Rusnanotech
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ по НАНОТЕХНОЛОГИЯМ 3-5.12. 08

Световоды обещают прорыв в волоконной оптике

(Окончание. Начало на 1-й стр.)

Скорость передачи информации по одному волоконному световоду на порядки выше, чем в обычных радиорелейных и проводных линиях связи. Так, например, по одному световоду за 10 сек. можно передать содержание 43 млн томов Государственной Российской библиотеки. Возможности передавать большие объемы информации кардинально увеличивают возможности науки и техники, изменяют повседневную жизнь людей.

Но системы связи — далеко не единственная область применения волоконной оптики. Сегодня здесь наиболее динамично развиваются такие направления, как создание волоконных лазеров и волоконно–оптические датчики.

Волоконные лазеры приходят на смену обычным системам. Они надежнее, легче, эффективнее, имеют практически идеальное качество выходящего излучения. У иттербиевых волоконных лазеров с дифракционным пределом (КПД, превышает 50%, в то время как лучшие твердотельные лазеры имеют не больше 30%, а в основном — менее 5%.

Эти лазеры находят все большее применение во многих областях промышленности, где нужна обработка материалов, резка, сварка и прецизионная маркировка. Мощность непрерывных волоконных лазеров достигает к настоящему времени уже десятков киловатт при достаточно компактной конструкции.

Волоконная оптика открыла широчайшие возможности и для создания волоконно–оптических датчиков. О них уже можно говорить как о волоконно–оптических «нервных системах», которые позволяют непрерывно контролировать состояние сложных инженерных сооружений и таких ответственных элементов, как крылья самолетов. И даже работу двигателя в автомобиле. Не стоит забывать и об охранных системах, возможности которых также резко возрастают.

Волоконная оптика переживает сегодня бурный рост. Но обычные световоды уже не удовлетворяют новым потребностям. Поэтому большинство современных разработок базируются на различных видах микро– и наноструктурированных световодов, которые позволяют совершить прорыв в область параметров, недостижимых для классических световодов.

Такие световоды появились всего десять лет назад. Идея была очень проста. И коренным образом отличалась от концепции обычных световодов, которые сегодня используются в линиях связи. Так, обычные световоды создаются путем повышения показателя преломления кварцевого стекла сведением за счет легирования таких веществ, как оксид германия. Распространение света по световодной сердцевине обеспечивается за счет эффекта полного внутреннего отражения.

При создании же первых микроструктурированных световодов было предложено удерживать свет в световедущей сердцевине за счет интерференции волн, возникающих при отражении и рассеянии света на микронеоднородностях, получаемых путем создания отверстий в световодной оболочке. При этом период неоднородностей оболочки оказывается таким, что взаимодействующая с ними электромагнитная волна не может распространяться в оболочку (запрещена) из–за резонансного отражения (сходного с эффектом Брэгговского зеркала).

В этом случае излучение на соответствующих длинах волн может распространяться только вдоль. Иными словами, структура формирует световод в сердцевине.

Данный световод состоит только из одного материала — чистого кварцевого стекла. Его размер составляет порядка ста микрометров, диаметр отверстий — нескольких сотен нанометров. Двумерность световодных структур, а также уникальные свойства стекла, позволяющие перетягивать стеклянный стержень в меньший размер при сохранении его поперечной структуры, дают возможность сначала изготовить так называемую преформу со структурами миллиметрового размера. А затем, за одну или несколько перетяжек, трансформировать ее в тонкое волокно (диаметром десятки или сотни микрон), содержащее микро– и наноструктуры. При этом стоит подчеркнуть, что в длину такая структура при неизменных параметрах может достигать нескольких километров.

Изменяя размеры и расположение отверстий оказалось возможным создать световоды с различными видами структур.

Среди наиболее распространенных и уже востребованных практикой прежде всего следует назвать световоды с воздушной сердцевиной. Они вызывают очень большой интерес из–за того, что коэффициент нелинейности фактически по воздуху позволяет надеяться на достижение здесь уровня оптических потерь много меньшего, чем в обычных световодах.

Оболочка таких световодов состоит из тончайших стеклянных перемычек, толщина которых может доходить до нескольких десятков нанометров. Создание такой конструкции открывает принципиально новые возможности в волоконной оптике. Свет, распространяющийся по воздушной сердцевине, практически не взаимодействует со стеклом. И, следовательно, отсутствуют фундаментальные нелинейные потери, характерные для обычных волоконных.

Все это позволяет, например, использовать такие световоды для передачи очень высокой оптической мощности, избегая при этом нежелательных нелинейных явлений. Полая сердцевина световода может быть заполнена веществом, находящимся в газообразном состоянии, или микрообъектами. При прохождении излучения по такому световоду может осуществляться эффективное взаимодействие света с этим веществом на большой длине. Это может быть использовано, например, для детектирования вещества или генерации излучения.

Уникальность данных световодов создает в новых областях для ученых и инженеров абсолютно новых нелинейных эффектов, — например, таких, как генерация суперконтинуума. Именно названием — к созданию так называемого «белого лазера». В этом случае обычное лазерное излучение с очень узким спектром, попав в микроструктурированный световод длиной всего несколько метров, со специальной дисперсионной характеристикой, преобразуется в излучение с широким спектральным диапазоном (например, от 400 нм до 2 мкм). По сути — в лазерную лампочку накаливания, по имеющий на порядки большую яркость.

Лазерная генерация белого света представляет собой интересное физическое явление и используется для решения задач оптической связи, управления предельно короткими световыми импульсами, помогает достичь рекордных точностей спектральных и метрологических измерений, применяется для оптического зондирования атмосферы Земли и открывает путь созданию новых компактных мультилинейных источников излучения для нелинейной спектроскопии, микроскопии и визуализации биомедицины.

Одномодовые световоды в широком спектральном диапазоне позволяют получать намного больших размеры модового пятна, чем в обычных световодах. Это позволяет решить сложную задачу по настоящему первую задачу получения активных одномодовых волоконных световодов для импульсных и непрерывных лазерных систем большой мощности, характеризующихся большим (30—100 мкм) диаметром модового пятна, что позволит в 10—100 раз повысить выходную мощность или энергию в импульсе лазерного излучения.

