

Профессия для «технологического прорыва»

В 2000 году в Государственный образовательный стандарт РФ была введена новая специальность — «Микросистемная техника», а в марте 2002 года в утвержденном президентом России «Перечне критических технологий РФ» появилась одноименная критическая технология. СПбГЭТУ стоял у истоков зарождения данного направления в России. Каковы предпосылки и причины развития данного направления в нашем университете, который в этой области науки и техники является лидером и «законодателем мод»?

С этим вопросом мы обратились к директору Центра микротехнологии и диагностики, профессору кафедры микроэлектроники нашего университета Виктору Викторовичу ЛУЧИНИНУ. Он стоял у истоков зарождения в нашей стране микросистемной техники, готовил документы по этой специальности для Государственного образовательного стандарта РФ, разработал принятую в рамках директивных документов и действующую в настоящее время аннотацию критической технологии «Микросистемная техника». При его непосредственном участии в 1999 году в России был создан специализированный журнал «Микросистемная техника», заместителем главного редактора которого он является. Далее представлено краткое изложение нашей беседы.

Прежде всего необходимо определить, что такое «микросистемная техника» (МСТ, MST), тем более что данный термин получил наибольшее распространение в Европе, в то время как в США наиболее часто употребляется понятие «микроэлектромеханика» (MEMS), а в Японии «микромашини». По мнению профессора Лучинина, европейский термин точнее, если исходить из широты охвата предметной области. К примеру, микроаналитический чип, осуществляющий экспресс-анализ жидких или газовых сред, достаточно трудно отнести к чисто микроэлектромеханической системе или характеризовать его как микромашину. Но из ранее сказанного вполне очевидно, что в условиях МСТ к электрическим или оптическим связям в микросистеме могут добавляться механические. Это не только перемещение «шестеренок» или «рычагов», но и, например, течение жидкости или газа в капилляре — базис таких направлений как микропневматика и микрофлюидика.

В связи с этим следует обратить внимание и еще на две особенности, принципиально отличающие микросистемную технику от микроэлектроники.

Во-первых, для того, чтобы создавать усилие для механического перемещения конструкции на микроуровне или обеспечивать движение жидкости в капилляре, необходим некоторый подвижный объем в виде твердого тела, имеющего определен-

относящихся к переносу носителей заряда или квантов оптического излучения), а в виде зависимости механических и теплофизических характеристик твердых тел малых толщин и размеров (мембран, струн, балок) от геометрии. Кроме того, начинают проявляться эффекты влияния стенок, микрогеометрии и свойств поверхности на характеристики течения жидкости или газа в капиллярах, особенно если, например, жидкость движется в условиях действия электрокинетических эффектов.

В настоящее время микросистемная техника определяется как научно-техническое направление, целью которого является создание в ограниченном объеме твердого тела или на его поверхности микросистем, представляющих собой упорядоченные композиции областей с заданным составом, структурой и геометрией, статическая или динамическая совокупность которых обеспечивает реализацию процессов генерации, преобразования, передачи энергии и движения в интеграции с процессами восприятия, обработки, трансляции и хранения информации. Современная микросистема — это сверхминиатюрные механизмы, приборы, машины, интегрирующие на микроуровне сенсорные, процессорные и актуаторные (исполнительные) подсистемы.

Для высшей школы важно, что данное направление не только практически значимо, но и чрезвычайно наукоемко, а также, как ни странно, технологически доступно. Современная классическая кремниевая микроэлектроника — это электроника сверхвысокой производственной технологической культуры, она до некоторой степени «линейна» в принятии конструкторско-технологических решений. Сфера деятельности вузов здесь чрезвычайно ограничена. Это поле конкуренции технологических гигантов, в первую очередь, с неограниченными экономическими ресурсами. Кроме того, на микроэлектронном научном небосводе в последнее время лишь иногда открывают новые звезды. Так было с так называемой технологией SOI (кремний на изоляторе) для кремниевых сверхскоростных супер-СБИС или при переходе на новые виды подзатворных диэлектриков для структур с топологическими нормами на уровне 0,1 мкм.

Следует отметить, что в университете было ясное понимание нашей низкой конкурентоспособности на кремниевом технологическом рынке. И это нашло отражение даже в первых шагах, которые были сделаны при создании в ЛЭТИ в 1986 году Меж-



вузовского отдела микроэлектронной технологии (МОМЭТ), переименованного в 1991 году в Центр микротехнологии и диагностики (ЦМИД). В 1986 году в микроэлектронике страны сложилась такая ситуация, когда ленинградские предприятия, занимающиеся кремниевой технологией, а это в первую очередь ЛОЭП «Светлана», по уров-

полностью соответствует данному названию, но «окрашен» такими направлениями как нанотехнология и информационная безопасность на микроуровне.

