

ФОРМА 1.ИНФОРМАЦИЯ О РУКОВОДИТЕЛЕ ПРОЕКТА № 11.4838.2017/БЧ**Личные данные**

Фамилия	Аверин
Имя	Игорь
Отчество	Александрович
Дата рождения	21.08.1959
Гражданство	РОССИЯ
Номер личного кабинета в Карте российской науки	00038813
Телефон	8412368261
E-mail	nano-micro@mail.ru

Образование

Образование, наименование вуза и год окончания обучения	высшее профессиональное, Пензенский политехнический институт (ныне ФГБОУ ВО "Пензенский государственный университет"), 1981
Ученая степень	доктор технических наук
Ученое звание	профессор

Место работы

Полное наименование организации	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет»
Должность	главный научный сотрудник
Приказ о назначении на должность	665/к
Регион	Пензенская область
Почтовый адрес	440026, г. Пенза, ул. Красная, д. 40
Телефон	8412368261
E-mail	micro@pnzgu.ru
Факс	—

Наукометрические показатели

Область научных интересов Нанотехнологии

Индекс Хирша

А) по базе данных «Сеть науки» (Web of Science) 3

Б) по базе данных MathSciNet 0

В) по базе данных Scopus 3

Число публикаций, индексируемых

А) в базе данных «Сеть науки» (Web of Science) 10

Б) в базе данных MathSciNet 0

В) по базе данных Scopus 11

Средневзвешенный импакт-фактор изданий, в которых были опубликованы статьи 0.75

Число цитирований статей, индексируемых

А) в базе данных «Сеть науки» (Web of Science) 25

Б) в базе данных MathSciNet 0

В) по базе данных Scopus 28

Среднее число цитирований в расчете на одну публикацию

А) в базе данных «Сеть науки» (Web of Science) 2.78

Б) в базе данных MathSciNet 0.00

В) по базе данных Scopus 2.80

Число публикаций за последние пять лет в изданиях, индексируемых

А) в базе данных «Сеть науки» (Web of Science) 10

Б) в базе данных MathSciNet 0

В) по базе данных Scopus 12

Средневзвешенный импакт-фактор изданий, в которых были опубликованы статьи за последние пять лет 0.44

Научные достижения

Научная деятельность, основные научные достижения

1. Впервые обнаружен эффект спонтанной генерации электрического напряжения в образцах оксида цинка, неоднородно легированного медью и железом [1]. Для объяснения полученных результатов была разработана оригинальная модель коллективного процесса смены валентности примеси и возникновения автоколебательного процесса фазового перехода «полупроводник - металл» и появления электродвижущей силы.

2. Предложен метод нанолитографии, сочетающий нанотехнологии "сверху-вниз" и "снизу-вверх", разработаны модельные представления о процессах синтеза пленок полупроводниковых оксидов металлов методом золь-гель-технологии с воспроизводимой структурой, глубоко изучены физико-химические процессы, происходящие на всех этапах синтеза [2].

3. Установлены корреляционные зависимости в инфракрасных спектрах наноструктур на основе смешанных оксидов, связывающие коэффициент пропускания инфракрасного излучения через исследуемые материалы и их количественный состав. Впервые с помощью метода ИК-спектроскопии проанализированы процессы, происходящие при отжиге наноструктур в широком диапазоне температур [3].

4. Разработан оригинальный способ определения концентрации и среднего размера наночастиц в пленкообразующих золях, претерпевающих коагуляцию [4].

5. Впервые в России предложено использовать многокомпонентные оксидные наноматериалы с фрактальной структурой в качестве чувствительных элементов энергоэффективных, миниатюрных и надежных датчиков вакуума. Предложены способы изготовления таких вакуумметров [5-9].

6. Исследованы сенсорные, фотокаталитические, фотолюминесцентные свойства оксида цинка, легированного переходными металлами [10-11], а также выявлены корреляционные зависимости между данными свойствами.

7. Проведены исследования термоэлектрических газовых сенсоров, результаты опубликованы в ведущих зарубежных изданиях [12, 13].

[1] Пронин И.А., Аверин И.А., Божинова А.С., Георгиева А.Ц., Димитров Д.Ц., Карманов А.А., Мошников В.А., Папазова К.И., Теруков Е.И., Якушова Н.Д. Термовольтаический эффект в оксиде цинка, неоднородно легированном примесями с переменной валентностью // Письма в ЖТФ. 2015. Т. 41. №19. С. 23 - 29.

[2] . Мошников В.А., Максимов А.И., Александрова О.А., Пронин И.А., Карманов А.А., Теруков Е.И., Якушова Н.Д., Аверин И.А., Бобков А.А., Пермяков Н.В. Нанолитографическая самосборка коллоидных наночастиц // Письма в ЖТФ. 2016. Т. 42. № 18. С. 81-87.

[3] . Аверин И.А., Печерская Р.М., Пронин И.А., Карманов А.А., Игошина С.Е. Способ определения концентрации и среднего размера наночастиц в золе // Патент РФ № 2502980, МПК G01N 15/02, B82B 1/00. Опубликовано 27.12.2013г, Бюл. №36. (17 страниц).

[4] . Аверин И.А., Карманов А.А., Мошников В.А., Пронин И.А., Игошина С.Е., Сигаев А.П., Теруков Е.И. Корреляционные зависимости в инфракрасных спектрах наноструктур на основе смешанных оксидов // Физика твердого тела. 2015. Т. 57. № 12. С. 2304-2312.

[5] . Аверин И.А., Васильев В.А., Карманов А.А., Пронин И.А., Печерская Р.М. Способ изготовления датчика вакуума с наноструктурой и датчик вакуума на его основе // Патент РФ № 2485465, МПК G01L 21/12, B82B 3/00, B82Y 15/00. Опубликовано 20.06.2013г, Бюл. №17. (11 страниц).

[6] . Аверин И.А., Васильев В.А., Карманов А.А., И.А. Пронин, Р.М. Печерская Способ изготовления датчика вакуума с наноструктурой заданной чувствительности и датчик вакуума на его основе // Патент РФ № 2505885, МПК H01L 21/20, G01L 21/12, B82B 3/00. Опубликовано 27.01.2014г, Бюл. №3. (19 страниц).

