



Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт сильноточной электроники  
Сибирского отделения РАН

Россия, 634055, г. Томск,  
пр. Академический, 2/3

Тел. (3822) 491-544  
Факс (3822) 492-410  
E-mail: [contact@hcei.tsc.ru](mailto:contact@hcei.tsc.ru)  
<http://www.hcei.tsc.ru>



**ИНСТИТУТ  
СИЛЬНОТОЧНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ**  
Сибирского отделения Российской академии наук





**ОЧНАЯ АСПИРАНТУРА  
ПО 2 НАПРАВЛЕНИЯМ**

**МАГИСТРАТУРА НА КАФЕДРЕ  
ФИЗИКИ ПЛАЗМЫ ТГУ**

**БИБЛИОТЕКА**

**ЦЕНТР КОМПЕТЕНЦИЙ**

**ЦЕНТР КОЛЛЕКТИВНОГО  
ПОЛЬЗОВАНИЯ**

**363**  
РАБОТНИКА

**148** НАУЧНЫХ  
СОТРУДНИКОВ

**2**  
АКАДЕМИКА РАН

**1**  
ЧЛЕН-КОРР. РАН

**10**  
ПРОФЕССОРОВ

**11**  
ДОЦЕНТОВ

**2** НАУЧНЫХ  
ОТКРЫТИЯ

**15** НАУЧНЫХ  
ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

**3** МОЛОДЕЖНЫХ  
ЛАБОРАТОРИИ

**2** ДИССЕРТАЦИОННЫХ  
СОВЕТА

**37**  
ДОКТОРОВ НАУК

**62**  
КАНДИДАТА НАУК

**5** УНИКАЛЬНЫХ  
НАУЧНЫХ УСТАНОВОК РФ

Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук организован в 1977 г. для проведения фундаментальных и прикладных научных исследований в области сильноточной электроники.

Организатор и первый директор института – академик РАН Г.А. Месяц. После него институтом руководили академики РАН С.П. Бугаев, С.Д. Коровин, Н.А. Ратахин. С апреля 2021 г. директором института является д.ф.-м.н. Илья Викторович Романченко, выпускник кафедры физики плазмы ТГУ.

В институте 15 научных подразделений, включая 3 молодежных лаборатории, две из которых организованы в 2019 г., одна – в 2021 г. В структуру института входит Научно-исследовательский центр «Томский центр компетенций в области пучково-плазменной инженерии и синхротронных исследований». В ИСЭ СО РАН работают 2 академика РАН, 1 член-корреспондент РАН, 37 докторов и 62 кандидата наук. Число работающих без совместителей 363, из них 148 научных сотрудников. Доля исследователей в возрасте до 39 лет составляет 41%. Имеется очная аспирантура по двум направлениям подготовки и четырем специальностям, два диссертационных совета. Институт является базовым для кафедры физики плазмы Национального исследовательского Томского государственного университета.

Основные направления научных исследований института: фундаментальные проблемы физической электроники, в том числе сильноточной электроники и разработка на их основе новых приборов, устройств и технологий, а также современные проблемы физики плазмы, включая физику низкотемпературной плазмы и основы ее применения в технологических процессах. Значительные практические перспективы имеют осуществляемые в институте работы по импульсной энергетике, в том числе направленные на осуществление инерциального термоядерного синтеза; разработки источников пучков частиц и излучений для исследований по радиационной стойкости, электромагнитной совместимости, радиолокации, в том числе в интересах оборонной отрасли; разработки физических основ и оборудования для электронно-ионно-плазменных технологий модификации материалов и изделий.



РОМАНЧЕНКО Илья Викторович,  
директор ИСЭ СО РАН, д.ф.-м.н.

Результаты фундаментальных исследований и разработок, выполняемых в ИСЭ СО РАН, в значительной степени определяют мировой уровень исследований в указанных выше предметных областях. Исследования ведутся с использованием обширного парка электрофизических экспериментальных установок, в числе которых уникальные научные установки России ГИТ-12, МИГ, СИНУС-7, ТНЛ-100, УНИКУУМ.

Научные работники института публикуют свои научные результаты в высокорейтинговых зарубежных и российских журналах. Так в 2021 году опубликовано 380 научных публикаций, в том числе статей в изданиях, индексируемых в базе данных Web of Science – 136, в базе данных Scopus – 223; 5 монографий.