Обычно такую структуру окружают второй водной оболочкой, которая обеспечивает высокую апертуру входящего в световод излучения. При достаточно большой степени заполнения оболочки воздухом, свет, падающий на торец световода в области сердцевины практически под любым углом, войдя в сердцевину, будет распространяться у условиях полного внутреннего отражения. Это свойство все больше используется в настоящее время при создании волоконных лазеров, позволяя эффективно вводить в активный световод излучение диодной накачки, которое как раз и отличается своей высокой апертурой.

В течение последних двух–трех лет появился и активно исследуется также новый вид микроструктурированных световодов — сплошные световоды с запрещенной зоной. Они не имеют воздушных отверстий. Роль отражающей микроструктуры в них выполняет оптическая с помощью кристалл-фотонных ограничений. Подобные технологии могут и должны стать основой для создания радиационно стойких элементов, работающих в областях науки и техники, где высокотемпературные керамоматричные композиты используются в качестве материалов для работы при высоких температурах, в агрессивных средах, при повышенных механических нагрузках в авиации, судостроении, ракетно–космической технике, химической промышленности и т.п. А сейчас это направление все более тесно связывается с понятиями наноматериалов и нанотехнологии, поскольку именно объединение классических и новых подходов при создании материалов представляется наиболее плодотворным.

Речь, прежде всего, идет о разработке новых технологий композитов С/SiC и SiC/SiC, на основе которых и создаются многие материалы и изделия для экстремальных условий эксплуатации. Эти работы ведутся с положительной и отрицательной динамикой около 20 лет. Но сейчас, на наш взгляд, наконец тот период, когда возможно существенное повышение эффективности таких разработок.

В частности, при решении задач по этой проблеме должен быть разработан необходимый и обоснованный минимум высокотехнологичных стартовых веществ для создания новых материалов и, соответственно, стартовых материалов для получения наиболее перспективных и обладающих высокой надежностью изделий. Этот комбор должен быть разработан в сжатые сроки, учитывая, в том числе, и ограниченность наших ресурсов — кадровых, финансовых, временных. И включать стартовые реагенты, прекурсоры различных составов и в различных формах, включая наноматериалы.

Проведенные исследования подтверждают востребованность таких наноматериалов для получения BTMK. В общий список важнейших соединений-компонентов современной керамической керамики входят тугоплавкие термические и химически стабильные оксиды алюминия, иттрия, церия, кремния, гафния, титана, кремния, магния, нитриды кремния, бора, алюминия, карбиды кремния, бора, гафния, титана, тантала, бора, силициды, их твердые растворы и различные композиции, различные формы упрочнения. Известно об использовании компонентов микронного, субмикронного размера, наноразмерного порошкового сырья для создания BTKMK — разных порошков графита, кремния; таких металлов, как молибден, алюминий; оксидов алюминия, карбидов кремния, карбидов бора, диоксидов титана и циркония, дисилицид молибдена и др. Применение наноразмерных порошков может быть здесь оправдано, прежде всего, тем, что они, как правило, превышает 99%. Иными словами, мы можем говорить о переходе дисперсных компонентов для синтеза BTKMK в категорию веществ реактивной квалификации, хотя выделяется в в отдельную группу «реактивы для BTKMK» пока не производят.

В последние годы в каталогах ведущих зарубежных фирм — поставщиков высокочистых реактивов — появился устойчивый и все расширяющийся раздел «наноматериалы». Номенклатура, предлагаемая только четырьмя такими зарубежными фирмами-поставщиками, как Alfa Aesar, International laboratory, Sigma-Aldrich, Nanostarr, позволяет выделить сразу 100 наименований наноразмерных продуктов, которые включают практически все элементы и соединения, используемые в синтезе BTKMK.

Таким образом, ассортимент наноматериалов, предлагаемый зарубежными фирмами-поставщиками закрывает потребности технологий BTKMK в ведущих промышленно развитых странах и вместе с тем существует по содержанию основного компонента — высокой квалификации. О приоритетности и востребованности, например, карбида кремния, оксида алюминия, различных форм углерода говорит число предлагаемых наименований-марок продуктов — несколько десятков наименований. О работах же, ведущихся в России в области наноматериалов, можно качественно составить представление на основе Белой Книги по нанотехнологиям, в которой собрана информация об исследованиях в области наночастиц, наноструктур и нанокомпозитов в нашей стране.

На наш взгляд, решение упомянутых задач требует выработки новых подходов к синтезу материалов, координации усилий крупных научных коллективов, ведущих в области получения керамокомпозитов, развития компонентной базы для синтеза BTKMK — преимущественно, тугоплавких высокодисперсных соединений повышенной чистоты.

В 2006 г. было подписано соглашение между Институтом общей и неорганической химии им. Н.С.Курнакова РАН, Российским химико-технологическим университетом им. Д.И.Менделеева и Всероссийским научно-исследовательским институтом авиационных материалов, нацеленное на совместное решение актуальных проблем материаловедения, для создания материалов нового поколения для изготовления перспективных изделий ракетно-космической, авиационной и специальной техники, способных работать в экстремальных условиях. Это соглашение намечает собой пример творческого союза академической науки, вузовских кадров и ведущего института отрасли ФГУП ГНЦ «ФЭИ» для комплексного решения проблемы новых материалов.

В основе синтеза высокотемпературных матриц, антиокислительных покрытий для композитов типа C/SiC, SiC/SiC лежат принципы нанотехнологии, в частности, успешно применяемых в жидкой технологической практике золь-гель и CVD-техник. Их главными преимуществами являются возможность получения нанодисперсных порошков сложного состава, снижение температуры синтеза, сужение размеров частиц, повышение однородности их состава, существенное увеличение числа параметров оптимизации свойств получаемых материалов.

В настоящее время золь-гель методом синтезированы высокотемпературные матрицы на основе алюминатов, силикатов и алюмосиликатов щелочноземельных металлов-магния, кальция, стронция, бария, имеющие повышенные температуры эксплуатации, разработана технология композиционных материалов с применением углеродсодержащих наполнителей. На опытно-промышленном участке ФГУП «ВИАМ» стронциево-анортитный состав был апробирован в качестве матрицы при получении композита, армированного углеродными волокнами, методом шликерной пропитки и горячего прессования.

С применением золь-гель метода разрабатываются антиокислительные покрытия для карбидокремниевых структур, радиопрозрачные высокотемпературные материалы для малогабаритных изделий с повышенным комплексом термических и диэлектрических характеристик, радиопоглощающие композиты с применением углеродных нанотрубок с повышенными прочностными и термическим свойствами, с повышенной на 10 порядков по сравнению с исходной аморфной стеклокерамикой электропроводностью.

