

НАНОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ КС ДЗЗ «СМОТР»

© 2009 Н.Н. Севастьянов, О.С. Графодатский, А.Б. Деев,
В.А. Панченко, О.Ю. Седых, Н.В. Казинский,

ОАО «Газпром космические системы», г. Королёв Московской области,
телефон: 8 (495) 504-29-03; e-mail: kazinskiy@gazprom-spacesystems.ru

Статья посвящена нанотехнологиям, планируемым к применению при создании КС ДЗЗ «СМОТР», которые позволяют значительно минимизировать массово-габаритные характеристики КА и создавать систему на базе малых космических аппаратов без потерь функциональности.

ПРЕДПОСЫЛКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРО- И НАНОТЕХНОЛОГИЙ В КС ДЗЗ «СМОТР»

Основной отличительной особенностью КС ДЗЗ «СМОТР» является ее построение на базе малых космических аппаратов (МКА). Такой подход позволит обеспечить оперативное развертывание КС и ввод ее в эксплуатацию, а так же существенно снизить стоимость одного КА. При этом считается, что функциональность МКА будет не хуже функциональности больших КА. Снижение сроков создания и стоимости КА, составляющих орбитальную группировку космической системы делает всю систему коммерчески выгодной.

До недавнего времени создать малый космический аппарат, обладающий высокими потребительскими характеристиками, было затруднительно, и МКА находили применение в различных экспериментальных и студенческих проектах. Однако, как показывает зарубежный опыт, уровень развития современных технологий, основанный на достижениях микроэлектроники и нанотехнологии, позволяет создавать космические аппараты ДЗЗ с высокими потребительскими характеристиками.

Проектные разработки малых космических аппаратов разного типа, проведенные в ОАО «Газпром космические системы», подтверждают техническую возможность создания космической системы ДЗЗ на базе малых космических аппаратов нашей организацией. Предлагаемая система и основа ее орбитальной группировки – платформа МКА должна стать «локомотивом» внедрения материалов, элементов и систем, бази-

рующихся на нанотехнологиях, что позволяет обеспечить их широкое коммерческое использование с эффективным возвратом вложенных средств.

В настоящее время в России на государственном уровне уделяется значительное внимание развитию микроэлектроники и нанотехнологий. Считается, что развитие технологий от наноуровня позволит совершить качественный скачок промышленности.

Для поддержки развития нанотехнологии в России создана Государственная корпорация «Роснано», обеспечивающая льготные условия финансирования соответствующим целевым проектам. В то же время необходимо отметить дефицит коммерчески выгодных нанопроектов. По всей видимости, это связано с особенностями рынка, на который ориентированы нанотехнологии и его неразвитостью. С точки зрения нашей компании, для стимулирования развития нанотехнологии в России необходимо сформировать такой рынок, на котором нанотехнологии будут востребованы.

Таким рынком может стать глобальный проект – «проект-локомотив», который должен отвечать, по крайней мере, трем основным требованиям:

- необходимость применения нанотехнологий;
- коммерческая привлекательность самого проекта, его рентабельность;
- глобальность проекта.

В предлагаемой КС ДЗЗ «СМОТР» приняты следующие основные концепции использования нанотехнологий:

- конечным продуктом является информационный ресурс;

- нанотехнологическая составляющая обеспечит качественный эффект на макроуровне;

- внедрение в промышленном космическом проекте передовых нанотехнологий обеспечит нанотехнологическую отрасль дополнительным рынком в различных (в том числе и некосмических) областях.

Области использования нанотехнологий в космическом проекте охватывают широкий спектр технических приложений.

Наиболее широко нанотехнологии могут использоваться в космическом материаловедении. Изменение свойств отдельных материалов и композитов позволяют улучшать их характеристики, что приводит к улучшению проектных параметров узлов, изделий и системы в целом. Прочностные, температурные, оптические, химические свойства материалов и их долговечность в условиях воздействия космического пространства – атомарного кислорода, плазмы, тяжелых и элементарных заряженных частиц высоких энергий определяются их нанопараметрами.

Использование в космической технике микромеханических устройств в системах управления, наведения, раскрывающихся конструкциях и крупногабаритных конструкциях позволяет улучшать результирующие характеристики и создавать устройства для работы в космосе, ранее нереализуемые в принципе.

Оперирование с наноразмерами в процессе производства компонентов космических аппаратов позволяет достигать нового качества в областях технологий, качества и потребительских свойств приборов и систем.

Современная электроника использует нанотехнологии самым широким образом. Достижения последних научно-технических разработок позволяют улучшать как технические характеристики приборов, аппаратов и системы в целом, так и их информационные характеристики, интеллектуальность, автономность и долговечность.