Наш университет внес существенный вклад в развитие микроэлектромеханики, поскольку еще в 1957 году на кафедре диэлектриков и полупроводников был создан первый в мире диэлектрический двигатель, во многом являющийся прообразом современных планарных микроэлектромеханических двигателей и приводов движения. Первая дипломная работа, посвященная проблеме микромеханики, по разработке конструкции и технологии устройств передачи движения на микроуровне, была выполнена в ЦМИД в начале 90-х годов, а начиная с 1994 года работы в области микросистемной техники ведутся систематически. В их основе лежит технология микромеханических преобразователей мембранного и балочного типов для датчиков давления, микроакселерометров, микрогироскопов, сверхминиатюрных виброакустических преобразователей, термоанемометров и термоактуаторов. Общепризнан тот факт, что в России сейчас нет равных ЦМИД по развитию мембранных технологий для МСТ. Получены мембраны толщиной от десятков нанометров до единиц микрон, изготовленные из особо устойчивых к внешним воздействиям неорганических и органических материалов: полиимиды, карбида кремния, нитридов кремния, алюминия и бора, алмазоподобного углерода.

ЦМИД является безусловным лидером в нашей стране и в технологии чипов для микроаналитических систем, обеспечивающих экспресс-анализ в интересах биомедицины и антитеррористической деятельности.

В 2002 году были приняты решения на уровне Минобрнауки РФ, а в настоящее время формируются программы в ряде отраслевых силовых ведомств. Очень важно, что в основу этих программ положены методические разработки, выполненные в университете, и, следовательно, наш вуз будет участвовать в научно-методическом руководстве данными программами.

В настоящее время микросистемная техника — это приборы для обеспечения безопасности движения автомобилей, включая крен, ускорение; миниатюрные системы наведения для высокоточного оружия; портативные медико-биологические анализаторы для экспресс-диагностики заболеваний и особо опасных инфекций; сверхминиатюрные приводы движения и системы энергообеспечения для микропневматики, микроробототехники, а также микро- и наноинструмент для атомно-молекулярной инженерии.

Мировой рынок изделий МСТ в 2003 году превысил 40 млрд долл. Спрос на профессионалов в этой области во всем мире чрезвычайно высок. ЛЭТИ занимает ведущие позиции в МСТ в России, а спрос на новых профессионалов, которых готовят в нашем вузе, будет только расти.

На снимках: сверху — сотрудник центра Светлана Игоревна Голоудина; справа — Алексей Савенко и Ольга Демидова за работой; внизу — студенты-старшекурсники в лаборатории тестирования микросхем



но оборудования и экономическим возможностям при проведении НИР и НИОКР уже не могли соперничать с микроэлектронным комплексом Зеленограда, который был ориентирован на космическую технику.

Среди ленинградских организаций в кремниевой технологии доминировала «Светлана», а лидером прогрессивного направления по синтезу и применению перспективных материалов группы A³B⁵ являлся, безусловно, Физико-технический институт. В то же время у ЛЭТИ, как у высшего учебного заведения, находящегося в центре города, было еще одно ограничение — безопасность используемых технологий, поскольку в процессах газовой эпитаксии и диффузии традиционно используются токсичные, пожаро- и взрывоопасные среды. Немалую роль в выборе направления деятельности МОМЭТ и ЦМИД сыграла и научно-образовательная среда, сохранившаяся в нашем вузе. В итоге Межвузовский отдел микроэлектронной технологии, созданный на базе нескольких кафедр, в качестве основных направлений деятельности выбрал нетрадиционные материалы для экстремальных условий эксплуатации (карбид кремния, алмазоподобный углерод). Это также электронные и ионные пучки, как базис перспективных технологий и методов диагностики, приборы для научных исследований на микро- и субмикронном уровнях.

В 1991 году, когда произошла реорганизация МОМЭТ, а фактически его переименование, из названия, исходя из реально выполняемых работ, было убрано понятие «микроэлектроника» и достаточно четко определен характер деятельности Центра — микротехнология и диагностика. Следует отметить, что современный характер деятельности Центра



ные геометрические размеры или полость (капилляр). Таким образом, мы уходим от чисто планарных плоских двумерных конструкций и ощущаем необходимость развивать так называемые 3D-трехмерные технологии.

Во-вторых, в новом обличии проявляет себя еще один фактор — размерно-масштабный, но не в традиционном для электроники представлении, (то есть в виде классических или квантово-размерных эффектов,