[7]. Аверин И.А., Васильев В.А., Карманов А.А., И.А. Пронин, Р.М. Печерская Способ изготовления датчика вакуума с наноструктурой повышенной чувствительности и датчик вакуума на его основе // Патент РФ № 2506659, МПК , G01L 21/12, B82B 3/00. Опубликовано 10.02.2014г, Бюл. №4. (11 страниц);

[8]. Аверин И.А., Васильев В.А., Карманов А.А., Пронин И.А. Способ изготовления наноструктурированного чувствительного элемента датчика вакуума и датчик вакуума // Патент РФ № 2539657, МПК G01L 21/12, B82B 3/00, B82Y 15/00. Опубликовано 20.01.2015г, Бюл. №2 (11 страниц).

[9]. Аверин И. А., Игошина С.Е., Карманов А. А., Пронин И.А. Способ изготовления датчика вакуума с трехмерной пористой наноструктурой и датчик вакуума на его основе // Патент РФ № 2555499, МПК H01L 21/20, B82B 3/00. Опубликовано 10.07.2015г, Бюл. № 19(11 страниц).

[10]. Пронин И.А., Донкова Б.В., Димитров Д.Ц., Аверин И.А., Пенчева Ж.А., Мошников В.А. Взаимосвязь фотокаталитических и фотолюминесцентных свойств оксида цинка, легированного медью и марганцем // Физика и техника

полупроводников. 2014. Т. 48. № 7. С. 868 - 874.

[11]. Пронин И.А., Канева Н.В., Божинова А.С., Аверин И.А., Папазова К.И., Димитров Д.Ц., Мошников В.А. Фотокаталитическое окисление фармацевтических препаратов на тонких наноструктурированных пленках оксида цинка // Кинетика и катализ. 2014. Т. 55. № 2. С. 176-180.

[12]. Dimitre Tz.Dimitrov, Nikolay K.Nikolaev, Karolina I.Papazova, Lyudmila K.Krasteva, Igor A.Pronin, Igor A. Averin, Assya S.Bojinova, Angelina Ts.Georgieva, Nadejda D.Yakushova, Tatyana V.Peshkova, Andrey A.Karmanov, Nina V.Kaneva, Vyacheslav A.Moshnikov, Investigation of the electrical and ethanol-vapour sensing properties of the junctions based on ZnO nanostructured thin film doped with copper // Applied Surface Science, <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.08.049>.

[13]. Pronin I. A., Averin I. A., Yakushova N. D., Dimitrov D. T., Krasteva L. K., Papazova K. I., Chanachev A. S., Bojinova A. S., Georgieva A. T., Moshnikov V. A. Theoretical and experimental investigations of ethanol vapour sensitive properties of junctions composed from produced by sol-gel technology pure and Fe modified nanostructured ZnO thin films // Sensors and Actuators A: Physical. 2014. V. 206. P. 88-96.

Премии и награды, почетные звания

№ п/п	Название премии/награды	Кем выдана	Год получения	Достижение, за которое вручена премия/награда
1	Почетная грамота Министерства образования и науки РФ (приказ № 853/к-н от 9.10.2013 г.)	Министерство образования и науки РФ	2013	За многолетнюю плодотворную работу по развитию и совершенствованию учебного процесса, значительный вклад в дело подготовки высококвалифицированных специалистов

Результаты интеллектуальной деятельности за последние 5 лет

Перечень наиболее значимых публикаций за последние 5 лет (не более 10)

№ п/п	Название издания	Авторы (в порядке, указанном в публикации)	Название публикации	Год, том, выпуск	Импакт-фактор издания (по Web of Science)	Реферируется	Индексируется
1	Applied Surface Science	D.Tz. Dimitrov, N.K. Nikolaev, K.I. Papazova, L.K. Krasteva, I.A. Pronin, I.A. Averin, A.S. Bojinova, A.Ts. Georgieva, N.D. Yakushova, T.V. Peshkova, A.A. Karmanov, N.V. Kaneva, V.A. Moshnikov	Investigation of the electrical and ethanol-vapour sensing properties of the junctions based on ZnO nanostructured thin film doped with copper	2017, 392, 0	3.15	Нет	Web of Science Scopus
2	Technical Physics Letters	V. A. Moshnikov, A. I. Maksimov, O. A. Aleksandrova, I.A. Pronin, A. A. Karmanov, E. I. Terukov, N. D. Yakushova, I. A. Averin, A. A. Bobkov, N. V. Permyakov	Nanolithographic Self-Assembly of Colloidal Nanoparticles	2016, 42, 9	0.70	Нет	Web of Science Scopus
3	Technical Physics Letters	I. A. Pronin, I. A. Averin, A. S. Bozhinov,	The thermovoltaic effect in zinc oxide	2015, 41, 10	0.70	Нет	Web of Science

№ п/п	Название издания	Авторы (в порядке, указанном в публикации)	Название публикации	Год, том, выпуск	Импакт-фактор издания (по Web of Science)	Реферируется	Индексируется
		A.Ts. Georgieva, D.Ts. Dimitrov, A. A. Karmanov, V. A. Moshnikov, K. I. Papazova, E.I. Terukov, N. D. Yakushova	inhomogeneously doped with mixed-valence impurities				Scopus
4	Physics of the Solid State	I. A. Averin, A. A. Karmanov, V. A. Moshnikov, I. A. Pronin, S. E. Igoshina, A. P. Sigaev, E. I. Terukov	Correlations in infrared spectra of nanostructures based on mixed oxides	2015, 57, 12	0.83	Нет	Web of Science Scopus
5	Technical Physics	I. A. Averin, S. E. Igoshina, V. A. Moshnikov, A. A. Karmanov, I. A. Pronin, E. I. Terukov	Sensitive elements of vacuum sensors based on porous nanostructured SiO ₂ -SnO ₂ sol-gel films	2015, 60, 6	0.57	Нет	Web of Science Scopus
6	Kinetics and Catalysis	I. A. Pronin, N. V. Kaneva, A. S. Bozhinova, I. A. Averin, K. I. Papazova, D. Ts. Dimitrov, V. A. Moshnikov	Photocatalytic oxidation of pharmaceuticals on thin nanostructured Zinc Oxide films	2014, 55, 2	0.63	Нет	Web of Science Scopus
7	Semiconductors	I. A. Pronin, B. V. Donkova, D. Tz. Dimitrov, I. A. Averin, J. A. Pencheva, V. A. Moshnikov	Relationship between the photocatalytic and photoluminescence properties of zinc oxide doped with copper and manganese	2014, 48, 7	0.70	Нет	Web of Science Scopus
8	Sensors and Actuators A: Physical	I. A. Pronin, Dimitre Tz. D., L. K. Krastev, K. I. Papazova, I. A. Averin, A. S. Chanachev, A. S. Bojinova, A. Ts. Georgieva, N. D. Yakushova, V. A. Moshnikov	Theoretical and experimental investigations of ethanol vapour sensitive properties of junctions composed from produced by sol-gel technology pure and Fe modified nanostructured ZnO thin films	2014, 206, 0	2.20	Нет	Web of Science Scopus

