцентр?

У нас достаточно много различных проектов. Например, для Роскосмоса мы готовимся приступить к разработке технологий производства усилительных модулей СВЧ-диапазона для перспективных бортовых систем

энергообеспечения, до 2 МВт – это много для университета вообще, а тем более – в Москве. Существенные сложности были связаны с созданием инженерной инфраструктуры, систем подачи, распределения и утилизации процессных газов и других химических соединений. Ведь тут на первый план выходят вопросы безопасности, а аналогов работы с подобными опасными технологическими средами тогда не существовало. Но все эти задачи были успешно решены.

Проект завершен?

Да, к 2013 году проект был успешно завершен, причем в расширенном варианте, поскольку на определенной стадии было принято решение о его развитии. Однако после сдачи объекта мы продолжаем работать с ним, но уже с точки зрения эксплуатации созданного научно-технологического потенциала. Ведь одна из важнейших задач компании "ЭлТех СПб" – работа с промышленными заказчиками в рамках комплексных проектов. Мы выстраиваем производственные связи, вовлекая в них ведущие

исследовательские центры, и зная возможности Наноцентра МИФИ, отводим ему в этом процессе исключительную роль, используем его научные и технологические наработки при решении реальных производственных задач. "ЭлТех СПб" очень плотно интегрирован в происходящие уже несколько лет процессы модернизации в радиоэлектронной отрасли. Поэтому, хорошо зная предприятия, которые нуждаются в услугах подобного центра, мы привлекаем НОЦ «Нанотехнологии» к решению реальных производственных задач российской промышленности.

Благодаря Наноцентру, сегодня МИФИ решает актуальнейшую задачу выстраивания эффективной хозяйственно-договорной работы с высокотехнологичными отраслями. Мы в свою очередь получили сильнейшего партнера, способного отрабатывать технологии изготовления перспективных изделий, заниматься прототипированием, решать важнейшие задачи подготовки кадров и, более того, способного оказать нам поддержку в решении сложнейших системных задач наукоёмкой промышленности.



Р.В.Рыжук

спутниковой связи. Выполнены НИОКР по созданию мощных транзисторов на основе GaN на SiC. Сейчас реализуем работы в области создания высокоплотных модулей СВЧ-диапазона. В этом проекте наша задача – элементная база СВЧ для этих модулей.

В плане приборных разработок нами выполнены работы по созданию мощных AlGaN/GaN СВЧ-транзисторов диапазона 3,5–12 ГГц с выходной мощностью непрерыв-

ного сигнала 20 Вт. Получены силовые AlGaN/GaN-транзисторы с напряжением пробоя более 200 В, рабочим током 10 А и частотой переключения до 5 МГц. Разработаны УФ-светодиоды диапазона 250–290 нм с мощностью излучения 1,4 мВт, а также высокоэффективные светоизлучающие диоды видимого диапазона (460 нм). Это лишь некоторые примеры.

В целом, одна из миссий Наносцентра – выступать для российских производителей СВЧ-приборов,

таких как "Исток", "Пульсар" и др., в качестве центра разработки технологических процессов. Ведь в советское время были отраслевые институты, которые создавали технологии производства элементной базы и передавали их серийным предприятиям. Сейчас отраслевых институтов фактически нет. И мы должны занять эту нишу.

Непосредственно с технологическими участками "Наносцентра" нас знакомит **СНС функциональной ядерной электроники Роман Валерьевич Рыжук**.

"Наносцентр" – полностью замкнутое производство, включающее все необходимые технологические участки, а также инженерную инфраструктуру. Инженерная инфраструктура крайне важна, она включает системы водо- и газоснабжения, охлаждения и подачи вакуума, а также средства автоматизированного управления и диспетчеризации. Технологические зоны Наносцентра расположены в чистых помещениях с различными классами чистоты. В сервисных зонах обеспечивается чистота класса ISO 8, непосредственно в технологических помещениях – ISO 6 (1000).

Есть ли примеры реальных проектов, реализуемых компанией "ЭлТех СПб" в сотрудничестве с Наносцентром МИФИ?

