

Наименование института: **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии
наук**

(ИФМ СО РАН)

Отчет по основной референтной группе 17 Технологии материалов, металлургия

Дата формирования отчета: **19.05.2017**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Инфраструктура научной организации

1. Профиль деятельности согласно перечню, утвержденному протоколом заседания Межведомственной комиссии по оценке результативности деятельности научных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения от 19 января 2016 г. № ДЛ-2/14пр

«Генерация знаний». Организация преимущественно ориентирована на получение новых знаний. Характеризуется высоким уровнем публикационной активности, в т.ч. в ведущих мировых журналах. Исследования и разработки, связанные с получением прикладных результатов и их практическим применением, занимают незначительную часть, что отражается в относительно невысоких показателях по созданию РИД и небольших объемах доходов от оказания научно-технических услуг. (1)

2. Информация о структурных подразделениях научной организации

1. Лаборатория физического материаловедения

Разработка пучковых и плазменных вакуумных неравновесных процессов получения наноструктурированных материалов полифункционального назначения, моделирование структурных и фазовых превращений:

- неравновесные процессы наноструктурирования материалов пучками заряженных частиц и

плазменными образованиями;

- физико-химические основы создания упрочняющих наноструктурированных материалов и

покрытий в условиях воздействия интенсивных стационарных и импульсных электронных

пучков;

- исследование структуры и неравновесных процессов в наноструктурированных и нанопористых

композитных материалах.



057631

2. Лаборатория плазменно-энергетических процессов и технологий

Исследование плазменных алло-автотермических процессов в гетерогенных газофазных системах.

Разработка плазменно-энергетических технологий в области физического материаловедения.

Исследование, получение и применение углеродных наноструктурированных материалов в электродуговом разряде атмосферного давления.

Исследования и разработки в области плазменной обработки и модифицирования полимерных композиционных материалов.

Неравновесная холодная плазма слаботочных разрядов атмосферного давления: получение и применение.

3. Лаборатория физики молекулярных структур

Экспериментальное и теоретическое исследование структурно-релаксационных и теплофизических процессов в наноструктурированной конденсированной и плазменных средах (в неоднородных коллоидных и планарных наносистемах, в стеклообразных полупроводниках и их расплавах, взаимодействие твердого тела с низкотемпературной плазмой).

4. Лаборатория физики композитных материалов

Получение и изучение строения, структуры нанодисперсных частиц, порошков, созданных методом газофазного синтеза.

Исследование оптических, механических, теплофизических свойств гетерогенных наночастиц.

Разработка способов улучшения оптических, механических свойств материалов за счет их модификации нанодисперсными частицами.

Построение аналитических решений для канонических дифракционных задач физической оптики.

Получение аналитических решений для граничных задач при наличии невзаимных биизотропных сред.

5. Сектор компьютерного конструирования материалов

Сборка многомерных диаграмм состояния многокомпонентных физико-химических систем для анализа

материальных балансов, открывающих возможности для дизайна керамик, сплавов и расшифровки генотипа

гетерогенного материала.

Объекты исследования:

Фторид-хлоридные системы для расплавлено-солевого реактора 4-го поколения.

Оксидные и сульфидные системы для получения функциональной керамики.

Силикатные системы для совершенствования технология получения строительных материалов.



Fe-Ni-R-S (R=Cu, Co) системы для оптимизации пирометаллургических технологий извлечения никеля, меди, кобальта.

Системы с расслаиванием расплава для синтеза тугоплавких боридов, силицидов и интерметаллидов.

Боратные системы для выращивания монокристаллов.

Металлические системы со сменой типа трехфазной реакции для разработки титановых и циркониевых сплавов.

Металлические системы для бессвинцовых припоев.

3. Научно-исследовательская инфраструктура

1. Электронно-лучевая энергоустановка мощностью 60 кВт
2. Ионно-лучевые вакуумные установки
3. Установка для синтеза фуллеренов и нанотрубок
4. Вакуумный импульсный электронно-пучковый комплекс SOLO
5. Сканирующий зондовый микроскоп MultiMode 8
6. Анализатор изображений на базе металлографического микроскопа PB-22
7. Микротвердомер ПМТ-3
8. Рентгеновский порошковый дифрактометр D2 PHASER
9. Автоматизированный пульсодиагностический комплекс тибетской медицины АПДК.

Основные научные результаты, полученные с использованием объектов научно-исследовательской инфраструктуры:

1. В рамках предложенного подхода основанного на принципе получения паров титана электродуговым испарением титана, паров меди ионным распылением меди и атомарного азота диссоциацией молекулярного азота в газоразрядной плазме, разработан новый процесс и устройство формирования покрытий композитных наноструктур, в частности, TiN-Cu. Режимы согласованного управляемого горения разных типов разрядов апробированы их компоновкой в общем объеме вакуумной камеры серийной вакуумной установки.

2. При воздействии импульсного электронного пучка на реакционные обмазки (V₂O₃+B+C) синтезированы покрытия VB₂ толщиной 200 мкм. Микротвердость покрытия составила 28 ГПа. Определены химический и фазовый составы полученных покрытий, исследованы микроструктура и морфология. Изучены прочностные характеристики (микротвердость) и свойства (износостойкость в условиях сухого трения и абразивного износа) покрытий. Определены оптимальные технологические параметры формирования покрытий с максимальными эксплуатационными свойствами. Исследованы структурные превращения и процессы графитизации в низколегированном и сером чугунах при обработке пучком электронов. В результате обработки происходит изменение микроструктуры чугуна от ферритной до феррито-перлитной. Неоднородное зеренное строение металлической основы обуславливает неоднородное распределение микротвердости. Облучение пучком электронов секундной длительности тонких аморфных покрытий углерода, выращенных



распылением графита ионным пучком, приводит к твердофазному превращению графита в карбин с высоким содержанием углеродных фаз с sp валентной гибридизацией электронов.

3. Методом газофазного синтеза, учитывая влияние давления насыщенных паров, бинарной фазовой диаграммы, поверхностного натяжения разработан новый физический способ создания наночастиц ядро-оболочка Cu@SiO₂, обладающих плазмонным резонансом. Разработаны гибридные наноструктуры янус-подобных наночастиц металл-полупроводник TaSi₂/Si, обладающих наноконтактом Шоттки. Определены особенности структуры наночастиц ядро-оболочка, обладающих плазмонным резонансом. Впервые получены гибридные, янус – подобные (Janus-like) наночастицы TaSi₂/Si. Из проведенного рентгенофазового анализа следует, что нанопорошок, содержащий эти частицы состоит из смеси TaSi₂ и Si.

4. Общая площадь опытных полей, закрепленных за учреждением. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»

Информация не предоставлена

5. Количество длительных стационарных опытов, проведенных организацией за период с 2013 по 2015 год. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»

Информация не предоставлена

6. Показатели деятельности организаций по хранению и приумножению предметной базы научных исследований

Информация не предоставлена

7. Значение деятельности организации для социально-экономического развития соответствующего региона

Регион - Республика Бурятия

1. Проект РФФИ № 12-08-98000-р_сибирь_а «Исследование неравновесных процессов пересыщения углерода ионами низких энергий с образованием наноструктурированных слоев со свойствами алмаза» (государственная регистрация № 01201264296).

Термодинамическое воздействие пучком электронов секундной длительности на аморфные покрытия углерода, выращенные распылением графита ионным пучком, приводит к устойчивой кристаллизации карбина. Управляя характеристиками ионного распыления, параметрами процесса наращивания и задавая условия обработки электронным пучком, удалось минимизировать кристаллизацию и содержание в покрытии таких сопутствующих фаз как алмаз, графит, карбид кремния. Предложенный новый подход синтеза покрытий карбина пучками заряженных частиц открывает новые возможности нанесения



биологически совместимых покрытий карбина, в частности, на медицинские имплантанты (эндопротезы искусственных суставов).

2. Проект РФФИ № 12-08-98036-р_сибирь_а «Исследование процессов формирования наноструктурированных слоев боридов переходных металлов на поверхности инструментальных сталей при воздействии электронного пучка в импульсном режиме» (государственная регистрация № 01201264298).