КАФЕДРА ФИЗИКИ ПЛАЗМЫ .....	3
ОТДЕЛ ВЫСОКИХ ПЛОТНОСТЕЙ ЭНЕРГИИ .....	4
ОТДЕЛ ИМПУЛЬСНОЙ ТЕХНИКИ .....	6
ОТДЕЛ ФИЗИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ.....	8
ЛАБОРАТОРИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	10
ЛАБОРАТОРИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ .....	12
ЛАБОРАТОРИЯ ВАКУУМНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ .....	14
ЛАБОРАТОРИЯ ПЛАЗМЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	16
ЛАБОРАТОРИЯ ПЛАЗМЕННОЙ ЭМИССИОННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ .....	18
ЛАБОРАТОРИЯ ПРИКЛАДНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ.....	20
ЛАБОРАТОРИЯ ПЛАЗМЕННО-ПУЧКОВОЙ ИНЖЕНЕРИИ ПОВЕРХНОСТИ .....	22
ЛАБОРАТОРИЯ ОПТИЧЕСКИХ ИЗЛУЧЕНИЙ .....	24
ЛАБОРАТОРИЯ ГАЗОВЫХ ЛАЗЕРОВ .....	26
ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ .....	28
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ .....	30
ЛАБОРАТОРИЯ НЕЛИНЕЙНОЙ ВИДЕОИМПУЛЬСНОЙ ЛОКАЦИИ.....	32

Кафедра основана в 1984 г. по инициативе известного ученого и организатора науки Геннадия Андреевича Месяца с целью подготовки научных кадров по профилю Института сильноточной электроники СО РАН. Институт является базовой научной организацией кафедры физики плазмы Национального исследовательского Томского государственного университета. За прошедшие годы на кафедре подготовлено более 170 выпускников, двое из которых стали членами-корреспондентами РАН, трое – директорами институтов РАН. Более трех десятков выпускников кафедры защитили кандидатские и докторские диссертации и продолжают научную карьеру в ИСЭ СО РАН и других научных центрах. В настоящее время 38 выпускников кафедры являются сотрудниками института. Среди них директор института И.В. Романченко, заместители директора по научной работе А.В. Батраков и И.Ю. Турчановский, ученый секретарь О.В. Крысина, руководитель отдела образовательной деятельности И.В. Пегель.

Занятия со студентами на кафедре ведут ведущие научные работники института профессора Ю.Д. Королев, Н.Н. Коваль, И.А. Шемякин, М.И. Ломаев, доценты Е.В. Корюкина, А.В. Шипилова, старшие преподаватели Н.С. Семенюк и П.В. Припутнев. С 2017 г. по настоящее время заведующим кафедрой является д.ф.-м.н. М.И. Ломаев. Кафедра располагает в институте двумя лекционными студенческими аудиториями, компьютерным классом, комнатой для преподавателей.

Основными дисциплинами, изучаемыми на кафедре, являются физика плазмы, физика газового разряда, эмиссионная электроника, основы физики твердого тела, мощная импульсная техника, физика пучков заряженных частиц, квантовая электроника, моделирование процессов в плазме, физические основы плазменно-пучковых технологий.

Студенты, окончившие магистратуру на кафедре физики плазмы, имеют возможность поступить в аспирантуру института.

В настоящее время институт осуществляет обучение по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров по двум направлениям: физика и астрономия; электроника, радиотехника и системы связи; и по четырем научным специальностям: физическая электроника; оптика; электрофизика, электрофизические установки; вакуумная и плазменная электроника.



ЛОМАЕВ  
Михаил Иванович,  
заведующий кафедрой, д.ф.-м.н.  
Lomaev@loi.hcei.tsc.ru

В число организаций, куда распределяются выпускники кафедры, входят:

- ИСЭ СО РАН, г. Томск;
- Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург;
- Предприятия государственной корпорации Росатом;
- Предприятия государственной корпорации Роскосмос;
- Другие научные и производственные организации России.





**ОРЕШКИН**  
Владимир Иванович,  
д.ф.-м.н., зав. ОВПЭ  
oreshkin@ovpe.hcei.tsc.ru

Лаборатория высоких плотностей энергии была создана в 1982 году, по предложению академика РАН Г.А. Месяца. Возглавил и сформировал основные научные идеи нового подразделения лауреат Ленинской премии А.В. Лучинский. Ядро лаборатории составили молодые выпускники Томских вузов и группа сотрудников из Отдела физической электроники, в то время возглавляемого Г.А. Месяцем. С 1994 по 2020 год заведующим отделом являлся академик Российской академии наук Н.А. Ратахин. С января 2021 г. заведующим ОВПЭ стал д.ф.-м.н. Владимир Иванович Орешкин.

