

Наименование института: **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии наук  
(ИЭФ УрО РАН)**

**Отчет по дополнительной референтной группе 14 Энергетика**

Дата формирования отчета: **22.05.2017**

## **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**

Научные подразделения Института по профилю референтной группы "Энергетика":

1. Лаборатория электронных ускорителей (Исследование быстропротекающих процессов в газе и вакууме, генерирование мощных нано- и субнаносекундных импульсов электромагнитных излучений, создание и применение уникальной малогабаритной сильноточной аппаратуры для исследований в различных областях физики, химии)

2. Лаборатория импульсной техники (Теоретические и экспериментальные исследования SOS-эффекта; SOS-диоды: новые мощные приборы для наносекундного обрыва тока; SOS- техника для научных, технологических и коммерческих применений; Создание мощных импульсных генераторов на твердотельных коммутаторах с высоким ресурсом для научного и промышленного применения) (прим.: SOS –Semiconductor Opening Switch -эффект резкого обрыва тока в полупроводниках)

3. Лаборатория пучков частиц (Экспериментальные и теоретические исследования процессов в газовых разрядах низкого давления; Проблемы генерации объемных плазменных образований и формирования плазменных эмиттеров заряженных частиц с большой поверхностью; Разработка источников заряженных частиц и генераторов плазмы для технологий модификации поверхности материалов ионной имплантацией и нанесением



057730

покрытий; Изучение влияния воздействия ускоренных ионов и плазмы на свойства материалов; Создание комплексных технологий модификации поверхности материалов с использованием пучков заряженных частиц и плазмы)

4. Лаборатория прикладных электрофизических исследований (Исследование процессов сильноточной наносекундной коммутации; Генерация коротких серий мощных прямоугольных импульсов напряжения; Создание мощных мобильных СВЧ - комплексов сантиметрового диапазона длин волн)

5. Лаборатория импульсных источников излучения (Исследование воздействия ионизирующего воздействия на вещество; Создание компактных систем для рентгеновской интроскопии)

6. Группа электрофизических технологий (Частотные наносекундные ускорители электронов; Частотные полупромышленные наносекундные генераторы высоковольтных импульсов и технологии на их основе; Радиационно-химические технологии, в том числе получения нанопорошков; Получение нанопорошков методом испарения импульсным пучком электронов в газе низкого давления)

Существующая научная и инженерно-техническая инфраструктура Института, опытное производство и вспомогательные службы соответствуют выполняемым задачам и постоянно адаптируются при их изменении.

В отчетный период создан отдел по подготовке научно-педагогических кадров (создан 01.01.2015г. в соответствии с Федеральным законом № 273-ФЗ от 29.12.2012 г. «Об образовании в Российской Федерации»; Порядком приёма на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, утверждённым Приказом Минобрнауки России № 233 от 26.03.2014 г.; Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «Об утверждении Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации)» № 867 от 30.07.2014 г.)

### **3. Научно-исследовательская инфраструктура**

Созданные в Институте экспериментальные установки, не имеющие мировых аналогов:

1. Серия малогабаритных сильноточных импульсных генераторов РАДАН.
2. Серия импульсно-периодических генераторов мегавольтного диапазона на основе разработанных наносекундных SOS диодов.
3. Импульсные катодолуминесцентные спектрографы на основе малогабаритных электронных ускорителей.

Особо следует выделить:

- а. Генераторы субнаносекундных высоковольтных импульсов, в том числе, - с твердотельными коммутаторами, с мощностями 1-10 ГВт и более.



б. Генераторы ультракоротких микроволновых импульсов сверхизлучения диапазона длин волн 8 мм и 3 см с мощностями 0.5-3 ГВт, способные работать в пакетном режиме с частотами повторения 10-1000 Гц.

Уникальные научные объекты, созданные в Институте

1. Установка для получения нанопорошков методом электрического взрыва проволоки.
2. Установка для лазерного синтеза нанопорошков.
3. Пресс магнитно-импульсный радиальный для прессования длинномерных заготовок в форме труб и стержней из нанопорошков с предварительной дегазацией.
4. Пресс магнитно-импульсный одноосный для компактирования наноразмерных порошков с его предварительной дегазацией.
5. Линия для литья полимер-керамических плёнок.
6. Лабораторная установка нанесения алмазоподобных углеводородных покрытий.
7. Лабораторная установка для азотирования сталей и сплавов в плазме.
8. Лабораторная установка ионной имплантации.
9. Лабораторная установка реактивного магнетронного нанесения многокомпонентных покрытий.
10. Малогабаритные рентгенаппараты.
11. Мощные наносекундные ускорители электронов.

В ИЭФ УрО РАН функционирует ЦКП «Электрофизика», предоставляющий научным коллективам Института и сторонним организациям возможность проведения исследований на современном оборудовании на принципах коллективного пользования данным оборудованием. В состав ЦКП входят:

Уникальные научные установки (5 ед.)

- Лабораторная установка нанесения алмазоподобных углеводородных покрытий.
- Лабораторная установка реактивного магнетронного нанесения многокомпонентных покрытий.
- Пресс магнито-импульсный одноосный.
- Лабораторная установка для азотирования сталей и сплавов в плазме.
- Установка для лазерного синтеза порошков с волоконным иттербиевым лазером ЛК-1.

аналитическое оборудование:

- Осциллографы Tektronix TDS6154C, TDS6604, DPO7254 в комплекте с сверхширокополосными измерительными трактами и аттенюаторами (Tektronix, Inc).
- Система измерения микромеханических свойств NANOTEST 600 (Micro Materials Ltd.).
- Дилатометр автоматический DIL 402C/3/G (NETZSCH-Geraetbau GmbH).
- Спектрофотометр двулучевой сканирующий UV-1700 (Shimadzu corporation).
- Хромато-масс-спектрометрический комплекс Varian Saturn 2100T (Varian B.V.).
- Прибор синхронного ТГ-ДТА/ДСК анализа Demo-STA 409 PC/4/H (NETZSCH).



- Анализатор удельной поверхности TriStar 3000 (Micromeritics).
- Рентгеновский дифрактометр D8 DISCOVER GADDS (Bruker AXS).
- Микроскоп оптический с цифровой регистрацией изображения ST-VS-520 (EC) (ООО СТАТ).
- Система 3-х мерно-отображающего анализатора New View 500 (Zygo Corporation Laurel Brook).
- Атомно-силовой микроскоп Solver 47p (NT-MDT).
- Просвечивающий электронный микроскоп JEOL JEM 2100 (JEOL Ltd. 1-2Musashino 3-chomo Akishima Tokyo).
- Растровый электронный микроскоп LEO 982 (LEO Elektronenmikroskopie).
- Анализатор импеданса 1260A (Solartron Analytical Unit B1).

С использованием вышеупомянутого оборудования получены наиболее значимые экспериментальные результаты института, перечисленные в п.12., а также:

1. Методом реактивного магнетронного распыления с ионным сопровождением Ti, Al, Si – мишеней в азотно-аргоновой смеси получено сверхтвёрдое нанокompозитное покрытие нк-(Ti,Al)N/a-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> с твёрдостью до 43 ГПа при температурах до 800 С. Определено оптимальное соотношение концентрации элементов в покрытии (Ti–ат.%, Al–ат.%, Si–ат.%) и показана критическая зависимость максимальной микротвёрдости от содержания Si и рост микротвёрдости с увеличением тока электронного пучка, генерирующего газы ионы. (Применение – обработка лопаток газовых турбин)

2. Исследовано влияние на проводимость твёрдого электролита ZrO<sub>2</sub>, стабилизированного 10 мол.% Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и 1 мол.% содопанта из ряда оксидов Y, La, Ce, Gd, Er, Zn. Найдено, что введение содопантов приводит к увеличению проводимости электролита при температурах ниже 550 °С, однако при более высоких температурах проводимость снижается, причём тем больше, чем больше отличаются радиусы ионов Zr<sup>4+</sup> и содопанта. (Применение - водородная энергетика).

3. В ходе экспериментов по конверсии сероуглерода в плазме, создаваемой импульсным коронным разрядом, установлено, что эффективность данного метода более чем на порядок выше, чем при использовании коронного разряда при постоянном напряжении, хотя несколько ниже, чем при использовании импульсного электронного пучка. Энергетическая цена удаления CS<sub>2</sub> составила 260 – 360 г/(кВт·ч). Основные продукты конверсии – SO<sub>2</sub>, COS, CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Преимуществами использования импульсной короны для удаления CS<sub>2</sub> из воздуха по сравнению с электронным пучком являются простота конструкции, низкая стоимость, высокая надёжность и безопасность. (Применение - нейтрализация отходящих газов ТЭЦ)

**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**

нет

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

Институт выполняет широкий круг работ в интересах экономического развития предприятий Уральского федерального округа. Работы по совершенствованию методов порошковой металлургии, высокотехнологичному упрочнению материалов и изделий, по современным дефектоскопическим и рентгеновским методам, радиационным технологиям в сельском хозяйстве и другие востребованы предприятиями и учреждениями округа.

В интересах развития региона «Свердловская область» в течение 2013-2015 гг. было реализовано 5 проектов РФФИ (код р\_Урал\_а), из них 3 относятся к профилю референтной группы "Энергетика":

13-08-96021 – Исследование воздействия процессов, возбуждаемых при электрическом разряде в пульпе с помощью импульсов высокого напряжения наносекундной длительности, на твердые минеральные материалы с размерами объектов от единиц до сотен микрометров; руководитель – Корженевский С.Р.

13-08-96056 – Создание новых высокоэффективных радиационных технологий и устройств для их реализации на основе пучков ускоренных электронов в различных отраслях народного хозяйства; руководитель – Соковнин С.Ю.

13-08-96078 – Формирование сверхмощных импульсов напряжения с пикосекундным фронтом на основе туннельно-ударного ионизационного пробоя в полупроводниках; руководитель – Цыранов С.Н.

Описание результатов реализованных проектов.

13-08-96021\_р\_урал\_а

Создан экспериментальный высоковольтный генератор импульсов напряжением до 520 кВ. Проведены эксперименты по исследованию влияния длительности импульса напряжения на эффективность дробления частиц путем обработки потока пульпы, состоящей из материала, находящегося в жидкости, высоковольтными электрическими импульсами наносекундной длительности в режиме пробоя на кварцевой руде, полученной от ОАО «Кыштымский ГОК», с исходными размерами частиц от 10 до 30 мм.

