

## Нанотехнологии для новых материалов

**Олег Фиговский**, гл. редактор журналов “**Scientific Israel – Technological Advantages**” и «**Recent patents on Corrosion Science**», академик Европейской Академии Наук и Российских академий (РААСН и РСА).

Наноматериалы являются одним из ведущих направлений в нанотехнике. Большое количество ученых разных стран вносят свой вклад в их создание. В настоящем обзоре будет рассказано о достижениях в этой области, созданных в 2012 году.

Химики из США разработали материал, который в обычном состоянии не смачивается ни водой, ни липофильными жидкостями, однако это свойство может быть «отключено» с помощью магнита, в результате такого «отключения» жидкость сможет смочить поверхность. Строение новой омнифобной системы таково – слой воздуха находится под слоем жидкости, образуя микроскопическую структуру поверхности, которая заставляет воду и другие жидкости собираться каплями на поверхности и стекать с таких материалов, не увлажняя их. Руководитель исследования, Сергей Минько ( **Sergiy Minko**) отмечает, что поверхности с таким строением не существуют в природе. Минько поясняет, что разница между сверхгидрофобной и сверхомнифобной поверхностью заключается в их геометрии. По его словам, система наностолбов или волосков может проявлять сверхгидрофобные свойства, однако если на такие столбики «надеть» подобие шапочки – придать им геометрию подобную «микровоздям», разработанным в группе Минько, на определенном удалении от поверхности возникают дополнительные капиллярные силы. Возникновение этих сил приводит к тому, что система получает способность отталкивать и жидкости с относительно небольшим поверхностным натяжением – например, водный раствор мыла или углеводороды. По словам Минько, возможность переключения смачиваемости поверхности весьма важна для практического применения – даже сверхгидрофобная поверхность может загрязниться ( загрязнение может попасть внутрь микроструктуры ), при этом такую загрязненную поверхность нельзя просто взять и промыть – она будет отталкивать любую жидкость. Переключение от сверхомнифобности к смачиваемости позволит отмыть поверхность от загрязнений, просушить и снова вернуть ее в сверхомнифобное состояние.

Ученые Калифорнийского университета в Лос –Анжелесе разработала конструкцию наноразмерного микроволнового генератора, в работе которого используется вращение электронов, так называемый спин электрона, а не электрический заряд, используемый в традиционных генераторах. Новый наноразмерный генератор имеет в 10 тысяч раз меньшие габариты, нежели самые маленькие генераторы, используемые в настоящее время. За счет малых размеров элементы конструкции нового наногенератора меньше подвержены влиянию температуры окружающей среды. Следовательно, частота, генерируемая таким генератором, будет иметь большую стабильность, а это, в свою очередь, позволит передавать большее количество данных с использованием стандартной полосы радиочастот. В области связи это означает более чистый звук и более качественное изображение. В отличие от других открытий и технологических прорывов, в данном случае полностью отсутствуют какие-либо барьеры, которые обычно мешают продвижению научных изобретений на практический уровень. Поэтому наногенераторы нового типа могут появиться в мобильных телефонах и других устройствах радиосвязи в течение ближайших двух-трех лет.

Класс органических материалов, полученных в лабораториях Северо-Западного университета Иллинойса (США), открывает новые, захватывающие дух возможности в практическом использовании сегнетоэлектриков – самополяризующихся кристаллов, для которых характерно явление гистерезиса, или памяти о предыдущем состоянии. Команда химиков, работающая под руководством Сэмюэла Стаппа, смогла синтезировать большеразмерные кристаллы с сегнетоэлектрическими свойствами, используя в качестве