Впервые при электронно-лучевом борировании осуществлен самораспространяющийся высокотемпературный синтез боридов переходных металлов из реакционных смесей, содержащих стехиометрические количества оксида, борировочного компонента (бора аморфного, карбида бора или оксида бора) и углерод. Показано, что слои боридов обладают гетерогенной структурой эвтектического типа с включением дендритов и отдельных частичек боридов переходных металлов. Исследованы и сопоставлены микроструктуры и микротвердость боридных слоев, сформированных различными методами, при диффузионном насыщении (электронно-лучевом борировании) в вакууме и химико-термической обработки из насыщающих обмазок, и при электронно-лучевой наплавке продуктов реакции.

3. Проект РФФИ № 12-02-98012-р_сибирь_а «Исследование реологических свойств суспензий наночастиц для создания высокоэффективных смазочных материалов» (государственная регистрация № 01201264294).

Проведены исследования реологических свойств суспензий наночастиц диоксида кремния в полиэтилсилоксановой (ПЭС) жидкости в зависимости от температуры (от –60 до +150о С). Добавление наночастиц диоксида кремния в ПЭС жидкости значительно улучшают их трибологические характеристики, улучшение смазочных свойств которых происходит в результате увеличения прочности смазочной пленки. Полученные экспериментальные данные являются научной основой для создания высокоэффективных смазочных материалов с улучшенными триботехническими характеристиками, пригодных к эксплуатации в холодном климате.

4. Проект РФФИ № 12-02-98003-р_сибирь_а «Исследования антропогенного воздействия на качество воды в р.Селенга на основе мониторинга ее электропроводности» (государственная регистрация № 01201264295).

Разработаны научно обоснованные методические рекомендации, основанные на измерении удельной электропроводности природной воды, как суммарного индикаторного показателя антропогенного воздействия. Спроектировано и изготовлено опытное мобильное устройство для мониторинга минерализации водоемов, основанное на эффекте бесконтактной передачи электрического сигнала через жидкость.

5. Проект РФФИ № 15-43-04304-р_сибирь_а «База компьютерных моделей «Диаграммы состояния многокомпонентных систем золота, молибдена, вольфрама, свинца, цинка» для поиска технологий и переработки минеральных ресурсов Бурятии и получения материалов двойного назначения» (государственная регистрация №115042810092).



Добываемые в Республике Бурятия руды представляют собой многокомпонентные системы, составляющие которых, обладая широким спектром физических свойств, перспективны в качестве функциональных материалов. Получать полноценное представление о перспективных свойствах той или иной системы можно только с помощью фазовых диаграмм, причем не ограниченных ликвидусными (гипер) поверхностями на границах с расплавом. Цель и задачи данного фундаментального исследования направлены на разработку информационно-коммуникационных технологий, обеспечивающих научные основы создания новых материалов и упрочняющих покрытий, перспективные технические и технологические разработки в интересах развития экономики Байкальского региона.

6. Проект РФФИ № 15-44-04209-р_сибирь_а «Исследование бактерицидных свойств низкотемпературной аргоновой плазмы при атмосферном давлении» (государственная регистрация № 115051410009).

На основе особой формы разряда – типа тлеющего, на который накладываются слабо-точные искровые разряды, создан высокоэффективный портативный источник низкотемпературной неравновесной аргоновой плазмы PortPlaSter для дезинфекции открытых ран, в том числе хронических незаживающих ран. Важнейшим преимуществом данного метода является то, что поток плазмы можно нацелить на зараженный участок тела, не воздействуя на здоровые области, чего нельзя достичь с помощью антибиотиков.

7. Проект РФФИ № 15-47-04328-р_сибирь_а «Система онлайн-формирования орнаментальных композиций в монголо-бурятском стиле» (государственная регистрация № 115042910031).

Произведён анализ и импорт базы данных «Орнамент народов Центральной Азии» в формат СУБД MySQL. Мотивы и композиции орнаментов с описаниями адаптированы для публикации в сети Интернет. Разработаны формы для создания краткого и полного описания мотивов и композиций, которые сопровождают соответствующие изображения базы данных. Проанализированы орнаментальные композиции, описаны правила их построения в круговом и прямоугольном полях. Выработаны требования к информационному порталу, определены функциональные возможности и этапы развития портала. Разработан прототип информационного портала monornament.ru, произведено тестовое наполнение. Опробован метод расчета индекса сложности узора на основании автоковариационной функции с применением MATLAB. Предложена модификация алгоритма на основе графового поиска замкнутых областей для поиска паттернов в изображениях.

8. Проект РФФИ № 15-48-04086-р_сибирь_а «Разработка сопряженных вакуумно-дуговых и ионно-плазменных процессов создания сверхтвердых наноструктурированных и нанокомпозитных покрытий TiN-CU полифункционального назначения» (государственная регистрация № 115042810094).

В режиме вакуумно-дугового испарения титана (ток дугового разряда 80 А) и магнетронного распыления меди (ток магнетронного разряда 1 А) проводили осаждение покрытий TiN в парах меди, тем самым обеспечивая формирование композитного покрытия



TiN-Cu. Покрyтия состоят из основной твердой нанокристаллической фазы TiN, на границах зерен которой располагается тонкий слой нанокристаллической или аморфной фазы Cu, препятствующий росту зерен основной фазы. Твердые зерна основной фазы отделены друг от друга, покрыты тонкой сетью атомов Cu, сегрегированных на их поверхностях.

9. Проект РФФИ № 15-48-04217-р_сибирь_а «Синтез, строение и жаропрочность наноструктурированных слоев системы Ti-Si-B-C на титановых сплавах, сформированных под воздействием интенсивных электронных пучков в вакууме» (государственная регистрация № 115042910030).

Разработана математическая модель теплового воздействия электронного пучка (мощного быстро движущегося) на титановый сплав BT-1 в условиях электронно-лучевой обработки (в среде Maple 18) в рамках теории теплопроводности. Оценены темп разогрева и характерные масштабы прогрева вглубь и в стороны (теплофизика процесса). Выявлены и проанализированы физико-химические процессы, происходящие во время воздействия. Выполнено термодинамическое исследование фазовых равновесий в системах Ti-Si-C и Ti-BC в условиях высокого вакуума. Исследованы прочностные характеристики, термические свойства композиционных слоев. Показана зависимость жаростойкости композитных слоев на основе частичек MAX фаз от условий их формирования, энергии электронного пучка.

10. Проект РФФИ № 15-48-04240-р_сибирь_а «Разработка недорогой высокопроизводительной, повышенной точности аддитивной технологии изготовления пластиковых и металлических объектов» (государственная регистрация № 115042910032).

Задача разработки новых аддитивных технологий является актуальной и востребованной для экономики региона. В указанном проекте целью фундаментального исследования была разработка нового быстрого способа воспроизведения из твердого материала трехмерного объекта, представленного в виде оцифрованной модели. Решены задача конвертации трехмерных координат прототипа в плоские, теоретические вопросы по развертыванию трехмерной модели прототипа изделия в двухмерные проекции для распечатки на ленте обычным принтером для последующего формирования рулона. Также проработаны схемы устройства для формирования рулонов.

8. Стратегическое развитие научной организации

Программа развития Института:

Основные направления (программа) развития на 2012-2016 гг. Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФМ СО РАН) доступна на сайте ИФМ СО РАН – http://ipms.bsnet.ru/ifm/prog/prog_progress.html.

Участие в комплексных программах фундаментальных научных исследованиях:



1. Поддержан Научно-координационным советом ФАНО России и РАН проект по актуальному направлению научно-технологического развития Российской Федерации «Проблемы физической электроники мощных импульсных систем: генерация электромагнитного излучения и плазмы, релятивистская СВЧ-электроника, физика мощных пучков заряженных частиц».

Участники проекта:

- Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии наук (Блок 1-6);

- Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук (Блок 1-6);

- Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт им. П.Н.Лебедева Российской академии наук (Блок 1,2);

- Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук (Блок 1,3)

- Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (Блок 4-6).

ИФМ СО РАН является исполнителем разделов Блоков 4-6:

Блок 4.

