

университет имени П.О.Сухого», а также аспирантов, магистрантов и студентов.

#### **8. Публикации авторов по теме исследования.**

1. Соболев, Е.В. Многофакторный метод расчета электрического освещения с применением светодиодных источников света / Е.В Соболев, Е.Н. Подденежный // Вестн. Гом. гос. техн. ун-та им. П.О. Сухого. – 2010. – № 2. – С. 75-82.
2. Добродей, А.О. Проблемы трансформации излучения светодиодов, применяемых для систем освещения / А.О. Добродей, Е.В. Соболев, Е.Н. Подденежный // Материалы. Технологии. Инструменты. – Т 15 (2010). – №3. – С. 69-74.
3. Соболев, Е.В. Моделирование светотехнических характеристик светодиодных модулей / Е.В Соболев, Е.Н. Подденежный // Міжнародний науково-технічний журнал «Світлотехніка та Електроенергетика» №2 (26). – Харків. – 2011. – С. 13-18.
4. Соболев, Е.В. Моделирование светотехнических характеристик светодиодных модулей произвольной формы / Е.В.Соболев, Е.Н. Подденежный // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления: сборник материалов XI МНТК студентов, магистрантов и аспирантов / ГГТУ им. П.О. Сухого. Гомель 2011. С. 75-82.
5. Соболев, Е.В. Компьютерное моделирование светотехнической части светодиодных осветительных установок / Е.В Соболев, Е.Н. Подденежный // Вестн. Гом. гос. техн. ун-та им. П.О. Сухого. – 2011. – № 2. – С. 61-67.
6. Светильник светодиодный: патент на полезную модель 7988 Респ. Беларусь, МПК F21S 8/00, H01J 63/00 / А.О. Добродей, Е.Н. Подденежный, А.А. Бойко, Е.В. Соболев; заявитель Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого». – № u 20110582; заявл. 18.07.11 ; опубл. 28.02.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 1. – С. 244.

### **Разработка новых типов наноструктурированных композиционных термоэлектрических материалов**

#### **1. Наименование проекта**

Разработка новых типов наноструктурированных композиционных термоэлектрических материалов

#### **2. Автор проекта**

Подденежный Е.Н. - Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого, доктор химич. наук, доцент

#### **3. Актуальность исследования**

Получение термоэлектричества становится все более жизненно важным экологически чистым способом преобразования энергии, особенно в условиях повышенного выделения тепла из большого количества локальных и распространенных источников (тепловая часть солнечной энергии, нагретые детали разного рода тепловых машин, автомобилей, котлов, печей, ядерных реакторов и т.п.). Известно, что для практического применения показатель добротности используемого термоэлектрического материала  $ZT$  должен превышать 1. Такими материалами являются халькогенидные полупроводники ( $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{PbTe}$  и их производные) и полупроводниковые сплавы  $\text{Si-Ge}$  ( $ZT \approx 1$ , при  $T = 800^\circ\text{C}$ ). У халькогенидов имеется ряд недостатков: вредность для здоровья при изготовлении, высокая стоимость, экологическая опасность, низкая термостойкость в воздушной среде. Сплавы системы  $\text{Si-Ge}$  являются дорогостоящими материалами, сложны в изготовлении. Оксидные термоэлектрические материалы привлекательны в связи с их неоспоримыми

преимуществами перед халькогенидными материалами. Одним из перспективных направлений является исследования керамических материалов  $\text{ZnO-M}_x\text{O}_y$  ( $\text{M}$  – металл), направленных на задачу снижения электрического сопротивления, поиск новых наноразмерных фаз на границе раздела частиц  $\text{ZnO}$  в керамическом теле, увеличивающих фонное рассеяние и приводящих к снижению теплопроводности ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ,  $\text{In}_2\text{O}_3$ ). Подобными объектами, резко снижающими теплопроводность могут быть также искусственно формируемые в объеме керамического тела замкнутые нанопоры, равномерно распределенные между кристаллитами. Другим прорывным направлением в получении термоэлектрических материалов с высокой добротностью является создание объемных двухфазных композитов, в которых высокопроводящие полупроводниковые микрочастицы распределены равномерно в объеме диэлектрической матрицы с низкой теплопроводностью и имеющие между собой наноразмерные зоны контакта. Термоэлектрическая эффективность такой структуры довольно велика и может достигать значений 2.5–4.