строительных блоков всего два типа относительно несложных органических молекул. Последние самособираются посредством водородных связей в высокоупорядоченную кристаллическую структуру, способную к спонтанной электрической поляризации, когда одна сторона кристаллического образца несет слабый положительный, а другая – слабый отрицательный заряд. Поляризацией кристалла можно управлять, прилагая к нему внешнее электрическое поле. Если электрическое поле убрать, кристалл «запомнит» последнюю поляризацию. Это свойство делает сегнетоэлектрики очень перспективным материалом в разработке устройств энергонезависимой компьютерной памяти, ведь одну конфигурацию диполя (базовой ячейки памяти) можно принять за условную «единицу», а другую – за условный «ноль». В качестве сырья для производства кристаллов с сегнетоэлектрическими свойствами был использован пиромелит диазена молекулы которого играют в кристаллической трехмерной решетке роль электронных акцепторов. Вторым компонентом кристалла могут быть молекулы нафтадена ( $C_{10}H_8$ ), пирена (или тетрагидрофульвалена), играющие в 3D-решетке роль электронных доноров. Получившиеся кристаллы проявляли свойства сегнетоэлектриков при комнатной температуре, в отличие от конкурентов из других лабораторий, которые «соглашаются» быть сегнетоэлектриками лишь в присутствии криогенных установок. В кристаллах обмен электронами происходит между расположенными поочередно «партнерскими» молекулами – донорами и акцепторами. Под действием электрического поля партнерские связи мгновенно перестраиваются, поляризация меняется на противоположную и сохраняется, даже если поле убрать. Технические же преимущества последней весьма заманчивы. Так, устройства энергонезависимой памяти на основе таких кристаллов частично решают проблему энергопотребления не только в гаджетах, но и в «облачных» дата-центрах, тратящих все больше и больше энергии для хранения огромных массивов данных в полупроводниковых устройствах типа RAM на основе кремния, которые теряют информацию при выключении питания. Дальнейшие исследования органических кристаллов на основе пиромелита диазена должны показать, насколько перспективна эта технология с точки зрения эксплуатации и массового производства и составит ли она конкуренцию энергонезависимым модулям памяти на основе ферромагнетиков, стоимость которых остается пока высокой.

Люк Боузер (Luke Bawazer), работающий в университете британского города Лидса, вместе с коллегами задумался над тем, можно ли использовать белки, создаваемые для укрепления скелетов животных, при выращивании новых деталей электроники. Его команда в качестве основы для своей работы выбрала силикатеины – белки, строящие скелеты морских губок. Используя методы размножения ДНК, ученые вырастили миллионы мутаций ДНК, кодирующих силикатеины. Мутации возникали естественным путем во время процесса роста, так что в итоге получилось множество вариантов белков. А это привело к тому, что некоторые силикатеины приобрели способность строить разнообразные минеральные кристаллические структуры. Затем ученые прикрепили ДНК к миниатюрным полистирольным шарикам и поместили их в раствор с кремний содержащим соединением. Группа Боузера стремилась отобрать белки, способные брать из раствора кремний и строить вокруг шариков кремниевые структуры, одновременно обеспечивая доступ к ДНК на поверхности шарика, ибо им легче было собирать и размножать те ДНК, которые создавали самые многообещающие кристаллы диоксида кремния. И каков конечный продукт? Белки, создающие кремниевые структуры, каких не знает природа. При дальнейшем развитии технологий можно добиться того, чтобы выращивать кристаллические структуры кремния нужного размера и формы для применения в технике.

Исследователи из университета Райс в Хьюстоне, Техас, разработали технологию, как «размельчить» каждый элемент традиционной аккумуляторной батареи и смешать полученный порошок с жидкостью, которую можно наносить слоями на поверхность любой формы подобно краске из баллончика или пульверизатора. «Это означает, что

аккумуляторы в стандартной упаковке уступают место более гибкому подходу, который подойдет ко всем видам конструкции и дизайна, предоставляя широкие возможности для миниатюрных систем хранения и обработки данных» - рассказывает Пуликель Аджаян (Pulickel Ajayan), ученый, возглавлявший команду. Новая аккумуляторная батарея делается методом последовательного нанесения слоев на поверхность, каждый такой слой является компонентом традиционного аккумулятора, два электрода, катод и анод, и полимерный диэлектрик, разделяющий электроды. Исследователи подтвердили, что аккумуляторные батареи, нанесенные на поверхность вручную, имеют почти одинаковые характеристики, отличающиеся друг от друга не более чем на 10 процентов. Испытания показали, что аккумуляторы могут выдержать 60 циклов зарядки и разряда практически без потерь электрической емкости и других характеристик. Новый аккумулятор состоит из нескольких слоев, выполняющих разные функции: - Первый слой является смесью углеродных нанотрубок с мельчайшими частичками сажи, замешанной на органическом растворителе N-methylpyrrolidone. Этот слой выполняет роль токопроводящей подложки, наносимой первой на любую, токопроводящую или диэлектрическую поверхность. - Второй слой является катодом аккумуляторной батареи. «Краска» для этого слоя состоит из окиси лития-кобальта, углерода в виде сверхтонкого графитного порошка. - Третьим слоем является слой полимерного диэлектрика, состоящего из смеси резины Kynar Flex, полимера PMMA и частиц диоксида кремния, замешанной на этаноле. - Четвертым слоем является анод, отрицательный электрод аккумулятора, который состоит из смеси окиси лития и титана, а заключительный слой является еще одним токопроводящим слоем, сделанным с помощью токопроводящей медной краски, растворенной в этаноле. Слои аккумуляторной батареи наносятся на керамику, стекло и на металл, поверхность которых может иметь любую сложную форму. Единственная трудность, с которой сталкиваются при изготовлении таких батарей – это нанесение слоя жидкого электролита, который должен наноситься в сухой окружающей среде, не содержащей кислорода. Но сейчас исследователи активно ищут новые компоненты, использование которых позволит наносить слои аккумуляторных батарей прямо под открытым небом, что позволит сделать производственный процесс более универсальным и более жизнеспособным с коммерческой точки зрения. Для проверки работоспособности аккумуляторных батарей исследователи нанесли их на шесть керамических плиток, используемых для облицовки ванных комнат. Соединенные между собой в единую батарею, которая затем была заряжена до максимума, эти керамические плитки снабжали энергией несколько светодиодов, выдавая стабильное напряжение 2.4 В в течение шести часов времени.