Список монографий и глав в монографиях за последние 5 лет

№ п/п	Наименование монографии	Авторы	Год издания	ISBN, издательство	Количество страниц
1	Физические основы полупроводниковых газовых сенсоров	Аверин И.А., Головяшкин А.А., Головяшкин А.Н., Игошина С.Е., Карманов А.А., Пронин И.А., Якушова Н.Д.	2015	Изд-во Пензенского государственного университета	190
2	Пористые оксидные газочувствительные материалы: получение и	Аверин И.А., Игошина С.Е., Карманов А.А., Пронин И.А.	2014	Изд-во Пензенского государственного университета	148

№ п/п	Наименование монографии	Авторы	Год издания	ISBN, издательство	Количество страниц
	свойства				

Перечень объектов интеллектуальной собственности (патенты, авторские свидетельства и т.д.) за последние 5 лет, автором которых является руководитель проекта

№ п/п	Наименование объекта интеллектуальной собственности	Вид объекта	Дата регистрации в государственном реестре	Территория (страна) и срок действия	Охранный документ (патент, свидетельство о регистрации)	
					№	дата выдачи
1	Способ определения цитотоксичности наноматериалов на основе оксида цинка	Патент на изобретение	13.04.2015	РОССИЯ	2587630	20.06.2016
2	Способ изготовления датчика вакуума с трехмерной пористой наноструктурой и датчик вакуума на его основе	Патент на изобретение	04.03.2014	РОССИЯ	2555499	10.07.2015
3	Способ изготовления наноструктурированного чувствительного элемента датчика вакуума и датчик вакуума	Патент на изобретение	27.08.2013	РОССИЯ	2539657	20.01.2015
4	Способ определения концентрации и среднего размера наночастиц в золе	Патент на изобретение	11.07.2012	РОССИЯ	2502980	27.12.2013
5	Способ изготовления датчика вакуума с наноструктурой и датчик вакуума на его основе	Патент на изобретение	28.04.2012	РОССИЯ	2485465	20.06.2013

Конференции, на которых были представлены доклады за последние 5 лет

№ п/п	Название конференции	Уровень конференции (Международная, всероссийская, региональная)	Место и дата проведения	Язык доклада	Авторы и название доклада
1	III Научно-техническая конференция с международным участием "Наука настоящего и будущего» для студентов, аспирантов и молодых ученых"	Международная	Санкт-Петербург 12.03.2015 – 13.03.2015	Русский	Брагина Л.М., Аверин И.А., Карманов А.А. Влияние качественного и количественного состава нанокompозитных материалов на основе смешанных оксидов на деградацию их свойств
2	16th Russian Youth Conference on Physics of Semiconductors and Nanostructures, Opto- and Nanoelectronics	Международная	Saint-Petersburg 24.10.2014 – 28.10.2014	Английский	Karmanov A.A., Pronin I.A., Yakushova N.D., Igoshina S.E., Averin I.A. Analysis of electron energy spectrum in type II core/shell quantum dots

№ п/п	Название конференции	Уровень конференции (Международная, всероссийская, региональная)	Место и дата проведения	Язык доклада	Авторы и название доклада
3	Fifth National Crystallographic Symposium with International Participation	Международная	Sofia, Bulgaria 25.09.2014 – 27.09.2014	Английский	Pronin, N. Yakushova, I. Averin, N. Kaneva, A. Bojinova, K. Papazova, D. Dimitrov Obtaining oxide materials by alkoksitotechnology method
4	1st International School and Conference on Optoelectronics, Photonics, Engineering and Nanostructures	Международная	Saint-Petersburg 25.03.2014 – 27.03.2014	Английский	Pronin I.A., Averin I.A., Dimitrov D.Tz., Moshnikov V.A., Antropova N.V., Yakushova N.D., Gubich I.A., Igoshina S.E., Averin K.I., Karmanov A.A. Functional Monomers Effect on Nanocomposites Structure of SiO ₂ -Me _x O _y
5	XVI Международная конференция "Опто-, наноэлектроника, нанотехнологии и микросистемы"	Международная	Ульяновск 26.07.2013 – 30.07.2013	Русский	Аверин И.А., Игошина С.Е., Карманов А.А. Пористые наноструктурированные материалы для чувствительных элементов датчиков вакуума

Опыт по руководству научным коллективом

Проекты, выполненные или выполняемые в качестве руководителя

№ п/п	Название проекта	Размер финансирования (млн. руб.)	Источник финансирования	Срок выполнения проекта (начало-окончание)	Основные результаты проекта
1	Исследование параметров пористой структуры материалов для датчиков уровня вакуума	0.3	Российский фонд фундаментальных исследований	15.09.2016 – 15.12.2016	1. Технологические режимы синтеза пористых металлооксидных наноматериалов в системе «SiO ₂ -SnO ₂ » с различными модифицирующими добавками с контролируемой морфологией и распределением размеров пор в диапазоне 2-50 нм. 2. Методика исследования процессов капиллярной конденсации газов в металлооксидных наноматериалах на основе SiO ₂ -SnO ₂ с заданным размером пор для оценки параметров пористой структуры (включая рекомендации по массе вещества исследуемого состава, давлениям газовой