Таких проектов несколько. Например, сейчас мы участвуем в проекте по созданию серийного производства высокоплотных 3D-модулей. Следуя принципу создания исследовательской инфраструктуры для развития того или иного наукоемкого направления, параллельно реализуются два процесса – идут работы по проектированию производственного предприятия и исследовательского центра. В Москве на базе МРТИ РАН по данному направлению будет создан центр исследований и разработок в области высокоплотной электроники. Мы прорабатываем вопросы создания инженерной

инфраструктуры для этого центра, но инженерия в подобных проектах – это производная от линейки технологического оборудования. А оборудование, в свою очередь, подбирается под технологическое решение. Поэтому результат нашей работы напрямую связан с комплексом научно-технических, научно-прикладных задач. Для их решения в этом проекте мы привлекли НОЦ "Нанотехнологии" МИФИ. Наличие сильного научно-технологического партнера в данном контексте для нас просто необходимо. Кроме того, в рамках этого проекта МИФИ совместно с Фондом инфраструктурных и образовательных программ (ФИОП) "Роснано" решает задачу создания образовательной программы для подготовки кадров.

Формирование приборных структур начинается с эпитаксии. У нас два участка молекулярно-лучевой эпитаксии. Первый предназначен для эпитаксиального осаждения слоев на подложках GaAs и InP. Для этого мы используем установку Riber Compact 21T французской компании Riber. На ней мы создаем изоморфные, псевдоморфные и метаморфные структуры. Например, получаем метаморфные гетероструктуры (pHEMT) на подложках GaAs с каналом InAs с подвижностью носителей $(20-22) \cdot 10^3 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ при комнатной температуре, до $100 \cdot 10^3 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ при температуре жидкого азота.

Для контроля подвижности электронов используется установка HMS 5000 компании Esoria (Ю.Корея). Она позволяет измерять электросопротивление и параметр Холла, на основе чего вычисляется подвижность носителей. Измерения можно проводить в диапазоне температур от 340 до 77 К.

Другой участок молекулярно-лучевой эпитаксии предназначен для осаждения соединений GaN и твердых растворов на их основе (AlGaN, InGaN и др.). Используется установка Veeco GEN930 компании Veeco (США).



С ее помощью, в частности, мы изготавливаем GaN-гетероструктуры для СВЧ-электроники.

Одна из перспективных работ Наносцентра связана с осаждением пленок SiC на кремниевые подложки посредством эпитаксии из газовой фазы (CVD). Такие пленки могут использоваться как переходный буферный слой для последующего формирования слоев GaN. Это очень важная задача: ведь карбид кремния – оптимальный материал подложек

Установка молекулярно-лучевой эпитаксии Riber Compact 21T

Другой пример - мы выполняем большой проект, связанный с созданием производства полупроводниковых приборов по GaAs-технологии. Наносцентр МИФИ участвует в подборе технологических решений, в создании технологических маршрутов, а также в НИОКР по разработке финишной продукции, которая будет производиться на создаваемой линейке. Мы, в свою очередь, стараемся выполнять свою работу так, чтобы технологическая линейка на предприятии была элементарна той, что уже создана в МИФИ.

Это очень важный вопрос - в исследовательских центрах и на предприятиях должно быть взаимозаменяемое, в идеале - идентичное оборудование. Тогда перенос отработанной технологии на серийное

производство происходит быстро и без дополнительных существенных затрат. Это один из подходов, когда исследовательский центр и серийное производство оснащено оборудованием "один в один". Так, например, строится работа в корпорации Intel. Подобный подход совместно с Наносцентром МИФИ мы воплощаем в отдельных проектах и в России.

Примеров подобных совместных проектов достаточно много. И полагаю, их будет становиться все больше. "ЭлТех СПб" только в этом году ведет более 100 сложнейших проектов в высокотехнологичных отраслях и в рамках многих из них участие университетов, их научных центров более чем необходимо.



Установка эпитаксии из газовой фазы EPIC CVD компании SMI

Системы ионно-реактивного плазмохимического травления SPTS LPX ICP компании SPP Process Technology Systems (Orbotech)

для GaN-структур. Но SiC-подложки очень дорогие и труднодоступные, в России они не производятся. А непосредственно на кремниевых подложках выращивать GaN-структуры проблематично, поскольку у Si и GaN очень большое рассогласование периодов кристаллической решетки (у Si и SiC оно значительно ниже). Поэтому задача создания буферного слоя SiC на Si очень важна. Для этого мы используем CVD-установку компании SMI (Ю.Корея).

Для формирования приборных структур в Наноцентре применяются

традиционные технологии – литография, травление, металлизация и т.п. Мы можем использовать различные варианты литографии. Прецизионные приборные структуры (например, затворы транзисторов) формируем с помощью электронно-лучевой литографии Raith150TWO немецкой компании Raith. Эта же система используется как автоэмиссионный растровый электронный микроскоп. Установка позволяет создавать топологические элементы с шагом 50 нм.

