

**Р Е Ш Е Н И Е**  
**Научно-практической конференции**  
**«Функциональная керамика – 2006»**  
**Нижний Новгород**  
**10-12 октября 2006 г**

Участники признают своевременность и актуальность **Научно-практической конференции «Функциональная керамика – 2006»**, организованной Министерством промышленности и инноваций Нижегородской области, Нижегородским региональным центром наноиндустрии и ЗАО «Резистор-НН» при методической поддержке ЗАО «Концерн «Наноиндустрия»», г. Москва.

На конференции присутствовали представители семи промышленных предприятий, пяти институтов Российской академии наук, шести научно-исследовательских институтов, восьми высших учебных заведений, а также подразделений Российского Керамического Общества из разных регионов РФ.

**Участники конференции констатируют:**

1. Керамика, особенно нанокерамика, относится к тем материалам, которые становятся определяющими в дальнейшем развитии радиоэлектроники, фотоники, космонавтики, авиастроения, машиностроения, строительства и других отраслей промышленности. Отсутствие реальных практических действий в сфере промышленного внедрения нанотехнологий ведет к непреодолимому отставанию отечественного производства керамики в области наиболее перспективных технологий XXI века и, как следствие, к потере российской керамикой конкурентоспособности на внутреннем и зарубежном рынках, к снижению уровня национальной безопасности России и ослаблению ее международных позиций.

2. Отсутствие программы развития и внедрения нанотехнологий в области керамики приводит к разобщенности в деятельности государственных структур и ведомств, недостаткам в подготовке специализированных инженерных и рабочих кадров, распылению бюджетных средств, массовой утечке из страны научных знаний.

3. Вместе с тем, сегодня в ряде регионов России началась консолидация специалистов и научных групп, которые готовы сформировать отраслевые программы развития нанотехнологий с ориентацией на создание конечных продуктов – наноматериалов - и их промышленное внедрение, в том числе, непосредственно на предприятиях своих регионов. Российскими учеными достигнуты большие успехи в области разработки новых подходов на всех стадиях керамического производства (измельчения сырья, прессования, спекания). Необходимы инвестиции в проекты, направленные на модернизацию керамической промышленности, освоение нового оборудования и технологий.

В связи с вышеизложенным, **участники конференции принимают следующее решение:**

1. Просить Министерство промышленности и инноваций Нижегородской области довести до сведения руководства страны коллективное мнение участников конференции о том, что отсутствие программы развития и внедрения нанотехнологий в области керамики тормозит модернизацию отечественной промышленности, перевод российской керамической отрасли на качественно новый уровень инновационного развития, приводит к снижению обороноспособности и национальной безопасности России.

2. Предложить Нижегородскому региональному центру наноиндустрии (НРЦН), осуществляющему функции системного интегратора в сфере нанокерамики, продолжить работу по консолидации ученых, специалистов промышленных предприятий, ВУЗов и предпринимателей в решении проблем, связанных с развитием нанокерамики;

3. Принимать участие в работе «Российского Керамического Общества» (РКО) и налаживать через него научные и производственные связи между предприятиями, выпускающими сырье для керамических материалов, сами материалы, керамические изделия, а также с научно-исследовательскими институтами РАН, университетами, отраслевыми институтами с целью организации производства импортозамещающей продукции.

4. Предложить НРЦН и РКО организовать с участием заинтересованных сторон рабочие группы по подготовке подпрограммы нанокерамики в рамках Федеральной программы, формируемой Министерством Образования и Науки РФ «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в РФ на 2007-2010 гг». Поручить РКО и НРЦН организовать сбор информации и предложений для создания данной программы по обеспечению отраслей керамическими материалами, привлекая для этого ведущих ученых РФ в данной области. Более конкретные предложения участников конференции в указанную Федеральную программу приводятся в приложении к Решению конференции.

5. Выпустить сборник трудов конференции. Провести следующую конференцию «Функциональная керамика» в г. Нижнем Новгороде в октябре 2007 г.