№ п/п	Название проекта	Размер финансирования (млн. руб.)	Источник финансирования	Срок выполнения проекта (начало-окончание)	Основные результаты проекта
					смеси, при которых происходит измерение, и оптимальным режимам предварительной дегазации исследуемых образцов различного типа). 3. Компьютерная программа для расчёта удельной поверхности, объёма микропор и распределения пор по размерам в наноматериалах на основе SiO ₂ -SnO ₂ по данным тепловой десорбции нескольких сортов газов.
2	Развитие научных основ формирования наноструктурированных материалов на основе композиций полупроводниковых оксидов для газовых сенсоров систем безопасности	3.3	Государственное задание	03.02.2014 – 31.12.2016	1. Разработаны модели кинетики гидролиза и поликонденсации при формировании композиций полупроводниковых оксидов, позволяющие управлять процессами самоорганизации, протекающими в золях на основе алкоксисоединений. 2. Разработаны модели роста фрактальных агрегатов в метастабильной области диаграммы состояния, описывающие морфоструктуру наноструктурированных материалов на основе композиций полупроводниковых оксидов, в том числе формой, размером и концентрацией кластеров. 3. Разработаны модели нуклеационных процессов в золях, позволяющие контролировать процесс зарождения фрактальноорганизованных кластеров. 4. Разработаны модели спиноподобного распада зольей, предназначенные для разработки методики получения наноструктурированных материалов на основе композиций полупроводниковых оксидов, имеющих различный тип структуры:

№ п/п	Название проекта	Размер финансирования (млн. руб.)	Источник финансирования	Срок выполнения проекта (начало-окончание)	Основные результаты проекта
					лабиринтную, перколяционного стягивающего кластера, сферических агрегатов. 5. Разработаны модели газочувствительности наноструктурированных материалов на основе композиций полупроводниковых оксидов. 6. Разработаны модели влияния целенаправленного легирования на газочувствительные свойства наноструктурированных материалов на основе композиций полупроводниковых оксидов. 7. Модели, учитывающие влияние типа и концентрации адсорбционных центров на поверхности наноматериалов на их газочувствительность и селективность.
3	Исследование закономерностей формирования наносистем с заданными свойствами на основе самоорганизующихся структур для nanoиндустрии.	1.2	Государственное задание	01.01.2012 – 31.12.2014	1. Разработана функциональная математическая модель формирования композиционных материалов на низкоразмерном уровне, которая отображает процессы самоорганизации агрегатов в системе SiO ₂ -SnO ₂ , характеризует получение агрегатов композиционного материала заданного размера. 2. Разработана функциональная математическая модель свойств композиционных материалов, которая отображает изменения электрического сопротивления и емкости тонких пленок на основе SiO ₂ -SnO ₂ , характеризует изменение хемосопротивления тонких пленок композиционного

№ п/п	Название проекта	Размер финансирования (млн. руб.)	Источник финансирования	Срок выполнения проекта (начало-окончание)	Основные результаты проекта
					материала. 3. Разработана функциональная математическая модель газочувствительности композиционных материалов, которая отображает изменения электрического сопротивления и емкости тонких пленок на основе SiO ₂ -SnO ₂ при взаимодействии с газами простейших углеводородов и спиртов, характеризует газочувствительность тонких пленок композиционных материалов.
4	Мультисенсоры на основе пористых наноструктурированных материалов	7.2	Федеральная целевая программа	06.10.2011 – 09.09.2012	1. Разработаны физико-химические закономерности формирования композиционных наноматериалов (КМ) SiO ₂ -SnO ₂ и чувствительных элементов (ЧЭ) газовых сенсоров на основе теоретических и экспериментальных исследований. 2. Экспериментально получены КМ и газочувствительные плёнки SiO ₂ -SnO ₂ методом золь-гель-технологии с контролируемыми свойствами, произведены их исследования с использованием современных методик на низкоразмерном уровне по разработанной программе и методике экспериментальных исследований. 3. Разработана модель газочувствительности КМ, учитывающая процессы дефектообразования, адсорбции и десорбции газов на поверхности пленок. 4. Смоделированы морфоструктура КМ и выходные параметры ЧЭ газовых сенсоров от

№ п/п	Название проекта	Размер финансирования (млн. руб.)	Источник финансирования	Срок выполнения проекта (начало-окончание)	Основные результаты проекта
					условий получения с использованием систем математических вычислений и разработанного оригинального программного обеспечения. 5. Разработан и изготовлен автоматизированный исследовательский стенд (АИС), не имеющий аналогов, который позволяет исследовать температурные и частотные характеристики газовых сенсоров. 6. Экспериментально получены ЧЭ сенсоров на основе КМ SiO ₂ -SnO ₂ и исследованы их выходные параметры с использованием разработанных программ и методик экспериментальных исследований. 7. Разработаны рекомендации по использованию результатов НИР в дальнейших исследованиях и в реальном секторе экономики.

Опыт по подготовке научных и педагогических кадров

Опыт преподавательской деятельности

Разработка и чтение лекций в Пензенском государственном университете по дисциплинам: "Физика конденсированного состояния", "Технология материалов электронной техники".

Проведение курсов повышения квалификации инженерных кадров "Конструирование и проектирование элементов датчиков на основе наноструктурированных материалов", реализуемых в рамках Президентской программы повышения квалификации инженерных кадров на 2012-2014 годы.

Опыт по подготовке докторов наук и кандидатов наук

№ п/п	Название диссертации	Ученая степень	Дата защиты	Специальность ВАК	ФИО диссертанта
1	Физико-химические особенности формирования иерархических наноструктур для сенсорных элементов	кандидат	17.12.2015	05.27.06	Пронин Игорь Александрович
2	Разработка технологии формирования кремниевых	кандидат	07.04.2015	05.11.14	Пауткин Валерий Евгеньевич

№ п/п	Название диссертации	Ученая степень	Дата защиты	Специальность ВАК	ФИО диссертанта
	пьезорезистивных чувствительных элементов микромеханических акселерометров				
3	Повышение эффективности измерений диэлектрических параметров сегнетоэлектриков	доктор	09.09.2010	05.11.01	Печерская Екатерина Анатольевна
4	Технология получение резистивных структур на низкоразмерном уровне	кандидат	16.12.2009	05.11.14	Аношкин Юрий Владимирович
5	Технологические методики повышения стабильности параметров тензорезистивных датчиков давления	кандидат	26.06.2008	05.11.14	Волохов Игорь Валерианович

Общественная научная деятельность

Членство в редколлегиях и консультативных советах рецензируемых научных изданий (с указанием сроков членства)

Рецензент журнала "Journal of Non-Crystalline Solids" с 2013 г. по настоящее время.