В настоящее время коллектив отдела состоит из 27 человек, из них 14 научных сотрудников, 4 доктора наук, 5 кандидатов наук, защищено 6 докторских диссертации, 9 кандидатских, получена 1 Государственная премия (в составе коллектива), опубликовано более 500 печатных работ.

## Научные направления

- Исследование микро- и наносекундных мегаамперных Z-пинчей; сильноточных релятивистских электронных пучков; плотной высокотемпературной плазмы.
- Исследование взрыва микропроводников.
- Разработка тераваттных, наносекундных низкоимпедансных генераторов; методов получения мегагаусных магнитных полей; интенсивных потоков мягкого и сверхжесткого рентгеновского излучения.

## Значимые публикации

1. D. Klir, A.V. Shishlov, V.A. Kokshenev, P. Kubes, K. Rezac, S. Buryskova, R.K. Cherdizov, J. Cikhardt, B. Cikhardtova, G.N. Dudkin, J.T. Engelbrecht, F.I. Fursov, S.L. Jackson, J. Krasa, J. Kravarik, N.E. Kurmaev, V. Munzar, V.N. Padalko, N.A. Ratakhin, O. Sila, K. Turek, V.A. Varlachev, R. Wagner "Acceleration of protons and deuterons up to 35 MeV and generation of 1013 neutrons in a megaampere deuterium gas-puff z-pinch" // Plasma Physics and Controlled Fusion, 61 (2019) 014018. DOI: <https://doi.org/10.1088/1361-6587/aad99>
2. A.G. Roussikh, A.S. Zhigalin, V.I. Oreshkin, And R.B. Baksht "The expansion velocity of the plasma corona surrounding the exploding aluminum foil", Phys. Plasmas 27, 033505 (2020); <https://doi.org/10.1063/1.5140524>.
3. Rina Baksht, Alexander Zhigalin, Alexander Roussikh, and Vladimir Oreshkin, "Experimental studies of the shunting discharge developing during a foil explosion in vacuum", Physics of Plasmas, 27, 043510 (2020); <https://doi.org/10.1063/1.5139083>.
4. V I Oreshkin, R B Baksht, R K Cherdizov, E V Oreshkin, N A Ratakhin, A G Roussikh, A V Shishlov, V A Vankevich and A S Zhigalin, Studies on the implosion of pinches with tailored density profiles, Plasma Phys. Control. Fusion 63 (2021) 045022 (12pp) <https://doi.org/10.1088/1361-6587/ab959>.
5. S.A. Sorokin Fast implosion of foil liners // Physics of Plasmas V.26, 082706 (2019).

## Основные научные достижения

- Создана серия оригинальных наносекундных мегаамперных генераторов (СНОП-2, СНОП-3, СГМ, МИГ) с выходной мощностью от долей тераватта до нескольких тераватт.
- Исследована динамика сжатия наносекундных Z-пинчей, а также процессы, происходящие при их сжатии. Особое внимание всегда уделялось способам подавления плазменных неустойчивостей и методам повышения излучательных характеристик плазменных Z-пинчей.
- Определены основные закономерности и продемонстрирована возможность получения с помощью Z-пинча мегагаусных магнитных полей и мягкого рентгеновского излучения (МРИ).
- Разработаны и совершенствуются адекватные эксперименту расчетные (МРГД) модели, описывающие поведение токонесущей плотной излучающей высокотемпературной плазмы.
- Получены рекордные по ряду параметров (мощность, длительность) импульсы сверхжесткого рентгеновского ( $h\nu = 20-100$  кэВ) и гамма-излучения в области исследований по радиационной стойкости материалов.



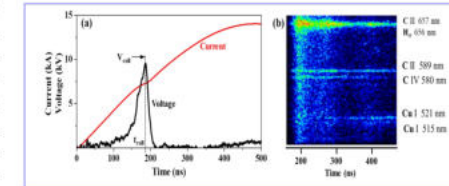
Установка МИГ

## Возможные исследовательские темы для студентов

### Спектрометрические исследования плазменно-металлических Z-пинчей и взрывающихся микропроводников.

Научный руководитель: в.н.с., к.ф.-м.н. А.Г. Русских.

Задача: спектральные исследования плазмы и определение её параметров: температуры, плотности, зарядового состава и т.д.