**Приложение**  
**к Решению научно-практической конференции**  
**«Функциональная керамика – 2006»**  
**Нижний Новгород**  
**10 – 12 октября 2006 г**

В работе конференции приняли участие 56 специалистов, в том числе ведущие керамисты из России, а также двое ученых из Италии – профессор Джан Никола Бабини, (директор Института науки и технологии керамических материалов, президент Международного керамического общества) и Алида Беллози (начальник лаборатории Электронной микроскопии и микроанализа).

Вниманию участников было представлено 24 устных и 6 стендовых докладов по следующим направлениям:

- анализ российской ситуации в области разработки и производства керамических материалов, выявление отечественных достижений, поиск путей ускорения внедрения этих достижений в промышленность;
- исходное сырьё для керамики, оценка его качества;
- новые виды керамики, перспективы их промышленного производства;
- технологии получения функциональной керамики;
- нанокерамика, особенности получения порошков для ее синтеза и спекания;
- электроника: материалы, компоненты, системные решения;
- специализированное оборудование и приборы для выполнения научно-исследовательских работ, контроля качества сырья и готовой продукции;
- повышение квалификации специалистов, обучения студентов;
- клеи и защитные покрытия для керамики;
- вклад нижегородских ученых в науку о керамике, технологию изготовления изделий.

Участники конференции считают особенно актуальными следующие задачи:

- необходимость повышения качества сырья для керамики (обогащение исходной породы, удаление щелочных компонентов и др.);
- развитие технологий измельчения в высоконапряженных планетарных мельницах с целью получения нанокристаллических керамических порошков;
- развитие технологий получения нанопорошков как отдельных элементов, так и сложных соединений;
- использование методов сухого компактирования порошков с применением ультразвуковых колебаний;
- расширение масштабов использования на российских предприятиях технологии спекания керамики в высокотемпературной плазме, создаваемой гиротронами – уникальными устройствами, изобретенными нижегородскими учеными;
- использование магнитного воздействия при производстве керамических изделий;
- использование магнитно-импульсного способа прессования порошков;
- разработка и производство керамических изделий для оптоэлектроники, оптики, лазерной техники на основе простых и сложных оксидов, теплопроводной керамики для СВЧ и силовой электроники на базе нитридов и боридов металлов;
- разработка керамических материалов, пригодных для работы в радиационных полях, моделирование процессов радиационных повреждений в керамических материалах, а

- также изучение совместного действия радиации, температуры, механических нагрузок;
- Использование приемов золь-гель технологии для улучшения технологических характеристик нанокристаллических керамических материалов как перспективный метод уплотнения порошков.

**Предложения участников конференции для Федеральной программы, формируемой Министерством Образования и Науки РФ «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в РФ на 2007-2010 гг».**

Анализ состояния производства керамики для электронной промышленности показал, что существующее российское производство значительно отстает от мирового уровня, а ряд технологий, получивших развитие за рубежом, или отсутствуют, или находятся на начальной стадии.

Для промышленности необходимо разработать технические требования к процессам получения материалов и изделий, необходимых в ряде областей электроники, например:

- ультрадисперсных порошков оксидов и нитридов металлов, в том числе с модифицирующими добавками;
- ультрадисперсных порошков оксидных соединений, в том числе оксидных соединений редкоземельных элементов;
- вакуумно-плотных керамических изделий для электронной техники с заданными параметрами плотности, структуры (зернистость, размер зерен, пористость), электрическими параметрами ( $\epsilon$ ,  $\text{tg } \delta$ , электрическая прочность, теплопроводность, теплоемкость), механическими параметрами, устойчивостью к воздействию внешних и технологических факторов (влагопоглощение, кислото- и щелочностойкость);
- подложек из теплопроводной керамики AlN с  $\lambda > 150$  Вт/мК для тонкопленочной технологии;
- нанопорошков для микроволновой и термостабильной керамики на основе БЛТ и CaO с  $\epsilon = 40, 80, 100$ ,  $\text{tg } \delta = 10^{-4}$  (резонаторы, конденсаторы);
- поликорковых подложек с улучшенной поверхностью и  $\lambda > 35$  Вт/мК;
- сырья для изделий из сегнетокерамики  $\text{Ba}_x\text{Si}_{1-x}\text{TiO}_5$ ;
- приборов для контроля  $\epsilon$ ,  $\text{tg } \delta$ ;
- керамических материалов микроволновой техники СВЧ;
- керамических материалов для оптики, в том числе, лазерной оптики;
- керамических материалов для сцинтиляционных датчиков и систем визуализации рентгеновского излучения
- наноматериалов для LTCC-технологии для многослойных керамических плат СВЧ-модулей;
- керамики с теплопроводностью выше 250Вт/мК.