Разрабатываются методы синтеза высокодисперсных карбидов: карбида циркония, гафния, тантала, гафния-тантала, карбида кремния, в том числе — повышенной чистоты, оксидов циркония, гафния, тугоплавких бинарных оксидов и оксидных систем. Особое внимание уделяется синтезу тугоплавких компонентов BTKMK непосредственно в объеме карбидокремниевой матрицы, в приповерхностном и поверхностном слоях композита, в антиокислительной защите композита.

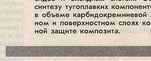
НАНОМИР В ПРОГНОЗАХ И ПРОЕКТАХ

В расчете на экстремальные условия эксплуатации

(Окончание. Начало на 1-й стр.)

Разработан способ защиты углеродсодержащих материалов — волокон, углеродных нанотрубок, заключающийся в нанесении защитного карбидокремниевого слоя на их поверхность. Синтезированный материал обладает повышенной стойкостью к окислению и может быть дополнительно, исходя из условий эксплуатации, модифицирован иными компонентами. Это же относится к технологии нанесения покрытий на углеродсодержащие материалы — углеродные волокна и нанотрубки с целью защиты изделий на их основе от окисления на воздухе при повышенных температурах эксплуатации.

Высокая эффективность работ и качество полученных материалов наглядно подтверждали успешность сокза высшей школы, Российской академии наук и отраслевых организаций и предприятий, в первую очередь, в лице ФГУП «ВИАМ».



Фторполимеры обретают новые возможности

(Окончание. Начало на 1-й стр.)

Это фторполимеры имеет прекрасную химическую стойкость, хорошие электроизоляционные свойства, рекордно низкий коэффициент трения, высокую климатическую стойкость, не стареет, для него характерна биостойкость.

Эти свойства предопределили широкое применение фторполимеров в таких сферах, как авиа- и космическая техника, атомная и химическая промышленности, авиационная и автомобильная техника, машиностроение, военная техника, все виды транспорта, электротехника, медицина, спорт, быт. Но, как и другие материалы, фторполимеры имеют и ограничения в применении, основными из которых являются технологические и экономический факторы.

Первый связан с неспособностью фторполимеров в высокой вязкости расплава, что исключает применение жидкофазных технологий. А второй — с высокой стоимостью.

Один из способов преодоления этих ограничений — использование нанотехнологических приемов. В этом случае возможно минимальное использование дорогостоящего материала, а с другой стороны — можно получить продукты ограниченного функционального применения, с ФГУП) ВИАМ и ЦНИИграфит разработаны тягостойкие, но специальные составы, способные работать без покрытий при температурах, превышающих рабочие температуры никелевых суперсплавов на 150—400°С, технологии получения заготовок и деталей из них. Разрабатываются технологии наноструктурированных тяжелых вольфрамовых сплавов для сердечников бронебойных подкалиберных снарядов с высокой проникающей способностью из нано- и ультрадисперсных смесей порошков металлов.

Выполнен большой комплекс исследований по глубокой очистке металлических веществ, выращиванию кристаллов тугоплавких и редких металлов, разработке на их основе функциональных материалов, работающих в экстремальных условиях. Созданы перспективные материнотитридных, магнитотвердомягких и магнитоабразивных материалы.

Разработаны принципы и основы технологии керамических носителей катализаторов с удельной поверхностью свыше 200 м²/г и наноструктурированным размером пор (сталь, 10 нм) платиновых каталитических покрытий на керамических и металлических подложках, устойчивых к рекристаллизации до 800—1000 °С.

Созданы технологии формирования биосовместимых керамических и композиционных наноструктурированных материалов широкого спектра: пористых гранул и керамик, предназначенных для систем доставки лекарств в организм человека и матриков для новых медицинских технологий восстановления поврежденных костных тканей, а также композиционных материалов на основе биополимеров.

Институт осуществляет подготовку высококвалифицированных специалистов по программам послевузовского образования (аспирантура и докторантура), выполняет научные разработки высокого уровня, обеспечивает взаимодействие между академической и отраслевыми секторами науки, включая привлечение ученых и специалистов к преподавательской деятельности.

Совместно с такими крупнейшими зарубежными производителями оборудования для исследования наноматериалов, как «Карл Цейсс» — «Оксфорд Инструментс», «Стуэрс» и рядом других, ИМЕТ РАН создал международный научно–методический центр по подготовке специалистов в области исследования наноматериалов, в котором лекции и семинары проводят ведущие зарубежные и отечественные специалисты.

ИМЕТ РАН поддерживает устойчивые научные связи с участниками ФЦП «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008–2010 годы», в числе которых — «Курчатовский институт», ЦНИИ КМ «Прометей», ВИАМ, «Исследовательский центр им. М.В. Келдыша», ВНИИНМ им. А.А.Бочвара, МИЭТ (ТУ) и др.

ИМЕТ РАН выполняет исследования и разработки в области наноматериалов в рамках договоров о сотрудничестве с такими ведущими зарубежными центрами, как НСИ Институт исследования наноматериалов (Италия), Институт материаловедения Словацкой АН и др.

В настоящее время ИМЕТ РАН оснащается самыми современными комплексами исследовательского, металлургического и научно–технологического оборудования. В том числе — комплексами оборудования для отработки нанотехнологий, изготовления наноматериалов и изделий из них.

Дальнейшее изучение закономерностей изменения прочностных, магнитных, каталитических и других физико–химических свойств металлических, керамических и композиционных наноматериалов в зависимости от технологических особенностей их получения и структуры позволит существенно улучшить эксплуатационные характеристики промышленных материалов и создавать принципиально новые устройства, конструкции и приборы для авиакосмической, электротехнической, электронной, химической, инструментальной промышленности, вычислительной, медицинской и сенсорной техники.

С аномально высокими прочностью и электропроводностью

(Окончание. Начало на 1-й стр.)

В качестве легирующих добавок в таких сплавах используют Be, Cr, Ni, Zn, Mg, Fe, Ag при регламентированном содержании газовых примесей.