Членство в программных и организационных комитетах международных конференций

Член программного комитета международной научно-технической конференции «Методы создания, исследования микро-, наносистем и экономические аспекты микро-, наноэлектроники», Пенза.

Член локального организационного комитета всероссийской конференции по физике сегнетоэлектриков, Пенза.

Членство в руководящих и консультативных органах международных научных обществ и объединений

Эксперт научно-технической сферы, свидетельство №04-06578, выдано ФГБНУ РИНКЦЭ.

Участник конкурсного отбора

_____/И.А. Аверин

ФОРМА 2.ИНФОРМАЦИЯ О ПРОЕКТЕ №11.4838.2017/БЧ**1. НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА:**

Фундаментальные исследования фотокаталитических, сенсорных и адсорбционных свойств иерархических наноматериалов на основе полупроводниковых оксидов и связей между ними

2. ШИФР ПРОЕКТА:

11.4838.2017/БЧ

3. ЗАПРАШИВАЕМАЯ СУММА (В ТЫС. РУБЛЕЙ):

1 800,0

4. АННОТАЦИЯ:

Проект направлен на разработку методик управляемого синтеза наноматериалов с заданной иерархической морфологией в рамках различных химических и физических методов для фотокатализаторов и газовых сенсоров, а также фундаментальные исследования взаимосвязей между сенсорными, фотокаталитическими и адсорбционными свойствами данной группы материалов. Актуальность, а также практический и теоретический интерес проекта определяется тем, что несмотря на то, что к настоящему времени достигнут значительный прогресс в области разработки и синтеза иерархических функциональных материалов с контролируемой микроструктурой, фазовым составом, размерностью, очень трудно спроектировать и изготовить различные виды фотокатализаторов с заранее заданной иерархической морфологией. Образцы наноматериалов планируется получать методами золь-гель технологии и механического высокоэнергетического размолла. Первый год проекта посвящен разработке методик изготовления иерархических материалов с заданной структурой в рамках заявленных методов; второй и третий годы - фундаментальным исследованиям сенсорных, фотокаталитических и адсорбционных свойств и связей между ними, а также разработке лабораторных образцов фотокатализаторов и датчиков газов.

5. КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА И СЛОВСОЧЕТАНИЯ:

Иерархические наноматериалы, фотокатализатор, газовый сенсор, мезопоры, золь-гель метод, механический высокоэнергетический размол, самосборка, самоорганизация, центры Льюиса и Брэнстеда.

6. ОБЛАСТЬ ЗНАНИЯ:

Технологии материалов

7. КОДЫ ГРНТИ:

47.09.48, 29.19.16, 29.19.22, 47.33.37

8. ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ НАУКИ, ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИКИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ:

Индустрия наносистем

9. ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ МОДЕРНИЗАЦИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ РОССИИ:

Энергоэффективность и энергосбережение, в том числе вопросы разработки новых видов топлива

10. КРИТИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ:

Нано-, био-, информационные, когнитивные технологии

11. НАПРАВЛЕНИЕ НТИ:**группа «Рынки»**

SafeNet (новые персональные системы безопасности)

группа «Технологии»

Сенсорика

Руководитель проекта

И.А. Аверин

ФОРМА 3. ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА №11.4838.2017/БЧ**1. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ:**

Результаты современных исследований показывают, что применение иерархических наноматериалов для разработки фотокатализаторов является одной из перспективных стратегий улучшения фотокаталитической активности. Использование иерархических структур позволяет повысить эффективность поглощения светового излучения, улучшить молекулярный транспорт и диффузию за счет имеющейся системы пористых сетей, являющихся каналами для эффективного переноса молекул реагентов, кроме того, они обладают увеличенной площадью поверхности. Несмотря на то, что к настоящему времени достигнут значительный прогресс в области разработки и синтеза иерархических функциональных материалов с контролируемой микроструктурой, фазовым составом, размерностью, очень трудно спроектировать и изготовить различные виды фотокатализаторов с заранее заданной иерархической морфологией. Поэтому среди актуальных проблем в данной области следует выделить разработку простого и недорогого способа изготовления наноструктурированных иерархических фотокатализаторов с высокой степенью кристалличности, а также развитие представлений о механизмах улучшения фотокаталитической активности данных материалов.

Следует отметить, что в зависимости от параметров первичных нанообъектов, а также от синергетически-кооперативных эффектов, возникающих при их объединении в иерархический материал будут меняться не только каталитические и фотокаталитические свойства, но и адсорбционные и, как следствие, газочувствительные. Традиционно, газочувствительные и каталитические свойства рассматривались различными научными группами отдельно друг от друга. Впервые теоретический подход, связывающий эти два явления, предложен в конце XX в. Ф.Ф. Волькенштейном. Однако, разработанные к сегодняшнему дню научные основы недостаточны для практического использования иерархических наноматериалов в сенсорных элементах.

Проект направлен на развитие научных основ, включающих разработку физико-химических закономерностей, позволяющих управлять процессами получения наночастиц полупроводниковых оксидов (ZnO, TiO₂) заданных размеров, формы и фрактальности, а также их объединением в иерархические наносистемы для фотокаталитических материалов. Особое место отведено исследованию взаимосвязи процессов фотокаталитического окисления веществ на иерархических полупроводниковых оксидных структурах и газочувствительными свойствами данных материалов.

2. ЦЕЛЬ ПРОЕКТА:

Разработка методов управляемого синтеза иерархических наноматериалов с контролируемой иерархической морфологией в рамках золь-гель метода и механического высокоэнергетического размола для фотокатализаторов и сенсоров. В проекте будет развит междисциплинарный подход, описывающий взаимосвязь между эффективностью фотокаталитических процессов и изменением адсорбционных и газочувствительных свойств иерархических наноматериалов.

