

Государственный контракт от 29 июня 2007 г. № 02.513.11.3314

на выполнение НИР по теме «Разработка новых материалов, поглощающих электромагнитное излучение в широком диапазоне длин волн, на основе нанокристаллических лукович и композитов на их основе»

в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы»

(Приоритетное направление развития науки и техники «Индустрия наносистем и материалов», мероприятие 1.3 Программы)

Шифр: «2007-3-1.3-00-01-006»

Период выполнения 29.06.2007 г.- 30.11.2007 г.

Исполнители: Головной исполнитель - Институт катализа им. Г.К.Борескова Сибирского отделения Российской академии наук (г. Новосибирск)
Соисполнители:

Институт неорганической химии им. А.В.Николаева Сибирского отделения Российской академии наук (г. Новосибирск)

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский государственный университет»

Цель работы Создание научно-технического задела по разработке новых материалов на основе углерода луковичной структуры (УЛС), поглощающих электромагнитное излучение (ЭМИ) в широком диапазоне длин волн

1. Наименование разрабатываемой научной (научно-технической, инновационной) продукции

Научные основы для создания технологии получения порошков УЛС с заданным строением и контролируемой дефектностью из взрывных нанокристаллов (НА). Синтез порошки УЛС с контролируемым размером агрегатов и дефектностью.

Методы введения в состав материалов на основе УЛС наноразмерных частиц соединений металлов, обладающих суперпарамагнитными свойствами.

Научные основы получения композитных полимерных пленок, содержащих частицы УЛС, на основе полидиметилсилоксана, метилметакрилата, полиимида.

Концепция направленного формирования электромагнитного отклика композитов путем варьирования размеров, формы и плотности нанокристаллических включений и свойств матрицы.

2. Характеристика выполненных работ

2.1. Результаты работы

Разработаны научные основы технологии получения порошков углерода луковичной структуры (УЛС) из взрывных наноалмазов (НА) со средним размером первичных частиц 4-5 нм с варьируемым размером агрегатов в интервале 50-1000 нм и различным содержанием остаточных алмазных ядер (0 – 80 %), в том числе, содержащие наноразмерные частицы магнитоактивных соединений железа. Разработаны основы получения композитных полимерных пленок, на основе метилметакрилата, полидиметилсилоксана, полиимида, содержащих частицы УЛС.

Структура и свойства полученных углеродных наноматериалов охарактеризованы комплексом физико-химических методов (просвечивающей электронной микроскопией высокого разрешения, ЭПР, РФА, рентгеновской эмиссионной спектроскопией, рентгеновской абсорбционной спектроскопией, ИК-спектроскопией, РФЭ-спектроскопией, фотон-корреляционной спектроскопией и др.). Экспериментальные результаты согласуются с результатами моделирования и квантово-химических расчетов моделей различных углеродных структур.

При исследовании электронно-транспортных свойств УЛС установлено, что основной вклад в их электропроводность дают образующиеся в результате графитизации наноалмаза квазиодномерные проводящие графеновые полосы. Проведено исследование частотных зависимостей электропроводности и магнитной восприимчивости образцов УЛС. Установлено, что наличие квазиодномерных проводящих полос в УЛС приводит к повышенному значению величины комплексной части их электропроводности и магнитной восприимчивости. Это объясняет эффекты повышенного поглощения электромагнитного излучения, характерного для УЛС.

Исследован электромагнитный отклик УЛС и композитных материалов на его основе в широком диапазоне длин волн (2-12 ГГц, 26-37 ГГц (ослабление и отражение), 0.3-3 ТГц (ослабление), 12-230 ТГц (ослабление) и оптическом (ослабление) диапазоне). Выявлены основные закономерности направленного формирования электромагнитного отклика наноуглеродных материалов путем варьирования размеров, формы и плотности наноуглеродных включений и свойств матрицы.

Основные характеристики полученных результатов.