Ученые Массачусетского технологического института научились создавать лишенные дефектов пленочные нанокристаллы и собирать из них сложные структуры. Достичь небывалой точности изготовления пленок полупроводников инженерам удалось, немного изменив процесс их производства. Между кремниевой основой и пленками нанокристаллов ученые помещали тонкий слой полимера, который помогал двум поверхностям плотно прилегать друг к другу. Сами нанокристаллы при этом «вырезали» при помощи электронного луча. Созданная авторами технология позволяет собирать из нанокристаллов сложные структуры, причем ошибка при позиционировании их элементов не превышает 30 нанометров. В качестве иллюстрации возможностей метода авторы создали логотип института «MIT», выложенный пленками. В отличие от традиционных методов изготовления, созданные авторами кристаллы не имели дефектов. Поэтому их проводимость была в 180 раз больше, чем у кристаллов, имеющих изъяны и трещины. Управляя размерами нанокристаллов (и квантовых точек), можно изменять спектр поглощаемого и испускаемого ими света. Чем точнее процесс изготовления, тем лучше можно контролировать электронные свойства пленок и частиц. В будущем нанокристаллы могут стать основой создания новых солнечных панелей, светочувствительных матриц и цветных дисплеев.

Французский Национальный научно-исследовательский центр (CNRS), занимающийся поиском функциональных макромолекул природного происхождения в качестве альтернатив полимерам химического производства, представил новую комбинацию полимеров на основе полисахаридов и традиционных полимеров, сделав возможным создание ультратонкой пленки, которая способна к самоорганизации с невиданным разрешением. Получение новой комбинации полимеров на основе полисахаридов и традиционных полимеров позволяет говорить об ультратонкой полимерной пленке, способной к самоорганизации с разрешением 5 нм (при ее использовании в качестве литографического трафарета минимально возможный размер элемента интегральной схемы достигает именно этого значения). Это открывает новые горизонты для увеличения емкости жестких дисков и скорости микропроцессоров. Новый класс тонких пленок на основе гибридных сополимеров мог бы найти разнообразное применение в гибкой электронике – в таких областях, как нанолитография, биосенсоры и фотогальванические ячейки. Ультратонкие пленки, образующиеся на кремнии по механизму самосборки, имеют очень низкую плотность дефектов и механически прочны. Именно поэтому их принято использовать в качестве трафарета в литографии. Французские ученые взяли за цель создать гибридный материал, объединяющий в себе как синтетические полимеры (кремнийсодержащий полистирол) так и макромолекулы на основе природных сахаров. Одним из примеров гибридного сополимера, сформированного сильно несовместимыми элементарными строительными блоками, можно назвать пузырек масла, прикрепленный к небольшому пузырьку воды. Исследователи показали, что такой тип структуры способен к самоорганизации в цилиндры из полисахарида внутри полимерной кристаллической структуры, образованной традиционным полимером, причем размер каждой структуры равен 5 нм.