-физические основы модификации поверхности материалов и изделий пучками частиц и потоками плазмы;

-системы получения плазмы в больших объемах, плазменные источники электронных и ионных пучков, технологическое оборудование на их основе.

Блок 5.

-разработка прототипов технологических установок для производства нанодисперсных порошков методом испарения под действием электронного пучка.

Блок 6.

-развитие основ для медицинских и биотехнологий, включая разработку опытных образцов соответствующего электрофизического оборудования;

-фундаментальные исследования воздействий импульсных и импульсно-периодических потоков излучения и плазмы на живые организмы и ткани, на среды и материалы, несущие бактерии и споры, в том числе, с перспективной целью лечения онкологических, хирургических и нейродегенеративных заболеваний.

Сотрудничество:

1. В целях повышения технологического уровня и эффективности производства, повышения качества продукции Институт физического материаловедения СО РАН (лаборатория физического материаловедения и лаборатория физики композитных материалов) включены Министерством промышленности и торговли Республики Бурятия в число участников «Улан-Удэнского авиационного производственного кластера».



Программа включает физико-химические основы технологии поверхностной обработки металлических сплавов (инструментальных и конструкционных сталей) при интенсивном воздействии электронных пучков, новые упрочняющие покрытия на основе наноструктурированных материалов:

- теплофизические, гидродинамические и диффузионные процессы в обрабатываемых импульсными электронными пучками в вакууме материалах и сплавах при их поверхностном борировании;

- механизмы и закономерности структурирования поверхностных слоев и формирования наноструктурных покрытий боридов и карбидов переходных металлов на железоуглеродистых сплавах;

- физико-химические свойства (жаростойкость, жаропрочность, износостойкость, механические, электропроводящие свойства) слоев и покрытий на основе боридов и карбидов переходных металлов.

Синтез нанопорошков и формирование покрытий на их основе:

- систематизация результатов по синтезу нанопорошков и полученных покрытий. Выработка рекомендаций по выбору условий и способов синтеза нанопорошков испарением электронным пучком с заданными функциональными свойствами и наноструктурированных покрытий на их основе.

Эволюция структурно-фазового состояния поверхностного слоя и научные основы создания опытных технологий высокоэффективного упрочнения поверхности твердых сплавов:

- разработка научных основ и создание опытных технологий высокоэффективного упрочнения поверхности твердых сплавов WC-Co и быстрорежущих сталей путем формирования в поверхностном слое высокопрочной многоуровневой структуры комбинированными методами электронно-пучковой обработки и нанесения на поверхность нанокompозитного сверхтвердого покрытия;

- оптимизация термохимических и теплофизических процессов, повышающих эксплуатационные свойства твердых сплавов и быстрорежущих сталей на основе карбида вольфрама, и определение технологических условий поверхностного упрочнения сплава и сталей на основе карбида вольфрама концентрированным источником энергии (электронным пучком).

2. Подписано соглашение (Протокол от 23.10.2015 г.) о промышленном внедрении электронно-лучевого оборудования на АО «У-УАЗ». Участники: АО «Улан-Удэнский авиационный завод» (АО «У-УАЗ»), ООО «Томские электронные технологии» (ООО «ТЭТА»), Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФМ СО РАН).



Программа включает совместную разработку технологии электронно-лучевой обработки (сварка, термообработка, пайка) и проведение комплекса испытаний деталей-представителей.

3. Подписано соглашение (Протокол от 26.10.2015 г.) по развитию аддитивных технологий (Additive Manufacturing-AM) на основе электронно-пучковых (Electron Beam Melting-EBM) и ионно-плазменных (Plasma Vacuum Deposition-PVD) технологий. Участники: ООО «Томские электронные технологии» (ООО «ТЭТА»), Федеральные государственные бюджетные учреждения науки: Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН (ИЯФ СО РАН), Институт сильноточной электроники СО РАН (ИСЭ СО РАН), Институт физического материаловедения СО РАН (ИФМ СО РАН).

Программа включает создание металлического электронно-пучкового 3D принтера. Принципиальным отличием разрабатываемого изделия от существующих зарубежных образцов должны быть низкая стоимость и расширенная функциональность изделия. Таким изделием может послужить установка с электронно-лучевой пушкой для наплавки проволоки в вакуумной камере.

4. Подписан Договор о сотрудничестве Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук и Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Бурятского государственного университета». Стороны осуществляют взаимовыгодное сотрудничество в целях расширения приоритетного партнерства научного и образовательного сообществ, тесного взаимодействия университета и академического института, углубления и установления взаимных связей по учебной, научной и производственной деятельности, http://ipms.bscnet.ru/kafedra/kekf_dogovor.pdf

5. Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институтом физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФМ СО РАН) и факультетом наук о материалах Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (ФНМ МГУ) организован научно-образовательный центр «НАНОКОМПЗИТЫ» как совместный научно-учебный комплекс в целях объединения усилий и ресурсов научной организации и образовательного учреждения высшего профессионального образования в подготовке и переподготовке специалистов по перспективным, приоритетным направлениям науки и техники в процессе проведения научных исследований. 30 мая 2013 года утверждено «Положение о научно-образовательном центре» НОЦ ИФМ СО РАН и ФНМ МГУ «Полифункциональные нанокompозиты и методы их диагностики», <http://ipms.bscnet.ru/ifm/sec/index.html>

6. Заключен государственный контракт (договор) № ОК-30/13635/12/2 от 05.02.2013 г. с ФГБОУ ВО «Томским государственным университетом систем управления и радиоэлектроники» на оказание услуг по организационному и техническому сопровождению



учебного процесса студентов, проживающих в городе Улан-Удэ с применением дистанционных образовательных технологий.

7. Подписан договор 07.03.2014 г. о совместных исследованиях в рамках соглашения о стратегическом партнерстве ИФМ СО РАН с Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет», <http://www.kafedra-sm.ru/0,0/kafedra-tcm>).

8. Подписан договор о сотрудничестве с кафедрой «Тепловые электрические станции» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления» (ФГБОУ ВО ВСГУТУ) об объединении усилий по подготовке, переподготовке и повышению квалификации по направлению 140100 «Теплоэнергетика и теплотехника».

9. Подписано соглашение с Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Томским научным центром Сибирского отделения Российской академии наук в области развития и практического использования мониторинга природно-климатических процессов, происходящих на территории Республики Бурятия, разработки высокоэффективных технологий и оборудования нового поколения для комплексной модификации металлических и металлокерамических материалов, разработки физических основ волновых методов исследований в медицине и науках о Земле.

Интеграция в мировое научное сообщество

9. Участие в крупных международных консорциумах (например - CERN, ОИЯИ, FAIR, DESY, МКС и другие) в период с 2013 по 2015 год

1. Соглашения ИФМ СО РАН о международном научно-техническом сотрудничестве с организациями: Дочернее государственное предприятие на праве хозяйственного ведения «Национальная нанотехнологическая лаборатория открытого типа» Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения «Казахский государственный университет им. Аль Фараби» Министерства образования и науки Республики Казахстан (Алматы); ТОО «НТО Плазмотехника» Республика Казахстан (Алматы); дочернее государственное предприятие на праве хозяйственного ведения «Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики» Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения «Казахский государственный университет им. Аль Фараби» Министерства образования и науки Республики Казахстан (Алматы); Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения «Институт проблем горения» Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (г. Алматы); ТОО «Научно-производственный технический центр «Жалын» Республики Казахстан (Алматы); Таджикский технический университет им. Академика М.С.Осими (Душанбе).



Страны участники: Россия, Республика Казахстан, Республика Таджикистан.
Статус и роль ИФМ СО РАН – участник.

10. Включение полевых опытов организации в российские и международные исследовательские сети. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»

Информация не предоставлена

11. Наличие зарубежных грантов, международных исследовательских программ или проектов за период с 2013 по 2015 год

1. Международный проект РФФИ № 12-08-92201-Монг_а «Исследование влияния природных и антропогенных факторов на динамику ландшафтов, окружающую среду и атмосферу Монголии с использованием современных физических методов диагностики и мониторинга».

Российский фонд фундаментальных исследований. Россия, Монголия.

Период реализации: 2012-2013 г.г.