Для диапазона 2 – 13 ГГц для слоя УЛС 1 см средний и максимальный коэффициент отражения составил -10 и -16 дБ соответственно, а те же параметры для коэффициента ослабления, составили -10 и -16 дБ соответственно. В диапазоне волн 26 - 37,5 ГГц среднее значение коэффициента отражения полученных образцов составило -17 дБ для слоя

образца 3 мм, максимальное значение коэффициента отражения – до -25 дБ. Среднее значение коэффициента ослабления в этом диапазоне составило -39 дБ для слоя образца 3 мм, максимальное значение коэффициента ослабления – 41 дБ.

Сопоставление с результатами аналогичных работ, определяющими мировой уровень.

Проведенное патентное исследование свидетельствует о несомненном приоритете выполненного исследования. Авторы обладают патентом на метод получения УЛС, имеется одна заявка на патент (США) и подготовлено еще две заявки на патенты РФ. Одна из них подана (зарегистрирована 20.11.2007), вторая находится на стадии согласования с зарубежными соисполнителями.

2.2. Получены охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД):

1. Патент № 2363997 «Материал, поглощающий электромагнитное излучение», опубликовано 10.08.2009 г., РФ.

2. Патент № 2367595 «Пористый углеродный наноматериал и способ его приготовления», опубликовано 20.09.2009 г., РФ.

2.3 По результатам работы опубликовано 7 статей в ведущих отечественных и зарубежных изданиях, защищена 1 диссертация на соискание кандидата химических наук.

3. Области и масштабы использования полученных результатов

3.1 Описание области применения полученных результатов

Установлено, что порошки УЛС и полимерные композитные материалы на их основе обладают относительно высокой способностью по сравнению с другими углеродными материалами к поглощению электромагнитного излучения в широком диапазоне длин волн. Важно отметить, что за счет изменения строения УЛС путем вариации условий его синтеза, можно добиться изменения поглощения ЭМИ, что делает перспективным разработку на их основе новых материалов с заданными свойствами. В силу этого, полученные результаты могут быть использованы при разработке технологий получения веществ и материалов, поглощающих электромагнитное излучение (ЭМИ), что является важной задачей в связи с их широким применением в различных областях науки и техники. В частности, материалы, поглощающие ЭМИ, используются для ослабления рассеяния электромагнитного сигнала мишенью в целях затруднения его регистрации посредством радарной техники; для защиты человеческих глаз и оптических датчиков от интенсивного лазерного излучения; датчиков электромагнитного излучения, для электромагнитной экранировки электронных устройств и их пользователей от паразитного и вредного для здоровья элек-

ромагнитного излучения, а также для защиты жилых помещений. Наиболее реальными областями применения для исследованных в данном проекте материалов являются: разработка защитных покрытий для электронных устройств и компонентов для датчиков регистрации инфракрасного излучения.

3.2 Прогнозируемые социально-экономические эффекты от использования продукции (услуг), созданных на основе результатов данного исследования

С одной стороны, на основе углеродных наноструктурных материалов могут быть разработаны новые виды материалов, эффективно поглощающих ЭМИ в широком диапазоне длин волн, что может найти применение в различных областях техники. С другой стороны, полученная информация о влиянии строения и структуры углеродных материалов на их электромагнитный отклик может привести к модификации и тем самым улучшению потребительских свойств существующей продукции. Например, уменьшение размеров действующих и разрабатываемых электронных устройств делает необходимым улучшение характеристик материалов, поглощающих паразитное излучение отдельных частей системы и защиту устройств от внешних ЭМ полей. Такие материалы необходимы для постоянно расширяющегося рынка миниатюрных электронных устройств, который охватывает мобильные телефоны, смартфоны, коммуникаторы, миникомпьютеры и т.п. устройства, а также рынок различных защитных покрытий, защищающих жилище и технику от ЭМИ в широком диапазоне длин волн.

Руководитель работ по проекту
Старший научный сотрудник ИК СО РАН,
к.х.н. В.Л. Кузнецов
2007 г.