

**Аннотация проекта (ПНИЭР), выполняемого в рамках ФЦП
«Исследования и разработки по приоритетным направлениям
развития научно-технологического комплекса России на 2014 -
2020 годы»**

**Номер Соглашения о предоставлении субсидии/государственного
контракта:** 14.577.21.0141

Название проекта: Разработка эффективных функциональных
материалов для ЭМ устройств на базе гибридных полимерных
композитов с наноглеродными включениями

Основное приоритетное направление: Индустрия наносистем

Исполнитель: федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования "Ижевский
государственный технический университет имени М.Т.Калашникова"

Руководитель проекта: Плетнев Михаил Андреевич

Должность: Профессор

E-mail: pletnev@istu.ru

Ключевые слова: углеродная нанотрубка, графен, полимер, удельная
поверхность, композитный материал, химическое модифицирование,
электромагнитная экранировка, свч, механические и тепловые свойства,
корреляция физических свойств

Цель проекта

1. Известно, что при введении в полимеры углеродные нанотрубки и графены позволяют получить высокопроводящие композиты. Проект направлен на создание изучение комплекса физических, механических и электромагнитных свойств таких композитов, которые могут стать высокоэффективными экранами электромагнитного излучения в широком диапазоне частот.
2. Цель - создание эффективных функциональных материалов для электромагнитных устройств на базе гибридных полимерных композитов с наноглеродными включениями, исследования их электрических, электромагнитных, механических и тепловых свойств, что позволит установить оптимальные условия получения композитных материалов, демонстрирующих корреляцию и/или одновременное улучшение физических характеристик.

Основные планируемые результаты проекта

Новые материалы для ЭМ применений.

Экспериментальные данные в микроволновом частотном диапазоне (26-37 ГГц) и в низкочастотной области (20Гц - 1 МГц), и сравнительный анализ электромагнитного отклика полимерных композитов с различными формами углерода в качестве наполнителя.

Теория, описывающая формирование электромагнитного отклика многостеночных нанотрубок как конечной так и бесконечной длины в микроволновой области частот.

Анализ влияния окисления, отжига, а также химической модификации стенок углеродных нанотрубок на локализованный плазмонный резонанс в одностенных углеродных нанотрубках.

Метод расчета эффективных параметров композитных материалов на основе углеродных нанотрубок с учетом электронной и электромагнитной связи трубок в материале. Анализ влияния контактного сопротивления и длины

нанотрубок на электромагнитные свойства композитных материалов в СВЧ диапазоне.

Впервые будет сформирована база данных электрических, электромагнитных, механических и термогравиметрических свойств полимерных композитов с нанокремнекислотными включениями.

Будут теоретически обоснованы и экспериментально определены предельные концентрации нанокремнекислотных наполнителей в полимерных композитах, не приводящие к деградации механических и тепловых свойств композитных материалов

Краткая характеристика создаваемой/созданной научной (научно-технической, инновационной) продукции

1. Теоретически и экспериментально обоснованная методология создания функциональных композиционных материалов на базе графенов, нанотрубок и органических полимеров различной природы позволит получить образцы полимерных композитов, которые могут стать основой для целенаправленного синтеза проводящих электродов для светоизлучающих устройств, солнечных батарей, активного слоя электролюминесцентных дисплеев, материалов для контроля электростатического разряда и антистатических покрытий, эффективных экранов электромагнитного излучения.
2. Комплекс применяющихся в проекте теоретических и экспериментальных методов позволит обосновать создание принципиально новых полимерных композитов для ЭМ применений.
3. Основным научным направлением команды исследователей проекта является фундаментальный и прикладной наноэлектромагнетизм - новая научная дисциплина, которая концептуально синтезирует идеи классической электродинамики с современными методами и подходами физики конденсированного состояния. Результаты теоретических и экспериментальных работ находятся на уровне передовых исследований в мире в этой области.
4. Основным направлением работ является комплексное (теоретическое и экспериментальное) изучение функциональных композиционных материалов на базе графенов, нанотрубок и органических полимеров различной природы. Предполагается использование широкой международной и внутрироссийской кооперации для получения значимых результатов. Основные риски проекта связаны с возможными ограничениями, обусловленными неблагоприятной экономической ситуацией, снижением инвестиционной активности предприятий реального сектора экономики в высокотехнологичные проекты.