В рамках решения фундаментальной проблемы исследования влияния антропогенных и природных факторов на динамику природных ландшафтов и окружающую среду на территории Монголии продолжены исследования по изучению основных факторов загрязнения атмосферы г. Улан-Батора и его окрестностей; исследованию механизмов переноса и влиянию природных факторов на распространение ионов тяжелых атомов и иных примесей, в т.ч. и в пищевых продуктах. Продолжено развитие методов количественного описания динамики природных ландшафтов Монголии под действием антропогенных и природных факторов. Обосновано использование фрактального подхода Fractional Brownian Motion для обработки данных снимков дистанционного зондирования по г. Улан-Батору и его окрестностей.

НАУЧНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОРГАНИЗАЦИИ

Наиболее значимые результаты фундаментальных исследований

12. Научные направления исследований, проводимых организацией, и их наиболее значимые результаты, полученные в период с 2013 по 2015 год

II.9. Физическое материаловедение: новые материалы и структуры, в том числе фуллерены, нанотрубки, графены, другие наноматериалы, а также метаматериалы.

1. Предложена модель формирования слоев нанокompозита TiN-Cu на поверхности плавленого кварца SiO₂ новой гибридной технологией. Выявлены поля кристаллизации и установлены квазибинарные разрезы в тройных системах Ti-TiN-O₂, TiN-Si-O₂.

- Установлена последовательность химических превращений, протекающих при синтезе боридов: оксиды-карбиды-бориды.



- Интенсивным испарением порошка фуллереновой смеси пучком электронов формируются покрытия фуллеренов. Показано, что испарение фуллеренов C₆₀ и C₇₀ происходит без разрыва С-С ковалентных связей.

- Облучением пучком электронов секундной длительности аморфных покрытий углерода, приводит к твердофазному синтезу карбина.

2. Обнаружена и исследована особая форма горения разряда, когда на фоне слабоионизованной плазмы разряда типа тлеющего, накладываются кратковременные слаботочные импульсы стримерного разряда, с типичной длительностью, лежащей в миллисекундном диапазоне. Показано, что разряд обладает выраженной бактерицидной активностью, позволяющей применять ее для стерилизации термочувствительных поверхностей и для санирования тканей, включая раневые поверхности.

3. Под облучением релятивистским пучком электронов методом испарения-конденсации с учетом давления их насыщенных паров, зависимости поверхностного натяжения веществ от температуры получены наночастицы ядро-оболочка, проведена их характеристика, выявлены механизмы образования. Проведен расчет и анализ поглощающих и рассеивающих свойств частиц ядро-оболочка. Установлены структура, строение частиц ядро-оболочка. Проведен фрактальный анализ изображений просвечивающей электронной микроскопии наночастиц диоксида кремния, сформированных под действием релятивистского пучка электронов. Синтезированы и выявлены механизмы образования янус-подобных наночастиц. Определены электрофизические характеристики янус-подобных наночастиц TaSi₂/Si с наноконтактом Шоттки. Исследованы взаимодействия янус-подобных наночастиц TaSi₂/Si, Ag/Si с молекулами нематических жидких кристаллов и установлено их влияние на скорость переориентации жидких кристаллов.

1. Семенов А.П. Твердофазный синтез покрытий карбина в условиях термодинамического воздействия интенсивным электронным пучком / А.П. Семенов, И.А. Семенова, Н.Н. Смирнягина // Журнал технической физики. – 2015. – Т. 85. – № 3. – С. 143-145. Импакт-фактор: 1,187 РИНЦ.

2. Семенов А.П. Устойчивость С-С ковалентных связей фуллеренов в структуре твердое тело – пар при термодинамическом воздействии квазиимпульсным электронным пучком / А.П. Семенов, И.А. Семенова, Г.Н. Чурилов // Журнал технической физики. – 2015. – Т. 85. – Вып. 4. – С.134-137. Импакт-фактор: 1,187 РИНЦ.

3. Пат. № 2542207 Российская Федерация, МПК С23С 14/06 (2006.01), С23С 14/12 (2006.01), С23С 14/46 (2006.01). Способ получения покрытий карбина / А.П.Семенов, И.А.Семенова, Н.Н.Смирнягина; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук. - № 2013132704/02; заявл. 15.07.2013; опубл. 20.02.2015. Бюл. № 5. – 8 с.

4. Балданов Б.Б. Воздействие плазменных струй слаботочного искрового разряда на микроорганизмы (на примере Escherichiacoli) / Б.Б. Балданов, А.П. Семенов, Ц.В. Ранжуров,



Э.О. Николаев, С.В. Гомбоева // Журнал технической физики. - 2015. - Т. 85. - Вып. 11. - С. 156-158. Импакт-фактор: 1,187 РИНЦ.

5. Nomoev, A.V. Structure and mechanism of the formation of core-shell nanoparticles obtained through a one-step gas-phase synthesis by electron beam evaporation / A.V. Nomoev, S.P. Bardakhanov, D.Zh. Bazarova, B.B. Baldanov, N.A. Romanov, M. Schreiber, B.R. Radnaev, V.V. Syzrantsev // Beilstein J. Nanotechnol. – 2015. – №6. – P.874–880. Impact factor: 2,778 WOS. DOI: 10.3762/bjnano.6.89.

13. Защищенные диссертационные работы, подготовленные период с 2013 по 2015 год на основе полевой опытной работы учреждения. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».

Информация не предоставлена

14. Перечень наиболее значимых публикаций и монографий, подготовленных сотрудниками научной организации за период с 2013 по 2015 год

Публикации:

1. Nomoev, A.V. Structure and mechanism of the formation of core-shell nanoparticles obtained through a one-step gas-phase synthesis by electron beam evaporation / A.V. Nomoev, S.P. Bardakhanov, D.Zh. Bazarova, B.B. Baldanov, N.A. Romanov, M. Schreiber, B.R. Radnaev, V.V. Syzrantsev // Beilstein J. Nanotechnol. – 2015. – №6. – P.874–880. Impact factor: 2,778 WOS. DOI: 10.3762/bjnano.6.89.

2. Nomoev, A.V. Thermodynamic Considerations in the formation of Janus-Like TaSi₂/Si Nanoparticles by Electron-Beam Evaporation / A.V. Nomoev, A.R. Radnaev, B.B. Baldanov, A.N. Torhov, B.R. Radnaev, N.A. Romanov, M. Schreiber // Chemical Physics Letters. – 2015. – V637. – P.94–96. Impact factor: 1,86 WOS. DOI: 10.1016/j.cplett.2015.08.001.

3. Messerle V.E. Plasma Assisted Power Coal Combustion in the Furnace of Utility Boiler: Numerical Modelling and Full-Scale Test / V.E. Messerle, E.I. Karpenko, A.B. Ustimenko // Fuel. - 2014. - V. 126. - № 15. P. 294-300. Impact factor: 3,611WOS. DOI: 10.1016/j.fuel.2014.02.047.

4. Sanditov D.S. Deformation-activation model of viscous flow of glass-forming liquids // Journal of Non-Crystalline Solids. - 2014. - V.400. - P.12-20. Impact factor: 1,825 WOS. DOI: 10.1016/j.jnoncrysol.2014.04.011.

5. Sanditov D.S. A criterion for the glass transition // Journal of Non-Crystalline Solids. - 2014. - V.385. - P.148-157. Impact factor: 1,825WOS. DOI: 10.1016/j.jnoncrysol.2013.11.012.

6. Nomoev A.V. Synthesis, Characterization, and Mechanism of Formation of Janus-Like Nanoparticles of Tantalum Silicide-Silicon (TaSi₂/Si)/ A.V. Nomoev, S.P. Bardakhanov, M. Schreiber, D.Z. Bazarova, B.B. Baldanov, N.A. Romanov// Nanomaterials. - 2015. - V. 5. - № 1. - P. 26-35, Impact factor: 2,69 WOS. DOI 103390/nano5010026.



