

АННОТАЦИЯ
научно-исследовательской работы
(итоговая)

Государственный контракт с Роснаукой:	от «18» ноября 2009 г. № 02.552.11.7076
Шифр контракта:	«2009-07-5.2-00-09-002»
Тема работы:	Проведение поисковых научно-исследовательских работ в области нанокомпозитных оптических материалов и сенсоров на их основе в центре коллективного пользования научным оборудованием «Лазерные методы исследования конденсированных сред, биологических объектов и мониторинга окружающей среды (ЦКП ЛамИ)»
Цель работы:	Использование научных приборов и оборудования, а также методов научных исследований, разработанных или освоенных центром коллективного пользования научным оборудованием при проведении поисковых научно-исследовательских работ в области нанокомпозитных оптических материалов и сенсоров на их основе в центре коллективного пользования научным оборудованием «Лазерные методы исследования конденсированных сред, биологических объектов и мониторинга окружающей среды (ЦКП ЛамИ)» для последующего дооснащения имеющегося специализированного научного оборудования, развития новых и совершенствования существующих методов выполнения измерений для обеспечения и развития исследований в форме коллективного пользования.
Приоритетное направление развития науки и техники	«Индустрия наносистем и материалов», «Рациональное природопользование»
Критическая технология	«Нанотехнологии и наноматериалы»
Период выполнения контракта за счет бюджетных средств	С 18 ноября 2009 г. по 20 октября 2010 г.
Всего этапов	3
Номер и наименование завершенного этапа	
Срок завершения работ за счет внебюджетных средств	20 октября 2010 г.
Период поставок, установленный контрактом	С 01 января 2010 г. по 20 октября 2010 г.
Исполнитель:	Учреждение Российской академии наук Институт автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения РАН, г. Владивосток
Соисполнитель	Учреждение Российской академии наук Институт химии Дальневосточного отделения РАН, г. Владивосток
Ключевые слова:	нанокомпозитные оптические материалы; химический сенсор; центр коллективного пользования; нанотехнологии; наноматериалы; краситель, полисахарид, коньюгат

1 Актуальность проекта

В последнее время быстрыми темпами развивается новый класс аналитических устройств, регистрирующих наличие тех или иных химических соединений в окружающей среде – химических сенсоров. Одним из наиболее перспективных типов химических сенсоров являются интегрально-оптические химические сенсоры, в которых свет используется для передачи аналитического сигнала. Развитие таких сенсоров обусловлено появлением на рынке доступных и миниатюрных источников и приёмников света, а также микронаструментальных компонентов для обработки сигнала, что открывает возможность создания интегрированных устройств.

Исследования в этом направлении ведут научные группы во многих промышленно развитых странах. Наиболее широко в этом секторе исследований представлены США, Англия и Франция. Основой разрабатываемых хемосенсоров являются планарные и волоконные оптические волноводы, на которые осаждается реагент. Время срабатывания таких датчиков составляет 5-10 секунд, при концентрации определяемого газа порядка 100 ppm. На базе Центра фотохимии РАН созданы разнообразные оптические молекулярные сенсоры, люминесцентная мультисенсорная оптоволоконная система. Разрабатываются модели построения флюоресцентных аналитических систем для идентификации нескольких анализаторов, также для идентификации анализаторов используются спектры отражения большого числа красителей. Центром фотохимии РАН также был разработан оптический хемочип, представляющий собой двумерную матрицу сенсорных элементов на поверхности наноструктурированной подложки.

Создание новых сенсорных материалов относится к числу приоритетных направлений во всех развитых странах. Они позволяют перейти на новый уровень анализа объектов, включая упрощение и автоматизацию процедур, сокращение времени, увеличение точности и удешевление анализа, уменьшение объема анализируемых проб, анализ *in situ* и непрерывный мониторинг. Это достигается через миниатюризацию сенсоров и использование новых методов их изготовления, основанных на нанотехнологических подходах.

