

Резюме проекта, выполняемого

в рамках ФЦП

«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»

по этапу № 2

Номер Соглашения о предоставлении субсидии: 14.575.21.0090

Тема: «Разработка методов диагностики и технологии создания устройства для экспресс-анализа геометрических и электрокинетических параметров несферических наноразмерных объектов в жидких дисперсиях на основе многоугольного статического, динамического и электрофоретического рассеяния света»

Приоритетное направление: Индустрия наносистем

Критическая технология: Технологии диагностики наноматериалов и наноустройств

Период выполнения: 21.10.2014 - 31.12.2016

Плановое финансирование проекта: 21.96 млн. руб.

Бюджетные средства 15.96 млн. руб.,

Внебюджетные средства 6.00 млн. руб.

Получатель: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский университет "Московский институт электронной техники"

Индустриальный партнер: Открытое акционерное общество "Зеленоградский инновационно-технологический центр"

Ключевые слова: статическое рассеяние, динамическое рассеяние, электрофоретическое рассеяние, несферические наночастицы, наночастицы, рассеяние, лазерное излучение

1. Цель проекта

Разработка методов диагностики и технологии создания устройств для обеспечения возможности проведения экспресс-диагностики геометрических и электрокинетических параметров несферических наноразмерных объектов в жидких средах для контроля технологий и продукции наноиндустрии и оценки токсичности наноматериалов.

Проведение теоретических исследований в области разработки методов определения геометрических параметров несферических наноразмерных объектов в жидких средах на основе многоугольного статического и динамического рассеяния света.

Проведение теоретических исследований в области разработки методов определения электрокинетических параметров несферических наноразмерных объектов в жидких средах на основе электрофоретического рассеяния света.

Разработка и изготовление экспериментального образца малогабаритного анализатора нанобъектов в жидких дисперсиях.

2. Основные результаты проекта

Выполнен аналитический обзор научных и информационных источников по теме ПНИ. Представлен отчет о патентных исследованиях. Выполнены теоретические исследования в области разработки методов определения геометрических и электрокинетических параметров несферических наноразмерных объектов в жидких средах на основе многоугольного статического и динамического рассеяния света. Разработаны методики обработки измерительной информации при экспресс-анализе геометрических параметров несферических нанобъектов в жидких дисперсиях. Разработаны методики обработки измерительной информации при экспресс-анализе электрокинетического потенциала несферических нанобъектов в жидких дисперсиях. Разработаны требования к метрологическому обеспечению метода экспресс-анализа геометрических параметров и электрокинетического потенциала несферических нанобъектов в жидких дисперсиях. Разработаны программа и методики проведения экспериментальных исследований на экспериментальном образце анализатора нанобъектов в жидких дисперсиях для геометрических параметров и электрокинетического потенциала несферических нанобъектов в жидких дисперсиях. Разработана эскизная конструкторская документация на экспериментальный образец малогабаритного анализатора нанобъектов в жидких дисперсиях, обеспечивающего экспресс-измерения геометрических параметров и электрокинетического потенциала несферических нанобъектов. Разработаны методики изготовления комплекса

экспериментальных образцов жидких дисперсий с несферическими нанообъектами различной формы для экспериментальных исследований. Разработаны методики изготовления экспериментальных образцов жидких дисперсий в виде наностержней из коллоидного золота и углеродных нанотрубок.

В аналитическом обзоре рассмотрены существующие методики проведения многоугловых измерений поляризованного и деполяризованного динамического рассеяния света. Отражено влияние эффектов, возникающих при переходе от исследования рассеивающих сред, состоящих из сферических частиц к несферическим. В частности представлено физико-математическое описание процессов рассеяния в таких средах, рассмотрено каким образом изменяется форма автокорреляционной функции. В отчёте о патентных исследованиях отражены основные выявленные тенденции при разработке анализаторов: использование поляризованного света в качестве основного метода характеристики форм исследуемых несферических наночастиц, расширение диапазона характеристик исследуемых наночастиц, расширение диапазона исследуемых концентраций коллоидных систем, повышение чувствительности, снижение темнового тока систем счета фотонов. Кроме того отмечено все более активное использование электрокинетических параметров коллоидов для характеристики различных полимеров, коллоидов и суспензий. В результате отмечено, что основное направление разработки анализатора необходимо направить на совершенствование метода деполяризованного динамического рассеяния света. В результате теоретических исследований в области разработки методов определения геометрических параметров несферических наноразмерных объектов в жидких средах на основе многоугольного статического и динамического рассеяния света установлено, что динамическое светорассеяние основано на измерении флуктуации интенсивности светорассеяния как функции времени, которое пересчитывается в гидродинамические размеры наночастиц. Радиус сферических частиц определяется из формулы Эйнштейна-Стокса через коэффициент диффузии частиц. Для несферических частиц коэффициент диффузии зависит от формы частиц. В результате теоретических исследований в области разработки методов определения электрокинетических параметров несферических наноразмерных объектов в жидких средах на основе электрофоретического рассеяния света установлено, что метод электрофоретического рассеяния света основан на динамическом рассеянии света в конфигурации лазерного доплеровского анемометра, для измерения скорости движения заряженных частиц в электрическом поле. При измерении скорости частиц в спектре рассеянного света появляется компонента, смещенная относительно несущей частоты на величину доплеровской частоты, которая пропорциональна скорости движущихся частиц. Электрофоретическая подвижность частиц определяется по скорости движения заряженных частиц в электрическом поле. В требованиях к метрологическому обеспечению сформулированы перечни измеряемых параметров, пределы и погрешности измерений с указанием необходимых методик измерений и используемых стандартных образцов разрабатываемого метода экспресс-измерений геометрических параметров и электрокинетического потенциала несферических нанообъектов в жидких дисперсиях. В программе проведения экспериментальных исследований перечислены их основные этапы. В методиках рассмотрены процедуры пробоподготовки, режим и порядок работы на экспресс-анализаторе, последовательность работы с программным обеспечением для проведения анализа и обработки полученных результатов. Конструкторская документация выполнена в соответствии с требованиями соответствующих нормативных документов и содержит схему деления структурную, схему электрическую структурную, сборочный чертёж и руководство по эксплуатации. В методиках изготовления комплекса экспериментальных образцов представлена информация о порядке выполнения операций, используемом технологическом оборудовании и средствах контроля, приведён перечень необходимых материалов и реагентов, отражены требования безопасности при работе и перечень измеряемых параметров образцов для составления паспорта.

