

# Будущее – за наноэлектроникой

В ЭТОМ УБЕЖДЕН СТАРШИЙ НАУЧНЫЙ СОТРУДНИК ФИЛИАЛА РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС ИМ. Ю. Е. СЕДАКОВА», КАНДИДАТ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК АЛЕКСАНДР ПУЗАНОВ. БОЛЕЕ 10 ЛЕТ ОН ЗАНИМАЕТСЯ ПРОБЛЕМОЙ СПЕЦСТОЙКОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ. ЗА РАБОТУ В ЭТОЙ ОБЛАСТИ ОН ТРИЖДЫ УДОСТОЕН ПЕРСОНАЛЬНОЙ ПРЕМИИ ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ» МОЛОДЫМ УЧЕНЫМ.

**– Александр, в декабре 2018 года стало известно, что Вы в третий раз признаны лауреатом премии Госкорпорации «Росатом». Какие чувства испытали на этот раз?**

– Те же самые, что в первый и во второй раз – радость и гордость за признание результатов работы на таком высоком уровне. К этим чувствам, гамме эмоций невозможно привыкнуть. Причем, состав участников конкурса от нашего института (уверен, что и от других тоже) с каждым годом становится сильнее, тем приятнее снова оказаться в числе победителей.

**– Какая научная работа отмечена премией в этом году?**

– Конкурсная работа была посвящена разработке локально-неравновесных физико-топологических моделей дефектообразования и переноса носителей заряда в сверхвысокочастотных полупроводниковых приборах при радиационном воздействии. Это важно для определения и обеспечения стойкости радиоэлектронной аппаратуры специального назначения при улучшении технико-экономических показателей за счет существенного сокращения затрат на стадии разработки, испытаний и совершенствования их эксплуатационных характеристик.

Для достижения поставленной задачи необходимо было решить ряд научных вопросов, касающихся радиационной физики твердого тела и полупроводниковых приборов. Несмотря на то, что исследования в данной области ведутся более полувека, большое число «скрытых параметров», не проявляющихся при нормальном функционировании электронных систем, существенно снижает повторяемость результатов в процессе испытаний и усложняет прогнозирование поведения изделий при радиационном воздействии. Поэтому постоянно возникают новые методики проведения экспериментов и новые математические модели радиационной реакции. Дело в том, что существующие модели зачастую «не работают» для современных субмикронных полупроводниковых приборов, динамика физических процессов в которых носит сложный комплексный нелинейный характер.

В работе представлен комплекс математических моделей, позволяющий решить указанную задачу в локально-неравновесном приближении; обсуждаются некоторые результаты моделирования, а также особенности вычислительной реализации предложенных алгоритмов на



суперкомпьютерах и высокопроизводительных рабочих станциях. Практическим результатом моей научной работы стало создание пакета прикладных программ для расчета переходных ионизационных процессов в полупроводниковых структурах. Экспериментально и теоретически были определены допустимые электротепловые режимы работы мощных биполярных транзисторов сверхвысокочастотного диапазона в условиях комплексного воздействия электрических перегрузок и ионизирующего излучения в составе ряда приборов. Это позволило повысить их устойчивость к внешним дестабилизирующим воздействиям. Результаты работы внедрены в разработки НИИИС.

**– Какие цели ставили перед собой в начале пути, какие ставите на данном этапе?**

– Первой задачей, решенной мной, когда я начал работать в НИИИС, стала интерпретация результатов серии облучательных экспериментов. Это потребовало значительной модификации существующей математической модели и ее программной реализации. В значительной степени эта задача в дальнейшем определила направление моих научных исследований. Со временем все сильнее стала ощущаться необходимость обобщения разнородных матема-

▲ Александр Пузанов (слева), Сергей Оболенский

тических моделей реакции изделий микро- и наноэлектроники на воздействие специальных факторов, а в последнее время – факторов космического пространства. Дело в том, что с уменьшением геометрических размеров рабочих областей полупроводниковых структур все сильнее начинает сказываться вероятностный характер сбоев и отказов из-за стохастической природы взаимодействия проникающих излучений с веществом на микроуровне. При этом в большинстве исследований расчетная оценка стойкости носит детерминированный характер. Имеющиеся немногочисленные вероятностные модели основаны на предположении существования технологического разброса параметров полупроводниковых структур до облучения либо существенно опираются на результаты статистической обработки экспериментальных данных, что, в конечном счете, в обоих случаях сводится к расчетам по детерминированным моделям с разным набором параметров. Таким образом, необходимо дальнейшее развитие математических моделей полупроводниковых элементов с учетом вероятностной природы их сбоев и отказов на микроуровне, что является предметом моих научных интересов в настоящее время.

**– Какие достижения являются предметом Вашей особой гордости?**

– В конце 2015 года мы совместно с коллегами из ННГУ имени Н. И. Лобачевского и ИФМ РАН впервые предложили методику терагерцового детектирования процессов формирования и стабилизации кластера радиационных дефектов в полупроводниковых структурах. Мой вклад заключался в разработке математической модели ионизационной реакции детектора. Пробные эксперименты для больших длин волн подтвердили принципиальную возможность детектирования ультрабыстрых радиационно-индуцированных переходных процессов в материалах, однако был выявлен ряд технических сложностей, над устранением которых мы продолжаем работать. В прошлом году я разработал локально-неравновесную диффузионно-дрейфовую модель переноса носителей заряда в полупроводниках при воздействии субпикосекундных импульсов ионизирующих излучений. В настоящее время при помощи данной модели мы оцениваем сечные сбоев микросхем при воздействии тяжелых заряженных частиц космического пространства, сравниваем полученные результаты с экспериментальными данными с целью верификации и

**НИКОГДА НЕ СДАВАТЬСЯ. ПРИ РЕШЕНИИ  
ПОИСКОВЫХ ЗАДАЧ ЭТО ОЧЕНЬ  
ВАЖНО – ВЕДЬ НЕИЗВЕСТЕН НЕ ТОЛЬКО  
ПУТЬ К РЕШЕНИЮ, НО И САМ ФАКТ  
СУЩЕСТВОВАНИЯ РЕШЕНИЯ**

дальнейшего уточнения модели. Конечно, нельзя не отметить и защиту кандидатской диссертации, которая явилась интегральным результатом моей работы в 2007-2011 годах.