7. Bardakhanov, S.P. Channel Structures Formed in Copper Ingots upon Melting and Evaporation by a High-Power Electron Beam / S.P. Bardakhanov, A.V. Nomoev, E.Ch. Hartaeva, M. Schreiber, A. Radnaev, R. Salimov, K. Zobov, A. Zavjalov // *Metals*. – 2015. – №5 (1). – P.428–438. Impact factor: 1,574 WOS. DOI: 10.3390/met5010428.

8. Tsydypov B.D. Effect of heat and mass transfer of alloying elements on the parameters of thermoemission cathodes / B.D. Tsydypov // *Heat and Mass Transfer and Physical Gasdynamics*. - 2014. - V. 52. - № 4. - P. 580-583. Impact factor: 1,048 WOS. DOI: 10.1134/S0018151X14040245

9. Baldanov B.B. Action of plasma jets of a low-current spark discharge on microorganisms (*Escherichia coli*) / A. P.Semenov, Ts. V.Ranzhurov, E.O.Nikolaev, S.V.Gomboeva // *Technical Physics*. - 2015. - V. 60. - N. 11. - P. 1729-1731. Impact factor: 0,569. WOS DOI: 10.1134/S1063784215110043.

10. Semenov A.P. Stability of the C-C covalent bonds in fullerenes in the solid body-vapor structure during the thermodynamic action by a quasi-pulsed electron beam / I.A.Semenova, G.N.Churilov // *Technical Physics*. - 2015. - V. 60. - N. 4. - P. 610-613. Impact factor: 0,569. WOS DOI: 10.1134/S1063784215040258.

Монографии, сборники:

1. Бадмаев Б.Б. Вязкоупругие свойства полимерных жидкостей // Б.Б.Бадмаев, Т.С.Дембелова, Б.Б.Дамдинов. - Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН. - 2013. - 190 с. ISBN 978-5-7925-0393-9. 100 экз.

2. Дьяченко В.А. Материалы и процессы аддитивных технологий (быстрое прототипирование) / В.А.Дьяченко, И.Б. Челпанов, С.О. Никифоров, Д.Д. Хозонхонова. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2015. – 200 с. ISBN 978-5-7925-0462-2. 300 экз.

3. Плазменная эмиссионная электроника / под ред. А.П.Семенова. - Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2015–257с. ISBN 978-5-7925-0471-4. 50 экз.

4. Сборник докладов X Конференции по фундаментальным и прикладным проблемам физики (молодых ученых, аспирантов и студентов). Улан-Удэ, 2013. ISBN 978-5-7925-0378-6.100 экз.

5. Сборник трудов 5-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Улан-Удэ, 2014. ISBN978-5-9793-0677-3. 500 экз.

15. Гранты на проведение фундаментальных исследований, реализованные при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Российского гуманитарного научного фонда, Российского научного фонда и другие

1. Программа фундаментальных исследований Президиума РАН 44П «Поисковые фундаментальные научные исследования в интересах развития Арктической зоны Российской Федерации»

Проект № 84. «Разработка теоретических основ получения композиционных морозостойких строительных материалов для гражданского, дорожного и промышленного



строительства с использованием углеродных наномодификаторов и исследование их свойств» (государственная регистрация №114092340088).

Головной исполнитель проекта: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФМ СО РАН), лаборатория физического материаловедения.

Организация-соисполнитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления», кафедра «Производство строительных материалов и изделий».

Объем финансирования 2014 г. - 2000 тыс. руб.

Результаты:

- разработаны теоретические основы управления процессами структурообразования и, соответственно, физико-механическими свойствами и эксплуатационными характеристиками строительных материалов с использованием углеродных наноматериалов разного фазового состава;

- рассчитаны термодинамические характеристики минеральных вяжущих веществ с целью оптимизации их химического и фазового составов для получения композиционных морозостойких материалов с улучшенными строительно-техническими и эксплуатационными свойствами;

- разработаны методологические основы получения морозостойких строительных материалов путем направленного формирования структуры минеральных и органических вяжущих веществ с использованием углеродных наноматериалов;

- установлен механизм действия углеродного наноматериала на изменение структуры, фазового состава и свойств минеральных вяжущих веществ, для получения морозостойких композиционных материалов;

- установлен эффективный способ распределения углеродных наноматериалов в объеме цементных композитов;

- проведена модификация битумных вяжущих веществ углеродными наноматериалами с целью получения дорожных строительных материалов с улучшенными деформативно-прочностными и эксплуатационными свойствами;

- определены основные зависимости, связывающие фазовый состав и условия получения углеродных наноматериалов.

2. Программа Президиума РАН № 20 «Квантовые мезоскопические и неупорядоченные структуры».

Проект № 4. «Исследование композитных частиц и коллективных возбуждений в низкоразмерных системах под действием высокочастотных оптических и акустических полей».

Исполнитель: лаборатория физического материаловедения.

Общий объем финансирования проекта 2012-2014 гг. - 450 тыс. руб.

Результаты:



Рассмотрено протекание тока в условиях квантового эффекта Холла в неоднородных многофазных средах. Описан общий метод исследования неоднородных двумерных сред на основе линейных преобразований поворота, предложенный Дыхне. Получены соотношения дуальности эффективной проводимости и вычислена эффективная проводимость многофазных сред в режиме квантового эффекта Холла. (2012 – 2014 гг.)

3. Проект РФФИ № 14-08-00453. «Построение на основе экспериментальных данных компьютерных 4D моделей фазовых диаграмм систем Fe-Ni-R-S (R=Cu, Co), необходимых при оптимизации пирометаллургических технологий получения меди, кобальта и никеля, научный руководитель» (Государственная регистрация № 01201453068).

Общий объем финансирования проекта 2014 – 2015 гг. - 1500 тыс. руб.

Результаты:

Проведено экспериментальное изучение тройных металлических систем Fe-Ni-Cu, Fe-Ni-Co, Fe-Cu-Co и сульфидных подсистем Fe-Ni-FeS-NiS, Fe-Cu-FeS-Cu₂S, Ni-Cu-NiS-Cu₂S, Fe-Co-FeS-CoS, Ni-Co-NiS-CoS, Cu-Co-Cu₂S-CoS. Его результаты оформлены в виде концентрационных проекций поверхностей ликвидуса и солидуса с нанесенными на них изотермическими линиями. Для каждой из (под)систем построены трехмерные компьютерные модели T-x-y диаграмм, которые позволяют строить любые изо- и поли-термические сечения. На основе построенных 3D моделей T-x-y диаграмм проведен прогноз геометрического строения формируемых ими T-x-y-z диаграмм четверных сульфидных подсистем и построены прототипы 4D компьютерных моделей.

4. Проект РФФИ № 12-08-31496 мол_а «Строение и теплофизические свойства боридных покрытий, сформированных на углеродистых сталях в вакууме в результате одновременного самораспространяющегося высокотемпературного синтеза и наплавки продуктов СВС под воздействием мощного электронного пучка» (Государственная регистрация № 01201275429).

Общий объем финансирования проекта 2012-2013 гг. - 600 тыс. руб.

5. Проект РФФИ № 14-08-31412 мол_а. «Физико-химические основы электронно-лучевых технологий формирования сверхтвердых слоев диборида титана TiB₂» (Государственная регистрация № 01201453793).

Общий объем финансирования проекта 2014-2015 гг. - 800 тыс. руб.

Результаты:

Показано, что слои боридов являются гетерогенной структурой эвтектического типа с включением дендритов. Сочетание твердых и пластичных компонентов приводят к уменьшению хрупкости боридного слоя и обеспечивают высокие механические свойства покрытию. Получены новые экспериментальные результаты, свидетельствующие о перспективности использования формирования слоев диборида титана электронным пучком для поверхностного упрочнения титанового сплава BT-1.



16. Гранты, реализованные на основе полевой опытной работы организации при поддержке российских и международных научных фондов. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».

Информация не предоставлена

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Наиболее значимые результаты поисковых и прикладных исследований

17. Поисковые и прикладные проекты, реализованные в рамках федеральных целевых программ, а также при поддержке фондов развития в период с 2013 по 2015 год

1. Научно-образовательный центр «Полифункциональные нанокompозиты и методы их диагностики» («НАНОКОМПОЗИТЫ»).

Участники: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук и Государственное учебно-научное учреждение Факультет наук о материалах Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова.