13-08-96056\_р\_урал\_а



На основе ускорителя УРТ-1М (с ускоряющим напряжением до 1 МВ, мощностью пучка электронов 6 кВт, длительностью импульса 100 нс и частотой повторения импульсов до 300 Гц) создана мобильная установка для дезинфекции ценного имущества и документов. Для получения электронного пучка шириной до 400 мм использованы металлodieлектрический и металлокерамический катоды из нескольких элементов с неравномерностью распределения плотности тока пучка электронов на выходной фольге ~15%. Выполнен комплекс мер по повышению ресурса и надежности работы других элементов ускорителя УРТ-1М, прежде всего системы формирования высоковольтного импульса, особенно на высоких частотах работы. Впервые методом испарения электронным пучком мишени из поликристаллов состава  $\text{Ca}_2\text{Y}_8(\text{SiO}_4)_6\text{O}_2:\text{Eu}$  получены нанопорошки силиката в наноморфном состоянии. Изучены спектрально-люминесцентные характеристики фосфоров  $\text{Ca}_2\text{Y}_6.4\text{Eu}_1.6\text{Si}_6\text{O}_{26}$  в поликристаллическом состоянии и полученном на основе поликристаллов наноморфном состоянии. Обнаружена модификация КР-спектра при уменьшении частиц от микро- до наноразмерного состояния. Обнаружен резонансный перенос энергии возбуждения от ионов  $\text{Eu}^{3+}$  ионам  $\text{Eu}^{2+}$  в микро- и нанофосфорах.

Основное направление технологической модернизации экономики России и, в частности, Уральского региона, которому, по мнению исполнителей, соответствуют результаты данного проекта: медицинские технологии, прежде всего диагностическое оборудование, а также лекарственные средства.

13-08-96078\_p\_урал\_a

Экспериментально реализован процесс пикосекундной коммутации сверхплотного тока кремниевым диодным обострителем, встроенным в коаксиальную линию передачи энергии. Структуры, составляющие прибор, включаются последовательно друг за другом, а процесс коммутации тока в каждой структуре основан на инициировании и прохождении в ней сверхбыстрого фронта ионизации. В маслonaполненной коаксиальной линии с диаметром наружного проводника 15 мм и волновым сопротивлением 48 Ом получены импульсы с амплитудой более 100 кВ, пиковой мощностью 280 МВт и фронтом 40 пс. Максимальная скорость нарастания выходного напряжения на фронте импульса достигает 2 МВ/нс при амплитудном значении плотности коммутируемого тока до 60 кА/см<sup>2</sup>. Для полупроводниковых коммутаторов сочетание полученных параметров реализовано впервые в мире. В коаксиальных линиях передачи с наружным диаметром 15 - 30 мм были получены импульсы напряжения амплитудой 120 -160 кВ с временем нарастания 60 - 150 пс. Показано, что реализованный метод текущего переключения позволяет формировать импульс с самым коротким временем нарастания, которое соответствует критической частоте возбуждения волны типа ТЕ в коаксиальной линии. Исследована возможность работы полупроводниковых обострителей импульсов при гигаваттном уровне переключаемой мощности. Приборы встраивались в маслonaполненную коаксиальную линию с волновым сопротивлением 48 Ом. Входной импульс напряжения имел амплитуду 400–500 кВ, длительность порядка 6 нс и фронт около 1–2 нс. На выходе формировались импульсы



с амплитудой от 300 до 440 кВ, пиковой мощностью 2–4 ГВт и фронтом импульса 350–500 пс.

Уровень результатов не имеет мировых аналогов в данной области науки.

Основное направление технологической модернизации экономики России и, в частности, Уральского региона, которому соответствуют результаты данного проекта — эффективность и энергосбережение.

Было реализовано 11 проектов ориентированных фундаментальных исследований, выполняемых в рамках соглашений о сотрудничестве УрО РАН с государственными корпорациями, научно-производственными объединениями, а также в рамках реализации крупных региональных, федеральных и международных проектов, из них 5 относятся к профилю референтной группы "Энергетика":

1. Проект 12-2-019-НМ «Разработка магнитоуправляемых разрядных камер импульсных высоковольтных электрореактивных двигателей на жидких рабочих телах и исследование их динамических характеристик», выполнялся в рамках Соглашения о сотрудничестве между учреждением Российской академии наук Уральским отделением РАН и ФГУП «Научно-исследовательский институт машиностроения Роскосмоса». 2012–2013 гг.

В процессе выполнения данного проекта были разработаны и опробованы два типа разрядных камер с возможностью подачи жидкого рабочего тела в разрядный промежуток.

Разрядная камера первого типа была разработана ФГУП НИИМашиностроения. При включении электродвигателя в резервуаре с рабочим телом начинает вращаться размещенное в нем тело.

В разрядной камере второго типа использовались коаксиальная электродная система и диффузионный способ подачи жидкости на рабочую поверхность диэлектрика.

В результате проведенных измерений установлено, что исследуемый образец керамики в сухом виде создает значительный ионный ток, достигающий 20 мА. После пропитки вакуумным маслом ионный ток пучка уменьшился до 15 мА. Наиболее вероятная скорость ионов пучка при этом не изменилась и составила 60 км/с.

Было выявлено существенное различие амплитуды ионного тока и диаграммы направленности плазменного пучка, генерируемого разрядом по поверхности фторопласта, происходящим в различных конфигурациях электродных систем – линейной (с электродами типа «игла - игла») и коаксиальной. А именно в коаксиальной системе электродов амплитуда ионного тока пучка в направлении нормали к поверхности диэлектрика в два раза больше и диаграмма направленности на 20 % уже, чем в линейной системе электродов.

2. Проект 12-2-026-ЯЦ «Трубчатый твёрдооксидный топливный элемент на основе электролита ScSZ», выполнялся в рамках Соглашения о сотрудничестве между учреждением Российской академии наук Уральским отделением РАН и ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. акад. Е.И. Забабахина». 2012–2013 гг.

1) Исследованы характеристики электродов в контакте со ScSZ электролитом.



2) Отработана методика формирования трубчатого элемента на основе электролита ScSZ с использованием шликерного литья и магнитно-импульсного прессования.

3) Исследованы характеристики трубчатого элемента на основе электролита ScSZ.

3. Проект 13-2-024-ИРМ «Разработка технологии и установки для нанесения защитных покрытий магнетронным распылением с регулируемым ионным сопровождением», выполнялся в рамках Соглашения о сотрудничестве между учреждением Российской академии наук Уральским отделением РАН и АО «Институт реакторных материалов», Роскосмоса. 2013–2014 гг.

Определены условия нанесения защитных покрытий магнетронным распылением с регулируемым ионным сопровождением, обеспечивающие высокую адгезию и плотность покрытий из нитрида титана и основанные на использовании электронного пучка для ионизации газа и сильноточного импульсного режима горения магнетронного разряда для получения ионов металла.

4. Проект 13-2-025 НО «Модификация эпоксидно-уретановых клеевых связующих композиционных теплозащитных материалов электровзрывными нанопорошками оксида алюминия», выполнялся в рамках Соглашения о сотрудничестве между учреждением Российской академии наук Уральским отделением РАН и ОКБ Новатор. 2013–2014 гг.

Проведена разработка модифицированных клеевых эпоксидно-уретановых составов, обладающих повышенной прочностью клеевого крепления композиционных теплозащитных материалов к металлу. В клеевые композиции в качестве наполнителя введен нанодисперсный порошок оксида алюминия, получаемый методом электрического взрыва проволоки. Наночастицы данных нанопорошков неагломерированы, имеют сферическую форму и способны стабилизировать получаемые на их основе дисперсные материалы. Отработаны режимы диспергирования нанопорошка оксида алюминия в эпоксидно-уретановом клеевом составе, проведено исследование межфазного адгезионного взаимодействия вводимых наночастиц с полимерной матрицей и характера их распределения в композите, исследование процесса отверждения, термической устойчивости и прочностных свойств модифицированных композитов, установление их корреляции с межфазным взаимодействием. Решены задачи прикладного характера: определена жизнеспособность клеевых составов при различных температурах, определен интервал рабочих температур, определена минимальная адгезионная прочность клеевых составов, получены данные для описания технологии склеивания (температура, время, давление склеивания), исследованы и определены зависимости адгезионной прочности клеевого состава от содержания в нем наноразмерного порошка оксида алюминия.

5. Проект 13-2-038-НМ «Разработка макета разрядной камеры и измерения параметров плазменного пучка импульсного высоковольтного ЭРД на жидком рабочем теле при энергии в разряде 5 Дж», выполнялся в рамках Соглашения о сотрудничестве между учреждением Российской академии наук Уральским отделением РАН и ФГУП «Научно-исследовательский институт машиностроения Роскосмоса». 2013–2014 гг.



1) Выполнена разработка конструкции и изготовлен макет разрядной камеры с использованием диффузионной подачи жидкого рабочего тела для комплектации частотного генератора импульсов напряжения (энергозапас в выходном контуре порядка 5 Дж).

2) Разработана методика приготовления пористых керамических пластин для диффузионной подачи в разрядную камеру жидких рабочих тел и изготовлены образцы с производительностью 5-10 мкг/с.

Договоры:

1. Договор № 1/12 от 17.01.2012 г. с ФГУП «НИИМашиностроения Роскосмоса» «Разработка и изготовление генератора наносекундных импульсов напряжением 180 кВ для многофункциональной ДУ на базе ЭДРД на 4 направления по импульсу тяги». 2012–2015 гг.

Разработан частотный генератор импульсов напряжения (энергозапас в выходном контуре порядка 5 Дж) с целью достижения максимальной компактности и наименьшего веса, длительность импульсов на уровне 20-25 нс (при работе на согласованную нагрузку), в каскаде накачки использованы комплектующие российского производства, позволяющие обеспечить скорость нарастания до 6000 А/мкс. При начальной амплитуде импульса на разрядной камере перед пробоем рабочего тела 180 кВ, в развившемся разряде генератор способен развивать токи до 2,2 кА, максимальная развиваемая мощность (на согласующем резисторе 80 Ом) порядка 100 МВт.

2. Договор № 11/12 от 04.06.2012 г. с ЗАО «НПЦ «Промэлектроника» «Установка для проведения испытания оборудования импульсом тока 8/20 мкс, 20 кА и импульсом напряжения 1,2/50 мкс, 20 кВ». 2012–2013 гг.

Изготовлена установка для проведения испытаний технических средств и передана Заказчику.