Практика показывает, что традиционный метод повышения механических свойств путем подбора легирующих элементов и использования различных способов термо–механической обработки практически исчерпал себя. Радикальных повышений комплекса свойств — механической прочности и электропроводности — достигается только в наноструктурных материалах нового класса. А их часто относят к наноматериалам. Ряд сплавов на основе систем Cu–Nb, Cu–Ag, Cu–Ta.

В настоящее время конструирование и экспериментально подтвержденный является понимание того, что достижение нанометрического уровня размеров зерен в металлах и сплавах обеспечивает принципиально новый, существенно более высокий уровень их прочностных и пластических свойств. Например, в наноструктурных материалах на основе меди, систем, таких как Cu–Nb — это является реальным высоким электропроводности, достигается прочность вплоть до 2000 МПа, что является реально высоким значением по сравнению с прочностью традиционных электротехнических материалов.

На базе опытного производства Всероссийского научно–исследовательского института неорганических материалов им. академика А.А.Бочвара (ФГУП ВНИИНМ), разработана промышленная технология изготовления нового класса электропроводных материалов — конечных, высокопрочных электропроводных материалов с повышенной электропроводностью микронных и субмикронных структур, имеющих прочность на уровне стали 1200—1500 МПа и одновременно с этим электропроводность на уровне 60—75% от электропроводности высокочистой меди. Эта технология позволяет получать длинномерные провода Cu–Nb с площадью поперечного сечения от 0,01 мм² до 25 мм².

Новые провода уже сделали реальным создание импульсных магнитных систем с напряженностью магнитного поля в интервале 70—100 Тл.

Разработанная промышленная технология изготовления высокопрочных высокопроводящих композиционных Cu–Nb с наноструктурированной структурой не имеет аналогов в России и позволяет закрыть объем потребления нанокомпозитных проводников в 600 т/год от общей суммарной стоимость по всей номенклатуре продукции составит порядка 2,5 млрд руб. Срок окупаемости вложений (чистой прибыли) — не более 5 лет.

На базе опытного производства во ВНИИМ выполнено более 10 международных контрактов на поставку нанокомпозиционных Cu–Nb проводов в научные центры разных стран (США, Бельгия, Нидерланды, Германия, Польша, Литва).

Новый класс наноструктурных электропроводных материалов с аномально высокими прочностью и электропроводностью был разработан специально для использования в устройствах, где реализуются предельно высокие магнитные напряженности.

В электротехнике и электронике таких приборов сейчас часто высказывается мнение, что в области материаловедений, электронных и электротехнических принципов и передовыми странами. Это — опасное заблуждение! Хотя мы и располагаем высококвалифицированными кадрами и занимаем ведущие позиции на ряде направлений, необеспеченность современным технологическим, диагностическим и исследовательским оборудованием не позволяет в достаточной мере реализовать имеющиеся возможности.

В последний раз более или менее массовое обновление парка научного оборудования проводилось около 20 лет назад при реализации Государственной программы СССР «Высокотемпературная сверхпроводимость» и на сегодняшний уровень работ в этой области. Созданы Правительственный совет по высоким технологиям и Госкорпорация «Ростехнологии», выделяются значительные финансовые средства. Однако, складывается впечатление, что роль фундаментальных исследований в развитии экономики государственными органами недооценивается.

(Окончание на 2-й стр.)

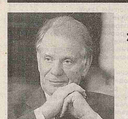
ПОДПИСКА'2008
УГ Мы пришли в этот мир, чтобы оставить интересы ПРОМЫШЛЕННОСТИ и НАУКИ Если Вам с нами по пути, выписывайте «Инженерную газету»
Наш индекс в Каталоге «Роспечати» 50052 Стр. 1 Стр. 2 Стр. 3 Стр. 4 www.GAZETY.ru

инженерная газета Главный редактор Д. ПИПКО | Наш адрес: Кузнецкий мост, 21/5, Москва, Россия, 107996 | Телефон для справок: 697-90-37 e-mail: industria-ig@mail.ru | Индекс: 50052 | Номер сверстан в ООО ИД «Медиа-Пресса» 02.12.2008 | Отпечатано в ООО ИД «Медиа-Пресса» Заказ 811041

Цена по подписке — 5 руб. В розницу — свободная

Rusnanotech
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ по НАНОТЕХНОЛОГИЯМ 3-5.12. 08

Основа нанотехнологий — фундаментальная наука



Академик **Жорес Алферов**, лауреат Нобелевской премии, вице-президент РАН, председатель Комиссии РАН по нанотехнологиям

Секция «Наноматериалы» Комиссии Российской академии наук по нанотехнологиям ПРЕДСТАВЛЯЕТ:

НАНОМИР В ПРОГНОЗАХ И ПРОЕКТАХ

В последние годы много говорят о нанотехнологиях. И это не удивительно. По прогнозам большинства экспертов именно развитие нанотехнологий определяет облик XXI столетия, подобно тому, как открытие атомной энергии, изобретение лазера и транзистора сформировали лицо века XX–го. В настоящее время это — весьма обширная область исследований, включающая в себя целый ряд направлений физики, химии, биологии, электроники, медицины и других наук.

Однако, несмотря на значительные достижения, энтузиазм исследователей, все увеличивающееся финансирование этой области и довольно короткие сроки современного промышленного освоения научных разработок в развитых странах (10—15 лет), наверяд ли можно рассчитывать, что эра нанотехнологий наступит раньше середины текущего века. Хотя отдельные разработки достаточно широкого использования уже сегодня, будут появляться и уже имеются на рынке.

Если мы посмотрим на современный рынок наноматериалов, то увидим, что более 90% его занимают нанопорошки (начало применяется еще в 50–х годах прошлого века, правда, до нанобума они назывались ультрадисперсными), нанокатализаторы и нанопористые материалы (угли, цеолиты). Однако, наиболее заменчивые и многообещающие приложения нанотехнологий, о которых обычно и идет речь, когда говорят о выдающихся перспективах этой области, находятся еще в стадии фундаментальных исследований.

Имеется ввиду развитие и широкое использование нанотехнологий (хотя этого понятия тогда еще не было) в духе знаменитой фейнмановской лекции «Внизу полным–полно места: приглашение в новый мир физики» (декабрь 1959 г.).