Проект: Plasmonic features of aged silver hydrosols. This work was supported by the Russian Science Foundation (grant no. 14-13-00871) and, in part, by the M. V. Lomonosov Moscow State University Programme of Development for Providing Analytical Research of the Materials.

Результаты:

We found that plasmonic band positions in UV – vis absorption spectra supposed commonly as a unique characteristic of silver hydrosols influencing their effectiveness in the Surface Enhanced Raman Spectroscopy (SERS) correlate, on the contrary, almost inadequately with real enhancement coefficients of SERS since light absorption is an overall feature of the whole ensemble of the nanoparticles and only a small fraction of them would dominate in the spectral enhancement (A.A. Semenova, N.A. Braze, G.V. Maksimov, I.A. Semenova, A.P. Semenov, E.A. Goodilin "Mendeleev Communications").

2. По программе «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» Федеральным государственным бюджетным учреждением «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» (Москва) поддержаны:

- по секции «Новые приборы и аппаратные комплексы» проект «Разработка и создание плазменного стерилизатора для изделий медицинского назначения», объем финансирования 400 тысяч рублей.



- по секции «Современные материалы и технологии их создания» проект «Плазмохимический синтез фуллеренов C₆₀ и C₇₀ для создания морозоустойчивых композиционных строительных материалов», объем финансирования 400 тысяч рублей.

Внедренческий потенциал научной организации

18. Наличие технологической инфраструктуры для прикладных исследований

Информация не предоставлена

19. Перечень наиболее значимых разработок организации, которые были внедрены за период с 2013 по 2015 год

1. Технологии электронно-лучевого борирования для поверхностного упрочнения железо-углеродистых сплавов.

Разработаны технологии электронно-лучевого борирования углеродистых Ст3, 20, 45, У8А и быстрорежущих Р18, Р6М5 сталей и чугуна серого ЧС-20. Электронно-лучевое борирование осуществляется в высоком вакууме воздействием электронных пучков (импульсного или стационарного действия) на борсодержащие обмазки.

Описание. На обрабатываемую поверхность наносятся обмазки — насыщающая (на основе карбида бора или аморфного бора со связующим) или реакционная (стехиометрическая смесь оксида переходного металла, борлирующего компонента и углерода), затем производится ее электронно-лучевой нагрев.

Достоинствами такой обработки являются:

- значительное сокращение времени обработки (в десятки раз);
- возможность упрочнять определенные участки поверхности изделий;
- возможность получения особых свойств на поверхности за счет варьирования состава обмазки.

Инновационные аспекты предложения.

Впервые в России предложены электронно-лучевые технологии борирования железо-углеродистых сплавов с целью их поверхностного упрочнения. В отличие от других технологий применение электронно-лучевой обработки позволило существенно повысить пластичность боридного слоя, что значительно расширяет номенклатуру упрочняемых изделий и область применения борирования, а также повышает эксплуатационную стойкость таких изделий.

2. Автоматизированный пульсодиагностический комплекс тибетской медицины АПДК.

Разработка ИФМ СО РАН, АУРБ «Республиканский клинический госпиталь для ветеранов войн» МЗ РБ и Малого предприятия «Международный институт тибетско-монгольской медицины (МИТМОМ)».

Сведения об апробации: Медицинские испытания медицинского прибора для экспресс-диагностики Автоматизированного пульсодиагностического комплекса тибетской меди-



цины (АПДК) проводились в ГУЗ «Республиканская клиническая больница им. Н.А. Семашко» МЗ РБ, АУРБ «Республиканский клинический госпиталь для ветеранов войн» МЗ РБ и ГАУЗ «Республиканская клиническая больница восстановительного лечения «Центр восточной медицины» МЗ РБ по инициативе и финансовой поддержке Республиканского агентства по развитию промышленности, предпринимательства и инновационных технологий и ООО НПО «Байкал-пульс ТМ» в 2011 году.

Внедрения: АПДК внедрен в АУРБ «Республиканский клинический госпиталь ветеранов войн» МЗ РБ (Улан-Удэ), в ГАУЗ «Республиканская клиническая больница восстановительного лечения «Центр восточной медицины» МЗ РБ (Улан-Удэ), в Московском авиационно-технологическом институте им Циолковского (Москва), во Дворце здоровья МЗ РФ (Ростов-на-Дону), в санатории-профилактории Госуниверситета «Львовская политехника» (Львов).

Область применения: медицина (экспресс-оценка функционального состояния человека, мониторинг при диспансеризации населения, мониторинг при интенсивной терапии); эргономика (спорт – отбор спортсменов, контроль тренировочного цикла, оценка общего состояния накануне и после состязаний); образование (обучение студентов мединститутов и врачей в институтах усовершенствования традиционным методам диагностики).

Бизнес-партнеры: ООО НПО «Байкал-пульс ТМ», АНО Центр развития частно-государственного партнерства в здравоохранении «Мединновация», Медицинский Институт “Новая Медицина” (Монголия, г. Улан-Батор).

ЭКСПЕРТНАЯ И ДОГОВОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ

Экспертная деятельность научных организаций

20. Подготовка нормативно-технических документов международного, межгосударственного и национального значения, в том числе стандартов, норм, правил, технических регламентов и иных регулирующих документов, утвержденных федеральными органами исполнительной власти, международными и межгосударственными органами

Информация не предоставлена

Выполнение научно-исследовательских работ и услуг в интересах других организаций

21. Перечень наиболее значимых научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ и услуг, выполненных по договорам за период с 2013 по 2015 год



1. Государственный контракт (договор) № ОК-30/13635/12/2 заключен 05.02.2013 г. с ФГБОУ ВПО «Томским государственным университетом систем управления и радиоэлектроники» на оказание услуг по организационному и техническому сопровождению учебного процесса студентов, проживающих в городе Улан-Удэ с применением дистанционных образовательных технологий.

2. Международный договор купли-продажи «Автоматизированный пульсодиагностический комплекс» №643/90044739/0001 от 13.10.2015 г. между ИФМ СО РАН (Россия, г. Улан-Удэ) и Медицинским Институтом «Новая Медицина» (Монголия, г. Улан-Батор) на сумму 11999 \$.

Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении организации в соответствующем научном направлении (представляются по желанию организации в свободной форме)

22. Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении организации в соответствующем научном направлении, а также информация, которую организация хочет сообщить о себе дополнительно

Цикл исследований в интересах социально-экономического развития Республики Бурятия: «Разработка радиоволновых и корпускулярных инновационных технологий и техники диагностики сред и создания полифункциональных покрытий»

Указом главы Республики Бурятия «О лауреатах государственных премий Республики Бурятия» № 217 от 19.02.2014 г. во исполнение Закона Республики Бурятия от 12.10.2009 № 1051-IV «О премиях и стипендиях Республики Бурятия», указа Президента Республики Бурятия от 17.02.2010 № 18 «О Комиссии Республики Бурятия по государственным премиям» и на основании решения Комиссии Республики Бурятия по государственным премиям присуждена государственная премия Республики Бурятия в области науки и техники за 2014 год в номинации «Естественные и технические науки» - коллективу сотрудников федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук в следующем составе: доктор технических наук, профессор, директор Семенов Александр Петрович; доктор технических наук, доцент, заместитель директора Чимитдоржиев Тумэн Намжилович; доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией электромагнитной диагностики Башкуев Юрий Буддич; доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории физического материаловедения Смирнягина Наталья Назаровна; доктор физико-математических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории радиозондирования природных сред Дагуров Павел Николаевич; кандидат физико-математических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории радиозондирования природных сред Доржиев Баир Чимитович; кандидат физико-математических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории электромагнитной диагностики Хаптанов



Валерий Бажеевич, - за цикл исследований «Разработка радиоволновых и корпускулярных инновационных технологий и техники диагностики сред и создания поли- функциональных покрытий».