3. Договор № 27/12 от 25.12.2012 г. с ООО «СТК МТ Электро» (г. Екатеринбург) «Экспериментальное исследование радиационной устойчивости светильников при облучении наносекундным рентгеновским излучением». 2012–2013 гг.

На основе созданной ускорителя УРТ-1 в режиме генератора рентгеновского излучения проведено исследование радиационной устойчивости осветительных приборов различного типа.

Разница в показаниях освещённости светильников до и после облучения укладывается в 5% погрешность показаний люксметра «ТКА-ПКМ».

Таким образом, на основании полученных данных, можно сделать вывод, что ПД РИ до 1 Гр (100 рад) включительно не оказывают влияния на работу тестируемых образцов приборов.

4. Договор № 5/13 от 01.02.2013 г. с ООО «Субмикроволновая диагностическая аппаратура» «Разработка конструкции блока питания с импульсной рентгеновской трубкой (вторая модификация) для использования в рентгеновском источнике (РИ) моноблочной конструкции для рентгеновских исследований».



Блок питания является источником импульсного высокого напряжения наносекундной длительности с килогерцовой частотой следования импульсов напряжением от 70 до 120 кВ., и током до 100 А. Блок питания предназначен для работы рентгеновской трубки в составе рентгеновского источника моноблочной конструкции.

5. Договор № 17/13 от 03.04.2013 г. с ООО «ЭЛФИТЕХ» «Разработка, проведение пуско-наладочных работ и испытаний ускорителя УРТ-1М».

Разработана конструкторская документация, проведены пуско-наладочные работы и испытания ускорителя УРТ-1М, предназначенного для радиационной стерилизации.

6. Договор № 35/13 от 14.10.2013 г. с ОАО «Институт реакторных материалов» «Разработка технологии нанесения TiN-покрытия с увеличенной скоростью и повышенной стойкостью адгезионного соединения».

Исследованы характеристики покрытия, нанесенного с использованием магнетрона с большой рабочей поверхностью в импульсном сильноточном режиме.

7. Договор № 37/13 от 07.11.2013 г. с ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. акад. Е.И. Забабахина», г. Снежинск «Обзор конструкций и технологий изготовления современных твердооксидных топливных элементов на основе электролита ScSZ. Выбор состава перспективного электролита, изготовление образцов ТОТЭ на его основе. Предварительное исследование свойств образцов ТОТЭ».

1) Проведен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы по среднетемпературным (~800°C) ТОТЭ, а также батареям ТОТЭ на их основе.

2) Проведена сравнительная оценка вариантов возможных решений исследуемой проблемы с учетом результатов исследований, проводившихся по аналогичной тематике.

3) Проведены расчеты по математическому моделированию электрических характеристик ТОТЭ.

4) Изготовлены образцы ТОТЭ и проведено первичное исследование их характеристик.

8. Договор № 38/13 от 01.11.2013 г. с ООО «Субмикроволновая диагностическая аппаратура» «Разработка рентгеновского источника с комбинированным блоком питания. Разработка системы регистрации теневых рентгеновских изображений на основе линейного детектора для рентгеновского источника с комбинированным блоком питания». 2013–2015 гг.

Разработан источник рентгеновского излучения моноблочной конструкции потребляемой мощностью 2 кВт, вес 18 кг, диапазон рабочих напряжений от 70 до 120 кВ, ток в импульсе 100-140 А. Питание источника осуществляется как от сети переменного тока напряжением 220 В, так и сети постоянного тока напряжением 12 В.

9. Договор 7/15 от 15.06.2016 г. с компанией «Субмикроволновая диагностическая аппаратура» (ООО «СДА», г. Екатеринбург) «Разработка и поставка полупроводниковых прерывателей тока типа SOS-120-0.3».



Разработаны и поставлены заказчику полупроводниковые прерыватели тока типа SOS-120-0.3 в количестве 15 штук

10. Договор 12/15 от 22.06.2015 г. с ООО «Субмикроволновая диагностическая аппаратура» «Разработка рентгеновского импульсного генератора напряжением 300 кВ».

Разработан и изготовлен опытный образец компактного рентгеновского импульсного генератора напряжением 300 кВ с частотой следования импульсов 1000 Гц мощностью до 1 кВт.

11. Договор 18/15 от 24.09.2015 г. с АО «Институт реакторных материалов» «Оказание консультационных услуг в области теории и практики вакуумно-плазменного нанесения покрытий».

Проведена подготовка высококвалифицированного персонала для обслуживания установки нанесения покрытий из числа сотрудников ИРМ.

## **8. Стратегическое развитие научной организации**

### **1. Долгосрочные партнеры.**

Среди долгосрочных партнеров ИЭФ УрО РАН по фундаментальным исследованиям и практическим разработкам следует выделить следующие организации:

Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск; Физический институт им. П.Н. Лебедева, г. Москва, Институт общей физики РАН, г. Москва; РФЯЦ-ВНИИТФ имени академика Е.И. Забабахина, г. Снежинск; Институт прикладной физики РАН, г. Нижний Новгород; Институт радиотехники и электроники РАН, г. Москва; Уральский федеральный Университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина; РФЯЦ-ВНИИЭФ, г. Саров; Институт физики металлов УрО РАН, Институт химии твердого тела УрО РАН, Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, Институт органического синтеза УрО РАН, Национальный исследовательский Томский государственный университет; Национальный исследовательский Томский политехнический университет; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет; Уральский государственный аграрный университет; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники; Уфимское моторостроительное производственное объединение; Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова; Институт реакторных материалов Росатом, г. Заречный, Объединенный институт высоких температур РАН, г. Москва; Технопарк авиационных технологий, г. Уфа;

ООО "Субмикроволновая диагностическая аппаратура", г. Екатеринбург; ФГУП «Комбинат «Электрохимприбор», г. Лесной, УралНИТИ, г. Екатеринбург, Каменск-Уральский металлургический завод, г. Каменск-Уральский, ITAC Ltd. (Япония), Korean Atomic Energy Research Institute, Университет Xian Jiaotong (Китай), DSO National Laboratories (Сингапур), Техасский технический университет (США), Университет Стразклайд (Великобритания), "Лаборатория мощной импульсной техники Японии, Лтд." (Япония), "Евразийский национальный университет им. Гумилева" (Казахстан).



Партнерство подтверждается совместными работами в рамках проектов РНФ и РФФИ, ориентированных проектов УрО РАН и наличием заключенных договоров. Ряд перечисленных организаций включены в проект «Физическая электроника мощных импульсных систем», поданный от ИЭФ УрО РАН, который вошел в перечень утвержденных проектов актуальных направлений, представленных и одобренных НКС ФАНО.

Институт имеет следующие соглашения о международном сотрудничестве:

1. Соглашение о проведении совместных научных исследований с Институтом Низких Температур и Структурных Исследований (ILT&SR) Польской Академии Наук.(с 2011г.)

Проведение совместных исследований в области спектроскопии возбужденных состояний и созданию люминесцентных материалов.

2. Соглашение о проведении совместных научных исследований с Шанхайским институтом керамики Китайской Академии Наук. (с 2012г.)

Проведение совместных исследований в области создания оптической керамики.

3. Соглашение о проведении совместных научных исследований с Университетом прикладных наук г. Мюнстер (Германия), (с 2013 г.)

Проведение совместных исследований люминесцентных и сцинтиляционных материалов.

2. Стратегия развития

Программа развития ИЭФ УрО РАН на согласование с вышестоящими органами не выносилась, так как наличие такой программы предусматривается только для организаций, планируемых к участию в проекте реструктуризации, согласно Методическим указаниям ФАНО России.

Разрабатываемая институтом стратегия развития опирается на проведение исследований по утвержденным в Уставе направлениям:

1. Методы генерации мощных потоков корпускулярного и электромагнитного излучения.
2. Физика высоких плотностей энергии.
3. Проблемы импульсной энергетики.
4. Лазерная физика и нелинейная оптика.
5. Фазовые переходы и электродинамические процессы в конденсированных средах.

Все направления находятся в соответствии с Указом Президента РФ о Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации от 1.12.2016, с Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013 - 2020 годы, Планом фундаментальных исследований Российской академии наук на период до 2025 года, Критическими технологиями РФ и Приоритетными направлениями развития науки, технологии и техники в РФ. Деятельность института ведется в рамках Стратегии развития УрО РАН до 2025г., утвержденной Президиумом УрО РАН 8.09.2009г. и одобренной Президиумом РАН 19.01.2010г.

Стратегия развития института основана на следующих положениях:



1. Институт является признанным лидером в области научных исследований и разработок, обладает самодостаточностью и уникальными научными достижениями, а также сложившимися связями с отечественными и зарубежными партнерами.

2. Фундаментальные научные результаты и практические разработки института востребованы мировым научным сообществом, отечественными и региональными производственными организациями.

3. Институт обладает необходимой научной и инженерно-технической инфраструктурой для проведения высокорейтинговых фундаментальных и поисковых научных исследований, разработки опытных образцов и макетов, основ технологий для дальнейшего использования в реальном секторе экономики.

В организационном контексте первостепенными являются следующие задачи:

1. Оснащение института современным научным и технологическим оборудованием (в том числе собственной разработки), ресурсами коллективного пользования, информационными и вычислительными комплексами.

2. Сохранение высококвалифицированного кадрового состава научных сотрудников с повышением доли молодых исследователей.

3. Разумное повышение уровня внебюджетного финансирования, обеспечивающее оптимальный паритет между фундаментальными и прикладными исследованиями.

На первом этапе предусматриваются следующие мероприятия по реализации этих задач:

1. Обеспечение финансирования центра коллективного пользования ИЭФ в рамках программы поддержки таких центров ФАНО России.

2. Организация научно-образовательной деятельности, включая усиление взаимодействия с ВУЗами по отбору и привлечению молодых кадров; создание условий для привлечения на работу в ИЭФ УрО РАН молодых сотрудников, закончивших аспирантуру ИЭФ УрО РАН, Уральского федерального университета (УрФУ), магистратуру на базовой кафедре УрФУ; проведение неформальных конкурсов для научных сотрудников и инженеров, периодическая переаттестация кадров.

3. Расширение взаимодействия института с предприятиями реального сектора экономики, малого наукоемкого бизнеса; российскими и зарубежными научными фондами, организациями.