Элементарными кирпичиками для строительства любого вещества являются атомы и молекулы. «Изделие» с размерами наномасштаба может быть «собрано» из них, если уложить нужные атомы в правильном порядке. При этом, на наш взгляд, не так уж важна конкретная технология такой сборки (это может быть эпитаксиальное выращивание, самоорганизация, химическими или биохимические реакции и пр.). Решающим здесь является умение конструировать «наносделия» с определенными свойствами или функциями, обладание технологиями, которые позволяют с атомной точностью изготовить это «изделие», а также методами комплексной диагностики, включая контроль в процессе изготовления (in situ). Изучавшие их его основные принципы и закономерности.

Нанотехнологии такого уровня пока имеются, в основном, лишь в отдельных научных лабораториях. Они базируются на новейших результатах фундаментальных исследований. Более того, последние из них стали здесь ключевыми. Исследования физико–химических процессов в наноструктурах, разработка методов конструирования, диагностики и исследования наноструктур, наноматериалов и наноустройств, изучение их свойств и новых явлений, возникающих в наномире — по сути основная часть работ и все долгое время будут оставаться предметом фундаментальных или ориентированных фундаментальных исследований.

Поэтому, если мы хотим в области нанотехнологий и наноиндустрии двигаться в ногу с развитыми странами, то первостепенное внимание должны сосредоточить на фундаментальных исследованиях. Они должны иметь оснащение и выполняться на самом современном уровне. В противном случае мы рискуем не только оказаться на обочине длинной наноэкономической дороги, но и, в скором времени, перестанем на должном уровне понимать мировые достижения в этой области.

Сказанное, на наш взгляд, отнюдь не снимает, что организации производства и осмысленно рынка для продвигаемых в практической плане продуктов. Следует быть осторожными.

Следует отметить еще одну важную проблему, которую придется решать для успешного развития наноиндустрии. Дело в том, что при переходе к системам наномира многие хорошо известные явления могут проявляться квантовые эффекты. В результате возникают эффекты и явления, которые не имеют аналогов в обычных явления (размерное квантование, туннелирование высокоэнергетических электронов и др.) играют ключевую роль в физических процессах в таких объектах и в функционировании приборов на их основе.

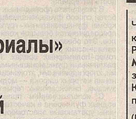
Проявляются они и в технологических процессах, в химических реакциях, поскольку меняется взаимодействие имеет квантовый характер. Таким образом, от будущих нанотехнологов (в профессии эта должна стать массовой при развитии наноиндустрии) потребуется умение мыслить квантовомеханическими категориями. Существенно отличающимися от обычных классических представлений. Это означает, что существующие программы переструктурировать в инженерное образование — его будут осваивать с упором на фундаментальные дисциплины.

Другая проблема, которая возникает в ее развитии — это безопасность наночастиц. Сейчас часто высказывается мнение, что в области материаловедений у нас существуют стартовые позиции с передовыми странами. Это — опасное заблуждение! Хотя мы и располагаем высококвалифицированными кадрами и занимаем ведущие позиции на ряде направлений, необеспеченность современным технологическим, диагностическим и исследовательским оборудованием не позволяет в достаточной мере реализовать имеющиеся возможности.

В последний раз более или менее массовое обновление парка научного оборудования проводилось около 20 лет назад при реализации Государственной программы СССР «Высокотемпературная сверхпроводимость» и на сегодняшний уровень работ в этой области. Созданы Правительственный совет по высоким технологиям и Госкорпорация «Ростехнологии», выделяются значительные финансовые средства. Однако, складывается впечатление, что роль фундаментальных исследований в развитии экономики государственными органами недооценивается.

(Окончание на 2-й стр.)

С опорой на Национальную нанотехнологическую сеть



Член–корреспондент РАН **Михаил Ковальчук**, зам. председателя Комиссии РАН по нанотехнологиям (РНЦ «Курчатовский институт»)

В области нанотехнологий весь мир находится на старте. И мы практически в равных стартовых условиях и с Америкой, и с объединенной Европой. Однако мы очень слабо интегрированы в мировой рынок наукоемкой продукции. И нам практически невозможно встроиться в него на равных партнерских условиях — там слишком давние и устоявшиеся связи, слишком жесткая конкуренция.

(Окончание на 2-й стр.)

Инновационная система на «поле нано»

Академик **Михаил Алфимов**, председатель Научно-технического совета ГК «Роснанотех»

Изложенная тема многих дискуссионных площадок нашей страны — национальная инновационная система. Дискуссия на эту тему идет много лет. У концентрируется вокруг двух типов инновационных моделей — советской и американской. Сторонники каждой из них настаивают на реализации в нашей стране только точной копии одной из этих моделей. За этими дискуссиями многие не замечают, что мы уже построили нашу инновационную систему.

(Окончание на 3-й стр.)

На основе стратегии опережающего развития

Академик **Евгений Каблов**, руководитель секции «Наноматериалы» (ФГУП/ГНЦ «Всероссийский институт авиационных материалов»)

«Наступит время — и само вещество будет играть роль и конструкционного материала, и источника энергии, и машины, преобразующей эту энергию в работу», — с таким предвидением ещё 50 лет назад выступил лауреат Нобелевской премии, академик Н.Н.Семенов.

Сегодня, когда время идет не только о наноматериалах и нанотехнологиях, но и о создании наноустройств, мы, по сути, вступаем в пору осуществления этого смелого предвидения.

(Окончание на 3-й стр.)

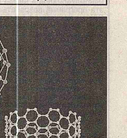
Необходимы меры «немедленного действия»

Академик **Юрий Третьяков**, зам. руководителя секции «Наноматериалы», президент Нанотехнологического общества России

Возникновение самого понятия «нанотехнология» является прямым следствием предшествующего научно–технического прогресса, когда стало возможным увидеть объекты наномерного размера и научиться манипулировать ими. Сейчас же совершенно закономерно наступает эра нанотехнологий, которые будут все глубже проникать и все теснее переплетаться с другими областями человеческой деятельности.

(Окончание на 3-й стр.)

Полимерные нанокомпозиты — новое поколение материалов



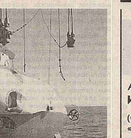
Академик **Сергей Алдошин**, вице-президент РАН

(Институт проблем химической физики РАН)

Цель работ, проводимых в области полимерных наноматериалов, — создание полимерных нанокомпозитов, модифицированных за счет введения наночастиц. В том числе — и функционализированных, обеспечивающих изменение структуры матрицы и приводящих к существенному улучшению эксплуатационных характеристик.

(Окончание на 2-й стр.)