Цикл исследований в интересах социально-экономического развития Республики Бурятия: «Разработка радиоволновых и корпускулярных инновационных технологий и техники диагностики сред и создания полифункциональных покрытий» относится к номинации «Естественные и технические науки» и представляет собой значительный вклад в развитие естественных и технических наук, соответствующий уровню передовых достижений российской науки и способствующий решению проблем социально-экономического развития Республики Бурятия. Включает разработку принципиально новых ресурсосберегающих и экологически чистых радиоволновых и корпускулярных инновационных технологий и техники, полифункциональных покрытий, которые по своим показателям находятся на уровне лучших мировых и российских аналогов.

Научный и технический результат:

1. Разработаны новые корпускулярные технологии на основе применения ускоренных пучков заряженных частиц (ионов и электронов). Перспективными выглядят процессы выращивания покрытий, основанные на распылении в высоком вакууме твердых мишеней ионными пучками, модификация поверхности и сварка изделий электронными пучками (осуществлена сварка электронным пучком титановых пластин наконечников лопастей вертолета МИ-171). Предложенные процессы занимают заметное место в ряду приоритетных инновационных электронных, ионных и плазменных технологий, подлежащих широкому промышленному освоению, и являются при этом одним из развивающихся направлений применения газоразрядных источников заряженных частиц. Разработано уникальное электронно- и ионнолучевое оборудование и экспериментальные установки для получения покрытий полифункционального назначения. Достигнутый уровень понимания физических явлений и процессов, принципов конструирования новой техники создания покрытий пучками заряженных частиц, открывает неограниченную возможность получения аморфных, поликристаллических, текстурированных (эпитаксиальных) покрытий широкого состава, свойств и назначения. Достигнутые электрофизические и общетехнические характеристики, уникальных разработок, представленных в работе, выполнены в рамках исследований по заданиям государственных органов и в интересах Республики Бурятия.

2. Предложено высокоскоростное и низкотемпературное формирование сверхтвердых покрытий боридов переходных металлов интенсивным импульсным электронным пучком с рекордными параметрами процесса. Пучок электронов инициирует самораспространяющийся высокотемпературный синтез и наплавляет продукты реакции. Длительность процесса ~240 секунд, толщина покрытия 200-300 мкм. Время проведения процесса сокращено по сравнению с общеизвестными процессами с десятков часов до сотен секунд. Микротвердость покрытий 28 ГПа, металлической основы 0,45 ГПа, микротвердость поверхности стали Ст3 увеличена в ~60 раз. Впервые получены кристаллические покрытия



боридов TiB_2 , VB , V_3B_4 , VB_2 , Fe_2B , FeB , ZrB_2 толщиной 50-350 мкм, сформированных в импульсном режиме обработки электронным пучком (время воздействия $1,5 \cdot 10^{-4}$ - 0,2 с), с особой структурой, которую невозможно получить с использованием традиционных источников нагрева в методах химико-термической обработки. Проведено упрочнение чугуна, сформированы интенсивным электронным пучком слои W_2B_5 ($W_2B_5+B_2O_3$) толщиной ~ 20 мкм на низколегированном чугуне, микротвердость поверхности увеличена в 5 раз. Разработана электроннолучевая технология нанесения износостойкого покрытия на режущий инструмент. Стойкостные испытания на пластинах P6M5 / P18 при точении стали 40X13 (режим подачи $S=0,12$ мм/об, частота вращения 280 об/мин, глубина резания $-1,0$ мм), показали, что ресурс резцов P18 увеличивается в 17 раз, P6M5 - 15 раз. Представляется важным, что результаты по формированию покрытий апробированы на промышленных предприятиях Республики Бурятия «Улан-Удэнский авиационный завод», ОАО «Улан-Удэнское приборостроительное производственное объединение», ЗАО «Улан-Удэнский лопастной завод», ОАО «Улан-Удэстальмост».

3. Впервые предложена технология получения наноструктурированных подложек на основе композитных частиц $SiO_2 - Ag$ с эффектом плазмонного резонанса, которые в перспективе могут служить элементами, так называемых lab-on-chip, и позволят проводить исследование живых клеток в интактном состоянии, при диагностике заболеваний в медицине, либо при проведении экспертизы в криминалистике.

4. Представляют значительный практический интерес впервые предложенные и апробированные новые процессы получения покрытий различных аллотропных модификаций углерода (алмаз, карбин, фуллерены). Так, углеродные покрытия со свойствами алмаза представляют интерес для упрочнения рабочих кромок режущего инструмента, в частности, хирургического, защиты от химически агрессивных сред и повышенных температур, требующих химической инертности и биосовместимости покрытий, высокой твердости и низкого трения, высокого электросопротивления и теплопроводности покрытий.

5. Впервые предложен и реализован способ получения покрытий карбина. Покрытия карбина, благодаря комплексу уникальных физических и химических свойств, известных к настоящему времени и не проявляющихся у графита и алмаза, могут широко использоваться в различных областях. Карбин уже нашел применение в электронике, космонавтике, авиации и медицине. Перспективно его применение в оптике, микроволновой и электрической технологиях, в конструкциях источников тока. Во всех этих областях ключевое значение имеет высокая стабильность материала. С учетом высокой биологической совместимости и нетоксичности карбина особенно важное значение приобретает его применение в медицинских технологиях. Карбиноподобный углерод и углеродные покрытия со свойствами алмаза, содержащие структурные элементы карбина, нашли приложение при изготовлении покрытий трущихся поверхностей искусственных суставов, а совсем недавно его начали применять в офтальмологии, урологии и стоматологии.



6. Впервые предложен способ получения покрытий фуллеренов взрывоподобным испарением в вакууме мишеней, содержащих фуллерены широким пучком электронов, сводящимся за 1-2 секунды в пятно. На выходе, разработанного электроннолучевого энергокомплекса, получены пучки электронов током ~ 3 А. Это открывает возможность нанесения покрытий фуллеренов на поверхности >1 м², благодаря увеличения мощности пучка > 50 кВт и, соответственно, количества испаряемого порошка фуллереновых смесей. Перспективно применение фуллеренов в производстве бетонополимеров повышенной прочности и морозостойкости, в качестве новых антифрикционных покрытий и смазок, радиопоглощающих покрытий, новых композиционных материалов для оптического и радиоэлектронного противодействия.

Социально-экономический результат:

Цикл фундаментальных и прикладных исследований связанных с разработкой радиоволновых и корпускулярных инновационных технологий диагностики сред и создания полифункциональных покрытий, реализован в виде инновационного оборудования и новых технологий по заданию министерств и ведомств и в интересах промышленных предприятий Республики Бурятия. Полный перечень завершенных крупных заказных инновационных проектов, обеспеченных финансовой поддержкой, выполненных в интересах Республики Бурятия, включает 42 научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ фундаментальных, прикладных и заказных поисковых исследований.

Список публикаций (монографии и статьи в рецензируемых журналах) насчитывает 167 наименований.

Принципиальные технические решения защищены 20 патентами на изобретения.

Прогнозируемый экономический эффект - 1,5 млрд. рублей.

Организация и проведение конференций

1. X Конференция по фундаментальным и прикладным проблемам физики (молодых ученых, аспирантов и студентов). 5 февраля 2013 г.

Научные направления конференции:

Радиофизика, физическая электроника, физика конденсированного состояния, акустика, теплофизика, физика плазмы, физика атмосферы, математическое моделирование, численные методы и комплексы программ в физическом эксперименте.

Издан сборник докладов X Конференции по фундаментальным и прикладным проблемам физики (молодых ученых, аспирантов и студентов). Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2013. – 92 с.

2. V Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. 27 - 30 августа 2014 года.

ИФМ СО РАН выступил в числе организаторов V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Наноматериалы и технологии-V», проходившей 27-30 августа 2014 г. в г. Улан-Удэ.

Научные направления работы конференции:



- Наноструктурированные системы в физике конденсированного состояния;
- Техника и технология наноматериалов.

3. V Международный Крейнделевский семинар «Плазменная эмиссионная электроника». 3–7 августа 2015 г.

http://ipms.bscnet.ru/conferenc/krnd_sem/index.html

С 3 по 7 августа 2015 года в Бурятии состоялся V Международный Крейнделевский семинар «Плазменная эмиссионная электроника».

Семинар проводится с периодичностью раз в три года с присущим ему подходом требовательности и научному принципу - строгая академичность в постановке задачи и неприменность практических приложений.