Поддержка со стороны Учредителя и вышестоящих организаций в части увеличения или, по крайней мере, сохранения уровня бюджетного финансирования фундаментальных исследований, выделения дополнительных средств для развития приборной базы, долгосрочного отсутствия революционных структурных изменений была бы неопределима для успешного развития института.

Выполнение поставленных задач позволит ИЭФ УрО РАН и в дальнейшем находиться на передовых рубежах мировой науки и техники.

## **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**

нет

**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**

Было реализовано 8 зарубежных грантов, программ и проектов, из них 4 относятся к профилю референтной группы "Энергетика":

1. Договор 13/15 с Корейским Исследовательский Институт Атомной Энергии, Корея. Динамическая сварка высокопрочных металлических материалов с использованием энергонапряженного электромагнитного индуктора.

2. Договор 15/15 с компанией ITAC Ltd., Япония.

Изготовление опытного образца комплекта источников питания для установки нанесения покрытий.

3. Договор 19/15 с компанией "Лаборатория мощной импульсной техники Японии, Лтд.", Япония.

Изготовление полупроводниковых прерывателей тока типа SOS-60-4.

4. Договор 4/15 с Республиканским государственным предприятием на праве хозяйственного ведения "Евразийский национальный университет им. Гумилева", Казахстан.

Разработана технология создания твердооксидных топливных элементов методом спекания и методики получения наноструктурированного анодного материала на основе твердого электролита ZrO<sub>2</sub>.

## **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**

13. Фундаментальные проблемы физической электроники, в том числе разработка методов генерации, приёма и преобразования электромагнитных волн с помощью твёрдотельных и вакуумных устройств, акустоэлектроника, релятивистская СВЧ-электроника больших мощностей, физика мощных пучков заряженных частиц

Результат 1.



Реализован ударно-ионизационный запуск силовых тиристорных кремниевых структур импульсом перенапряжения с коротким фронтом. При подаче на основные электроды тиристора импульса напряжения, нарастающего от 2 до 7 кВ за время 0.8–1 нс, достигнуто время перехода тиристора в проводящее состояние 150 пс, что соответствует средней скорости движения фронта волны ионизации в  $\sim 20$  раз выше насыщенной скорости носителей. В экспериментах тиристорный коммутатор с ударно-ионизационным запуском коммутировал накопитель емкостью 2 мкФ с зарядным напряжением 20 кВ на резистивную нагрузку. Получены следующие результаты: амплитуда разрядного тока – 45 кА, начальная скорость нарастания тока – 130 кА/мкс, длительность импульса на полувысоте  $\sim 1$  мкс, пиковая мощность в нагрузке – до 400 МВт, эффективность процесса переключения – 85–90%.

#### Результат 2.

Твердотельный сильноточный генератор S-500 на основе полупроводникового прерывателя тока с импульсной мощностью до 6 ГВт, частотой следования до 1 кГц и рекордной скоростью обрыва тока (7 кА/нс) применён для получения стабильных, синфазных модулированных импульсов в многоканальной системе, собранной из параллельных гиромагнитных линий с насыщенным ферритом. В зависимости от количества каналов на частотах 1.7-2.2 ГГц амплитуда выходных импульсов достигает 180-285 кВ при глубине модуляции до 60%.

#### Результат 3.

Создан распределённый наносекундный коммутатор мегаваттного уровня мощности на основе сверхбыстродействующих IGBT-транзисторов (с параметрами: напряжение до 1,2 кВ, ток до 1,2 кА, длительность импульсов до 200 нс, длительность фронта – 15 нс, частота коммутации (следования импульсов) до 2 кГц) для модуля линейного сумматора Льюиса.

[1] Твердотельный высокочастотный генератор с контуром ударного возбуждения: пат. № 2523163 РФ: МПК H03B 11/10 / Пономарев А.В.; заявитель и патентообладатель Учреждение Российской академии наук Институт электрофизики Уральского отделения РАН (ИЭФ УрО РАН)

[2] El'chaninov, A. A.; Klimov, A. I.; Romanchenko, I. V.; Rostov, V. V.; Pedos, M. S.; Rukin, S. N.; Sharypov, K. A.; Shpak, V. G.; Shunailov, S. A., Ul'maskulov, M. R., Yalandin, M. I. A two-channel relativistic backward-wave generator with 8-mm range, controllable phase difference, and channel power of 230 MW – TECHNICAL PHYSICS LETTERS, 2013. – V. 39. – Iss. 10. – P. 910–913. – DOI: 10.1134/S1063785013100167. IF 0,562

[3] V.V. Rostov, A.A. El'chaninov, A.I. Klimov, V.Yu. Konev, I.V. Romanchenko, K.A. Sharypov, S.A. Shunailov, M. R. Ul'maskulov, and M.I. Yalandin. Phase Control in Parallel Channels of Shock-Excited Microwave Nanosecond Oscillators – IEEE Transactions on Plasma Science, 2013. – V. 41. – Iss. 10. – Part. 1. – P. 2735–2741. – DOI: 10.1109/TPS.2013.2270571. IF 0,868



[4] Gusev, A. I.; Lyubutin, S. K.; Rukin, S. N.; Slovikovsky, B. G.; Tsyranov, S. N. On the picosecond switching of a high-density current (60 kA/cm<sup>2</sup>) via a Si closing switch based on a superfast ionization front – SEMICONDUCTORS, 2014. – V. 48. – Iss 8. – P. 1067–1078. – DOI: 10.1134/S1063782614080132. IF 0,705

[5] M. R. Ulmaskulov, M. S. Pedos, S. N. Rukin, K. A. Sharyпов, V. G. Shpak, S. A. Shunailov, M. I. Yalandin, I. V. Romanchenko and V. V. Rostov. High repetition rate multi-channel source of high-power rf-modulated pulses – Review of Scientific Instruments, 2015. – V. 86. – Iss. 7. – Art.no. 074702 (1-6). – DOI: 10.1063/1.4926458. IF 1,614

18. Физико-технические и экологические проблемы энергетики, тепломассообмен, теплофизические и электрофизические свойства веществ, низкотемпературная плазма и технологии на ее основе

Результат 1.

Исследована динамика пузыря с проводящей границей в диэлектрической жидкости в однородном электрическом поле. Показана возможность реализации особого режима движения, для которого жидкость двигается вдоль силовых линий электрического поля. В двумерном случае соответствующие этому режиму уравнения движения оказываются интегрируемыми. Это позволило впервые аналитически описать эволюцию поверхности пузыря вплоть до появления на ней точек заострения. Для идеальной диэлектрической жидкости в наклонном электрическом поле сформулированы условия, при которых формирование особенностей не происходит.

Результат 2.

Оптимальное соотношение концентрации элементов (Ti/C) и максимальная микротвёрдость (~30 ГПа) нанокompозитных TiC/a-C:H покрытий, наносимых магнетронным распылением титана в ацетилен-аргоновой смеси, активируемой воздействием низкоэнергетического (~100 эВ) электронного пучка, достигается снижением потока ацетилена обратно пропорционально величине тока пучка (0–1 А), что обусловлено эффективным разложением ацетилена под действием электронного пучка.

Результат 3.

Установлено, что высокая импульсная плотность ионного тока (~50 мА/см<sup>2</sup>), приводящая к интенсивному распылению поверхности нержавеющей стали при низкотемпературном (400 оС) азотировании в плазме низкоэнергетического (200 эВ) импульсного (0,1 мс) электронного пучка с высокой скважностью импульсов (~30), не препятствует диффузионному насыщению стали азотом, в отличие от азотирования в плазме непрерывного электронного пучка, критическая плотность ионного тока для которого составляет ~10 мА/см<sup>2</sup>. При равной средней мощности электронного пучка азотирование происходит с одинаковой скоростью в непрерывном и импульсном режимах, что является экспериментальным подтверждением доминирующей роли метастабильных нейтральных частиц азота в процессе азотирования металлов.



[1] Способ формирования самонакаливаемого полого катода из нитрида титана для системы генерации азотной плазмы: пат.№ 2513119 РФ: МПК H05H 1/24 / Гаврилов Н.В., Меньшаков А.И.; заявитель и патентообладатель Учреждение Российской академии наук Институт электрофизики Уральского отделения РАН (ИЭФ УрО РАН) - № 2012125780/07, заявл. 20.06.2012; Оpubл. 20.04.2014, Бюл. № 11

[2] Способ получения на изделиях из твердых сплавов двухфазного нанокompозитного покрытия, состоящего из нанокластеров карбида титана, распределенных в аморфной матрице: пат. № 2557934 РФ МПК C23C14/35, C23C14/06, B82B1/00 / Гаврилов Н. В., Каменецких А. С.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт электрофизики Уральского отделения РАН (ИЭФ УрО РАН) (RU). - № 2013132711/02, заявл. 15.07.2013; Оpubл. 27.07.2015, Бюл. № 21

[3] Гаврилов Н.В., Меньшаков А.И., Соломонов В.И., Липчак А.И. ДИАГНОСТИКА РАЗРЯДНОЙ И ПУЧКОВОЙ ПЛАЗМЫ В ИСТОЧНИКЕ ЭЛЕКТРОНОВ НА ОСНОВЕ РАЗРЯДА С САМОНАКАЛИВАЕМЫМ ПОЛЫМ КАТОДОМ – Известия высших учебных заведений. Физика, 2015. – Т. 58. – № 9–2. – С. 88–92. IF 0,198

[4] Gavrilov, N. V.; Kamenetskikh, A. S. Self-oscillating mode of electron beam generation in a source with a grid plasma emitter – TECHNICAL PHYSICS, 2013. – V. 58. – Iss. 10. – P. 1426–1431. – DOI: 10.1134/S1063784213100101. IF 0,552

[5] N.M. Zubarev, O.V. Zubareva. Exact solutions for the evolution of a bubble in an ideal liquid in a uniform external electric field – Journal of Experimental and Theoretical Physics, 2015. – V. 147. – Iss. 1. – P. 155–160. – DOI: 10.1134/S1063776115010082. IF 0,879

**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**

1) Sharypov, K.A.; El'chaninov, A.A.; Mesyats, G.A.; Pedos, M.S.; Romancheko, I.V.; Rostov, V.V.; Rukin, S.N.; Shpak, V.G.; Shunailov, S.A.; Ul'masculov, M.R.; Yalandin, M.I. Coherent summation of Ka-band microwave beams produced by sub-gigawatt superradiance backward wave oscillators – Applied Physics Letters, 2013. – V. 103. – Iss. 13. – Art.no. 134103/ – DOI: 10.1063/1.4823512. IF 3,794