Для изготовления фотошаблонов применяем лазерный генератор изображений Heidelberg DWL66FS (компания Heidelberg Instruments Mikrotechnik, Германия). Эта система позволяет не только непосредственно формировать фотошаблоны. Ее можно использовать и в режиме высокопрецизионной бесшаблонной лазерной литографии, путем прямого экспонирования пластин с нанесенным фоторезистом.

На участке проекционной фотолитографии мы используем две установки контактной литографии Suss MJB4 немецкой компании SUSS MicroTec. Установки отличаются только УФ-лампами: одна излучает в диапазоне 400 нм, другая – 250 нм. Литографы могут работать как в различных контактных режимах, так и в бесконтактном (с зазором до 50 мкм), в зависимости от требуемого разрешения. Для нанесения фоторезиста применяем комбинированную систему Swatex SM180/HP150 (Sawatex, Швейцария) – две центрифуги для нанесения и два сушильных шкафа для задубливания фоторезиста. Экспресс-диагностика профиля поверхности в процессе фотолитографии проводится с помощью стилусного профилометра DekTak XT компании Bruker (США).

На участке плазмохимии выполняются различные операции плазменной обработки – очистка поверхности пластин, осаждения пассивирующих слоев Si₃N₄ и SiO₂, плазмохимическое травление пластин. На этом участке





Установка осаждения тонких пленок PVD 75 компании Kurt J. Lesker Company (слева); рентгеновский дифрактометр Ultima IV японской компании Rigaku (справа)

выполняются операции подготовки поверхности для разварки, удаление загрязнений, остатков флюса, стерилизация поверхностей, анизотропное травление, в частности, формирование меза-структур транзисторов. Плазменная очистка проводится с помощью установки YES-G500 компании Yield Engineering Systems (США). Для травления металлов, полупроводниковых структур и диэлектриков предназначены две системы ионно-реактивного плазмохимического травления SPTS LPX ICP компании SPP Process Technology Systems из Великобритании (ныне – часть корпорации Orbotech). Они обеспечивают плазмохимическое реактивное травление ионами хлора и фтора.

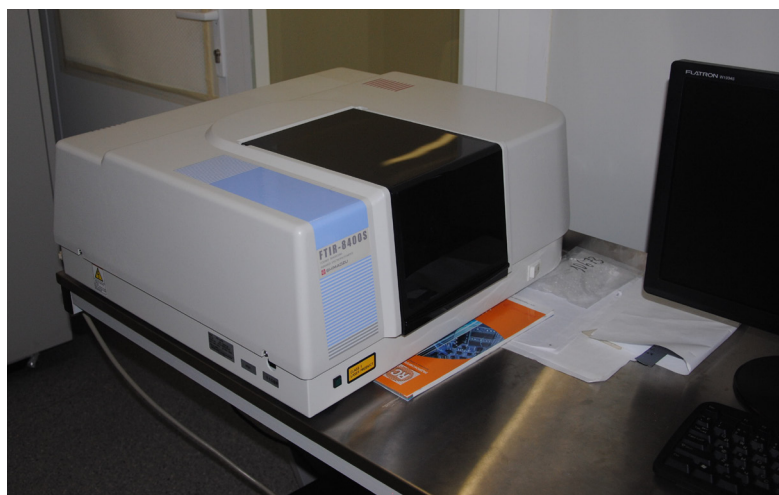
На участке металлизации мы используем две машины американской компании Kurt J. Lesker Company – системы осаждения тонких пленок PVD 250 и PVD 75. Установка PVD 250 позволяет наносить металлы методом магнетронного и электронно-лучевого напыления, а также посредством термовакуумного испарения. В системе PVD 75 используется исключительно термическое испарение. Благодаря этим системам мы можем напылять на пластины практически все известные металлы.

