

НАНО- И ПУЧКОВО-ПЛАЗМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ И СОЗДАНИЯ МАТЕРИАЛОВ С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ



**В.В. Лопатин, д.т.н., профессор, директор НИИ
высоких напряжений**

Разработка и применение ресурсоэффективных технологий создания и обработки материалов с заданными свойствами, в том числе наноматериалов, являются приоритетными направлениями во всех передовых странах мира для современных высокотехнологических отраслей: электроники, средств связи, атомной, авиакосмической техники, машиностроения, добывающей промышленности, медицины, биотехнологии и др. К числу качественно новых конкурентоспособных и ресурсоэффективных технологий относятся развиваемые в университете технологии, основанные на воздействии на материалы пучков заряженных частиц, плазмы и импульсных разрядов. Например, рожденная в университете электровзрывная технология получения нанопорошков металлов, их оксидов и нитридов используется сейчас в Германии, США, Китае, Корее.

В университете и ТНЦ СО РАН ведутся фундаментальные и прикладные исследования в области применения нанопорошков, которые привели к успешному их использованию в производстве нанополитронов для очистки воды и медицинских растворов, «адресных поставщиков» лекарств к пораженным органам, маркеров, а также в технологии производства наноструктурированных полимеров с улучшенными свойствами и керамических изделий. Для производства керамики разработаны новые методы компактирования сухих нано- и полидисперсных порошков (без использования примесных пластификаторов и связок), обеспечивающие интенсивную консолидацию компактов из наночастиц при низких температурах и равномерное объемное уплотнение при спекании для предотвращения макродефектов в изделиях. Технология основана на применении ультразвукового воздействия в процессе прессования порошков и на перераспределении сил трения при сухом прессовании в специальных прессформах. Начато производство опытных партий оптически прозрачной керамики, изделий из электрокерамики (корпуса СВЧ-смесителей для телекоммуникационных систем), пьезо- и сегнетоэлектриков, функциональной бескислородной и конструкционной керамики (уплотнители гидронасосов, турбины бензонасосов, фильтры, дорны, калибры, экструзионные матрицы для кабельного производства и др.). Заказчики – компании и исследовательские центры России и Южной Кореи.

В настоящее время в Нано-центре университета завершается создание технологической линии для производства опытных партий изделий из нанокерамики, включающей современное нанотехнологическое и диагностическое оборудование для подготовки, обработки, компактирования и спекания нанопорошков; тестирования компактов и спеченных материалов.

*Nano- and beam and plasma
technologies of tailor-made mate-
rial production and processing*

W. Lopatin, professor, D.Sc. in
engineering, director of Scientific
Research Institute of High Voltages

The University is one the world leading institutions working in the sphere of resource efficient beam-plasma technologies and equipment for modification of materials and goods. Our equipment is employed in Russia and leading foreign countries.

It also conducts fundamental and applied researches in the sphere of nanopowders. New methods of compacting dry nano- and polydisperse powders were developed for ceramic production.

The University implements the technology of application of gradient nanofilms on dielectric materials with regulated refractive index. Efficient equipment for the magnetron sputtering is being elaborated. Certain success has been achieved in the research and development of technology for biocompatible coating production by the magnetron sputtering for dentistry.

Scientists of the University develop principally new prospective technologies for the synthesis of composite organic-inorganic nanomedicines based on diazonium salts.

Technological complexes based on the quasi-volume nanosecond discharge in gases and gas-liquid blends were developed and are successfully employed both in Russia and abroad.

Research and developments in these areas, training and retraining of specialists are performed in the Research Institutes and Chairs of the University and its three centers for advanced training of the elite specialists: "Electrodischarge and Plasma Beam Technologies", "High-current Electronics" and "Nanomaterials and Nanotechnologies".

Specialists, infrastructure of the University, successful experience in the commercialization of technologies and equipment are competitive advantages for the development of the TPU research school "Nano- and beam and plasma technologies of tailor-made material production and processing".

В университете предложена и начата реализация технологии нанесения градиентных нанопленок на диэлектрические материалы с регулируемым коэффициентом преломления. Разрабатывается эффективное оборудование для магнетронного распыления. Определенные успехи достигнуты в исследованиях и разработке технологии получения биосовместимых покрытий магнетронным распылением для стоматологии. Применение нанопокровов на диэлектрические, полупроводниковые и металлические материалы и изделия используются не только для космических аппаратов, но и в ЖКХ для получения энергосберегающих стекол, отражающих радиопокровов летательных аппаратов; при производстве изделий электронной техники и др.

Результаты исследований коллективов НИИ высоких напряжений, НИИ ядерной физики, кафедр сильноточной электроники, техники и электрофизики высоких напряжений, института сильноточной электроники СО РАН и др. в области физики формирования и взаимодействия пучков и плазмы с веществом позволили разработать ряд технологий формирования в поверхностных слоях металлических изделий износостойких нанокompозитных покрытий. Университет является одной из ведущих в мире организаций, работающих в области разработки ресурсоэффективных пучково-плазменных технологий и оборудования для модифицирования материалов и изделий. Наше оборудование используется в России и ведущих зарубежных странах, например, практически все исследования по модифицированию металлов ионными пучками в Китае выполнены на оборудовании, изготовленном в Томске.

Мощные электронные пучки используются также в разрабатываемых технологиях плазмохимического синтеза нанодисперсных оксидов кремния, титана и алюминия, где удается осуществить цепную реакцию, и для очистки промышленных стоков.