2) Rostov, V.V.; El'chaninov, A.A.; Klimov, A.I.; Konev, V.Yu.; Romanchenko, I.V.; Sharypov, K.A.; Shunailov, S.A.; Ul'maskulov, M.R.; Yalandin, M.I. Phase Control in Parallel Channels of Shock-Excited Microwave Nanosecond Oscillators – Ieee Transactions on Plasma Science, 2013. – V. 41. – Iss. 10. – P. 2735-2741. – DOI: 10.1109/TPS.2013.2270571. IF 0,868



3) Sharypov, K.A.; Ul'masculov, M.R.; Shpak, V.G.; Shunailov, S.A.; Yalandin, M.I.; Mesyats, G.A.; Rostov, V.V.; Kolomiets, M.D. Current waveform reconstruction from an explosively emissive cathode at a subnanosecond voltage front – *Review of Scientific Instruments*, 2014. – V. 85. – Iss. 12. – Art.no. 125104. – DOI: 10.1063/1.4902853. IF 1,584

4) Rostov, V.V.; Elchaninov, A.A.; Romanchenko, I.V.; Shunailov, S.A.; Ul'maskulov, M.R.; Sharypov, K.A.; Shpak, V.G.; Rukin, S.N.; Yalandin, M.I. Two-Channel Generator of the 8-mm Wavelength Range for Radiation with Subgigawatt Power Level Pulses – *Radiophysics and Quantum Electronics*, 2014. – V. 56. – Iss. 8-9. – P. 475-491. – DOI: 10.1007/s11141-014-9452-6. IF 1,014

5) J.A. McLeod, D.W. Boukhvalov, D.A. Zatsepin, R.J. Green, B. Leedahl, L. Cui, E.Z. Kurmaev, I.S. Zhidkov, L.D. Finkelstein, N.V. Gavrilov, S.O. Cholakh, A. Moewes. Local structure of Fe impurity atoms in ZnO: bulk versus surface – *The Journal of Physical Chemistry C*, 2014. – V. 118. – Iss. 10. – P. 5336-5345. – DOI: 10.1021/jp411219z. IF 4,835

6) N.S. Ginzburg, A.W. Cross, A.A. Golovanov, G.A. Mesyats, M.S. Pedos, A.D.R. Phelps, I.V. Romanchenko, V.V. Rostov, S.N. Rukin, K.A. Sharypov, V. G. Shpak, S. A. Shunailov, M. R. Ulmaskulov, M. I. Yalandin, and I.V. Zotova. Generation of Electromagnetic Fields of Extremely High Intensity by Coherent Summation of Cherenkov Superradiance Pulses – *Physical Review Letters*, 2015. – V. 115. – Iss. 11. – Art.no. 114802 (1–5). – DOI: 10.1103/PhysRevLett.115.114802. IF 7,512

7) Yalandin M.I., Mesyats G.A., Rostov V.V., Sharypov K.A., Shpak V.G., Shunailov S.A., and Ulmasculov M.R. Suppression of shunting current in a magnetically insulated coaxial vacuum diode – *Applied Physics Letters*, 2015. – Vol. 106. – Iss. 23. – Art.no. 233504(1–4). – DOI: 10.1063/1.4922484. IF 3,302

8) Gusev, A.I.; Pedos, M.S.; Rukin, S.N.; Timoshenkov, S.P.; Tsyranov, S.N. A 6 GW nanosecond solid-state generator based on semiconductor opening switch – *REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS*, 2015. – V. 86. – Iss. 11. – Art.no. 114706. – DOI: 10.1063/1.4936295. – IF 1,614

9) Kamenetskih, A.S.; Kukharenko, A.I.; Kurmaev, E.Z.; Skorikov, N.A.; Gavrilov, N.V.; Cholakh, S.O.; Chukin, A.V.; Zainullina, V.M.; Korotin, M.A. Characterization of TiAlSiON coatings deposited by plasma enhanced magnetron sputtering: XRD, XPS, and DFT studies – *SURFACE & COATINGS TECHNOLOGY*, 2015. – V. 278. – P. 87-91. – DOI: 10.1016/j.surfcoat.2015.08.007. IF 1,998

10) Goykhman, M.B.; Kladukhin, V.V.; Kladukhin, S.V.; Kovalev, N.F.; Kolganov, N.G.; Khramtsov, S.P. A high-power relativistic backward wave oscillator with a longitudinal slot slow-wave system – *TECHNICAL PHYSICS LETTERS*, 2015. – V. 40. – Iss. 1. – P. 84-86. – DOI: 10.1134/S1063785014010222. IF 0,583



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

Общее количество: 67: РНФ – 2, РФФИ – 65 (в т.ч. РФФИ-Урал – 5 шт.)

РФФИ, 13-08-00226, Нелинейная динамика металла при воздействии интенсивных потоков электромагнитной энергии и релятивистских электронных пучков суб- и наносекундной длительности, рук. Волков Н.Б., 2013 – 2015 гг., Общий объем финансирования: 1 600 000 руб.

Проводилось экспериментальное и теоретическое исследование с целью установления способов управления эффективностью преобразования энергии генератора электромагнитных импульсов с субнаносекундной длительностью фронта импульса. Установлено, что амплитуда и длительность импульса тока при разряде на неоднородную линию с замкнутым медной проволочкой диаметром, большим 300 мкм, существенно зависит от электродинамических и разрядных процессов у поверхности входного изолятора, которые как обостряют фронты импульса тока, так и уменьшают его амплитуду. В результате проведенных исследований сформулированы требования, необходимые для достижения оптимальных значений длительности фронтов и амплитуды импульса тока. С целью повышения точности измерений тока разработан алгоритм и написана программа в пакете MathLab для нахождения передаточной функции разработанных нами шунтов с помощью измеренных калибровочных кривых тока и напряжения. Показано, что найденная в результате передаточная функция позволяет с достаточно высокой точностью восстанавливать форму кривых тока на входе шунта. Данная программа находится в стадии доработки, после чего будет использована для обработки результатов экспериментов.

Проводились ранее начатые исследования по построению широкодиапазонных теоретических моделей металла при высоких плотностях энергии, позволяющих описывать быстропротекающие электрофизические процессы в металле с учетом структурных и фазовых переходов при высоких давлениях и температурах. Предложенная теоретическая модель жидкого состояния металла позволила описать экспериментальную кривую плавления натрия и меди в диапазоне давлений: Na -  $P=1 - 2 \cdot 10^5$  бар и Cu -  $P=1 - 1.2 \cdot 10^6$  бар.

РФФИ, 13-08-01088, Исследование многоканальных генераторов коротких электромагнитных импульсов СВЧ диапазона с синхронным и сфазированным возбуждением, рук. Шпак В.Г., 2013 – 2015 гг., Общий объем финансирования: 2 250 000 руб.

Получило дальнейшее развитие направление исследований по формированию мощных потоков электромагнитного излучения за счёт когерентного (синхронного) сложения полей коротких импульсов СВЧ- или радиочастотного диапазонов от электродинамически независимых генераторных приборов, фиксация и перестройка фазы которых связана с синхронизацией процесса возбуждения осцилляций от фронта питающего напряжения. Для



многоэлементных излучателей с ударно-возбуждаемыми антеннами решалась задача получения идентичных питающих импульсов напряжения с радиочастотной модуляцией огибающей с помощью автономных генераторных каналов в виде гиромагнитных нелинейных линий с насыщенным ферритом. Питание осуществлялось расщеплённым импульсом мощностью несколько гигаватт от высоковольтного твердотельного модулятора, допускавшего пакетный режим работы с частотой повторения в сотни герц. Исследованы спектральные характеристики импульсов в 4-х каналах, их относительная фазовая и амплитудная стабильность. Эти параметры признаны удовлетворительными для синфазного или управляемого суммирования излучения перспективных антенных систем.

РФФИ, 14-08-00249, Импульсный сильноточный разряд с самонакаливаемым полым катодом, рук. Гаврилов Н.В., 2014 – 2016 гг., Общий объем финансирования: 1 970 000 руб.

1. Реализован импульсно - периодический режим разряда с самонакаливаемым полым катодом с максимальной частотой повторения импульсов до 1 кГц и максимальным током разряда  $\sim 1$  кА.

2. Проведены расчеты теплового режима полого самонакаливаемого катода в импульсно-периодическом режиме.

3. Исследована импульсная эмиссия плазменного катода на основе разряда с полым самонакаливаемым катодом при низких ускоряющих напряжениях ( $\sim 100$  В) и давлениях 0,1 - 1 Па

4. Измерен массовый состав азотно-аргоновой плазмы, генерируемой импульсным сильноточным низкоэнергетическим электронным пучком при давлениях, характерных для установок магнетронного нанесения покрытий.

РФФИ, 14-08-00625, Исследование процессов коммутации тока в полупроводниковых приборах при формировании гигаваттных импульсов с нано- и субнаносекундным фронтом, рук. Рукин С.Н., 2014 – 2016 гг., Общий объем финансирования: 1 770 000 руб.

Предложена и реализована новая схема накачки полупроводникового прерывателя тока (SOS) на основе двойной формирующей линии (DFL). По сравнению со схемой накачки на сосредоточенных конденсаторах применение DFL позволило минимизировать индуктивность и паразитную емкость контура обратной накачки, и, таким образом, увеличить амплитуду обрываемого тока и выходную пиковую мощность генератора в целом. Схема накачки обеспечивает ввод в SOS обратного тока амплитудой 14 кА за время  $\sim 12$  нс. SOS обрывает ток за  $\sim 2$  нс, максимальная скорость обрыва тока  $(dI/dt)_{\max}$  достигает значения 7 кА/нс. Разрывная мощность прерывателя PSOS на внешней нагрузке выше 100 Ом составляет 13 ГВт. Полученные значения PSOS и  $(dI/dt)_{\max}$  с помощью полупроводниковых прерывателей ранее не достигались. Проведено численное моделирование процессов динамики электронно-дырочной плазмы и электрического поля в полупроводниковых структурах прерывателя тока, работающего в гигаваттном диапазоне переключаемой мощности.