Достижение 5- нанометрового структурного разрешения позволяет вообразить многочисленные потенциальные примеры использования такого гибридного материала в гибкой электронике: это, конечно же, миниатюризация литографических элементов (а отсюда и шестикратное увеличение объема информации, которую можно поместить на флешку), а также увеличение эффективности солнечных батарей, создание биосенсоров и т.д. Особое место в разработке нанокompозитных материалов занимает графен. Нанокompозит, содержащий графен и олово, представленный группой ученых из Национальной Лаборатории им. Лоуренса Беркли Департамента Энергетики Правительства США (the U.S. Department of Energy's Lawrence Berkeley National Laboratory), способен заметно увеличить емкость литий-ионных аккумуляторов и уменьшить их вес. Недавно было установлено, что добавление графена к эпоксидным композитам приводит к увеличению жесткости и прочности материала по сравнению с композитами, содержащими углеродные нанотрубки. Графен лучше соединяется с эпоксидным полимером, более эффективно проникая в структуру композита. Нанокompозиты на основе графена можно использовать при производстве компонентов авиатехники, которые должны оставаться одновременно легкими и устойчивыми к физическому воздействию.

В Институте Карнеги (США) получена новая форма очень твердых углеродных кластеров. Новый материал, совмещающий в себе элементы аморфной и кристаллической структур, неожиданно оказался тверже алмаза. Углерод — четвертый по распространенности элемент во Вселенной; он существует во множестве форм: похожий на пчелиные соты графен, «карандашный» графит, твердый алмаз, цилиндрические нанотрубки и, наконец, полые фуллерены. Некоторые из форм углерода — кристаллические; другие формы — аморфные, что свидетельствует об отсутствии дальнего порядка. Безусловно, можно вообразить существование и своего рода гибридных продуктов, совмещающих элементы как кристаллической, так и аморфной структуры. Правда, в реальной жизни ничего такого (для углерода) до сих пор получено не было, хотя наука никогда не отрицала принципиальной возможности создания «гибридов».

Сотрудники Института Карнеги неожиданно для себя умудрились закрыть этот пробел, а начинали они с приготовления фуллеренов C<sub>60</sub>, в пространство между которыми внесли органический растворитель ксилол. Затем полученную систему спрессовали, чтобы всего лишь посмотреть на последствия стресса такого сорта. При относительно низком давлении фуллерены сохраняли стойкость конструкции, однако при дальнейшем увеличении силы сдавливания фуллереновые структуры разрушались с образованием более аморфных кластеров. При этом сами кластеры продолжали занимать вполне определённые места, образуя подобие кристаллической решётки. Помимо обнаружения новой формы углерода, учёные определили, что её получение возможно только в очень узком интервале давлений (~320 000 атмосфер), при которых углеродная структура образуется и не возвращается в исходное фуллереновое состояние после снятия давления. Материал испытали на сдавливание в алмазной наковальне; при этом вмятина совершенно неожиданно осталась на самом алмазе, а это значит, что открыта новая сверхтвёрдая форма углерода. В процессе сдавливания фуллеренов при отсутствии растворителя материал терял свою кристаллическую периодичность. А поскольку существует множество похожих на ксилол растворителей, то теоретически возможно создание целого набора новых чуть различающихся углеродных аморфно-кристаллических решёток простым сдавливанием.

Интересно, что, по аналогии с самим алмазом, новая структура, полученная при высоких давлениях, совершенно стабильна в нормальных условиях и может найти широкое практическое применение в самых разных областях.

Аспиранты Университета Центральной Флориды, Соруш Шабаханг и Джошуа Кауфман нашли способ дешевого массового производства наночастиц, что может в корне изменить технологию изготовления лекарственных препаратов. Суть нового способа заключается в использовании тепла для разделения тонких волокон на одинаковые наночастицы. Тепло попросту разделяет расплавленные волокна на сферические капли – как вода, капающая из крана. Открытие было сделано случайно: ученые многие годы ищут способ создания сверхчистого стекловолокна для оптических кабелей. Они расплавляли и растягивали стекловолокно в ходе обычных рутинных экспериментов, но заметили, что вместо тонкого идеального стекловолоконного кабеля получились микроскопические сферы. Этот новый нехимический метод позволяет создавать большое количество одинаковых частиц любого размера. Таким образом, впервые нанотехнологии можно запустить в массовое производство. В ближайшей перспективе ученые собираются с помощью новой технологии создать наночастицы, способные доставлять лекарственные препараты. В частности, одним из самых перспективных направлений является создание частиц, способных доставлять препараты, убивающие определенные раковые клетки.