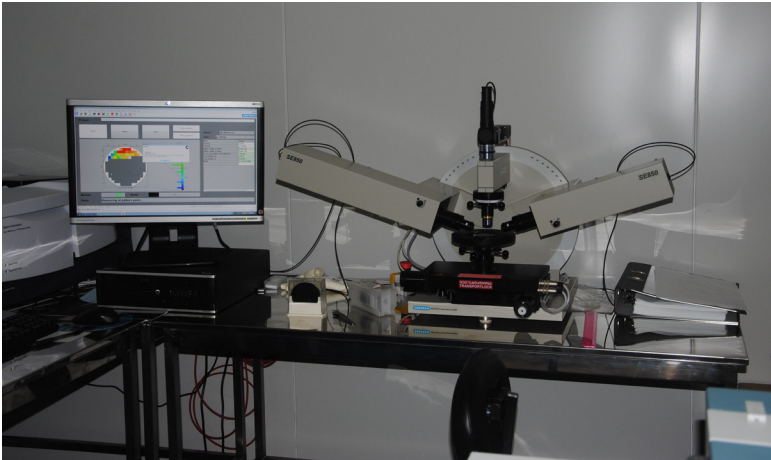
Для отжига пластин, формирования омических контактов применяем

систему Modular RTP600S компании Modular Process Technology (США). Она позволяет проводить процессы быстрого термического отжига пластин при температуре до 1200°C в инертной среде. Такая система эффективна, в том числе, для термической обработки широкозонных полупроводниковых материалов.

Для контроля технологических процессов, измерения различных параметров полупроводниковых структур и готовых приборов Наноцентр располагает достаточно обширным парком аналитического оборудования. В частности, для исследований структуры материалов используется рентгеновский дифрактометр Ultima IV японской компании Rigaku. С его помощью мы

6 ИК-фурье-спектрометр FTIR-8400S компании Shimadzu



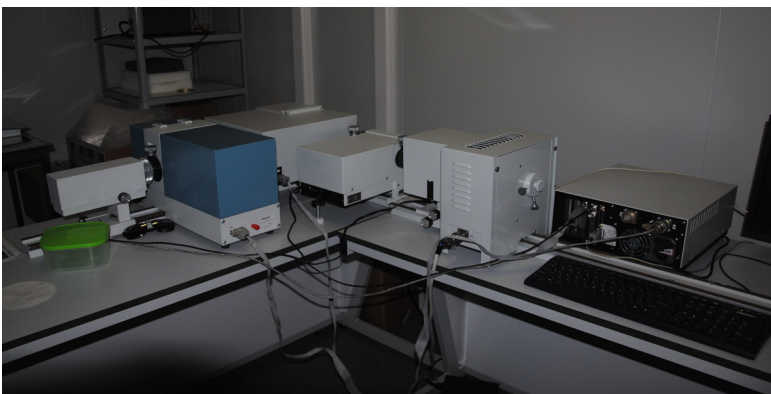


Спектроскопический эллипсометр SE850 компании Sentech

анализируем, например, структуру пленок нитрида галлия. Для определения качественного состава слоев полупроводниковых структур используем ИК-фурье-спектрометр FTIR-8400S компании Shimadzu (Япония). Для измерения толщин выращиваемых структур на пластине применяем спектроскопический эллипсометр SE850 компании Sentech (Германия). Для исследований спектров люминесценции используется комплекс аппаратуры на основе монохроматора МДР-41 российской компании "ОКБ "Спектр".

Отдельный участок оснащен системами электронной и зондовой микроскопии. В частности, используем сверхвысоковакуумную систему анализа поверхности Multiprobe MXPSS компании Omicron Nanotechnology (Германия). Она позволяет исследовать морфологию электронной структуры поверхности образцов методом атомно-силовой и туннельной микроскопии. Возможен анализ элементного

Комплекс на основе монохроматора МДР-41 компании "ОКБ "Спектр"

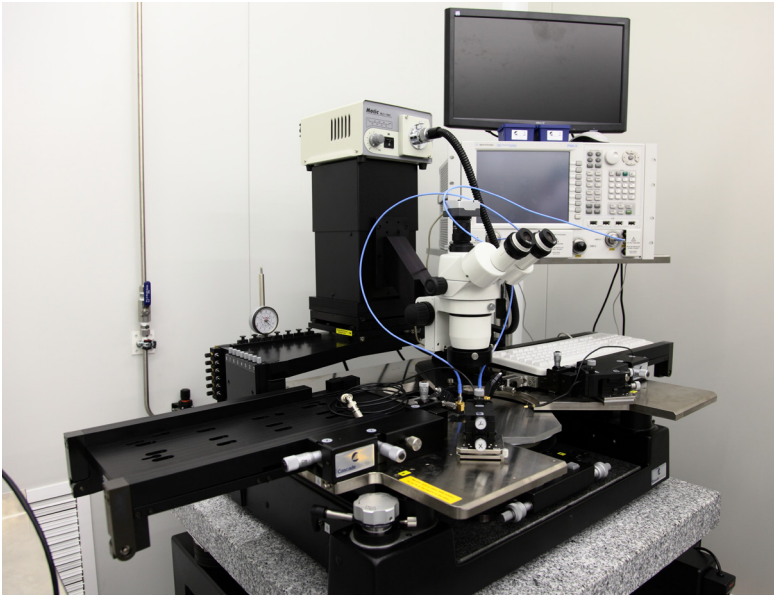


и химического состава методами рентгеновской фотоэлектронной и оже-электронной спектроскопии. Также мы применяем сканирующий зондовый микроскоп SOLVER Next российской компании НТ-МДТ, другое оборудование.