Проведены исследования по сокращению длительности фронта импульсов гигаваттного уровня мощности с помощью полупроводниковых обострителей на базе четырехслойных тиристорных структур. После оптимизации параметров первого обострителя в 50-омном коаксиальном тракте диаметром 100 мм получены импульсы амплитудой 550 кВ (пиковая мощность 6 ГВт) с фронтом 520 пс по уровню 0.2–0.9 от амплитудного значения. Использование следующего обострителя, установленного в 50-омном тракте диаметром 50 мм, привело к сокращению фронта до 380 пс при амплитуде импульса 470 кВ (4.4 ГВт).

РФФИ, 14-08-31175-мол, Генерация мощных наносекундных импульсов на основе иерархических структур из твердотельных модулей, рук. Кладухин С.В., 2014 – 2015 гг., Общий объем финансирования: 800 000 руб.

Создан и экспериментально исследован демонстрационный макет генератора 10 МВт наносекундных импульсов на основе двухуровневой суммирующей структуры в режиме формирования импульсов длительностью до 150 нс с частотой следования до 2 кГц.

РФФИ, 14-08-00111-а, Особенности формирования взрывоэмиссионных электронных пучков в аспекте задач фиксации фазы излучения релятивистских микроволновых автогенераторов, рук. Шунайлов С.А., 2014 – 2016 гг., Общий объем финансирования: 2 060 000 руб.

Проанализированы параметры электрического поля на комбинации «стальной катодный электрод – графитовый острокромочный катод» и состояния их поверхностей в аспекте задержки перехода электронной эмиссии в сильноточную фазу в процессе тренировки высоковольтными импульсами. Рассмотрена проблема неизохронности суммирования падающего и отраженного от катода импульсов, которая существенно меняет динамику роста поля на участках вакуумной питающей линии при коротком фронте напряжения. Показано, что эмиссия со стали может быть минимизирована за счётное количество импульсов при полях на металле более 1 МВ/см, при этом развитие эмиссии с графита играет роль своеобразного предохранителя. Выяснено, что при плавном (~1 нс) нарастании напряжения эффект полировки микрорельефа, приводящий к задержке эмиссии со стали, проявляется при меньшей тренировке. При быстро нарастающем фронте начальная эмиссия со стали менее регулярна. Однако нескольких десятков импульсов для тренировки стали достаточно, чтобы гарантировать воспроизводимую эмиссию с графита и получение методом динамической рефлектометрии стабильной импедансной характеристики электронного инжектора во времени. Замечено, что на временах менее сотен пикосекунд от начала эмиссии с графита импеданс инжектора мало зависит от величины внешнего магнитного поля в диапазонах 1-5 Т.

РФФИ, 15-08-01707-а, Разработка генератора низкотемпературной плазмы атмосферного давления на основе импульсного объемного разряда для медицинских применений, рук. Пономарев А.В., 2015 – 2017 гг., Общий объем финансирования: 1 340 000 руб.

Оптимизированы форма и осуществлен подбор материала высоковольтного электрода системы генерации плазмы атмосферного давления. Работа проводилась с целью дости-



жения максимальной однородности обработки плазмой поверхности низковольтного электрода площадью  $\sim 100$  см<sup>2</sup>. Для генерации низкотемпературной плазмы объемом  $\sim 1$  л использовался импульсный объемный разряд, инициируемый с помощью коронного разряда. Эксперименты показали преимущество использования в качестве материала эмитирующей поверхности высоковольтного электрода войлока графитового ВГН-6.

В ходе экспериментов было выяснено, что объемный разряд зажигается неравномерно по всему сечению в виде отдельных плазменных каналов, или токовых нитей, через которые протекает ток разряда. Об этом свидетельствует распределение плотности тока одиночного импульса, демонстрирующее отсутствие протекания тока в ряде сегментов коллектора. После накопления результатов 100 импульсов горения разряда ток был зарегистрирован во всех сегментах без исключения. Это происходило, вероятно, из-за перемещения эмиссионных центров по поверхности высоковольтного электрода, что приводило к перемещению местоположения плазменных каналов. Таким образом, можно сделать вывод, что в частотном режиме работы вся поверхность низковольтного электрода будет подвергнута воздействию плазмы.

РФФИ, 12-08-01152-а, Влияние профиля легирования структуры на процесс отключения тока в мощных полупроводниковых диодах, рук. Цыранов С.Н., 2012 – 2014 гг., Общий объем финансирования: 1605000 руб.

Получены экспериментальные данные для SOS-диодов со структурой p<sup>+</sup>-p-n-n<sup>+</sup> типа с глубиной залегания p-n –перехода от 145 до 180 мкм. Методами численного моделирования исследованы процессы динамики электронно-дырочной плазмы в диоде на стадиях накачки и обрыва тока. Показано, что при высоких значениях плотности тока (десятки кА/см<sup>2</sup>) обрыв тока связан с образованием области сильного электрического поля в тонком ( $\sim 45$  мкм) слое высоколегированной p –области структуры, в котором концентрация акцепторов превышает  $10^{16}$  см<sup>-3</sup>, а процесс обрыва тока слабо зависит от глубины залегания p-n –перехода. При этом границы поля при своем движении всегда остаются в высоколегированных областях, не достигая плоскости p-n –перехода вплоть до окончания действия импульса напряжения на диоде.

РФФИ № 15-08-07821 «Исследование процесса переключения силовых диодных и тиристорных структур при сверхвысокой скорости нарастания воздействующего напряжения» рук. Цыранов С.Н., 2015 – 2017 гг., Общий объем финансирования: 1600000 руб.

Установлено, что при подаче на основные электроды тиристора внешнего импульса с наносекундным фронтом при скорости нарастания напряжения в диапазоне 0.5–6 кВ/нс процесс коммутации происходит в режиме распространения в структуре тиристора ударно-ионизационной волны. В этих условиях время перехода тиристора в проводящее состояние находится в диапазоне 200–400 пс. Найдены эмпирические соотношения, связывающие основные характеристики процесса переключения: напряжение включения, время нарастания импульса до переключения и время перехода в проводящее состояние. Проведено численное моделирование процесса переключения тиристора, которое показало,



что для объяснения полученных экспериментальных результатов необходим учет процесса ионизации глубоких технологических дефектов.

РФФИ, № 14-08-31348-мол «Формирование мощных импульсов напряжения с ультракоротким временем нарастания с помощью полупроводниковых ударно-ионизационных коммутаторов».

рук. Гусев А.И., 2014 – 2015 гг., Общий объем финансирования: 800000 руб.

Исследован ударно-ионизационный запуск силовых тиристоров при скорости подачи напряжения в диапазоне 0.5–6 кВ/нс. В этих условиях время перехода тиристора в проводящее состояние находится в диапазоне 200–400 пс. Найдены эмпирические соотношения, связывающие основные характеристики процесса переключения, и проведен численный расчет. Отличие экспериментальных, эмпирических и расчетных значений не превышает 8%. В экспериментах с разрядом емкостного накопителя с энергией 5 кДж тиристорный коммутатор обеспечивал амплитуду разрядного тока 114 кА с фронтом 5 мкс, максимальную скорость нарастания тока 32 кА/мкс и эффективность процесса переключения – 0.96.

**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**

Было реализовано 3 гранта ФЦП, однако к профилю референтной группы "Энергетика" они не относятся

### **Внедренческий потенциал научной организации**

**18. Наличие технологической инфраструктуры для прикладных исследований**

Для выполнения прикладных исследований в ИЭФ УрО РАН функционирует опытный участок, в состав которого входит 31 единица оборудования, позволяющего проводить механическую обработку материалов:

1. Станки токарно-винторезные (8шт.)
2. Станки фрезерные (4 шт.)



3. Станки ножовочный, долбежный, поперечно-строгальный, фрезерно-сверлильный, радиально-сверлильный, настольно-сверлильный, вертикально-сверлильный, универсально-заточные (2 шт.), универсально-шлифовальный, плоскошлифовальный, листогибочный.

4. Ножницы листовые (2 шт.) и комбинированные

5. Пресс гидравлический

6. Автомат для плазменной резки металла, аппарат полуавтоматической сварки, аппарат для электродуговой сварки.

Оборудование опытного участка постоянно используется для изготовления деталей и конструкций экспериментальных установок и стендов в ходе выполнения работ по государственному заданию, проектам и договорам.

С 2013 по 2015 годы с использованием оборудования опытного участка были получены наиболее значимые экспериментальные результаты института, перечисленные в п.12., а также:

1. Создана опытная установка для измельчения твёрдых материалов высоковольтными электрическими импульсами наносекундной длительности в режиме пробоя, с частотой следования импульсов в сотни герц и амплитудой импульсов напряжения более 500 кВ, позволяющая получать фракции необходимого размера, не допуская переизмельчения исходного материала. Исследовано влияние временных характеристик импульса напряжения на эффективность дробления частиц твёрдых материалов. Использование в производстве кварцевого концентрата наносекундных генераторов, формирующих импульсы напряжения со временем нарастания 15–20 нс и длительностью на полувывоте 20–25 нс, обеспечивает более эффективное использование исходного сырья, уменьшая потери из-за переизмельчения при механическом дроблении в 5 раз, с 15 % до 3 %. Выход товарной фракции с размерами частиц от 0,1 до 0,3 мм достигает 89 %.

2. Создан ускоритель электронов УРТ-1М-300 для мобильной установки для обеззараживания одежды, обуви, документов и личных вещей от патогенных микроорганизмов в полевых условиях (ускоряющее напряжение до 1 МВ, частота работы до 300 Гц, размер пучка электронов 400×100 мм, длительность импульса 100 нс). В состав ускорителя входит система компьютеризированного мониторинга параметров (выходных параметров и теплового режима) и дистанционного управления ускорителем (зарядное напряжение, частота запуска), его элементами и вспомогательных систем (накал тиратрона, вакуумная система), облегчающая работу обслуживающего персонала, при этом дистанционный пульт управления имеет связь с установкой по оптоволоконному каналу. Ускоритель электронов может быть использован в радиационных технологиях в слоях толщиной до 0,3 г/см<sup>2</sup>, а также как генератор тормозного излучения.

3. Разработаны модули распределённого двухуровневого сумматора и формирователей первичных импульсов, обеспечивающие создание генераторов высоковольтных наносекундных импульсов прямоугольной формы с параметрами:

- напряжение – до 300 кВ;



- ток – до 2 кА;
- длительность импульсов – до 150 нс;
- частота следования импульсов до 2 кГц.

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

1) Наименование разработки: "Установка нанесения покрытий"

Используется в производстве с 2015г.