В то же время группа ученых из Массачусетского технологического института разрабатывает «заготовки» для новой технологии – специальные волокна, из которых получатся наночастицы с заданными характеристиками. Уже известно, что новым нехимическим способом можно создать наночастицы, состоящие из нескольких материалов, а также полые наночастицы сферической формы. Кроме того, на наносферах можно закрепить дополнительные материалы, в результате чего можно производить частицы со сложной внутренней структурой. Такие частицы можно использовать в самых различных областях. В медицине, теоретически, из них можно производить вакцины и «адресные» препараты, атакующие определенные патогены. Инженеры из Массачусетского технологического университета научились собирать микроскопические полимерные провода в трехмерные структуры. Это позволит в будущем создавать микрочипы с многослойным расположением контактов. Миниатюризация микрочипов с проводящими проводами из кремния ограничивается возможностями фотолитографии, которая применяется для их изготовления. Чтобы сделать элементы микросхем как можно меньше, изготовители используют свет все меньшей длины волны, вплоть до жесткого

ультрафиолета. Ученые решили исследовать возможности альтернативной технологии – изготовления микроскопических проводов из структур, которые образуются сополимерами. Авторы сшивали две отталкивающиеся друг от друга молекулы полимеров в одну, получая вещество, способное самопроизвольно собираться в цилиндрические структуры. Подобным образом ведут себя поверхностно-активные вещества, которые сами способны образовывать мицеллы. Структуры, которые образуют сополимеры, не вполне регулярны и имеют множество дефектов. Чтобы добиться большей регулярности, ученые решили использовать направляющую подложку. Подложка была изготовлена из кремния методом литографии с помощью пучка электронов. Она представляла собой поверхность с регулярно расположенными вертикальными цилиндрами. Перед нанесением полимеров подложку обрабатывали отталкивающим веществом. В результате использования подложки полимеры сформировали два слоя параллельно расположенных проводящих цилиндров. Расположение цилиндров в слоях было независимо друг от друга и контролировалось только структурой подложки, а именно размером и формой цилиндров на ее поверхности. Авторам удалось также заставить проводящие цилиндры изгибаться под острыми углами и образовывать соединения, и они считают, что в будущем она сможет помочь изготовителям микрочипов преодолеть дифракционный предел миниатюризации.

Химики Ливерморской национальной лаборатории впервые создали гибкий и эластичный аэрогель. Для создания эластичного материала с уникальными теплоизолирующими свойствами ученые испробовали два способа производства. В первом варианте основу традиционного кварцевого аэрогеля (геля, в котором жидкая фаза заменена воздухом) покрывали полимером, который лишал материал избыточной хрупкости и придавал ему прочность. Во втором варианте изготовления аэрогель создавали из гибкого полимера (полиимида), молекулы которого дополнительно сшивали между собой в плотную сеть. Получившиеся материалы были в 500 раз более прочными, чем известные аэрогели из кварца. При этом они сохраняли уникальные теплоизолирующие свойства, присущие таким материалам. Например, лист аэрогеля толщиной в 5 миллиметров оказался способен сохранять тепло так же, как слой стекловаты толщиной в шесть сантиметров. При этом он был во много раз легче последнего. Единственным недостатком гибких аэрогелей оказалась их чувствительность к высоким (более 300 градусов Цельсия) температурам. Исследователи считают, что новые материалы из-за их эластичности можно будет применять для создания тонкой и эффективной теплоизоляции одежды, туристического снаряжения, бытовых приборов и строений. Применение традиционных кварцевых аэрогелей вне космической индустрии во многом сдерживалось, помимо стоимости производства, именно их высокой хрупкостью.

Компания Fuji Xerox продемонстрировала цветной электрофоретический экран (электронную бумагу), в котором не используются цветные фильтры. В стандартных дисплеях на электронной бумаге E Ink пиксели представляют собой крошечные капсулы, заполненные мельчайшими черными и белыми частицами. В зависимости от поданного сигнала частицы нужного цвета мигрируют к поверхности дисплея, формируя картинку. Новая электронная бумага компании Fuji Xerox состоит из двух подложек, между которыми размещены цветные частицы: их перемещение зависит от величины порогового напряжения. При этом на элементы белого цвета электрическое поле не действует, что позволяет «очищать» экран путем притягивания всех других частиц к задней подложке. В текущем варианте используются частицы двух цветов – красного и голубого. Прототип экрана имеет диагональ 5 дюймов, его разрешение – 600x800 точек (200 пикселей на дюйм). Контрастность равна 10:1. Fuji Xerox уже работает над полноцветным дисплеем, картинку на котором будут формировать частицы голубого, пурпурного и желтого цвета.