#### **4. Состояние исследований в данной области в республике и за рубежом**

В Республике Беларусь научные и конструкторско-технологические работы с оксидными термоэлектрическими материалами  $p$ -типа на основе оксида цинка и оксидов марганца не ведутся, исследованиями термоэлектриков  $p$ -типа (кобальтиты и перовскиты) проводятся в БГТУ и НПЦ НАНБ по материаловедению. Разработка и освоение производства высокоэффективных термоэлектрических оксидных материалов  $p$ -типа на основе оксида цинка в РБ, вместе с имеющимся заделом по термоэлектрикам  $p$ -типа позволит сформировать новое направление в производстве современных термоэлектрических приборов для малой энергетики, предназначенных для их широкого применения в промышленности и быту, создать новое экспорто-ориентируемое направление в РБ в приборостроении и энергетике. Поиски оксидных фаз  $p$ -типа с высокой добротностью в лабораториях Японии и США привели к разработке керамических материалов на основе оксида цинка с  $ZT \approx 0.65$ , что позволило создать первые экспериментальные термогенераторы, изготовленные полностью на оксидных термоэлектрических материалах. Оптимистичными в данном направлении являются прогнозы резкого увеличения термоэлектрической добротности, основанные на расчете и оценке кинетических коэффициентов наноструктурированного материала «микрочастицы полупроводника с наноконтактами-диэлектрическая фаза с низкой теплопроводностью» в предположении, что основную роль в переносе играет квантовое туннелирование между наночастицами, а фонная теплопроводность через барьерные слои отсутствует (работы украинских исследователей).

#### **5. Цель и задачи, которые будут решены при выполнении исследований**

1. Цель проекта – разработка гаммы новых композиционных материалов на основе оксидных систем  $\text{ZnO:Al}$ ,  $\text{ZnO:Ga}$ ,  $\text{ZnO/SiO}_2$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{MnO}_2/\text{SiO}_2$ , обладающих высоким коэффициентом Зеебека, высокой электропроводностью и низкой теплопроводностью, обеспеченной низкоразмерностью фаз и/или управляемым введением замкнутых микро- и нанопор, равномерно распределенных в объеме керамического тела и пригодных для изготовления эффективных элементов термоэлектрических преобразователей.

Задачи:

- 1 – разработка составов и методики управляемого синтеза наноструктурированных порошков и керамики на основе оксида цинка и диоксида марганца;
- 2 – изучение влияния переменных параметров процессов формования, спекания и легирования керамических заготовок на структурные, электрофизические и теплофизические характеристики;
- 3 – изучение процессов формирования композитов систем  $\text{ZnO/SiO}_2$  и  $\text{MnO}_2/\text{SiO}_2$ , обладающих одновременно высокой электропроводностью и низкой

теплопроводностью; 4 – разработка технологических процессов формирования керамики и нанокompозитов на основе оксидных керамических систем, получение и испытания образцов, оценка пригодности полученных материалов для изготовления эффективных элементов термоэлектрических преобразователей, а также объемных мишеней для напыления тонких электропроводных и термоэлектрических пленок.

## **6. Научная новизна и оригинальность**

В результате выполнения проекта будут разработаны новые составы и оригинальные методики управляемого синтеза наноструктурированных порошков и керамики на основе оксида цинка и диоксида марганца. Будет изучено влияние переменных параметров процессов формования, спекания и легирования керамических заготовок на структурные, электрофизические и теплофизические характеристики получаемых керамических высокоплотных и высокопористых материалов. Будут изучены процессы формирования методами порошковой металлургии и коллоидной химии композитов систем  $\text{ZnO/SiO}_2$  и  $\text{MnO}_2/\text{SiO}_2$ , обладающих одновременно высокой электропроводностью и низкой теплопроводностью. Будут разработаны технологические процессы формирования керамики и нанокompозитов на основе оксидных керамических систем, получены и испытаны экспериментальные образцы, произведена оценка пригодности полученных материалов для изготовления эффективных элементов термоэлектрических преобразователей.