НЕКОТОРЫЕ НАНОТЕХНОЛОГИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ПРОЕКТЕ СОЗДАНИЯ КС ДЗЗ «СМОТР»

Терморасширенный графит для систем обеспечения теплового режима

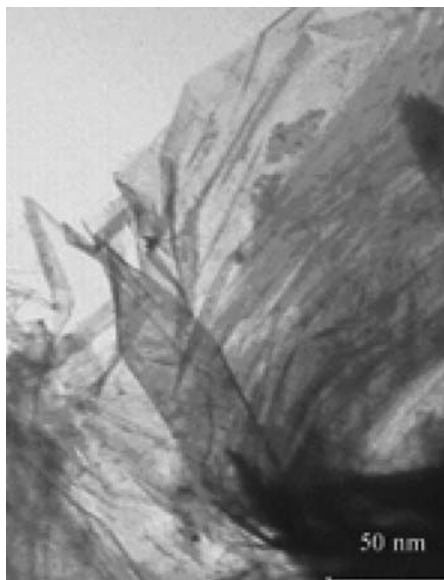


Рисунок 1. Структура ТРГ

В системе обеспечения теплового режима космических аппаратов для эффективного отвода тепла от работающих приборов применяются теплопроводящие прокладки из терморасширенного графита (ТРГ). Уникальное сочетание эксплуатационных свойств ТРГ, таких как широкий диапазон рабочих температур, высокая теплопроводность, пластичность позволяет добиваться высоких эксплуатационных характеристик теплопроводящих прокладок на его основе. Как следствие повышается эффективность работы системы обеспечения теплового режима, увеличивается её КПД, снижается вес системы.

Углеродные нанотрубки для связующего углепластиков, применяемых в конструкции, оптических покрытий и клеев

Удельная стоимость выведения одного килограмма на низкую околоземную орбиту составляет сегодня 25...35 тыс. \$. Ввиду этого, снижение массы КА является весьма актуальной задачей. Для снижения массы конструк-

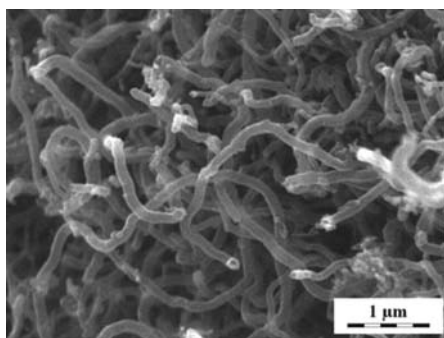


Рисунок 2. Углеродные нанотрубки

ции КА широко применяются композиционные неметаллические материалы.

С применением неметаллических материалов изготавливаются панели солнечных батарей, размеростабильные приборные панели, элементы каркаса, фитинги, покрытия радиаторов-излучателей и др.

Модифицированные углеродными нанотрубками и наночастицами полимерные матрицы позволяют улучшить упругие и прочностные характеристики однонаправленных композиционных материалов на 25...35%, что ведет к пропорциональному снижению массы конструкции.

Введение в состав оптических покрытий радиаторов-излучателей многофункциональных наноразмерных покрытий и органосиликатных составов толщиной 30-40 нм обеспечивает ослабление теплового потока солнечных лучей на 40% путем отражения инфракрасного излучения в диапазоне волн 0,9...2,5 мкм. Улучшение оптических свойств покрытия радиаторов излучателей ведет к уменьшению их потребных габаритов и массы.

При создании космического аппарата широко используются клеящие составы, в частности, при изготовлении сотовых панелей. К физическим свойствам клеевых соединений (таким как прочность, упругость, температурная стабильность и пр.) предъявляются высокие требования, связанные с условиями космического пространства. Использование углеродных нанотрубок в качестве наполнителя для клеящих составов приводит к улучшению физических свойств клеевых соединений, а также позволяет, при необходимости, наносить тонкие слои адгезива. Значения характеристик клеевого соединения зависят от многих факторов и определяются для конкретных условий.

Размер УНТ позволяет увеличить притяжение за счет Ван-дер-Ваальсовых и капиллярных сил. Большое количество УНТ увеличивает суммарную адгезивную силу клеящего состава.