3. ЦЕЛЕВАЯ ГРУППА ПРОЕКТА:

Разработанные методики синтеза иерархических наноматериалов химическими и физическими методами с заданными свойствами и установленные взаимосвязи между фотокаталитическими, сенсорными и адсорбционными свойствами этих материалов обеспечат создание энергоэффективных сенсорных и каталитических элементов, используемых в системах безопасности, мониторинга и очистки окружающей среды, необходимых для горнодобывающей, нефтегазовой промышленности (дезинфекционные реакции; очистка воздуха, очистка сточных вод, детектирование газов), энергетике (редукция углекислого газа до органического топлива; разложение воды до водорода и кислорода) и т.д., что способствует решению задачи импортозамещения.

4. ОПИСАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ:

В проекте планируется разработка методик синтеза иерархических наноматериалов с контролируемой иерархической морфологией в рамках золь-гель технологии и механического высокоэнергетического размола, исследование механизмов фотокатализа на данных структурах, а также взаимосвязи сенсорных и каталитических свойств данной группы материалов. Предполагается создание модельных представлений возникновения и эволюции одиночных нанообъектов в рамках заявленных методов синтеза, и сборки из них иерархических наносистем, адекватно описывающих иерархический дизайн наноматериалов и использующих небольшое количество эффективных параметров, которые зависят от совокупностей технологических факторов синтеза. Предполагается экспериментальное исследование процессов фотокаталитического окисления различных красителей (бриллиантовый зеленый, β -нафтолоранж, метиленовый синий и др.) на синтезируемых материалах и исследование их газочувствительных свойств к различным газам (этанол, кислород, аммиак и др.). Предполагается комплексное исследование структуры синтезируемых материалов, а также кислотно-основных свойств их поверхности. Планируется разработка комплексных модельных представлений, описывающих взаимосвязь между эффективностью фотокаталитических процессов и изменением адсорбционных и газочувствительных свойств иерархических наноматериалов.

5. ОПИСАНИЕ НАУЧНЫХ ПОДХОДОВ:

В данном проекте предлагается синтезировать образцы методами золь-гель технологии и механического высокоэнергетического размола, дополнительная активация поверхности образцов будет проводиться потоком электронов, а также низкотемпературной плазмой различной природы. Методы исследования структуры образцов: атомно-силовая микроскопия, растровая электронная микроскопия, просвечивающая электронная микроскопия, рентгеновский фазовый анализ, энергодисперсионный микроанализ; контроль концентрации и среднего размера наночастиц материалов, полученных в рамках золь-гель метода, будет осуществляться с помощью оригинальной запатентованной методики (Аверин И.А., Печерская Р.М., Пронин И.А., Карманов А.А., Игошина С.Е. Способ определения концентрации и среднего размера наночастиц в золе // Патент № 2 502 980 (13) С1. Опубликовано 27.12.2013г, №36. (17 страниц)) с помощью ИК-Фурье спектрометра; исследование функционального состава поверхности будет проводиться методом адсорбции кислотно-основных индикаторов. Компьютерное моделирование различных процессов планируется проводить в средах MathCAD, MathLAB, Delphi, LabView. Исследование фотокаталитических и газочувствительных свойств разрабатываемых иерархических материалов будет осуществляться на оригинальных автоматизированных установках, имеющихся в распоряжении научного коллектива.

6. РЕЗУЛЬТАТЫ:

- физико-химических закономерности, позволяющих управлять процессами получения наночастиц полупроводниковых оксидов (ZnO, TiO₂) заданных размеров, формы и фрактальности, и сборки из них иерархических наноматериалов в рамках золь-гель технологии и механического высокоэнергетического размола (это обеспечит разработку технологии синтеза новых энергоэффективных сенсорных и каталитических элементов на предприятиях РФ);
- модельные представления возникновения и эволюции одиночных нанообъектов в рамках заявленных методов синтеза, и сборки из них иерархических наносистем, адекватно описывающие иерархический дизайн наноматериалов, использующие небольшое количество эффективных параметров, зависящих от совокупностей технологических факторов синтеза (это позволит прогнозировать свойства получаемых материалов и контролировать выходные параметры сенсорных и каталитических элементов);
- результаты исследования получаемых иерархических наноматериалов методами атомно-силовой микроскопии, растровой электронной микроскопии, просвечивающей электронной микроскопии, рентгеновского фазового анализа, энергодисперсионного микроанализа; результаты исследования функционального состава поверхности иерархических наноматериалов (данный результат будет использоваться для верификации разработанных моделей);
- результаты исследования фотокаталитических и газочувствительных свойств разрабатываемых иерархических материалов (это необходимо для адаптации полученных результатов для нужд целевых групп);
- модели, описывающие взаимосвязь между эффективностью фотокаталитических процессов и изменением адсорбционных и газочувствительных свойств иерархических наноматериалов (это позволит разработать методику изготовления энергоэффективных сенсорных и каталитических элементов);
- модели влияния дополнительной активации поверхности образцов потоком электронов и низкотемпературной плазмой на фотокаталитические процессы и газочувствительные свойства иерархических наноматериалов (это позволит улучшить выходные параметры сенсорных и каталитических элементов);
- модели фотокаталитического окисления веществ на иерархических наноматериалах ();
- рекомендации по применению полученных научно-технических решений для нужд горнодобывающей, нефтегазовой промышленности (дезинфекционные реакции; очистка воздуха, очистка сточных вод, детектирование газов), энергетики, а также для разработки систем безопасности, мониторинга и очистки окружающей среды. (это обеспечит адаптацию методик изготовления новых энергоэффективных сенсорных и каталитических элементов для различных приложений).

Воздействие, которое окажет проект на целевые группы: известно, что в настоящее время фотокатализаторы на основе полупроводниковых оксидов в промышленных масштабах применяются только в строительных материалах. Успешное выполнение проекта позволит провести масштабную практическую реализацию применения иерархических фотокатализаторов во всех целевых группах.