Область применения: нанесение покрытий

Бизнес-партнер: Институт реакторных материалов Росатом, г.Заречный

Акт выполненных работ к договору №5/15 от 06.02.2015 с АО "Институт реакторных материалов"

2) Наименование разработки: "Ионный источник"

Используется в производстве с 2014г.

Область применения: обработка лопаток авиационных двигателей

Бизнес-партнер: Технопарк авиационных технологий, г.Уфа

Акт выполненных работ к договору №16/14 от 10.09.2014 с ИНТ НП "Технопарк АТ"

3) Наименование разработки: "Ускоритель электронов УРТ-1М-300"

(2014г.)

Область применения: дезинфекция

Бизнес-партнер: ООО "НПП "Лазерные системы", г.Санкт-Петербург; ООО "ЭЛФИ-ТЕХ", г.Екатеринбург

Акт выполненных работ к договору №23/14 от 10.11.2014 с ООО "ЭЛФИТЕХ"

4) Наименование разработки: «Универсальный рентгеновский аппарат-моноблок с цифровой системой регистрации», (2013-2015г.г.)

Сведения об апробации - АО "Уральский завод гражданской авиации", ООО "Уральская вертолетная компания"

Область применения: радиационная дефектоскопия

Бизнес-партнер: ООО "Субмикроволновая диагностическая аппаратура"

Акты выполненных работ к договорам №7/15 от 15.06.2015, №11/15 от 22.06.2015, №12/15 от 22.06.2015 с ООО "Субмикроволновая диагностическая аппаратура"

## **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**

нет

## **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. Договор № 17/13 от 01.04.2013 г. с ООО «ЭЛФИТЕХ» «Разработка, проведение пуско-наладочных работ и испытаний ускорителя УРТ-1М». 2013–2014 гг.

Разработана конструкторская документация, проведены пуско-наладочные работы и испытания ускорителя УРТ-1М.

2. Договор № 25/13 от 23.12.2013 г. с ОАО «Институт реакторных материалов» (ОАО «ИРМ») «Поставка установки ионно-плазменного напыления». 2013–2015 гг.

Изготовлена и поставлена установка ионно-плазменного нанесения покрытий методом реактивного магнетронного распыления с ионным сопровождением. Установка обеспечивает нанесение покрытий из нитрида титана толщиной 2–3 мкм на образцы из стали ЭП 637 диаметром 74 и 50 мм.

3. Договор № 05/14 от 18.04.2014 г. с ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова» «Работы по созданию прекурсоров топливных микроэлементов»

Созданы прекурсоры, обеспечивающие технологическую базу для создания топливного микроэлемента.

4. Договор № 07/14 от 28.04.2014 г. с ОИВТ РАН «Разработка и исследование вариантов реализации автономного генератора высоко-вольтных импульсов». 2014–2015 гг.

1) Исследована и обоснована возможность генерации мощных высоковольтных импульсов микросекундной длительности с частотой следования импульсов свыше 200 Гц на основе искусственной линии и много искрового разрядника.

2) Исследована и обоснована возможность создания систем автономного питания мегаваттной мощности с ёмкостной нагрузкой.

5. Договор № 12/14 от 09.09.2014 г. с ФИАН РАН «Разработка и исследование модулей мобильных систем питания на основе литий-ионных аккумуляторов».

1) Дано технико-экономическое обоснование возможностей создания мобильных систем питания мегаваттного уровня мощности на основе литий-ионных аккумуляторов.

2) Предложены научно-технические решения по созданию модульных систем питания мегаваттного уровня мощности на основе литий-ионных аккумуляторов.



3) Разработаны накопительных модули из литий-ионных элементов ориентированные на конфигурирование сумматора Аркадьева-Маркса.

4) Разработка модуль управляемого вывода энергии в ёмкостные накопители со средней мощностью свыше 1 МВт.

6. Договор № 16/14 от 10.09.2014 г. с ИНТ НП «Технопарк АТ» «Разработка и поставка опытного образца источника широкого пучка ионов газов». 2014–2015 гг.

Разработана конструкция опытного образца источника широкого пучка ионов газов.

7. Договор № 19/14 от 09.10.2014 г. с ITAC Ltd., Япония «Комплект источников питания для установки нанесения покрытий».

Разработан и изготовлен опытный образец комплекта источников питания для установки нанесения покрытий.

8. Договор № 26/14 от 18.12.2014 г. с Компанией «Лаборатория мощной импульсной техники Японии Лтд», Япония «Полупроводниковые прерыватели тока типа SOS-60-4». 2014–2015 гг.

Разработаны, изготовлены и испытаны полупроводниковые прерыватели тока SOS-60-4 в количестве 4 шт. Приборы подготовлены к отправке.

9. Договор № 2/15 от 03.06.2015 г. с ООО «Инжиниринговый центр МФТИ по трудно-извлекаемым полезным ископаемым» «Исследование влияния разупрочнения руды под действием импульсного электромагнитного поля на опытной установке мобильной для обеззараживания».

Проведено исследование влияния электромагнитной обработки импульсами магнитного и совместного магнитного и электрического полей на эффективность помола железосодержащей руды Михайловского ГОК. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что благодаря МИО имеет место некоторая положительная тенденция в увеличении эффективности помола, но доверительные интервалы полученных данных по выходу фракции -0,04 мм при помоле с предварительной обработкой и без нее из-за высокого статистического разброса перекрываются. По этой причине зависимость эффективности помола от таких параметров МИО, как амплитуда и частота импульса магнитного поля в исследованном широком диапазоне, количества импульсов установить не удалось. Увеличение выхода мелкой фракции за счет МИО в среднем составило 10-12%.

10. Договор № 3/15 от 22.06.2015 г. с ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова» «Разработка, изготовление и поставка образцов микро ТОТЭ».

Разработаны, изготовлены и поставлены образцы микро ТОТЭ в количестве 3 шт.

**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**

Основными направлениями исследований ИЭФ УрО РАН являются: генерация мощных потоков корпускулярного и/или электромагнитного излучения, физика высоких плотностей энергии, поведение веществ под воздействием высококонцентрированных потоков энергии, проблемы импульсной энергетики, модификация материалов с применением методов сильноточной электроники и т.д. Данные направления высоко актуальны, относятся к Приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в РФ, вносят вклад в развитие критических технологий РФ и соответствуют пунктам Программы ФНИ государственных академий на 2013-2020 годы, Стратегии научно-технологического развития России. Дополнительным подтверждением этому является одобрение в 2016 году научно-координационным советом ФАНО России проекта актуального направления научно-технологического развития Российской Федерации «Проблемы физической электроники мощных импульсных систем: генерация электромагнитного излучения и плазмы, релятивистская СВЧ-электроника, физика мощных пучков заряженных частиц», представленного ИЭФ УрО РАН.

Институт является признанным лидером в области научных исследований и разработок, обладает самодостаточностью и уникальными научными достижениями, а также сложившимися связями с отечественными и зарубежными партнерами. Прочным основанием успешной работы института является взаимодополняющее сочетание фундаментальных исследований и практической реализации устройств. Практические разработки направлены на освоение прорывных технологий создания специальной техники научного, оборонного и медицинского назначений, производства принципиально новых материалов и высокоэффективной модификации поверхности конструкционных элементов. Уникальная электрофизическая аппаратура, созданная в Институте, успешно используется в научных центрах 15 стран мира.

Пионерскими, не имеющими мировых аналогов являются результаты научных исследований по многоканальным системам когерентных излучателей мощных СВЧ импульсов с электронно-управляемой фазой, достижение субнаносекундного времени коммутации тока полупроводниковыми приборами при гигаваттном уровне переключаемой мощности. Это открывает возможности создания нового поколения сильноточных ускорителей электронов, источников импульсов рентгеновского излучения, аддитивного наращивания плотности потока мощности импульсных СВЧ источников для радиолокации и электромагнитного воздействия.

В институте разработаны оригинальные методики и проведены уникальные эксперименты в области физики сверхбыстропротекающих процессов – пикосекундной стадии запаздывания импульсного газового разряда; создан замкнутый цикл работ от производства



нанопорошков и исследования их характеристик до изготовления конкретных изделий, включая перспективное применение в водородной энергетике; выполнены оригинальные LDA+DMFT расчёты электронного спектра нового класса сверхпроводников на основе железа; разработаны и исследованы ионно-плазменные методы модификации поверхности, готовые для внедрения в производство; созданы уникальные полупроводниковые прерыватели тока высокой плотности (SOS- диоды), предназначенные для формирования импульсов высокого напряжения, возникающих при обрыве тока в индуктивном накопителе энергии, обладающие высокой надежностью, стабильностью и способностью работать при высоких частотах.

Институт входит в перечень организаций оборонно-промышленного комплекса России и участвует в выполнении работ по государственному оборонному заказу.

Научные результаты Института ежегодно включаются в перечень наиболее важных научных достижений РАН.

Научный штат Института состоит из 107 научных сотрудников, из них: 3 академика РАН, 6 член-корреспондентов РАН, 21 доктор наук и 54 кандидата наук. Несмотря на трудности финансирования последних лет, Институт постоянно пополняется молодыми исследователями: доля молодых ученых (до 39 лет) составляет 38%.

Фундаментальные исследования и практические разработки в институте проводятся под руководством выдающихся ученых – членов РАН:

академика РАН Месяца Г.А. - в области электроники и электрофизики;

академика РАН Садовского М.В. – в области теории конденсированного состояния вещества;

академика РАН Яландина М.И. – в области физики быстропротекающих электроразрядных процессов, сильноточной ускорительной техники и релятивистской высокочастотной электроники;

член-корр. РАН Гаврилова Н.В. – в области физики газовых разрядов, низкотемпературной плазмы, физики и техники плазменных источников заряженных частиц и ионно-лучевой модификации свойств материалов;

член-корр. РАН Зубарева Н.М. – в области физики электрических разрядов, а также физики нелинейных явлений в жидкостях в электрическом и магнитном полях;

член-корр. РАН Иванова В.В. – в области порошковых нанотехнологий получения новых функциональных керамических и композиционных материалов;

член-корр. РАН Некрасова И.А. – в области современных численных методов расчетов электронных свойств твердых тел, прежде всего, реальных сильно коррелированных систем;

член-корр. РАН Осипова В.В. - в области физики газового разряда, квантовой электроники и физики взаимодействия излучения с веществом;

член-корр. РАН Шпака В.Г. - в области создания и применения малогабаритных сильноточных импульсных систем.