Световоды обещают прорыв в волоконной оптике



Академик **Евгений Дианов** (Научный центр волоконной оптики ИОФ РАН)

Для большинства людей понятие «волоконная оптика», скорее всего, связано только с многокилометровыми прозрачными линиями передачи информации. В настоящее время волоконно–оптические линии — основа систем связи. На Земле их протяженность уже более 1 млрд км (что соответствует 25 тыс. виткам вокруг экватора).

(Окончание на 2-й стр.)

Размерный эффект в активности катализаторов

Академик **Валентин Пармон** (Институт катализа им. Г.К.Борескова СО РАН)

Каталитические технологии обладают ярко выраженным мультиплликативным влиянием на экономику всех развитых стран. А катализаторы являются необходимым элементом современных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств, а также многих других отраслей промышленности.

В расчете на экстремальные условия эксплуатации

Академик **Николай Кузнецов** (Институт общей и неорганической химии им. Н.С.Курнакова РАН)

Академик **Павел Саркисов** (Российский химико-технологический университет им. Д.И.Менделеева)

Технологии высокотемпературных керамоматричных композитов (BTKMK) являются ключевыми передовые достижения наук о материалах для экстремальных условий эксплуатации. Это именно та область, в которой возможен прорыв. Для этого необходимые экстремальные воздействия требуется комплексная разработка многопараметрических систем характеристик изделия.

(Окончание на 4-й стр.)

Фторполимеры обретают новые возможности

Академик **Вячеслав Бузник** (Институт металлургии материаловедения им. А.А.Байкова РАН)

Фторполимеры, представляют собой класс соединений, в которых водород, частично или полностью замещен на фтор. Они не имеют природных аналогов и производят неограниченно, в ряде случаев — уникальные свойства. Примером тому, базовый фторполимер — политетрафторэтилен, известный как тефлон, фторопласт-4.

(Окончание на 4-й стр.)

Партнерство расширяет фронт поисков

Академик **Константин Солнцев** (Институт металлургии и материаловедения им. А.А.Байкова РАН)

Фундаментальные исследования в ИМЕТ РАН в области наноматериалов и нанотехнологий проводятся в рамках новых подходов к изготовлению и использованию основы создания новых функциональных и конструкционных неорганических материалов, в том числе — на базе нанотехнологий.

(Окончание на 4-й стр.)

Снижая токи утечки по поверхности изоляторов

Член–корреспондент РАН **Людмила Бойновичу** (Институт физической химии и материалов им. А.Н.Фрумкина)

Один из основных источников потерь электроэнергии в воздушных ЛЭП и на подстанциях, электрифицированном железнодорожном и городском транспорте, являются утечки тока как по поверхностям изоляторов, так и по изолирующей поверхности разрядников для защиты от атмосферных перенапряжений.

(Окончание на 2-й стр.)

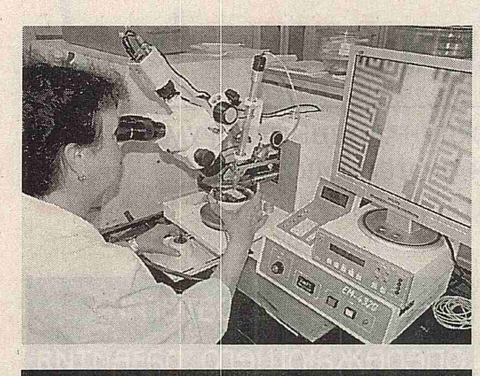
С аномально высокими прочностью и электропроводностью

Профессор **Александр Путилов** (ФГУП ВНИИ неорганических материалов им. А.А.Бочвара)

В настоящее время ряд таких ведущих промышленных производителей металлургической продукции электротехнического назначения как, например, «Wieland» (Германия), «NGK», «Hitachi», «Furukawa Electric» (Япония), выпускает высокопрочные, высокоэлектропроводные провода из многокомпонентных сплавов на основе меди.

(Окончание на 4-й стр.)

инженерная газета № 41 декабрь-2008 2



Основа нанотехнологий – фундаментальная наука

(Окончание. Начало на 1-й стр.)

Минобрнауки фундаментальные исследования практически не финансирует. Фундаментальные исследования в области нанотехнологий ведутся за счет средств соответствующих ведомств. Центральное место в развитии фундаментальных исследований в нашей стране традиционно принадлежит Российской академии наук.

В 2008 г. по программам фундаментальных исследований Президиума и Отделений РАН финансирование нанотехнологических проектов составляло всего около 100 млн рублей (не считая базового финансирования на зарплату и коммунальные платежи). Финансирование также осуществлялось по проектам Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) и международным проектам.

Анализ показывает, что такое финансирование почти на два порядка меньше, чем требуется для того, чтобы обеспечить современный уровень фундаментальных исследований и их развитие, необходимое для становления отечественной наноиндустрии. Для справки: только в Федеральном бюджете США 2007 года на работы, выполняемые в рамках «Национальной нанотехнологической инициативы», выделено около 1,3 млрд долл. Из них 401 млн долл. (около 31%) — на фундаментальные исследования явлений и процессов на наномасштабах, 250 млн долл. (20%) — на работы по наноматериалам, 164 млн долл. (13%) — на приобретение исследовательского оборудования.

Такое положение дел представляется совершенно недопустимым. На наш взгляд, должна быть создана Национальная программа фундаментальных исследований в области нанотехнологий с целевым финансированием из федерального бюджета, сопоставимым с финансированием соответствующих программ в развитых странах, и соответствующими капитальными вложениями. Только в этом случае мы сможем рассчитывать на успешное и конкурентоспособное развитие отечественной наноиндустрии.

К настоящему времени Комиссией РАН по нанотехнологиям разработана программа фундаментальных исследований Российской академии наук «Нанотехнологии», которая одобрена Общим собранием РАН. К разработке программы, помимо членов Комиссии, были привлечены ученые, активно работающие в области нанотехнологий. Рассмотрены около тысячи предложений, полученных из более 100 институтов РАН. Анализ полученных предложений показывает, что в РАН работы в области нанотехнологий охватывают широкий круг проблем. И их уровень, в целом, достаточно высок.

Выбор основных направлений исследований при формировании программы основывался на современных достижениях и тенденциях развития мировой на-

...