Новейшие наноматериалы используются как в электронной промышленности, так и как основа композиционных материалов, позволяющих создавать эффективные изделия для военного применения. Так в Массачусетском технологическом институте создали

первый полностью автономный беспилотный летательный аппарат (БПЛА). Во время полета он не нуждался даже в минимальном контроле со стороны оператора или наличии внешних систем навигации, обходясь бортовой электроникой. Благодаря лазерному дальномеру, гироскопу и акселерометру, БПЛА в каждое мгновение владеет всеми необходимыми данными: о своей скорости и ускорении, местоположении и объектах по курсу. Это позволяет ему активно маневрировать, самостоятельно принимая решения о смене направления для облета препятствий. Бортовой компьютер построен на базе Intel Atom. При простейшем оснащении точное управление достигается благодаря изящному алгоритму. Программа включает в себя результаты более чем десятилетних разработок для проектов AUVSI (Association for Unmanned Vehicle Systems International). Ведущий разработчик Адам Бри (Adam Bry), аспирант кафедры аэронавтики и астронавтики, работающий под руководством профессора Марке Дрела (Mark Drela), создал дизайн самолета практически с нуля. Крылья сделаны относительно короткими, но широкими. Это позволяет самолету уменьшить скорость сваливания, а полет на предельно низкой скорости дает электронике несколько дополнительных миллисекунд на раздумья.

Работа над анализом запахов была начата по заказу Армии Обороны Израиля около десяти лет тому назад. Сразу в нескольких лабораториях различных университетов Израиля были развернуты исследования всевозможных химических соединений, которые, в основном, грубо говоря, и есть запах. Но основная тяжесть легла на плечи разработчиков аппаратуры анализа и идентификации запахов. Настоящий прорыв в этом направлении был сделан только тогда, когда в основу разработок был положен эффект резонансного колебания молекул в рассеянном свете ксенонового лазера. Разработанная на основе этого эффекта аппаратура позволяла обнаружить наличие нескольких десятков молекул в одном кубическом сантиметре газа и, следовательно, указать местоположение объекта (носителя уникального запаха) с точностью до нескольких десятков сантиметров. Созданное концерном оборонной промышленности в двух экземплярах оборудование поиска и идентификации объекта было установлено на двух вертолетах около года назад. Одновременно с испытаниями оборудования, разведкой была проведена огромная работа по идентификации и созданию базы данных руководителей террористов в секторе Газа. Первым практическим применением новой системы оружия была точечная ликвидация Ибрагима Абу-Илба, лидера боевого крыла «Демократического фронта освобождения Палестины». В этом случае вся цепочка аппаратуры, программного обеспечения и вооружения сработала идеально. После окончания испытания и доводки, весь комплекс был передан армии, и началось обучение работе на нем офицеров и солдат.

Одноместный самолет из углеродного волокна Fly Nano, предназначенный для полетов над водой, и позиционирующийся разработчиком в качестве «развлекательного флаера», недавно провел свой первый испытательный полет на озере Епарии в Финляндии. Этот полет состоялся более чем через год с момента появления Fly Nano на авиашоу Aero в г. Фридрихсхафен, в Германии, в 2011 году. Ранее этот летательный аппарат представлял собой одноместный гибридный бензиново-электрический самолет-амфибию. Но теперь обновленный Fly Nano, претерпев ключевые изменения в конструкции, является полностью электрическим. Как заявляет разработчик, финская компания с таким же именем Fly Nano, в новой конфигурации самолета были использованы новый двигатель, пропеллер, контролер и аккумуляторы, чтобы сделать его еще мощнее, чем предыдущая модель. Крейсерская скорость самолета составляет около 140 км/час. Руль управляется педалями. «Элевоны» (элероны плюс лифты) и дроссель управляются интуитивно, с помощью рукоятки, расположенной с правой стороны. Fly Nano планирует начать производство и поставить первые 35 самолетов дилерам к концу 2013 года. На сайте компании указана цена производителя на самолет – 32000 евро, что эквивалентно 40 тысячам долларов США.

Приведенные выше короткие аннотации новых разработок, как я думаю, заставят и российских ученых создавать новые материалы. Единственное, чего я не желаю, это

повторения уже сделанного. Это хорошо для Китая, но вряд ли целесообразно для России. Российским ученым надо найти свои ниши, и пусть их будет поначалу немного, где была бы возможность быть пионерами.