**– У Вас есть жизненный девиз, которым Вы руководствуетесь?**

– Никогда не сдаваться. При решении поисковых задач это очень важно – ведь неизвестен не только путь к решению, но и сам факт существования решения. Важно уметь признавать свои ошибки и слушать других – это позволяет находить новые пути, которые приведут к результату. Очень тяжело, но иногда необходимо отступить, чтобы «увидеть за деревьями лес». Для этого нужно уметь переключаться между задачами.

**– Кем Вы мечтали стать в детстве и что определило Ваш профессиональный выбор?**

– Я вырос в семье ученых. Мои бабушка и дедушка – кандидаты исторических наук, отец – кандидат технических наук, работал в НИИПИ «Кварц». В детстве я мечтал стать конструктором. Мне нравилось смотреть, как работает техника, особенно строительная. Со временем любимым школьным предметом стала физика, и к девятому классу я решил, что пойду учиться на радиофизический факультет ННГУ имени Н. И. Лобачевского, как и мой отец.

**– Что подтолкнуло Вас к научным исследованиям? Какое направление Вы выбрали?**

– Мне всегда было интересно узнавать что-то новое. Свое направление научной деятельности я называю вычислительной радиационной физикой полупроводниковых приборов. Это предполагает теоретический характер работы. С другой стороны, наш институт в основном занимается прикладными разработками, поэтому я также провожу и экспериментальные исследования.

**– Какие черты характера помогают в занятиях наукой?**

– Для ученого-теоретика, прежде всего, важны умение концентрироваться, усидчивость и способность выявлять причинно-следственные связи. Это позволяет собрать из ряда разрозненных фактов стройную теорию и предсказать на ее основе новые явления. Можно провести сравнение работы ученого со сбором картины из множества фрагментов при условии отсутствия значительной их части. При этом «границными условиями» новой теории выступают ее непротиворечивость существующим фактам и теориям.

**– Что касается ближайших планов, какую вершину наметили покорить в дальнейшем?**

– В ближайших планах – поступление в докторантуру по направлению «Твердотельная электроника». Также я читаю лекции на физическом и радиофизическом факультетах ННГУ имени Н. И. Лобачевского, весной буду подавать документы на звание доцента.

**– Чему Вы посвящаете свободное время? Удается ли отвлечься от научных изысканий в выходные дни?**

– В детстве я научился играть в шахматы. В школе это увлечение переросло в полупрофессиональные занятия. Я участвовал в соревнованиях областного уровня, занимал призовые места, выполнил норматив первого разряда. Однако в старших классах стало гораздо сложнее совмещать подготовительные курсы в университете и шахматные турниры, и, наверное, поэтому больших успехов в шахматах я не достиг. Но в студенческие годы я с удовольствием посещал шахматную секцию при университете. Сейчас мы с друзьями иногда проводим блиц-турниры по шахматам, участвуем в различных командных турнирах. Среди других увлечений можно выделить рыбалку. Я, конечно, только рыбак-любитель

и ловлю рыбу исключительно, когда отдыхаю на турбазах. В последнее время, впрочем, иногда мы выезжаем на рыбалку с коллегами после работы. Думаю, это начинание будем развивать.

**— Кого считаете своим научным наставником и кто из представителей научного сообщества сыграл особую роль в становлении молодого ученого Александра Пузанова?**

— В мир науки меня привел доктор технических наук, профессор, заместитель проректора по научной работе ННГУ имени Н. И. Лобачевского, по совместительству ведущий научный сотрудник НИИИС Сергей Владимирович Оболенский, который и сейчас является моим научным руководителем. С 2006 года под его руководством мной успешно защищены курсовая, дипломная и диссертационная работы. Большую роль в моем становлении как ученого сыграли оппоненты по диссертации: В. А. Козлов (ИФМ РАН) и Д. И. Тетельбаум (НИФТИ ННГУ имени Н. И. Лобачевского). Я также хочу поблагодарить коллег и руководителей за плодотворные дискуссии и конструктивную критику.



**Сергей Владимирович Оболенский, научный руководитель:**

**— Я познакомился с Александром Пузановым в 2005 году, когда он пришел на кафедру электроники выполнять курсовую работу.**

**Еще будучи студентом, он много труда вкладывал в освоение современных физических методов компьютерного моделирования, уделял значительное внимание вопросам планирования и организации эксперимента. В рамках своей производственной деятельности он регулярно выезжает в экспедиции в российские ядерные центры для проведения испытаний различной аппаратуры и полупроводниковых приборов на спецстойкость. Безусловно, проведение экспериментов на мощных моделирующих установках требует большой кропотливости при подготовке и проведении лучательного эксперимента. Это позволило ему отработать на практике компьютерные модели, которые легли в основу его научной работы. С поставленными задачами Александр справляется отлично. Результаты его работы уникальны, они позволили качественно апробировать разработанные им компьютерные модели. >>**

*Елена Борматова*