ными свойствами, содержащих функциализированные наночастицы фуллерена и астралена, использование которых в истребителях пятого поколения повысит различные эксплуатационные характеристики на 20—100% (ВИАМ, ИПХФ РАН, ИНХ СО РАН). Выполнена разработка катализаторов на основе наночастиц золота, нанесенных на оксид алюминия, для решения проблемы «холодного старта» дожигания выхлопных газов автомобильных двигателей (ИК СО РАН).

В области нанобиотехнологий и медицинской диагностики осуществлены разработка и создание гриппозной нановакцины «гриппол» (ИБХ РАН, ГНЦ Институт иммунологии ФМБА, НПО «Петровакс», ГУП «Микроген»), которая за 2004—2007 годы привита 70-ти млн человек. Разработаны методики получения рентгеновских рефракционных изображений мягких тканей человека (РНЦ «Курчатовский институт»).

Заметим, что в основе многих современных научно-технологических достижений лежат результаты исследований, начатых тридцать или даже более лет назад. Будем надеяться, что государственные органы оценят, наконец, должным образом определяющую роль фундаментальных исследований для развития в стране наноиндустрии. И в этой области мы будем двигаться в ногу с развитыми странами.

Российской Федерации участвуют более 500 научно-исследовательских институтов и организаций, объединяющих порядка 30 000 исследователей.

Если теперь на дееспособную научно-технологическую сферу «наложить» правильную координирующую и организационную структуру, то Россия имеет абсолютные шансы войти в число лидеров развития нового научного направления.

Естественно, необходимо найти формы для сквозного финансирования междисциплинарных проектов. Наиболее понятный и быстрый путь для этого — использование в качестве базы междисциплинарных исследований крупных исследовательских центров национального масштаба — национальных лабораторий.

Одним из таких центров является «Российский научный центр «Курчатовский институт», обладающий уникальной экспериментальной базой мирового класса и ведущий работы по большому спектру современных научных направлений — физики, математики, химии, биологии, материаловедения и др. В соответствии с поручением Президента РФ, сегодня уже подготовлен к реализации пилотный проект национального исследовательского центра в области нанотехнологий. В процессе его реализации будет сформирована эффективная организационно-управленческая структура и отработаны правовые основы деятельности междисциплинарного исследовательского центра.

Помимо осуществления вышеупомянутого пилотного проекта, начато формирование инфраструктурной базы наноиндустрии в сетевом формате. Иными словами, не для отдельных организаций, а в виде Национальной нанотехнологической сети.

В соответствии с президентской Инициативой и правительственной Программой координации работ в области

...

ших кластеров с фрагментами макромолекулярных цепей. С увеличением концентрации C_{60} происходит слипание его молекул и(или) малых кластеров в большие агрегаты, плохо растворимые в полимере и неэффективные в качестве модификатора.

По-видимому, величины образовавшихся агрегатов выходят за наноразмерные параметры. Вследствие этого меняется механизм влияния фуллерена на структуру, а, следовательно, и на свойства полимера.

Исследования полимерных композитов, включающих углеродные нанотрубки (УНТ), начались сравнительно недавно, в конце 1990-х годов после того, как эти уникальные материалы стали доступны в относительно больших количествах. Хотя работ на этом направлении намного меньше, чем по использованию фуллерена, во многих случаях получены весьма интересные результаты. Среди них одним из важнейших является то, что даже небольшие добавки УНТ (1—2%, а иногда и на уровне 0,1—0,3%) увеличивают модуль упругости и разрывную прочность полимера в разы. При этом одновременно резко увеличивается теплопроводность и электропроводность материала.

В результате проведенных нами исследований разработан способ функционализации фуллеренов, в которых кроме функциональных групп к фуллереновому ядру присоединяется большое количество алкильных радикалов. Это обеспечивает растворимость этих соединений в органических растворителях и, что существенно, в олигомер-полимерных средах. Получены производные с различными функциональными группами (гидроксильными, хлоргидринными, этоксисилильными), область применения которых широка — модификация эпоксидных связующих, силоксановых герметиков, полиуретанов и др.

С использованием полиалкилгидроксиалкилпроизводных фуллерена в качестве сшивающих агентов получены уретановые эластомеры, свойства которых сопоставлены со свойствами ПУ, полученных с использованием традиционного сшивающего агента тремитилолпропана (ТМП). Показано, что применение полифункциональных фуллереновых сшивающих агентов, в которых минимизирована возможность внутримолекулярных взаимодействий между функциональными группами, позволяет резко увеличить эффективность сшивания. И снизить дефектность вулканизационной сетки эластомеров.

На примере полиметилметакрилата нами показано, что малые добавки карбоксилированных многостенных углеродных нанотрубок (МУНТ) в количестве 10^{-2} — 10^{-3} масс. % в исходную реакционную систему приводит к увеличению динамического модуля полимеров в 1,5—2 раза. При этом уменьшается податливость (изменение линейного размера образца) полимеров при переходе через температуру стеклования примерно в 3 раза.

Максимальный эффект достигается при концентрациях МУНТ около 0,05 масс. %. ...

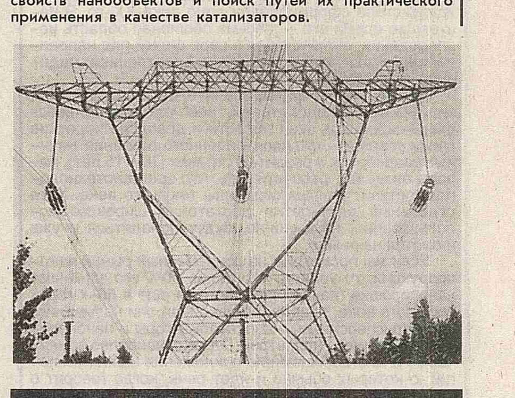
...

НАНОМИР В ПРОГНОЗАХ И ПРОЕКТАХ

С опорой на Национальную нанотехнологическую сеть

(Окончание. Начало на 1-й стр.)

...



Снижая токи утечки по поверхности изоляторов

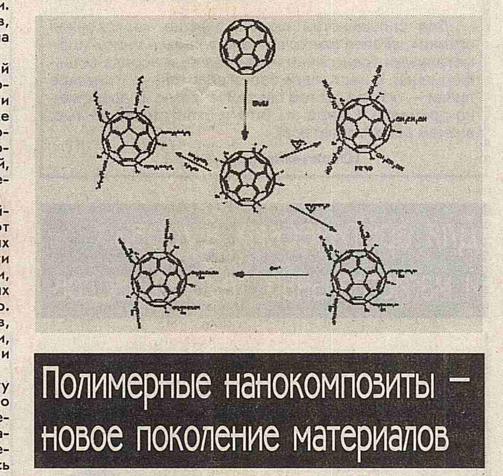
(Окончание. Начало на 1-й стр.)