Полученные результаты соответствуют требованиям технического задания.

Полученные результаты соответствуют мировому уровню в данной области.

3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках прикладного научного исследования и экспериментальной разработки

На 2 этапе получение охраноспособных РИД не предусмотрено.

4. Назначение и область применения результатов проекта

Разработка методов диагностики и технологии создания компактных устройств для экспресс диагностики геометрических и электрокинетических параметров несферических наноразмерных объектов в жидких средах позволит существенно упростить контроль технологических процессов в наноиндустрии, например, при производстве углеродных нанотрубок. В последнее время успехи наноиндустрии привели к появлению принципиально нового поколения полимерных композитов. Использование в качестве одной из составляющих полимера одностенных углеродных нанотрубок позволило добиться существенного увеличения прочности композитов.

5. Эффекты от внедрения результатов проекта

Разработка методов диагностики и технологии создания устройств для экспресс диагностики геометрических и электрокинетических параметров несферических наноразмерных объектов в жидких средах позволит осуществлять контроль технологических процессов и продукции в наноиндустрии, а также проводить оценку токсичности наноматериалов. В настоящее время несферические наноразмерные объекты, наиболее широко известными из которых являются углеродные нанотрубки (УНТ), все более широко используются для улучшения свойств материалов в различных отраслях промышленности. Например, при производстве электрохимических источников тока в литий-ионных батареях при помощи УНТ модифицируют электродный материал литий-ионной ячейки для увеличения ее производительности и долговечности благодаря высокой электропроводности УНТ и эффекту армирования материала ячейки. При получении эластомеров для производства шин и резин добавление УНТ в состав резиновой смеси позволяет радикально

улучшить все ключевые характеристики шины (стойкость к истиранию, коэффициент сцепления с дорогой и т.п.). При производстве композитных материалов УНТ применяют в отраслях, где механические свойства должны сочетаться с низким весом и возможностью выдерживать высокие нагрузки (авиакосмическая отрасль, ветроэнергетика). Здесь пластичную основу (матрицу) композита армируют УНТ, получая новое поколение материалов с улучшенными прочностными характеристиками.

6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

Индустриальный партнёр ОАО «ЗИТЦ» представляет собой полномасштабный инновационный комплекс, соответствующий мировым стандартам, и оптимальным образом приспособлен для ведения технико-внедренческой деятельности. Соисполнителем проекта является компания «Фотокор». Компания «Фотокор» более 25 лет занимается разработкой оборудования для анализа сферических частиц в дисперсных системах. Приборы позволяют определять размер сферических частиц, дзета-потенциал и молекулярную массу полимеров. Оборудование установлено в десятках научно-исследовательских институтов, ведущих университетах и лабораториях как в России (более 130 приборов), так и за рубежом (более 70 приборов) в таких странах как Индия, Вьетнам, Италия и т.д.

Разрабатываемый анализатор позволит существенно расширить сферу применения данных приборов, позволив проводить анализы несферических объектов.

Выпуск экспресс-анализатора геометрических и электрокинетических параметров несферических наноразмерных объектов в жидких дисперсиях на базе МИЭТ, ОАО «ЗИТЦ» и ООО «Фотокор» планируется в количестве 10 штук ежегодно по цене около 1 000 000 руб. Производство основных оптико-механических и электронных узлов оборудования размещено на предприятиях города Зеленограда. Предполагаемый срок окупаемости проекта составит около 5 лет.

Информация о ходе выполнения и результатах выполнения ПНИ будет размещена на официальном сайте Получателя субсидии и организации-соисполнителя. Пилотное внедрение разработанного анализатора планируется в МИЭТ и Институте проблем нефти и газа РАН, планируется освещение результатов апробации в специализированных изданиях, а также на научно-практических конференциях по тематике проекта.

7. Наличие соисполнителей

Соисполнитель (услуги сторонних организаций):
ООО «Фотокор» (договор № 155/176 от 28 ноября 2014г.).
Сроки исполнения: с 28.11.2014 по 30.11.2016.

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский университет "Московский институт электронной техники"

проректор
(должность)

(подпись)

Гаврилов С.А.
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель работ по проекту

Профессор кафедры биомедицинских систем
(должность)

(подпись)

Терещенко С.А.
(фамилия, имя, отчество)

М.П.