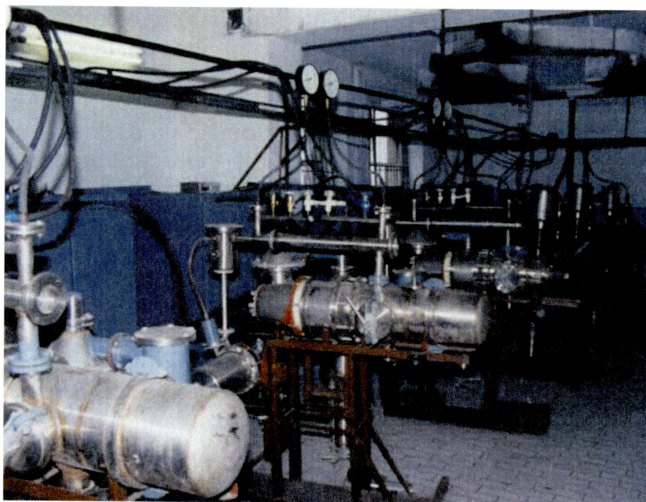
Успехи в силовой электронике при создании мощных высоковольтных генераторов различного, в том числе и технологического применения, компьютерного моделирования электро- и радиотехнических устройств и физических процессов позволили развивать не только пучковые, но и электроразрядные технологии обработки материалов.

Роль рабочего инструмента в последних выполняемых плазма расширяющегося разрядного канала и конденсированном диэлектрике, или квазиобъемного разряда в газах или газожидкостных смесях. Определены перспективные области использования этих технологий, оборудование некоторых из них доведено до лабораторных или даже опытно-промышленных образцов. Так в Норвегии на полигоне Тронхейм-ского университета и компании Statoil сейчас испытывается созданный в университете электроразрядный буровой станок для глубинного бурения, а электроразрядные дробилки, вносящие минимум примесей в обрабатываемые материалы, доведены до опытно-промышленных образцов и поставлены в Германию, Казахстан, Китай.

Этот же физический принцип заложен в основу разработанных сотрудниками кафедры высоких технологий в машиностроении с израильской компанией «Litotripter» и сертифицируемых сейчас приборов для разрушения урологических кальцинированных конкрементов и разрабатываемых приборов для удаления кальцинированных атеросклеротических бляшек. Перспективно применение этой технологии также для измельчения органоминерального сырья при производстве биологически активных соединений и лекарственных препаратов вместо традиционных химических технологий.

Принципы ресурсоэффективной «зеленой химии», приносящей минимальный урон окружающей среде, используются сотрудниками кафедры органической химии при синтезе противовирусных йодоорганических лекарств и диагностикумов. Исследователями университета разрабатываются принципиально новые перспективные технологии синтеза композитных органо-неорганических лекарственных наноматериалов на основе диазониевых солей.

Квазиобъемный наносекундный разряд в газах и газожидкостных смесях, являющийся мощным инструментом для активации физико-химических реакций, успешно используется в ресурсосберегающей технологии дезинфекции и очистки воды от металл-ионов и органики. На основе этого разработаны технологические комплексы и начата успешная коммерциализация оборудования, в России работает



Установки для получения нанопорошков методом электрического взрыва проводника.

свыше 150 комплексов производительностью 1-200 м³/час. Оборудование также поставлялось в Китай, Японию, Эстонию, Беларусь, Финляндию и Чехию.

Высокочастотный квазиобъемный разряд использован в разработанной энергосберегающей технологии электроразрядной сушки древесины и последующей ее объемной пропиткой био- и огнезащитными растворами. Разрабатываемое опытно-промышленное оборудование для этой технологии позволяет малочисленным сортам древесины придать вид и свойства ценных пород.

Исследования и разработки по направлению, подготовка и переподготовка кадров ведутся в научно-образовательной среде НИИ высоких напряжений и профилирующих кафедр электрофизического, машиностроительного, химико-технологического и естественно-научного факультетов, а также в трех центрах опережающей подготовки элитных специалистов, созданных в рамках приоритетного национального проекта «Образование»: «Электроразрядные и пучково-плазменные технологии», «Сильноточная электроника», «Наноматериалы и нанотехнологии» (Нано-Центр ТПУ) сотрудниками 6 научных школ университета. Магистерская подготовка студентов, практики бакалавров, дипломирование специалистов и подготовка магистерских диссертаций проходят в НИИ высоких напряжений, Институтах сильноточной электроники, Оптики атмосферы, Физики прочности и материаловедения ТНЦ СО РАН и на предприятиях многочисленных стратегических партнеров.

По данному направлению ТПУ реализует 4 направления бакалавриата, ведет подготовку инженеров по 6 специальностям и 14 магистерским программам, в том числе по Double Degree программе «Высокие технологии в машиностроении» совместно с техническим университетом Берлина.

Кафедры и НИИ высоких напряжений, Институты ТНЦ СО РАН — стратегические партнеры, участву-



Электроразрядный буровой снаряд на полигоне (Норвегия).



Водоочистной комплекс «Аэрозон».

ющие в развитии направления, оснащены современным оборудованием и комплексом научно-исследовательских стендов, включая лабораторные и технологические установки. Кадровый состав, созданная инфраструктура в университете, опыт успешной коммерциализации разрабатываемых технологий и оборудования являются конкурентными преимуществами развития направления «Нано- и пучково-плазменные технологии создания и обработки материалов с заданными свойствами» Томского политехнического университета в области ресурсоэффективности.