

Фуллерены, графены, MEMS –

Сотрудники кафедры электромеханики ИГЭУ А.К. Громов и А.Н. Лапин прошли обучение на ФПКП Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» по программе дополнительного профессионального образования «Нанотехнология и нанодиагностика». Наши уважаемые «ученики» уверены, что новые знания в этой области будут интересны и полезны не только специалистам, но и широкому кругу читателей.

В последние годы много говорят о нанотехнологиях. И это не удивительно: по прогнозам большинства экспертов, именно развитие нанотехнологий определит облик XXI столетия, подобно тому как



А.Н. Лапин знакомится с устройством атомно-силового микроскопа

открытие атомной энергии, изобретение лазера и транзистора сформировали облик века XX. В настоящее время это весьма обширная область исследований, включающая в себя целый ряд направлений физики, химии, биологии, электроники, медицины и других наук.

Что же это такое – нанотехнологии?

Известно, что материальной базой для них служат кремний и углерод. Вы «берёте» отдельные атомы и молекулы (наночастицы) и путём контролируемого манипулирования ими создаете материалы с заданной атомной структурой, которые затем применяете в какой-либо области. Эти частицы и определяют уникальные свойства материала.

О размерах: атом имеет размер ~0,1 нм (нанометр); размер молекулы, состоящей более чем из 30 атомов, – 1 нм; 1 нм отличается от размера человека так же, как последний – от диаметра орбиты Луны. Минимальный размер технического изделия, достигнутый на чипе кристалла промышленной ИМС, – 32 нм; размер вируса (биообъект) – порядка 100 нм.

Волшебные свойства фуллерена

Важнейшим событием в науке XX столетия явилось открытие молекулы фуллерена, величина которой – один нанометр. Фуллерен – молекулярное соединение, принадлежащее классу форм углерода и представляющее выпуклые замкнутые многогранники шарообразной формы, составленные из чётного числа атомов углерода. Своим названием фуллерены обязаны инженеру и дизайнеру Р.Б. Фуллеру, чьи купольные сооружения были построены по тому же принципу.

Фуллерен сочетает вакуум и материю. Если «заглянуть» внутрь этого необычного шарика, то обнаружится пустота, пронизанная электромагнитными полями. Фуллерен – связующее звено между органической и неорганической материей; его геометрическая форма имеет удивительное сходство с важнейшими структурами живых организмов – фрагментами молекулы ДНК, вирусами. Если добавить способность фуллерена, в отличие от графита и алмаза, растворяться в органических растворителях и образовывать множество новых соединений с разными элементами, то понятно, почему от него ожидают чудес. Молекулы фуллерена перспективно использовать в качестве самостоятельного наноразмерного устройства и, в частности, усилительного элемента. Среди других интересных приложений следует отметить аккумуляторы и электрические батареи с литиевыми катодами, в которых используются добавки фуллеренов. Хотя фуллерены имеют короткую историю, это направление науки быстро развивается, привлекая к себе все новых исследователей.

Крепче стали в 200 раз!

В начале нашего столетия российские учёные Константин Новосёлов и Андрей Гейм открыли материал с уникальными свойствами – «графен», за что получили Нобелевскую премию.

Графен – слой атомов углерода, соединённых в двумерную кристаллическую решётку. Он обладает уникальной прочностью (порядка 1 ТПа – самый прочный материал на Земле, в 200 раз крепче стали) и самой высокой электро- и теплопроводимостью среди других материалов. Максимальная подвижность электронов структуры графена делает его перспективным материалом для использования в самых различных приложениях; в частности, как будущую основу нанoeлектроники и возможную замену кремния в современных интегральных микросхемах с базовой толщиной транзисторов 10 нм. Ученые ищут простой и эффективный метод, который позволит наладить массовое производство листов графена значительной площади.

Интересно, что К.Новоселов провел публичную демонстрацию получения графена. Для этого было достаточным «технологическое оборудование», которое может позволить себе каждый – это скотч, графит (например, грифель простого карандаша) и твердая подложка, которой на демонстрации стал экран мобильного телефона. Новосёлов показал, что процесс получения графена является самым простым этапом для домашнего исследователя: необходимо нанести на липкий слой скотча толченый графит, а затем на время приложить его к экрану мобильного телефона. После снятия скотча на поверхности подложки, по словам ученого, должен остаться незаметный слой пыли, которая и содержит графен. Всех тонкостей получения материала учёный раскрывать не стал, заметив, что первое время в лаборатории именно так все и происходило: скотч, графит и твердая подложка.

Возможные сферы использования графена – сенсорные экраны, солнечные батареи, накопители энергии, сотовые телефоны, супербыстрые компьютерные чипы. По мнению Александра Озерина, директора Института синтетических и полимерных материалов имени Н.С. Ениколопова РАН: «Будущее устройств на основе графена – фантастично. Он обладает поистине сногшибательными свойствами. Если технология получения гра-

это звучит громко!

А что дальше?

фена будет доведена до промышленных масштабов, то нас ожидает революция в электронике».