Стремительно расширение диапазона применения наноструктурированных объектов и материалов, который включает в себя микроэлектронику, химическую, фармацевтическую, строительную и многие другие отрасли промышленности, обуславливает увеличение объема научных исследований, связанных с разработкой новых методик исследования характеристик наноразмерных объектов, определяющих наличие у таких объектов уникальных свойств, и ответственных за эффективность использования наноструктурированных объектов и материалов. Однако, из широкого спектра существующих к настоящему

моменту методик исследования характеристик наноструктурированных объектов и материалов, пригодными к изучению наноразмерных объектов, в том числе органических, входящих в состав жидких сред, оказываются лишь немногие [R. Xu, Particle Characterization: Light Scattering Methods. – Kluwer Academic Publishers: New York, 2000, p. 397.].

Поэтому важное значение придается разработке методик проведения комплексных исследований массоразмерных, статистических и структурных характеристик наноструктурированных объектов в жидких средах, в том числе ультрадисперсных коллоидных систем, а также органических объектов – полисахаридов пектинов и альгинатов, с применением методов когерентной и рентгеновской оптики, а также уникальной приборной базы ЦКП ЛамИ.

2. Разрабатываемая продукция

2.1 Номенклатура продукции, разрабатываемой в рамках проекта

Отчет о НИР, содержащий обоснование развивающегося направления исследований, изложение методик проведения исследований, описание полученных результатов собственных НИР.

Состав разрабатываемой научно-технической продукции.

1. Лабораторные образцы интегрально-оптической хемосенсорной ячейки для детектирования и анализа газовых сред.
2. Методика исследования массоразмерных и статистических характеристик наноразмерных объектов в жидких гетерогенных средах с применением методов когерентной оптики
3. Лабораторный образец тонкопленочного сенсора, проявляющего чувствительность к ионам водорода.
4. Методика структурных исследований органических наноструктурированных объектов – полисахаридов пектинов и альгинатов и их комплексов в жидких средах с применением измерительных комплексов мало- и широкоугловой дифракции рентгеновского излучения.

2.2 Характеристика разрабатываемой продукции

Характеристики (параметры), определяющие конкурентоспособность	Ед. изм.	Наименование продукции по проекту	Наименование аналога 1, предприятие-изготовитель, ...	Наименование аналога N, предприятие-изготовитель, страна, год вво-
--	----------	-----------------------------------	---	--

			страна, год ввода на ры- нок		да на рынок
<p>Показатели:</p> <ul style="list-style-type: none"> - назначение: определение pH (концентрация ионов водорода) - эксплуатационные: точность определения, не менее, 0,1 единиц время анализа, не более, 1 мин Режимы измерения: стационарный и проточный - надежности: срок службы, не менее, 3 месяцев 	шт.	Лабораторный образец тонкопленочного сенсора, чувствительный к ионам водорода.	Данные по производству аналогичных сенсоров на основе нанокомпозитных матрицы с иммобилизованными коньюгированными красителями отсутствуют.		
<p>Показатели:</p> <ul style="list-style-type: none"> - назначение: исследования массоразмерных и статистических характеристик наноразмерных объектов в жидких гетерогенных средах с применением методов когерентной оптики - эксплуатационные: точность определения, не менее, 10% время анализа, не более, 1 мсек диаметр наночастиц в диапазоне от 30 до 750 нм 	шт.	Методика исследования массоразмерных и статистических характеристик наноразмерных объектов в жидких гетерогенных средах с применением методов когерентной оптики	Данные по аналогичным методикам проведения комплексных исследований массоразмерных, статистических и структурных характеристик наноструктурированных объектов в жидких средах, в том числе ультрадисперсных коллоидных систем не обнаружены.		
<p>Показатели:</p> <ul style="list-style-type: none"> - назначение: интегрально-оптическая хемосенсорная ячейка для детектирования и анализа газовых сред. - эксплуатационные: Принцип измерения - фотохимический сенсор Диапазон рабочих температур, °C - - 20 	шт.	Экспериментальный образец интегрально-оптической хемосенсорной ячейки для анализа газовых сред	Патент RU П № 2384837 G01N 21/39 Способ одновременного определения концентрации молекул CO и CO ₂ и устройство для одновременного определения		