Представляет научную школу лауреата государственной премии РФ, доктора технических наук, профессора Юлия Ефимовича Крейнделя, одного из основателей научного направления - плазменная эмиссионная электроника.

Организаторы семинара: Федеральные государственные бюджетные учреждения науки Сибирского отделения Российской академии наук - Институт физического материаловедения (Улан-Удэ) и Институт сильноточной электроники (Томск).

Цель семинара: обсуждение и обмен новыми результатами фундаментальных и прикладных исследований по перспективным плазменным процессам, эмиссии заряженных частиц из газоразрядной плазмы, созданию и применению электровакуумного оборудования и установок, разработке функциональных наноструктурированных покрытий и новых технологий их получения на основе применения электронных и ионных пучков и газоразрядной плазмы.

В работе семинара приняли участие признанные и известные специалисты из 24 академических учреждений и университетов, проводящие исследования в области разработки физических основ плазменных эмиссионных систем и прикладных вопросов, связанных с их практическим использованием в физическом материаловедении. Федеральных государственных бюджетных учреждений науки: Института физического материаловедения СО РАН, Института сильноточной электроники СО РАН, Института электрофизики УрО РАН, Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, ФГБОУ ВПО: «Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», «Национального исследовательского университета «МЭИ», «Московского государственного технологического университета «СТАНКИН», «Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники», «Поволжского государственного технологического университета», «Забайкальского государственного университета», «Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления», «Бурятского государственного университета». ФГАОУ ВО: «Национального исследовательского Томского государственного университета», «Национального исследовательского Томского политехнического университета», «Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ». ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказского федерального университета».



Учреждений высшего образования: «Полоцкого государственного университета», «Белорусского государственного университета». ФГУП «Всероссийского электротехнического института им. В.И.Ленина», Российского федерального ядерного центра - Всероссийского научно-исследовательского института технической физики им. Е. И. Забабахина. Государственного научного учреждения «Физико-технического института НАН Беларуси». Института физики НАН Украины. ООО «Томские электронные технологии», ЗАО "Отраслевого центра плазменно-энергетических технологий РАО "ЕЭС России".

Открытием научной части явилось выступление лауреата Государственной премии РФ, профессора Ю. Королева с научным сообщением «Модель поддержания тока в разряде низкого давления с полым катодом». Направлением уровня представления и подачи, вынесенных на обсуждение докладов стало выступление чл.-к. РАН П.Логачева с докладом «Опыт работы линейного индукционного ускорителя-инжектора ЛИУ-2 в рентгенографическом режиме».

Опубликован в цветной печати сборник трудов семинара объемом 30,7 печатных листов, в котором представлены 38 содержательных научных статей, изданные по требованиям «Журнала технической физики».

Очередной VI Международный Крейнделевский семинар "Плазменная эмиссионная электроника" состоится в 2018 году в Бурятии на озере Байкал.

Научная школа «Физика некристаллических твердых тел»

1. Год основания: 1970

2. Основатель научной школы: Сандитов Дамба Сангадиевич

3. Общее количество членов коллектива научной школы: 11

4. Основные направления научных исследований коллектива научной школы: Физика конденсированного состояния: вязкоупругие свойства сильновязких жидкостей, природа вязкого течения стеклообразующих жидкостей, переход жидкость – стекло, низкочастотная сдвиговая упругость жидкостей, механические и тепловые свойства стекол, эффект пластичности стекол, интерпретация универсальных свойств стеклообразных систем различных классов в области стеклования

5. Основные научные результаты коллектива:

- Предложена дырочно-активационная модель вязкого течения стеклообразующих расплавов, которая изложена в серии научных статей и в монографиях "Физические свойства неупорядоченных структур" (Новосибирск: Наука, 1982) и "Релаксационные процессы в стеклообразных системах" (Новосибирск: Наука, 1986), опубликованных Сандитовым Д.С. в соавторстве с Бартевым Г.М.

- Недавно эта модель была пересмотрена Сандитовым Д.С. и переименована на "Деформационно-активационную модель вязкого течения" (Journal of Non-Crystalline Solids. 2014. V. 400. P. 12-20; ДАН. 2013. Т. 451. № 6. С. 650-654). Развито представление о том, что локальная низкоактивационная деформация сетки валентных связей служит необходимым условием реализации элементарного акта вязкого течения неорганических стекол



и их расплавов - активированного перехода кинетической единицы (мостикового атома типа атома кислорода в мостике 81-О-81) в деформированную микрообласть, иными словами переключения валентной мостиковой связи по Немилову-Мюллеру.

- С привлечением теории свободного объема были получены новые результаты по природе перехода жидкость-стекло, что подробно описано в указанных выше монографиях и в научных статьях.

- Недавно предложен новый подход к понятию о свободном объеме аморфных веществ (Сандитов Д.С. // ДАН. 2015. Т. 464. №6) и к процессу стеклования жидкостей (Сандитов Д.С. // ДАН. 2015. Т. 461. №5).

- Предполагается, что избыточный в сравнении с твердым телом свободный объем стеклообразующих жидкостей обусловлен наличием возбужденных атомов (кинетических единиц), обеспечивающих низкую вязкость выше температуры стеклования T_g . При охлаждении жидкости, в области стеклования, избыточный (флуктуационный) свободный объем уменьшается до минимального значения, что равносильно замораживанию процесса возбуждения атома. Такой подход позволяет объяснить ряд явлений в области перехода жидкость-стекло (Сандитов Д.С. // ЖЭТФ. 2009. Т. 135. Вып. 1. С. 108; ЖЭФТ. 2010. Т. 138. Вып. 5(11). С. 850).

- Проведены теоретические и экспериментальные исследования эффекта пластичности стеклообразных твердых тел. Методом наноиндентирования (алмазной пирамидки Виккерса) изучены кинетика развития пластической деформации, а также кинетика релаксации этой деформации при нагревании ниже температуры размягчения стекла. В результате анализа напряженного состояния стекла в области вдавливания алмазной пирамидки Виккерса получено уравнение для расчета максимального касательного напряжения. Показано, что пластическая деформация стекла начинается в объеме стекла на расстоянии от поверхности, равном примерно половине радиуса отпечатка, и лишь затем выходит к поверхности стекла. В рамках избыточного флуктуационного свободного объема дана интерпретация эффекта пластичности стекол (Сангадиев С.Ш., Мантатов В.В., Сандитов Д.С. Деформация и разрушение материалов. 2013. №3. С. 2-8; 2006. №10. С. 41-45).

- Получены новые результаты по исследованию нелинейности силы межатомного взаимодействия и энгармонизма колебаний решетки аморфных полимеров и стекол. Установлена взаимосвязь параметра Грюнайзена и коэффициента Пуассона (отличная от подхода Беломестных и Теслевой). Показано, что предельная упругая деформация межатомных связей в этих системах обратно пропорциональна параметру Грюнайзена. Полученные результаты отражены в монографии "Ангармонические эффекты и физико-механические свойства полимеров" (Новосибирск: Наука, 1994), опубликованной Сандитовым Д.С. в соавторстве с Г.В. Козловым, а также в научных статьях (например, Физика и химия стекла. 2013. Т. 39. № 4. С. 553).

- Акустическим резонансным методом проведены систематические экспериментальные исследования низкочастотной сдвиговой упругости простых и стеклообразующих жидко-



стей. Наличие данного явления указывает на тот факт, что наряду с высокочастотной максвелловской релаксацией в жидкостях имеет место низкочастотный вязкоупругий релаксационный процесс. Для объяснения предложена кластерная модель. Предполагается, что низкочастотная сдвиговая упругость жидкостей обусловлена коллективным взаимодействием больших групп молекул (кластеров) (Бадмаев Б.Б., Дамдинов Б.Б., Сандитов Д.С. // Акустический журнал. 2004. Т. 50. № 2. С. 156; Sanditov D.S., Badmaev V.B., Damdinov V.B. // Proceeding of 17 ICA. Rome. Italy. Congress CD-ROM. 2001).

ФИО руководителя _____

Дембелова Т.С.

Подпись

Т.С. Дембелова

Дата

19.05.2017г.