Признанием научных заслуг ведущих ученых института являются полученные ими государственные, международные и престижные награды, медали и ордена. Среди них: - международная премия У. Дайка за открытие и исследования взрывной электронной эмиссии 1990 г. (Месяц Г.А.), международная премия Эрвина Маркса 1991г. (Месяц Г.А.), международная премия Галилео Галилея 1997 г. (Кундикова Н.Д.), Государственная премия РФ 1998 г. (Месяц Г.А., Шпак В.Г., Яландин М.И.), Премия Правительства РФ в области науки и техники 2002 г. (Месяц Г.А.), Государственная премия РФ в области науки и техники 2002 г. (Котов Ю.А., Любутин С.К., Рукин С.Н., Словицкий Б.Г., Филатов А.Л., Цыранов С.Н.), Демидовская премия «За выдающийся вклад в развитие электрофизики» 2002г. (Месяц Г.А.), Государственная премия РФ в области науки и техники 2003 г. (Новоселов Ю.Н.), Государственная премия РФ для молодых ученых за выдающиеся работы в области науки и техники 2003 г. (Зубарев Н.М.), международная энергетическая премия «Глобальная энергия» 2003 г. (Месяц Г.А.), Орден Почётного легиона (Франция) за 2008г. (Месяц Г.А.), звание «Заслуженный деятель науки РФ» в 2010г. (Осипов В.В.), звание «Заслуженный деятель науки РФ» в 2011г.(Гаврилов Н.В.), Премия Правительства Российской Федерации 2016 года в области науки и техники (Яландин М.И.), международная премия Эрвина Маркса 2017г. (Рукин С.Н.), а также медали и премии РАН: Премия имени А. Г. Столетова за 1996г. (Месяц Г.А.), Премия имени А. Г. Столетова за 2002г. (Садовский М.В.), Золотая медаль имени Н. Н. Моисеева за 2002г. (Месяц Г.А.), Золотая медаль имени С. В. Вонсовского за 2004г. (Месяц Г.А.), Золотая медаль имени М. А. Лаврентьева за 2005г. (Месяц Г.А.), премия имени П. Н. Яблочкова за 2012г. (Шпак В.Г., Яландин М.И.), Золотая медаль имени В.Л.Гинзбурга за 2016г. (Садовский М.В.).

Институт обладает необходимым потенциалом для обеспечения непрерывного цикла подготовки специалистов со студенчества до защиты диссертационной работы. В Институте электрофизики УрО РАН со времени его основания действует научная школа академика Г.А. Месяца.

Силами ИЭФ УрО РАН проводится работа со школьниками в рамках Малой академии наук по направлению «физика». За 2013-2015г.г. молодыми учеными Института электрофизики УрО РАН прочитаны лекции, а также осуществлено научное руководство проектами в школах 65 и 181. В рамках недели науки молодые ученые ежегодно проводят в ИЭФ экскурсии, а также занятия для детей из подведомственного ФАНО садика ДОУ 568 и учеников 177 гимназии. Молодые ученые участвуют в школьных конкурсах в качестве членов жюри (школы 13 и 130).

ИЭФ УрО РАН тесно сотрудничает с базовой кафедрой электрофизики УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина как в образовательной, так и в научной сферах. Учебно-исследовательская работа студентов, занятия по специальным дисциплинам, а также практики всех видов, включая преддипломную и дипломную, проводятся в исследовательских лабораториях Института электрофизики УрО РАН. Студентам кафедры электрофизики предоставлена возможность пользования научным оборудованием лабо-



раторий Института и научной библиотекой. Ежегодно ИЭФ выделяет 3 стипендии «имени А.А. Воробьева» лучшим студентам кафедры «Электрофизики». В 2013г. лауреатами Фонда Потанина В.Н. стали 2 студента кафедры.

Институт имеет лицензию и свидетельство об аккредитации на осуществление подготовки аспирантов по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия». Информация о программе аспирантуры размещена на сайте: <http://iep7.iep.uran.ru/iep/aspir.htm> .

В Институте действует Диссертационный совет Д004.024.01. За 2013-2015г.г. в Диссертационном совете при ИЭФ УрО РАН были защищены 12 диссертаций, из них 2 - докторские. Информация о деятельности совета размещена на сайте: <http://iep7.iep.uran.ru/iep/diss.htm> .

Награды Института и сотрудников за период 2013-2015г.г.:

ИЭФ УрО РАН награжден Дипломом Торгово-промышленной палаты Российской Федерации (2013г.)

Сотрудники института были отмечены наградами:

2013г.

Шпак Валерий Григорьевич Медаль ордена «За заслуги перед Отечеством II степени».

1 чел. Стипендия Президента РФ для молодых учёных

2 чел. Диплом Федеральной службы по интеллектуальной собственности

1 чел. Благодарность полномочного представителя Президента Российской Федерации в Уральском федеральном округе.

1 чел. Почётная грамота Губернатора Свердловской области

1 чел. Почётная грамота Правительства Свердловской области

2 чел. Почётная грамота Законодательного Собрания Свердловской области.

1 чел. Почётная грамота Министерства промышленности и науки Свердловской области.

3 чел. Почётная грамота Главы Екатеринбурга – Председателя Екатеринбургской городской Думы.

3 чел. Благодарственное письмо Главы Екатеринбурга – Председателя Екатеринбургской городской Думы.

1 чел. Почётная грамота РАН За содействие развитию и охране интеллектуальной собственности в России.

2014г.

1 чел. Стипендия Президента РФ для молодых учёных.

1 чел. Стипендия фонда «Династия» Д.Б. Зимина для аспирантов и молодых учёных.

1 чел. Благодарность полномочного представителя Президента Российской Федерации в Уральском федеральном округе.

1 чел. Почётная грамота Министерства промышленности и науки Свердловской области.

3 чел. Почётная грамота Главы Екатеринбурга – Председателя Екатеринбургской городской Думы.

2 чел. Почётная грамота Екатеринбургской городской думы.



1 чел. Благодарственное письмо Главы Екатеринбурга – Председателя Екатеринбургской городской Думы.

1 чел. Грант «Академическая мобильность» фонда благотворительных программ Михаила Прохорова.

2015г.

2 чел. Премия имени академика И.М. Цидильковского.

2 чел. Почётный диплом имени В.П. Скрипова.

1 чел. Грант Президента Российской Федерации по государственной поддержке молодых российских учёных – кандидатов наук.

2 чел. Стипендия Президента Российской Федерации молодым учёным и аспирантам, осуществляющим перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики, на 2015–2017 годы.

1 чел. Благодарность Федерального агентства научных организаций.

3 чел. Почётная грамота Министерства промышленности и науки Свердловской области.

1 чел. Почётная грамота Главы Екатеринбурга – Председателя Екатеринбургской городской Думы.

2 чел. Благодарственное письмо Главы Екатеринбурга – Председателя Екатеринбургской городской Думы.

1 чел. Премия Губернатора Свердловской области для молодых учёных.

1 чел. Диплом I степени Второй Всероссийской молодёжной научно-технической конференции с международным участием «Инновации в материаловедении» (секция «Керамические и композиционные материалы»).

Институт электрофизики является постоянным соорганизатором научных конференций:

1) Всероссийская научная конференция студентов-физиков и молодых ученых: ВНКСФ-21 (2015г.) – 380 участников;

ВНКСФ-20 (2014г.) – 335 участников;

ВНКСФ-19 (2013г.) – 336 участников.

2) Летняя межрегиональная школа физиков и молодых учёных:

ЛМШФ-11 (2015г.) -35 участников;

ЛМШФ-10 (2014г.) -100 участников.

3) Международная зимняя школа физиков-теоретиков «Коуровка»:

«Коуровка - XXXV» (2014г.) – 80 участников.

Сотрудники института являются членами международных научных организаций, структур РАН и редколлегий:

академик Г.А.Месяц

1. Член Президиума РАН, УрО РАН

2. Член бюро ОФН РАН

3. Член бюро научно-издательского совета РАН

4. Иностраннный член Национальной академии наук Украины



5. Иностраннный член Национальной академии наук Армении
  6. Иностраннный член Американской инженерной академии.
  7. Заслуженный профессор МФТИ (с 2011)
  8. Председатель научно-редакционного совета издания «Большая энциклопедия «Терра»».
  9. Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология», редколлегия.
  10. Журнал Успехи физических наук, редколлегия.
  11. Журнал Вестник РАН, редколлегия.
  12. ЖТФ, редколлегия.
  13. Журнал Laser and Particle beams, редколлегия.
- академик М.В.Садовский
1. Член бюро ОФН РАН
  2. Член Института физики Великобритании
  3. Член Американского физического общества
  4. Зам. председателя комиссии РАН по борьбе с лженаукой и фальсификацией научных исследований
  5. Член Президиума УрО РАН
  6. Журнал экспериментальной и теоретической физики, редколлегия.
  7. Журнал Успехи физических наук, редколлегия.
- академик М.И. Яландин
1. Член Американского физического общества
  2. Член Института инженеров по электротехнике и электронике (IEEE)
  3. Координатор экспертного совета РФФИ
  4. Председатель Научного совета по релятивистской и сильноточной электронике
  5. Журнал Известия вузов Радиофизика, редколлегия
- член-корр. РАН В.Г.Шпак
1. Член Президиума УрО РАН
  2. Председатель Объединенного ученого совета по физико-техническим наукам УрО РАН.
- Кундикова Н.Д.– член Американского оптического общества.  
 Ивченко В.А. – член Международного общества по полевой эмиссии (IFES).  
 Липилин А.С. – член Американского керамического общества.  
 член-корр. РН Осипов В.В. - член редколлегии журнала «Фотоника»  
 Иванов М.Г. – член Коллегии национальных экспертов стран СНГ по лазерам и лазерным технологиям, член международной лаборатории «Joint Photonics Laboratory» Института Низких Температур и Структурных Исследований (ILT&SR) Польской Академии Наук.



В настоящее время в Институте ведется капитальный ремонт Блока Общего Назначения (БОН) площадью 5555 м<sup>2</sup>. После капитального ремонта здание с его уникальным набором больших и малых залов будет использовано в качестве Конгресс-центра. Предполагается его использование для проведения международных и российских научных конгрессов, конференций и школ, а также в качестве культурного центра микрорайона.

Дополнительные материалы по разработкам института можно найти на сайте:

<http://www.iep.uran.ru/razzr/>

ФИО руководителя

*Чайковски С.А.*

Подпись

*С.А. Чайковский*

Дата

*22.05.2017*



057730