<p>...+45</p> <p>Габариты сенсорной ячейки, мм - 60*40*30</p> <p>Время выхода на режим, не более, сек. - 5</p> <p>Время срабатывания, не более, сек. - 8</p> <p>Наименование контролируемых газов-оксид углерода CO, сероводород H2S, диоксид серы SO2, хлор Cl2, аммиак NH3</p> <p>Диапазон измерения, мг/м³ 0 ... 2000</p> <p>Погрешность измерения, мг/м³ 0,5, при концентрации 0-10 мг/м³, 1,0, при концентрации 10-800 мг/м³</p>		<p>концентрации молекул CO и CO2</p>		
<p>Показатели:</p> <p>- назначение: структурные исследования органических наноструктурированных объектов – полисахаридов пектинов и альгинатов и их комплексов в жидких средах с применением измерительных комплексов мало- и широкогоугловой дифракции рентгеновского излучения.</p> <p>- эксплуатационные:</p> <p>Концентрация исследуемого полисахарида в жидкой гетерогенной среде, не менее, 0,1%</p> <p>Диапазон измерений размеров элементов структуры полисахаридов пектинов, нм 1 ÷ 100.</p> <p>Возможность оценки удельной поверхности раздела фаз полисахаридов пектинов</p> <p>Возможность прове-</p>	<p>шт.</p> <p>Методика проведения структурных исследований органических наноструктурированных объектов – полисахаридов пектинов и альгинатов и их комплексов в жидких средах с применением измерительных комплексов мало- и широкогоугловой дифракции рентгеновского излучения.</p>	<p>Данные по аналогичным методикам проведения структурных исследований органических наноструктурированных объектов – полисахаридов пектинов и альгинатов и их комплексов в жидких средах с применением измерительных комплексов мало- и широкогоугловой дифракции рентгеновского излучения не обнаружены</p>		

дения измерений в режиме реального времени.					
---	--	--	--	--	--

2.3 Форма коммерциализации результатов проекта

В результате выполнения проекта разработаны:

- лабораторный образец тонкопленочного сенсора, проявляющего чувствительность к ионам водорода;
- экспериментальный образец интегрально-оптической хемосенсорной ячейки для анализа газовых сред;
- методика исследования массоразмерных и статистических характеристик наноразмерных объектов в жидкых гетерогенных средах с применением методов когерентной оптики;
- методика проведения структурных исследований органических наноструктурированных объектов – полисахаридов пектинов и альгинатов и их комплексов в жидких средах с применением измерительных комплексов мало- и широкоугловой дифракции рентгеновского излучения.

Объектом реализации потребителям могут являться лицензии на использование патентов и «ноу-хау».

3 Области и масштабы использования полученных результатов

Создание сенсоров относится к числу приоритетных направлений в программах развития и поддержки науки во всех развитых странах. Считается, что они позволяют ускорить, упростить, улучшить, расширить и удешевить диагностику и контроль в промышленности, экологии, медицине. Хотя сенсорам и сенсорным устройствам посвящена обширная библиография, тем не менее, число публикаций не уменьшается, а возрастает в связи с разработкой новых подходов, основанных на применении наноразмерных материалов, которые открыли новые пути и способы изготовления высокоэффективных сенсорных устройств, отсутствующих ранее. Переход от макроскопического и микроскопического уровня исследований к наноскопическому позволил резко сократить размеры сенсорных элементов, создать принципиально новые типы миниатюрных устройств, которые позволяют провести анализ микроскопических количеств жидкости, сокращают время анализа, могут быть встроены в разнообразные устройства и помещены в анализируемые системы для постоянного контроля за содержанием веществ. Все это принципиальным

образом изменяет аналитические процедуры, упрощает анализ и делает его доступным для широкого применения в самых разных областях.

Результаты проведенных поисковых НИР могут быть использованы для проведения опытно-конструкторских и опытно-технологических работ, направленных на создание новых наноструктурированных оптических материалов и сенсорных устройств на их основе. Новый метод иммобилизации применим для разработки различных видов продукции с включением ферментов, витаминов, антибиотиков, биологически-активных соединений, клеток и клеточных культур, лекарственных препаратов, которые могут быть использованы для создания биоматериалов, биокатализаторов, биосенсоров, имплантатов, доставщиков лекарств, косметических средств и т. п. для биотехнологии, инженерной медицины, фармакологии, пищевой и косметической промышленности.