7. НАЗНАЧЕНИЕ И ПРЕДПОЛАГАЕМОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОЕКТА:

Проведенная работа позволит разработать методы управляемого синтеза иерархических наноматериалов с контролируемой иерархической морфологией в рамках золь-гель метода и механического высокоэнергетического размола и расширит существующие теоретические представления о процессах фотокатализа на таких структурах, а также их газочувствительных и адсорбционных свойств. Предложенный новый междисциплинарный подход, описывающий взаимосвязь между эффективностью фотокаталитических процессов и изменением адсорбционных и газочувствительных свойств иерархических наноматериалов приведет к углубленному пониманию физико-химических процессов, протекающих в твердой фазе и процессов, протекающих при катализе. Возможно использование результатов проекта для новых практических применений в системах безопасности, мониторинга и очистки окружающей среды, необходимых для горнодобывающей, нефтегазовой промышленности (дезинфекционные реакции; очистка воздуха, очистка сточных вод, детектирование газов, очистка отходов гидронных систем; очистка почв, содержащих хлорорганические соединения и др.), энергетике (редукция углекислого газа до органического топлива; разложение воды до водорода и кислорода) и т.д., (в настоящее время фотокаталитические материалы в промышленном масштабе используются только в строительстве).

8. УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОЕКТА:

В долгосрочной перспективе полученные научные результаты позволят переходить к разработкам технологий мирового уровня и созданию новых видов научно-технической продукции, вывод на рынок которых обеспечит экспортный потенциал и замещение импорта.

Устойчивость проекта обеспечивается:

- научным заделом коллектива и опытом практической реализации работ в данном направлении. По результатам работ опубликовано более 10 статей в журналах, индексируемых в системах Web of science и Scopus, получено 8 патентов РФ и свидетельств о государственной реализации программ для ЭВМ;
- наличием необходимого оборудования для выполнения технологических и аналитических исследований;
- адекватностью разработанных моделей и их соответствием современным физическим представлениям, корректностью используемых допущений, сравнением различных подходов, соответствием рассчитанных данных с результатами экспериментов;
- использованием современного аналитического оборудования, компьютерной обработкой экспериментальных данных, воспроизводимостью результатов измерений;
- практической реализацией полученных экспериментальных результатов;
- создание новых видов научно-технической продукции, вывод на рынок которых обеспечит экспортный потенциал и замещение импорта.

Участник конкурсного отбора

_____/И.А. Аверин

ФОРМА 4. ПЛАН РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА № 11.4838.2017/БЧ

Год	Содержание выполняемых работ	Ожидаемые результаты	Перечень документов, разрабатываемых на этапе
2017	<p>– разработка методики синтеза иерархических наноматериалов с контролируемой иерархической морфологией в рамках золь-гель технологии; – исследования структуры образцов, полученных в рамках золь-гель технологии, следующими методами: атомно-силовая микроскопия, растровая электронная микроскопия, просвечивающая электронная микроскопия, рентгеновский фазовый анализ, энергодисперсионный микроанализ, ИК-Фурье спектроскопия;</p> <p>– разработка методики синтеза иерархических наноматериалов с контролируемой иерархической морфологией в рамках механического высокоэнергетического размола; – исследования структуры образцов, полученных в рамках механического высокоэнергетического размола, следующими методами: атомно-силовая микроскопия, растровая электронная микроскопия, просвечивающая электронная микроскопия, рентгеновский фазовый анализ, энергодисперсионный микроанализ, ИК-Фурье спектроскопия; – разработка моделей возникновения и эволюции одиночных нанобъектов в рамках заявленных методов синтеза, и сборки из них иерархических наносистем, адекватно описывающие иерархический дизайн наноматериалов, использующие небольшое количество эффективных параметров, зависящих от совокупностей технологических факторов синтеза.</p>	<p>– методики синтеза иерархических наноматериалов с контролируемой иерархической морфологией в рамках золь-гель технологии; – результаты исследования образцов, полученных заявленными способами, методом атомно-силовой микроскопии; – результаты исследования образцов, полученных заявленными способами, методом растровой электронной микроскопии; – результаты исследования образцов, полученных заявленными способами, методом просвечивающей электронной микроскопии; – результаты исследования образцов, полученных заявленными способами, методом рентгеновского фазового анализа; – результаты исследования образцов, полученных заявленными способами, методом энергодисперсионного микроанализа; – результаты исследования образцов, полученных заявленными способами, методом ИК-Фурье спектроскопии; – методика синтеза иерархических наноматериалов с контролируемой иерархической морфологией в рамках механического высокоэнергетического размола; – модели возникновения и эволюции одиночных нанобъектов в рамках заявленных методов синтеза, и сборки из них иерархических наносистем, адекватно описывающие иерархический дизайн наноматериалов, использующие небольшое количество эффективных параметров, зависящих от совокупностей технологических факторов синтеза;</p>	<p>– научно-технический отчет за 1-ый этап выполнения проекта (промежуточный); – акт о выполнении 1-го этапа НИР; – сведения о публикациях в журналах, индексируемых в базах Web of Science и Scopus, а также о защищенных кандидатских и докторских диссертациях.</p>
2018	<p>– исследование функционального состава поверхности образцов, полученных в рамках золь-гель технологии, методом адсорбции кислотно-основных индикаторов; – исследование газочувствительных и фотокаталитических свойств образцов, полученных в рамках золь-гель технологии; – исследование функционального состава поверхности образцов, полученных в рамках механического высокоэнергетического размола, методом адсорбции кислотно-основных индикаторов; – исследование газочувствительных и</p>	<p>– результаты исследования функционального состава поверхности образцов, полученных в рамках золь-гель технологии, методом адсорбции кислотно-основных индикаторов; – результаты исследования газочувствительных и фотокаталитических свойств образцов, полученных в рамках золь-гель технологии; – результаты исследования функционального состава поверхности образцов, полученных в рамках механического высокоэнергетического размола, методом адсорбции кислотно-основных индикаторов; – результаты исследования газочувствительных и</p>	<p>– научно-технический отчет за 2-ой этап выполнения проекта (промежуточный); – программа и/или методика испытаний газочувствительных и фотокаталитических свойств образцов, полученных в рамках золь-гель технологии; – программа и/или методика испытаний газочувствительных и фотокаталитических свойств образцов, полученных в рамках механического</p>

