

АННОТАЦИЯ ПО ПРОЕКТУ

Государственный контракт № 02.740.11.0792 от 24 апреля 2010 г.

Тема: «Создание и исследование наноструктурированных функциональных материалов»

Исполнитель: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов».

Ключевые слова: НАНОМАТЕРИАЛЫ, НАНОКОМПОЗИТЫ, КЛАСТЕРЫ, КАРБИДЫ, ТЕРМОЭЛЕКТРИКИ, ФУЛЛЕРЕНЫ, МЕХАНОАКТИВАЦИЯ, ТЕРМОБАРИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА.

1. Цель проекта

1.1 Создание и исследование новых материалов с наноструктурой. Подготовка научных кадров в области нанотехнологий и наноматериалов.

1.2 Создание и исследование наноструктурированных и модифицированных углеродными нанокластерами конструкционных материалов и функциональных материалов с оптимизированными механическими и транспортными свойствами. Формирование научного коллектива и закрепление кадров в научно-образовательном центре ТИСНУМ «Физика и химия наноструктур». Обеспечение достижения научных результатов мирового уровня, подготовка и закрепление в сфере науки и образования научных и научно-педагогических кадров, формирование эффективных и жизнеспособных научных коллективов.

2. Основные результаты проекта

2.1 Показана практическая возможность модификации физико-механических и функциональных свойств широкого ряда известных материалов с использованием углеродных нанокластеров: фуллерена и наноалмазов. Таким образом свойства объемных материалов могут быть существенно модифицированы при сохранении прочих функциональных характеристик.

2.2 В результате проведения настоящей работы был получен ряд новых материалов со следующими свойствами:

- Проволока из наноструктурированного с C_{60} (1 %) алюминия с уникальным сочетанием свойств: высокой прочностью, соответствующей лучшим сплавам алюминия и высокой электропроводностью.

- Пластина из наноструктурированной с C_{60} (2%) меди с повышенными прочностью, твердостью и износостойкостью и температурной стойкостью.

- Объемные образцы тугоплавких карбидов с наноалмазами с уменьшенными размерами зерна спеченного образца, более однородной микроструктурой и связанным с этим увеличением трещиностойкости в 1,5 – 2,5 раза. При этом остальные функциональные свойства объемной карбидной керамики (плотность, твердость, износостойкость) изменяются незначительно.

- В настоящей работе наноструктурированием с фуллереном теллурида висмута реализована возможность уменьшения теплопроводности при сохранении электропроводности материала. В результате разработаны методики получения и синтезирован объемный термоэлектрический материал с показателем термоэлектрической эффективности $ZT=1,15$ (для p- типа проводимости).

2.3 Отдельные научные и технические решения, разработанные в процессе выполнения работы, обладают новизной и могут быть реализованы в виде патентов и ноу-хау.

2.4 Проведение комплексных исследований полученных объемных наноструктурированных материалов на современном оборудовании (электронная микроскопия высокого разрешения, спектроскопия КРС с различными длинами

возбуждения, рентгеноструктурный анализ и др.) позволило получить научные и практические результаты мирового уровня.

3. Назначение и область применения результатов проекта

3.1 Области применения полученных результатов.

Полученные материалы могут быть использованы в различных отраслях современной техники: энергетика, в том числе ядерная, приборостроение, инструментальная промышленность.

3.2 Направления практического внедрения полученных результатов.

Наноструктурированный алюминий - кабели и оболочки сверхпроводящих кабелей; материалы с высокой относительной прочностью для авиакосмической промышленности.

Наноструктурированная медь – электроконтактные материалы, подшипники скольжения, термопрочные материалы.

Тугоплавкие карбиды с наноалмазами – инструментальные материалы для обработки материалов резанием; основа для двухслойных пластин алмаз (КНБ) – карбидная основа; конструкционные материалы для ядерных реакторов, элементы ТВЭЛов; износостойкие и термопрочные материалы.

Наноструктурированные термоэлектрики - изготовление термоэлектрических изделий на основе наномодифицированного фуллереном теллурида висмута с n- и p- типами проводимости, обладающими повышенным коэффициентом преобразования тепла в электричество и наоборот

3.3 Оценка влияния полученных результатов.

Настоящая работа направлена на развитие направления получения новых объемных материалов методом их наноструктурирования с использованием углеродных нанокластеров. Показана его перспективность для разработки новых технических решений, основанных на значительном изменении (повышении) функциональных свойств получаемых материалов.