Результаты проведенных поисковых НИР могут быть востребованы организациями и предприятиями, выпускающими или использующими измерительную технику для мониторинга окружающей среды и проведение исследований наноматериалов.

4 Ход выполнения проекта

В ходе выполнения государственного контракта в целом были выполнены следующие работы:

На первом этапе проведены исследования интегрально-оптических сенсоров для детектирования состава газовой среды. Разработан корреляционный способ измерения мас-содержимых и статистических характеристик ультрадисперсных коллоидных систем. Разработаны способы исследования полисахаридов пектинов и альгинатов в жидких средах. Проведен синтез полисахаридов с ковалентно прикрепленными pH-чувствительными красителями, изучению их кислотно-основных и спектральных свойств. Проведена иммобилизация красителей в силикатном нанокомпозитном материале методом темплатного синтеза и изучению основных функциональных свойств, заключающемуся в спектральном отклике красителей на изменение pH. Синтезированы коньюгаты кислотно-основных красителей с полисахаридами, охарактеризованы их спектральные свойства в растворе, адаптирован метод их иммобилизация в нанокомпозитной силикатной матрице, заключающийся в минерализации биополимеров, и проведено тестирование полученных сенсорных материалов.

В результате проведенных исследований второго этапа работ разработана базовая конструкция интегрально-оптической сенсорной ячейки, исследованы методы ввода и вывода излучения, системы регистрации выходных параметров, создан и исследован лабораторный образец интегрально-оптической хемосенсорной ячейки, получены характеристики

ки детектирования односоставных газовых сред. Разработана методика исследования мас- соразмерных и статистических характеристик наноразмерных объектов в жидких гетерогенных средах с применением методов когерентной оптики. Доработана методология на- несения тонкопленочных силикатных покрытий с иммобилизованным сенсорным мате-риалом, исследованы его характер и прочность закрепления в наноструктурированной матрице, сенсорные свойства, их взаимосвязь со структурой нанокомпозитного материала. Проведены конкурсы на закупку оборудования. Заключены договоры с поставщиками оборудования. Модернизировано положение о ЦКП. За счет внебюджетных средств про-ведены патентные исследования. Модернизированы и введены в эксплуатацию новые по-мещения ЦКП.

В рамках выполнения третьего, заключительного этапа создан и испытан лаборатор-ный образец мультисенсорной интегрально-оптической ячейки для анализа многосостав-ных газовых сред. Разработана методика проведения структурных исследований органи-ческих наноструктурированных объектов – полисахаридов пектинов и альгинатов и их комплексов в жидких средах с применением измерительных комплексов мало- и широко-угловой дифракции рентгеновского излучения. Создан и испытан лабораторный образец тонкопленочного сенсора, проявляющего чувствительность к ионам водорода. Выполнены междисциплинарные исследования аналитическими взаимоконтролирующими и взаимо-дополняющими методами по заказам организаций на базе имеющихся у ЦКП специализи-рованных комплексов (лабораторий) или групп исследований. Обеспечены поставки спе-циального оборудования и организовано проведение пуско-наладочных работ. Модерни-зирован интернет-сайт ЦКП. Проведенная технико-экономическая оценка выявила хоро-ший рыночный потенциал полученных результатов.

Все полученные результаты находятся в полном соответствии с ТЗ.

5 Показатели выполнения контракта

Показатель	2009 г.		2010 г.		Всего	
	план	факт	план	факт	план	факт
Объем финансирования, млн. руб.	8,696	8,703	8,696	8,708	17,392	17,411
в том числе:						
бюджетные средства, млн. руб.	8,0	8,0	8,0	8,0	16,0	16,0
внебюджетные средства, млн. руб.	0,696	0,703	0,696	0,708	1,392	1,411
Объем продаж (выручки от реализа-ции) новой и усовершенствованной высокотехнологичной продукции, произведенной в результате реализации проекта, млн. руб.						
в том числе НДС, млн. руб.						

Показатель	2009 г.		2010 г.		Всего	
	план	факт	план	факт	план	факт
в том числе объем экспорта новой и усовершенствованной высокотехнологичной продукции, произведенной в результате реализации проектов, млн. руб.						

Руководитель работ по проекту

Директор ИАПУ ДВО РАН

Ю.Н. Кульчин



2010 г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22

01

2010

г.

22