Год	Содержание выполняемых работ	Ожидаемые результаты	Перечень документов, разрабатываемых на этапе
	фотокаталитических свойств образцов, полученных в рамках механического высокоэнергетического размола;	фотокаталитических свойств образцов, полученных в рамках механического высокоэнергетического размола;	высокоэнергетического размола; – акт о выполнении 2-го этапа НИР; – сведения о публикациях в журналах, индексируемых в базах Web of Science и Scopus, а также о защищенных кандидатских и докторских
2019	– исследование влияния дополнительной активации поверхности образцов, полученных в рамках золь-гель технологии, потоком электронов, а также низкотемпературной плазмой различной природы, на газочувствительные и фотокаталитические свойств; – исследование влияния дополнительной активации поверхности образцов, полученных в рамках механического высокоэнергетического размола, потоком электронов, а также низкотемпературной плазмой различной природы, на газочувствительные и фотокаталитические свойств; – разработка моделей, описывающих взаимосвязь между эффективностью фотокаталитических процессов и изменением адсорбционных и газочувствительных свойств иерархических наноматериалов; – разработка рекомендаций по применению полученных научно-технических решений для нужд горнодобывающей, нефтегазовой промышленности (дезинфекционные реакции; очистка воздуха, очистка сточных вод, детектирование газов), энергетики, а также для разработки систем безопасности, мониторинга и очистки окружающей среды.	– модели влияния дополнительной активации поверхности образцов, полученных в рамках золь-гель технологии, потоком электронов, а также низкотемпературной плазмой различной природы, на газочувствительные и фотокаталитические свойств; – модели влияния дополнительной активации поверхности образцов, полученных в рамках механического высокоэнергетического размола, потоком электронов, а также низкотемпературной плазмой различной природы, на газочувствительные и фотокаталитические свойств; – модели, описывающих взаимосвязь между эффективностью фотокаталитических процессов и изменением адсорбционных и газочувствительных свойств иерархических наноматериалов; – рекомендации по применению полученных научно-технических решений для нужд горнодобывающей, нефтегазовой промышленности (дезинфекционные реакции; очистка воздуха, очистка сточных вод, детектирование газов), энергетики, а также для разработки систем безопасности, мониторинга и очистки окружающей среды.	– научно-технический отчет за 3-ий этап выполнения проекта (заключительный); – проект рекомендаций по применению полученных научно-технических решений для нужд горнодобывающей, нефтегазовой промышленности (дезинфекционные реакции; очистка воздуха, очистка сточных вод, детектирование газов), энергетики, а также для разработки систем безопасности, мониторинга и очистки окружающей среды; – копия «Информационной карты сведений о состоянии правовой охраны результата интеллектуальной деятельности»; – акт о выполнении 3-го этапа НИР; – сведения о публикациях в журналах, индексируемых в базах Web of Science и Scopus, а также о защищенных кандидатских и докторских диссертациях.

Руководитель проекта

И.А. Аверин

ФОРМА 5. ПОКАЗАТЕЛИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ № 11.4838.2017/БЧ

№ п/п	Наименование показателя	Единица измерения	Значение показателя (по годам)		
			2017	2018	2019
1	Количество статей в научных журналах, индексируемых в базе данных Web of Science	Единица	1	2	2
	в том числе статей в научных журналах, входящих в первую и вторую квартили	Единица	0	0	1
2	Количество статей в научных журналах, индексируемых в базе данных Scopus	Единица	1	1	2
	в том числе статей в научных журналах, входящих в первую и вторую квартили	Единица	0	1	1
3	Количество диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, защищенных исполнителями проекта	Единица	0	0	1

Участник конкурсного отбора

_____/И.А. Аверин

ФОРМА 6. СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ ПРОЕКТА № 11.4838.2017/БЧ

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Возраст, лет	Ученая степень, звание	Категория	Должность	Доля рабочего времени на выполнение проекта
1	Аверин Игорь Александрович	57	доктор технических наук, профессор	научный сотрудник	главный научный сотрудник	50
2	Карманов Андрей Андреевич	26	без степени не выбрана, без звания	научный сотрудник	научный сотрудник	50
3	Пронин Игорь Александрович	26	кандидат технических наук, без звания	научный сотрудник	научный сотрудник	50
4	Якушова Надежда Дмитриевна	23	без степени не выбрана, без звания	аспирант	лаборант-исследователь	50
5	Игошина Светлана Евгеньевна	42	кандидат физико-математических наук, доцент	научный сотрудник	научный сотрудник	50
6	Сигаев Александр Петрович	22	без степени не выбрана, без звания	студент	техник	50

Руководитель проекта

И.А. Аверин

ФОРМА 7. ХАРАКТЕРИСТИКА СТРУКТУРНОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

(регистрационный номер заявки 11.4838.2017/БЧ)

Тип структурного подразделения (лаборатория, научно-образовательный центр и др.):	Научный центр
Наименование структурного подразделения:	Индустрия микро-, наносистем
Год создания структурного подразделения:	2011
Общая численность штатных работников структурного подразделения:	8

Сведения о поддержке структурного подразделения (за последние 5 лет)

№ п/п	Источник и форма поддержки структурного подразделения вуза	Период поддержки структурного подразделения вуза	Объем финансового обеспечения поддержки за период, млн. руб.
1	Развитие научных основ формирования наноструктурированных материалов на основе композиций полупроводниковых оксидов для газовых сенсоров систем безопасности (код проекта 117) Государственное задание	02.2014 - 12.2016	3,3
2	Мультисенсоры на основе пористых наноструктурированных материалов, ГК № 07.514.12.4014. Федеральная целевая программа	10.2011 - 09.2012	7,2
3	Исследование закономерностей формирования наносистем с заданными свойствами на основе самоорганизующихся структур для наноиндустрии, № гос.регистрации 01201255886 Государственное задание	01.2012 - 12.2014	1,2
4	Разработка технологии изготовления чувствительных элементов мультисенсоров на основе наноматериалов, СП-4686.2013.1 Грант Грант	01.2013 - 12.2015	0,7
5	Разработка технологии изготовления «smart» наноматериалов для энергоэффективных и сверхминиатюрных датчиков вакуума, договор № 6700 ГУ2015. Грант	07.2015 - 07.2017	0,4
6	Исследование параметров пористой структуры материалов для датчиков уровня вакуума, № 16-32-50173 мол_нр Российский фонд фундаментальных исследований	09.2016 - 12.2016	0,3

Участник конкурсного отбора

/И.А. Аверин