3.4 Практическое использование результатов работы приведет к снижению материалоемкости производства, связанному с использованием материалов на основе наноструктурированных металлов. Использование материалов с повышенной термоэлектрической эффективностью приведет к уменьшению техногенного воздействия на окружающую среду вследствие появления возможности утилизации «бросового» тепла.

3.5 Коммерциализация результатов проектом не предусмотрена.

3.6 Описание видов новой и усовершенствованной продукции.

На основе полученных результатов возможно проведение ОКР по разработке технологических процессов получения:

- Оболочек для сверхпроводящих кабелей (ОАО НПО «Луч»);
- Подшипников скольжения, работающих при высоких температурах;
- Двухслойных пластин алмаз (кубический нитрид бора) – тугоплавкий карбид (совместно с ОАО «Волгабурмаш»);
- Термоэлектрических ветвей для генерации электричества и холодильных устройств (совместно с ГИРЕДМЕТ, ООО НПО «Кристалл»).

4. Достижения молодых исследователей – участников Проекта

В проекте принимали участие молодые исследователи:

Медведев Вячеслав Валерьевич, аспирант, м.н.с. При его непосредственном участии удалось получить следующие результаты: синтезированы композиты металл-фуллерен; установлено отсутствие рекристаллизации наноразмерной меди в композитах Cu-C₆₀ при нагреве до температуры плавления меди, соответствующие мировому уровню в области металловедения, что позволит использовать полученные результаты в разработке дальнейших применений таких композитов и продолжить исследования в направлении получения термопрочных и износостойких материалов на ее основе.

Ломакин Роман Леонидович, аспирант, м.н.с. При его непосредственном участии удалось получить следующие результаты: разработана ячейка высокого давления для термобарической обработки наноматериалов; получены экспериментальные образцы наноструктурированных с наноалмазами тугоплавких карбидов, соответствующие мировому уровню в области физики и техники высоких давлений, что позволит использовать полученные результаты в разрабатываемых технологиях получения объемных наноструктурированных материалов и продолжить исследования в направлении их практического применения.

Овсянников Данила Алексеевич, аспирант, стажер-исследователь. При его непосредственном участии удалось получить следующие результаты: исследовано влияние наноструктурирования германия с фуллереном на его транспортные свойства, соответствующие мировому уровню в области материаловедения полупроводниковых материалов, что позволит использовать полученные результаты в дальнейшей работе и продолжить исследования в направлении получения высокотемпературных термоэлектриков.

Замешин Андрей Александрович, стажер-исследователь. При его непосредственном участии удалось получить следующие результаты: построена модель проводимости композита наноразмерного металла с фуллереном, подтвержденная экспериментом, соответствующие мировому уровню в области теоретической физики, что позволит использовать полученные результаты в планировании дальнейших исследований и продолжить исследования в направлении исследования транспортных свойств композиционных наноматериалов.

5. Опыт закрепления молодых исследователей – участников Проекта (этапа проекта) в области науки, образования и высоких технологий.

В процессе выполнения работы в соответствии с требованиями ТЗ о закреплении молодых исследователей – участников проекта в ФГБНУ ТИСНУМ были приняты на работу в качестве стажеров-исследователей Замешин А.А., Круглов И.А., Пономарев О.В. В настоящее время они успешно продолжают работу над проведением исследований в области получения и исследования наноструктурированных композиционных материалов.

6. Перспективы развития исследований.

6.1 В процессе проведения работ по проекту сформировались новые исследовательские партнерства, в том числе и в рамках студенческой практики:

Квашнин Александр – Rice University, Department of Mechanical Engineering and Material Science, г.Хьюстон, штат Техас;

Асеев Андрей – The University of Texas at Austin, Department of Chemical Engineering;

Степанов Петр – Arizona State University, Department of Physics, г. Темпе.

Юлия Филичева была направлена на научную стажировку «Electronic Structure with the Elk Code» в г. Лозанна, Швейцария.

Взаимодействие и сотрудничество осуществлялось с фирмой Siemens.

Руководитель организации-исполнителя:

Директор ФГБНУ ТИСНУМ _____ В.Д.Бланк

Руководитель работ по проекту

Зам. директора ФГБНУ ТИСНУМ _____ А.П.Дядькин