Назначение и область применения, эффекты от внедрения результатов проекта

1. Полимерные композиты на основе различных форм нанокремнекислота, благодаря их уникальным свойствам - (i) непрозрачные для микроволнового излучения, (ii) хорошо проводящие, (iii) ультратонкие и гибкие - могут широко использоваться при производстве материалов для электромагнитных

приложений. Предполагается применение их в производстве электродов для светоизлучающих устройств, а также в солнечных батареях, активного слоя электролюминесцентных дисплеев, материалов для контроля электростатического разряда и антистатических покрытий, эффективных экранов электромагнитного излучения.

2. Разработка предоставит индустриальным партнерам технологии производства материалов для электромагнитных приложений, таких как электроды для светоизлучающих устройств, солнечные батареи, активный слой электролюминесцентных дисплеев, материалы для контроля электростатического разряда и антистатических покрытий, эффективных экранов электромагнитного излучения.

3. Прогнозные оценки показывают, что на базе полученных в результате реализации проекта результатов возможно расширить сферу использования функциональных композиционных материалов в качестве основы для создания материалов антенн, экранов ЭМ излучения в производственных и жилых помещениях для восстановления условий естественного электромагнетизма.

4. Предполагается развитие международного сотрудничества в заявленной области, популяризация наноэлектромагнетизма в рамках сотрудничества с школами, входящими в Школьную лигу РОСНАНО, проведение конференций в регионе и участие в российских и международных конференциях по наноматериалам и нанокompозитам.

Текущие результаты проекта

Разработана модель однородного эллипсоида, для расчета локализованного плазмонного резонанса в различных модификациях углеродных нанотрубок (пучков ОУНТ, многостенных УНТ, допированных и функционализированных ОУНТ). Показано, что допирование, увеличение длины и диаметра пучков ОУНТ приводит к увеличению частоты локализованного плазмонного резонанса. Функционализация поверхностно-активным веществом приводит к уменьшению частоты локализованного плазмонного резонанса. Также любое химическое воздействие, приводящее к образованию дефектов на поверхности нанотрубки, вызывает уменьшение времени электронной релаксации и ослаблению локализованного плазмонного резонанса в УНТ. Сформулирована модель композита углеродных нанотрубок (УНТ), вкрапленных в полимерную матрицу. Модель основана на совместном применении метода интегральных уравнений к нанотрубке и метода эффективной среды для композитной среды. На основе модели получено выражение для эффективной проницаемости разориентированного неупорядоченного композита из углеродных нанотрубок.

Разработана модель расчета эффективной проницаемости пространственной решетки из ориентированных одинаковых углеродных нанотрубок конечной длины. Модель учитывает влияние локальных полей решетки и является результатом объединения теории эффективной среды и метода интегральных уравнений.

Разработана теория рассеяния света на двух непараллельных ОУНТ,

касающиеся друг друга.

Развита модель для расчета электромагнитных параметров произвольного числа трубок произвольно ориентированных и соприкасающихся друг с другом. Данный метод позволяет получить зависимости макроскопических электромагнитных свойств материала от таких параметров, как проводимость трубок, проводимость контактов между трубками и длины трубок. То есть данный метод позволяет предсказывать свойства композитных материалов в зависимости от параметров включений с учетом их электромагнитного и электронного взаимодействия.

Показано, что композиты на основе нанопластинок графена с наночастицами оксида железа формируют в магнитном поле тонкопленочные структуры со значительно большей площадью поверхности, чем без поля.

Экспериментально получены функционализированные углеродные материалы и изучены их ЭМ свойства.