Технологии малых форм

Существует множество микроустройств различных конструкций и назначения, в производстве которых используются технологические приемы микроэлектроники – MEMS (в русской аббревиатуре МЭМС – микроэлектромеханические системы). МЭМС получают путем комбинирования механических элементов, датчиков и электроники на общем кремниевом основании посредством технологий микропроизводства. Перечисленные составляющие реализуются в виде изделий в больших количествах. В основе процессов лежит апробированная технология производства полупроводниковых интегральных микросхем. В настоящее время МЭМС-технологии применяются для изготовления различных приборов практически повсюду. Важнейшая составная часть большинства МЭМС – микроактюатор. Такое устройство преобразует энергию в управляемое движение. Это – привод. Размеры микроактюаторов могут варьироваться от нескольких квадратных микрометров до одного квадратного сантиметра. Микроактюаторы используются в управляющих устройствах, в космической области, в биомедицине, дозиметрии, в измерительных приборах, в технологии развлечения, в автомобилестроении и в домашнем хозяйстве. Это могут быть миниатюрные детали (гидро- и пневмоклапаны, струйные сопла принтера, пружины для подвески головки винчестера), микроинструменты (скальпели и пинцеты для работы с объектами микронных размеров), микромашины (моторы, насосы, турбины величиной с горошину), микророботы, микродатчики и исполнительные устройства, аналитические микролаборатории (на одном кристалле).

«Наногрозы» – звучит грозно!

Известно, что всё новое притягивает интерес и вызывает стремление как можно быстрее использовать реальные или кажущиеся преимущества достигнутого. Однако необходимо помнить, что недостаточная изученность новых материалов, их свойств и функциональных возможностей, процессов и систем, а также отложенность во времени вероятных неблагоприятных (опасных!) по-

следствий несёт возможные угрозы как человеку, так и обществу.

В качестве причин возникновения «наноугроз» следует особо выделить:

- малые геометрические размеры наночастиц и их высокая проникающая способность, реакционная и адсорбционная активность при отсутствии у человека, животных и растений эволюционно выработанных защитных механизмов противодействия;

- многообразие структуры и состава наночастиц и наноконпозиций и, как следствие, сложность их идентификации и количественной характеристики;

- развитие междисциплинарных исследований, стимулирующих создание конвергентных систем, основанных на искусственной интеграции объектов органической (в том числе живой) и неорганической природы в отсутствие надежной информации о механизмах их взаимодействия и патогенных проявлениях;

- экономически стимулированное резкое искусственное ускорение технологической эволюции в области процессов нанотехнологии, наноматериалов и производства продукции на их основе в отсутствие необходимой нанотехнологической культуры у разработчиков, производителей, органов сертификации и санитарно-эпидемиологического контроля;

- новизна продукции nanoиндустрии при возможной высокой экономической эффективности финансовых вложений, что создает соблазн у определенной группы, как правило, «молодых» небольших компаний достижения быстрого результата без оценки риска и последствий;

- малые массогабаритные и энергетические показатели ряда нанотехнологических процессов и возможность их «скрытой» реализации, что стимулирует

возникновение тенденций к использованию нанотехнологий и наноматериалов для реализации преднамеренных террористических проявлений.

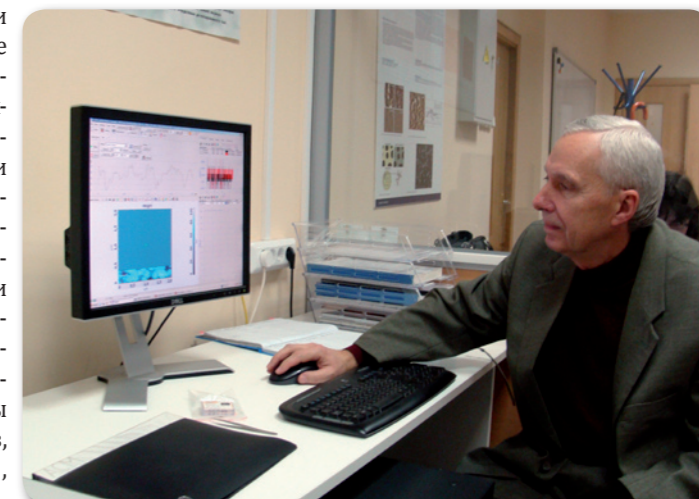
Нанодиагностика для сферы обеспечения безопасности от «наноугроз» может включать:

- экспресс-методы и средства регистрации электрических, оптических, магнитных, акустических и других видов полей наноразмерных объектов;

- средства и методы метрологического обеспечения для производства, контроля и исследований наноразмерных объектов, наноконцентраций вещества;

- специальные экспресс-методы и средства обнаружения и идентификации наноконцентраций био- и взрывоопасных веществ.

В заключение хочется отметить, что на этапе перехода от «микро» к «нано», требующего огромного научного задела, экономического потенциала и высокообразованного кадрового обеспечения, в



А.К. Громов наблюдает результаты микроскопирования

качестве стимулирующего фактора в отношениях между различными государствами будет являться фактор абсолютного превосходства над конкурентом. К сожалению, в условиях технологического отставания России реальность данной угрозы вполне очевидна, поскольку время не работает на нас.

А.К. Громов, А.Н. Лапин

В публикации использованы материалы, полученные в «ЛЭТИ» во время занятий ФПКП.