...

Размерный эффект в активности катализаторов

(Окончание. Начало на 1-й стр.)

...



Полимерные нанокомпозиты – новое поколение материалов

(Окончание. Начало на 1-й стр.)

...

инженерная газета № 41 декабрь-2008 3

На основе стратегии опережающего развития

(Окончание. Начало на 1-й стр.)

...

для термических мостов и плазмоотсекающих уплотнений при температуре до 1650°С. Этот материал на основе нитевидных кристаллов и наноразмерных частиц SiC был использован в качестве термокомпенсаторов и плазмоотсекателей в МКС «Буран». Без такого рода материалов невозможно создание эффективных конструкций гиперзвуковых летательных аппаратов.

Использование золь-гель технологий с образованием наноструктурных фаз в составе керамических материалов и антиокислительных защитных покрытий для углерод-углеродных и углерод-керамических композиционных материалов на рабочие температуры до 2 000 °С — еще одно эффективное направление нанотехнологий, развиваемых в ФГУП «ВИАМ» совместно с Институтом общей неорганической химии им. Н.С. Курнакова (ИОНХ РАН) и РХТУ им. Д.И. Менделеева. К настоящему времени разработаны технологии получения термостойких — до 1 650 °С — керамокомпозитов без использования тонковолокнистых безкерновых волокон SiC, производства которых в РФ нет.

Упрочнение керамической матрицы здесь происходит за счет роста нитевидных кристаллов наноразмерного диаметра по механизму «пар-жидкость-твердое тело» внутри матрицы с образованием каркасной структуры. Благодаря этому материал приобретает исключительную термостойкость (более 5000 циклов без разрушения) при в 1,5—2 раза большей прочности, чем обычные керамические материалы. Эти разработки предназначены для

...

к конечному ее материальному воплощению — товару. Поэтому так называемые инновации будут основаны лишь на сиюминутных, часто случайных находках, приоритет многих из которых давно уже закреплен за нашими западными или азиатскими коллегами, что автоматически отсекает в подобных случаях успешный выход на мировой рынок.

К сожалению или к счастью, но мы должны использовать «преимущество отстающего». Речь идет о том, что российская наука и инновационные компании вполне способны избежать ошибок первооткрывателей — не «натыкаться на грабли», на которые натыкались наши зарубежные коллеги. В частности, не развивать тупиковые направления и сосредоточиться на наиболее перспективных.

Многие из этих направлений входят в «критические технологии». Однако очевидно и то, что в них не входят и не могут сейчас входить те направления, которые еще только будут открыты и обнаружены в будущем. Формирование новых (скорее всего, гораздо более перспективных, чем существующие!) направлений развития нанотехнологий возможно лишь в результате научного поиска, который должен быть важнейшей составляющей борьбы за приоритет России в области нанотехнологий. К сожалению, из-за обманчивой сиюминутной выгоды это — фундаментальное — направление научных изысканий в настоящий момент находится в тени.

Подобная ситуация абсолютно недопустима, поскольку именно здесь и только здесь Россия может обеспечить себе устойчивую платформу для рывка вперед. В случае опережающего развития таких научных исследований, в какой-то степени будет восстановлена историческая справедливость, поскольку предпосылки к развитию нанотех-

...

«круглых столов», в том числе — слушаний в Госдуме и Совете Федерации однозначно высказывались в пользу открытия национальной нанотехнологической программы. Минобрнаукой с участием представителей заинтересованных ведомств в 2005 г. была разработана концепция развития нанотехнологий в России, далее была подготовлена рамочная «Программа развития в РФ работ в области нанотехнологий и наноматериалов до 2015 года (Национальная технологическая инициатива по развитию наноиндустрии)» и, наконец, составлен проект Федеральной целевой программы «Развитие исследовательской, инновационной и технологической инфраструктуры для наноиндустрии РФ на 2007—2009 годы».

Рабочая группа экспертов под руководством академика Е.Н.Каблова, включающая многих авторитетных членов РАН, определила приоритеты, в которых могут и должны быть получены инновационные технологии и разработаны новые типы наноматериалов, способных в разы увеличить эффективность промышленных технологий, снизить энергозатратность и уменьших экологическую нагрузку (экологический риск) на окружающую среду.

Для успешной реализации нанотехнологического проекта абсолютно необходим также стабильно функционирующий механизм подготовки (воспроизведения) научных кадров, причем далеко не только инженерного, сколько, в основном, фундаментального, творческого профиля. Необходимо также привлечь специалистов, хорошо владеющих одновременно знаниями в области математики, физики, химии, механики, биологии. Лишь междисциплинарные коллективы способны обеспечить нанотехнологический прорыв. В этом плане ведущие вузы страны способны сохранить то лучшее, что было заложено в отечественной системе образования и пополнить последнее междисциплинарностью и способностью владеть современным синтетическим и диагностическим инструментарием.

Эти и другие ассоциированные с ними меры являются фактически мерами «немедленного действия», мерами приоритетной реализации, поскольку именно сейчас сложилась обстановка, в которой в условиях профицита федерального бюджета, повышения доверия к науке и существенного уменьшения оттока талантливой молодежи за пределы России становится возможным предложить наиболее талантливым и дееспособным слоям Российского научного сообщества реальные перспективы вложений их энергии, идей и научного потенциала.

При затягивании решений по поставленным выше проблемам может сложиться ситуация, когда доверие к отечественным научным институтам будет подорвано. И деструктивный процесс разрушения отечественной науки может привести либо к сворачиванию отечественных нанотехнологических разработок, либо к полной зависимости России от продуктов западных нанотехнологий с непред-

...

НАНОМИР В ПРОГНОЗАХ И ПРОЕКТАХ

Инновационная система на «поле нано»

(Окончание. Начало на 1-й стр.)

...

Для арктических буровых и магистральных трубопроводов

(Окончание. Начало на 1-й стр.)

...

Необходимы меры «немедленного действия»

(Окончание. Начало на 1-й стр.)

...

...