Применение токопроводящих наночастиц для использования в материалах для экранирования приборов и кабелей

Для изделий, требующих непосредственного электрического контакта, могут использоваться ленты для экранирования электромагнит-

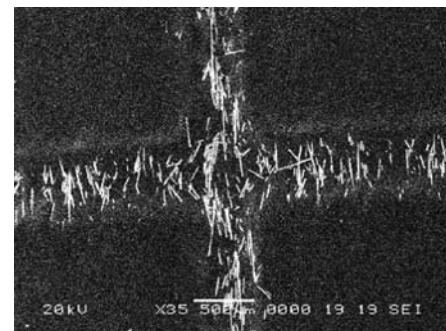


Рисунок 3. Фрагмент матрицы eCAP

ных помех и заземления, которые обеспечивают надёжный электрический контакт с рабочей поверхностью и низкое контактное сопротивление, и уплотнители, обладающие, помимо прочих свойств, возможностью гашения механических ударов и вибраций.

Эти решения включают в себя новые материалы и технологии для обеспечения электромагнитной совместимости, с помощью которых можно контролировать электромагнитные излучения (ЭМИ) от внутренних источников, и ограничить восприимчивость ЭМИ от внешних источников. Ленты для экранирования могут также использоваться для устранения опасного статического заряда.

В отличие от традиционных, адгезивный слой рассматриваемых лент равномерно насыщается токопроводящими наночастицами, создающими множество низкоомных межсоединений между основной и экранируемой поверхностями для снятия статического заряда с диэлектрического акрилового слоя. Помимо этого, в акриловый слой уплотнителя eCAP графитовые частицы введены в виде пространственной матрицы. Эффективное распределение токопроводящих частиц позволяет существенно снизить их количество, а следовательно, и стоимость самого изделия. Подобные уплотнители подходят для применения в очень компактных изделиях и обладают высокой адгезионной прочностью.

Нанотехнологии в аккумуляторных батареях

Использование нанотехнологий в производстве аккумуляторных батарей приводит к поразительным результатам. Батареи отличаются повышенной безопасностью, быстрая перезарядка, высокая мощность (в три раза превосходящая существующие технологии), долгий срок службы.

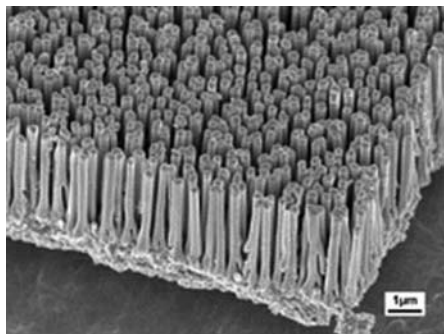


Рисунок 4. Лес наностержней для увеличения площади электродов

Одна из производственных нанотехнологий состоит в изготовлении наночастиц двуокиси титана и других керамических окисей материалов и соединений. Гибкий процесс позволяет контролировать такие свойства наноматериалов, как поверхностная площадь, морфология, размер частиц и их чистота. В результате получают высококачественные компоненты, такие как анодный материал из наноструктурированного титаната лития.

Нанотехнологические гетероструктуры GaAs в солнечных батареях

Фотопреобразователи на основе гетероструктур GaAs представляют собой сложную слоистую наноструктуру. Применение данной технологии при производстве компонентов солнечных батарей позволяет преобразовывать в электричество не только синий и зеленый диапазон излучения Солнца, но и красный и ближний инфракрасный диапазон, что приводит к увеличению КПД фотопреобразователей на 60-70%.

Так же существенным преимуществом использования этой технологии является высокая стойкость солнечных батарей на основе гетероструктур GaAs к деградации фотопреобразователей под действием радиационного облучения. Для низкоорбитальных КА (770 км) деградация солнечных батарей на основе кремния Si и гетероструктур GaAs составляет соответственно 15% и 5% в течение 5 лет пребывания КА на орбите. Для КА на геостационарных орбитах деграда-

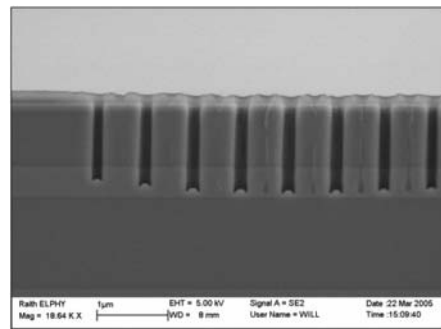


Рисунок 5. Структура GaAs

ция составляет 31% (Si) и 16% (GaAs) в течение 15 лет пребывания на орбите. Для радиационно-опасных орбит (7400 км при угле наклона 50°), деградация составляет 49% (Si) и 22% (GaAs) в течение 5 лет пребывания на орбите. Поэтому применение солнечных батарей на основе GaAs гетероструктур для энергоснабжения КА дает значительный экономический эффект по сравнению с солнечными батареями на основе кремния, несмотря на более высокую стоимость таких солнечных батарей. □