Для обеспечения технологических процессов необходима разработка ряда документов, в частности:

- ОСТ на керамические материалы для электронной техники (взамен ОСТ 110309-86).
- ТУ на керамические материалы для термостабильных высокотемпературных резонаторов, конденсаторов и подложек микросхем.

Для решения указанных задач планируется привлечение ряда научных и производственных организаций, в том числе:

РХТУ им. Д.И. Менделеева совместно с НИИИС (Н.Новгород) и НПП «Исток» (Фрязино) по:

- Разработке и внедрению низкотемпературной керамики для LTCC-технологии.
- Совершенствованию технологии корундовой керамики с целью создания высококачественного мелкокристаллического высокоплотного материала для оснований резисторов и подложек интегральных схем, а также его внедрение в промышленность (предприятия электронной техники) совместно с ОАО «Поликор».
- Разработке и внедрению в промышленность керамического материала Сиалон с применением нового научного и технологического подхода для создания высокопрочной химически стойкой керамики для строительства атомных станций, фундаментов сооружений стратегического назначения;
- Созданию производства высокопористых (до 90 %) керамических имплантантов на основе нанопорошков гидроксиапатита для использования в травматологии.

Из-за растущей потребности радиоэлектроники и электроники СВЧ в малогабаритных трехмерных твердотельных модулях СВЧ на основе низкотемпературной многослойной керамики, провести разработку импортозамещающей отечественной системы многослойной керамики LTCC для СВЧ-устройств с диапазоном до 40 - 60 ГГц с созданием и внедрением в производство на базе ФГУП НИИИС (Н.Новгород) ФГУП РНИИРС (Ростов-на-Дону):

- отечественной низкотемпературной керамики;
- проводниковых, резистивных и диэлектрических паст, согласованных с отечественной керамикой по температуре спекания и физико-химически совместимых с ней.

В настоящее время разработка и изготовление модулей СВЧ по технологии LTCC ведется с применением импортных материалов (Du Pont).

Предприятия радиоэлектронной отрасли используют диэлектрические подложки из керамики марки СТ 50-1-1-06 в разработке и производстве тонкопленочных ЦАП, АЦП, делителей напряжения и наборов резисторов. Указанные изделия выпускались на Украине в г. Владимирец и в настоящее время это производство находится за рубежом. Данные подложки имеют ряд недостатков (раковины, недополировки, рельефные свили, царапины, риски, имеющие часто глубину, превышающую толщину напыляемых резистивных пленок (до 500 Å и более). Указанные дефекты в соответствии с формулировками, изложенными в ТУ на подложку, не являются браковочным признаком, но в то же время существенно снижают надежность и процент выхода готовых изделий. У подложек из керамики марки СТ 32, ранее выпускаемых НИИЭС г. Москва, обнаружены такие же недостатки. В связи с этим есть необходимость постановки НИОКР по организации производства ситалловых подложек - аналогов марок СТ 50-1 и СТ 32, а также поликорových подложек с улучшенной поверхностью и минимальным количеством дефектов для тонкопленочной микроэлектроники на одном из предприятий России совместно с ФГУП НИИЭМП (Пенза).