## **7. Научный потенциал и материально-техническая база**

В НИЛ технической керамики и наноматериалов УО «Гомельский технический университет им. П.О.Сухого» (НИЛ ТХН) с 1998 г. проводятся работы по созданию и исследованию новых прогрессивных материалов и изделий на основе пористой и монокристаллической керамики, композитов, в том числе, наноструктурированных порошков и стеклокристаллических композиционных материалов. В НИЛ технической керамики и наноматериалов имеется соответствующая научно-техническая база для проведения работ по формованию и синтезу керамических и композиционных материалов, а также исследованию характеристик промежуточных продуктов и получаемых материалов, а именно:

технологическое оборудование для подготовки и диспергирования исходных порошков для получения композиционных материалов (УЗ-диспергатор, планетарная высокоскоростная мельница, шаровые и пружинные мельницы, механические вибросита и др.);

сушильные шкафы и муфельные и трубчатые печи, позволяющие проводить термообработку в широком диапазоне температур (до 1800 °С) и в различных газовых средах;

ротационный вискозиметр Reotest 2.1 (Германия) для исследования реологии шликеров и коллоидных растворов;

дифрактометр рентгеновский ДРОН-7 для фазового и структурного анализа кристаллических и стеклокристаллических материалов с программным обеспечением;

лазерный спектральный анализатор ЛСА - 1 для определения элементного состава материалов с чувствительностью до  $10^{-5}$  мас.%;

атомно-силовой микроскоп NT-206 для исследования фазового состава композитов и структуры наноразмерных составляющих с программным обеспечением.

измеритель теплопроводности ИТП-МГ4«100» по ГОСТ 7076

Изучение теплофизических, физико-механических характеристик получаемых материалов (прочность, твердость, микротвердость) планируется проводить в лабораториях кафедр университета, а испытания термоэлектрических и

электрофизических характеристик осуществлять совместно с сотрудниками кафедры энергофизики физического факультета БГУ (проф. А.К.Федотов).

Предполагаемые исполнители проекта: 1 докт.хим.наук, 1 канд.физ.-мат.наук, 1 канд.техн.наук, 2 сотр.без степени, 1 аспирант.

#### **8. Публикации авторов по теме исследования.**

1. Алексеенко А.А., Бойко А.А., Подденежный Е.Н. Функциональные материалы на основе диоксида кремния, получаемые золь-гель методом (монография). - Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2008. – 183с.
2. Химич Н.Н., Здравков А.В., Коптелова Н.А., Подденежный Е. Н., Бойко А.А. Золь-гель синтез компактных наногибридных структур на основе кремнегелей. //Физика и химия стекла (Россия)– 2009 –Т.35, №2. –С. 234-246.
3. Подденежный, Е.Н. Синтез наноструктурированной люминесцирующей керамики YAG: Се с использованием кремнеземсодержащих легирующих систем / Е.Н. Подденежный, А.О. Добродей, А.А. Бойко, Е.Ф. Кудина // Материалы. Технологии. Инструменты. 2009– Т. 14, № 3. – С. 101–104
4. Патент РБ № 14776, МПК С 01G 9/02. Способ получения наноразмерного порошка оксида цинка. Судник Л.В., Подденежный Е.Н., Бойко А.А. – авторы; заявитель Государственное научное учреждение «Институт порошковой металлургии Национальной академии наук Беларуси» и Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», по заявке на изобретение РБ № 20091446, заявл. 14.10.2009; опубл. 30.08.2011.

### **Технологическая регламентация направленного структурообразования деталей машин для увеличения их наработки на отказ по критерию контактной выносливости**

#### **1. Наименование проекта**

Технологическая регламентация направленного структурообразования деталей машин для увеличения их наработки на отказ по критерию контактной выносливости

#### **2. Автор проекта**

Степанкин Игорь Николаевич, Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого, заведующий кафедрой «Материаловедение в машиностроении», к.т.н., доцент

#### **3. Актуальность исследования**

Снижение себестоимости деталей машин и технологической оснастки, обеспечиваемое за счет максимального использования преимуществ их ресурсного проектирования, является одной из важнейших задач развития современного машиностроительного комплекса.

Применение высоколегированных сталей для изготовления ответственных деталей диктуется требованиями к износоустойчивости, прочности и усталостной долговечности материалов. Спектр эксплуатационных факторов, традиционно учитываемый при выборе материала детали, зачастую приводит к завышению коэффициента запаса надежности по комплексу эксплуатационных характеристик материала, а выбор материала делается в пользу сталей с улучшенными эксплуатационными характеристиками, которым сопутствует высокая стоимость материала. Затраты связанные с формированием специфических свойств сопряженных поверхностей деталей увеличиваются в соответствии со стоимостью всего объема детали.

Изменение экономических условий хозяйствования требующее гибкой и своевременной