Для анализа готовых приборов на пластинах используются две ручные зондовые станции PM8 и EP6 компании CascadeMicrotech (США). При оснащении специальными зондовыми головками, они используются для измерения СВЧ-параметров. Для этого к зондовой станции подключается анализатор нелинейных цепей PNA-X N5245A компании Keysight Technologies (ранее – Agilent Technologies). Он позволяет проводить измерение S- и X-параметров СВЧ-приборов в широком диапазоне: от 10 МГц до 50 ГГц. Для измерений статических параметров, в том числе силовых приборов, используется другой измерительный комплекс Keysight – анализатор полупроводниковых приборов B1500. Применяем мы и тестер полупроводниковых приборов Formula TT российской компании ФОРМ. Он позволяет измерять ВАХ полупроводниковых приборов в диапазонах напряжений от 0,1 до 2000 В и токов от 50 нА до 100 А.

В целом, Наноцентр оснащен всем необходимым оборудованием для создания СВЧ- и силовых полупроводниковых приборов, светоизлучающих диодов, других перспективных изделий электроники. Все оборудование даже перечислить непросто – у нас более 50 различных технологических и контрольно-измерительных систем. Мы можем проводить здесь серьезные исследования в области наноструктур, спинтроники, высокотемпературной сверхпроводимости и т.п.

Н.Каргин. Наш Наноцентр – уникальный для российских университетов. Он возник не на пустом месте – в МИФИ всегда была сильная школа в области электроники. Сегодня уже можно сказать, что Наноцентр прошел стадию становления. Только в 2013 году объем выполненных нами НИОКР составил



Зондовая станция PM8 компании Cascade Microtech (сверху); система очистки воды компании Merck Millipore (снизу)

340 млн. руб. У нас есть кадры, которые умеют работать на сложном современном оборудовании. Есть потенциал, есть идеи, есть задачи со стороны промышленности. И есть четкое понимание, что без таких центров невозможен прогресс в электронике. Я говорю не только о нашем центре – подобные структуры должны быть при каждом университете, который занимается электроникой. У всех ведь разные профили, задач много, и их нужно решать. Безусловно, подобные центры есть. Например, "Технологический центр" МИЭТ, "Центр микротехнологии

и диагностики" в ЛЭТИ, и т.д. Но их должно быть больше.

К сожалению, отечественная электроника очень отстала. И на это долгое время никто в руководстве страны не обращал внимания. Проходили большие конкурсы Минпромторга, направленные на поддержку старых предприятий. Но речь шла именно о поддержке, средства в такие предприятия вкладывались с очень маленькой эффективностью. И даже сегодня, если сравнивать оснащение нашего Наноцентра и реальных промышленных предприятий – это две большие разницы. Наши выпускники, приходя на промышленные предприятия, этого оборудования практически не видят. Ситуация постепенно изменяется, надеюсь, государство поняло ценность электронной отрасли. Ведь если в государстве нет электроники – у него нет будущего.

Нам остается только присоединиться к словам Николая Ивановича Каргина. Визит в НОЦ "Нанотехнологии" НИЯУ "МИФИ" наглядно показал, что при грамотном системном подходе при относительно небольших по общемировым меркам инвестициях (менее 50 млн. долл.), при привлечении интеллектуальных ресурсов вуза, в кооперации с ведущими отечественными и зарубежными партнерами можно создать высокоэффективный центр технологий. Причем центр, решающий и образовательные, и научно-технические задачи.

Даже при беглом знакомстве с Наноцентром возникает вопрос: а как без подобных научно-образовательных структур вузы в принципе могут готовить современных специалистов? Лет 30 назад были базовые предприятия. А много ли сегодня компаний в области электроники могут похвастаться самым современным оснащением и высоким научным уровнем решаемых задач? Вот уж действительно технологические научно-образовательные центры при вузах – не роскошь, а насущная, острая необходимость. ●