Для достижения высокого качества керамических изделий необходимо разрабатывать технологии производства тонкодисперсных и наноструктурированных порошков. В последнее десятилетие в России разработано высокоэффективное измельчительное оборудование – планетарные мельницы, использующие высокие ускорения. Это оборудование позволяет быстро и эффективно проводить измельчение порошков до микронного и субмикронного размера. Механически активированные порошки обладают высокой реакционной способностью, лучше спекаются, с получением материалов высокой плотности и улучшенными механическими и электрическими

свойствами. Промышленные предприятия не осведомлены о возможностях нового высокоэнергонапряженного измельчительного оборудования и о преимуществах технологий на их основе. Необходимо перевооружение ряда отраслей, использующих процессы измельчения. Наночентр Санкт-Петербургского государственного университета, ООО «Актив-наноматериалы» занимаются разработкой технологий измельчения на основе планетарных мельниц с высокими ускорениями. Необходима поддержка НИОКР и работ по внедрению нового измельчительного оборудования в керамической отрасли. Для каждого материала требуется разработка режимов обработки с учетом особенностей сырья и требований к конечному материалу. Производство является наукоемким, для него необходимы контроль свойств сырья и получаемых порошков, высокий уровень оснащенности современными приборами и подготовка квалифицированных кадров, обладающих знаниями в области материаловедения и физико-химических методов.

Для изготовления качественных нанокерамических изделий заданной формы требуются однородные компакты с контролируемым распределением пор и условия, ингибирующие рост зёрен при спекании. Технология УЗ-прессования, разработанная НИЦ перспективных технологий «Спектр» Томского политехнического университета, основана на новых способах сухого компактирования нанопорошков под действием ультразвука и/или с регулированием в прессовке сил внешнего и внутреннего трения, которые обеспечивают равномерное распределение плотности и минимальные градиенты внутренних напряжений в прессовках сложной формы. Это приводит к спеканию качественных керамических изделий требуемого состава и заданной геометрии с точностью типоразмеров до 5 мкм.

На сегодняшний день одним из наиболее перспективных методов уплотнения порошковых нанокристаллических керамических материалов является метод их спекания в условиях СВЧ-нагрева излучением миллиметрового диапазона частот. В Нижегородском регионе (ИПФ РАН) разрабатываются и создаются специализированные гиротронные комплексы, не имеющие аналогов в мире, для высокотемпературной обработки материалов и создания принципиально нового класса наноструктурных керамических материалов. Комплексы являются надежными и многофункциональными системами как для проведения поисковых исследований в области создания новых наноструктурных керамических и композиционных материалов с использованием микроволнового излучения, так и для постановки пилотных испытаний процессов. Предлагается принять решение по разработке необходимых материалов:

- Адаптация гиротронных комплексов к решению конкретных производственных задач (например, разработка технологии создания наноструктурных керамических материалов на основе сложных оксидов).
- Адаптация гиротронных комплексов к образовательному процессу (подготовка специалистов).
- Создание кооперации исследовательских центров для решения проблемы освоения полной цепи (цепей) технологического процесса от синтеза порошковых наноматериалов до получения конечного наноструктурированного плотного материала промышленного назначения (заготовки, детали, изделия).

Предложение от Института химии силикатов им. И.В. Гребенщикова Российской академии наук и ОАО НИИ «Гириконд»: Разработка технологии по получению с использованием золь-гель метода композиционного легированного титаната бария для конденсаторных диэлектриков с высокой диэлектрической проницаемостью».

Отраслевой центр по обращению с ядерными материалами РФЯЦ-ВНИИЭФ в настоящее время занимается производством (в небольших объемах) и изучением свойств химически связанной фосфатной керамики (серамикрита) для радиационной защиты и

иммобилизации радиоактивных отходов. Этот материал с успехом может использоваться и в других промышленных областях. В России он мало известен и не производится. Необходимо объединение усилий с лабораторией ННГУ, работающей над проблемами синтеза фосфатных керамик, устойчивых в экстремальных условиях, и реализация одного из промышленных проектов в Нижегородском регионе.

Включить предложения от Аэрокосмического Агентства по конструкционной керамике в формируемую программу.

Учесть предложения по наноразмерным добавкам в строительную керамику.

Оргкомитет