### Исследование элементного и зарядового состава плазменных лайнеров на этапе их формирования.

Научный руководитель: в.н.с., к.ф.-м.н. А.Г. Русских.

Задача: при помощи времяпролетного масс-спектрометра определить зарядовый состав плазмы лайнерной оболочки в различные моменты времени.

### Создание стенда по исследованию структуры газовых и плазменных оболочек лайнеров при помощи лазерной интерферометрии.

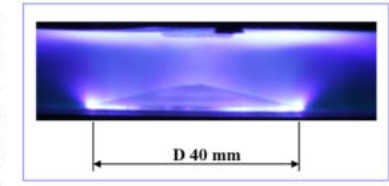
Научный руководитель: в.н.с., к.ф.-м.н. А.Г. Русских.

Задача: при помощи комплекса лазерной (оптической) диагностики провести исследование структуры газовых и плазменных оболочек лайнеров в различные моменты времени.

### Исследование динамики сжатия плазменных лайнеров, формируемых при помощи сильноточного дугового разряда, инициируемого в газовой среде.

Научный руководитель: в.н.с., к.ф.-м.н. А.Г. Русских.

Задача: при помощи комплекса электрофизической и оптической диагностики провести исследование динамики сжатия плазменных лайнеров, формируемых при помощи сильноточного дугового разряда, инициируемого в газовой среде.



### Исследование электрического взрыва поверхности цилиндрических проводников при наносекундном нарастании мегаамперного тока.

Научный руководитель: с.н.с., к.ф.-м.н. С.А. Сорокин.

В экспериментальных исследованиях, проводимых на сильноточном генераторе МИГ (100 нс, 2 МА) идет поиск подходов к повышению плотности внутренней энергии плазмы и энергии магнитного поля при формировании ступок плазмы с помощью импульсных сильноточных генераторов и проведение исследований свойств веществ, находящихся в экстремальных условиях, в том числе исследований в области управляемого термоядерного синтеза и по генерации мульти-мегагаусных магнитных полей и мощных импульсов рентгеновского излучения.

Студентам потребуется уверенное овладение основами экспериментальных методов регистрации электрофизических, оптических, спектроскопических, радиографических и многих других параметров физических процессов, происходящих в плотной высокотемпературной плазме.

Успешно обучающиеся студенты, ведущие исследовательскую работу получают возможность:

- приобрести глубокие знания по научной тематике;
- накопить полезный опыт выполнения научных расчетов;
- стать участниками научных конференций (в том числе зарубежных);
- быть соавторами научных публикаций (в том числе англоязычных изданий);
- получать финансовую поддержку при выполнении конкурсных проектов;
- иметь хороший научный задел для поступления в аспирантуру.

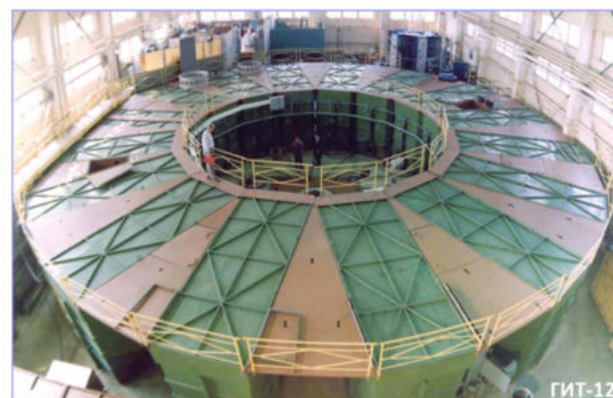




**ЖЕРЛИЦЫН**  
Андрей Алексеевич,  
к.т.н., зав. ОИТ  
andzh@oit.hcei.tsc.ru

Мощная импульсная техника является основой сильноточной электроники. Выдающийся мировой вклад в развитие техники формирования мощных высоковольтных импульсов внесен основателем и руководителем отдела до 2017 года доктором технических наук, лауреатом Государственных премий СССР и России, академиком РАН Борисом Михайловичем Ковальчуком.

В настоящее время отделом в составе 24 сотрудников руководит кандидат технических наук Андрей Алексеевич Жерлицын.



В отделе импульсной техники разработаны и созданы крупнейшие электрофизические установки для фундаментальных исследований и отработки новых технологий. В их числе мультитераваттный мультимегаамперный генератор ГИТ-12, генератор электронного ускорителя мультитераваттной гибридной фемтосекундной лазерной системы ТНЛ-100, десятки других универсальных и специализированных устройств.

Со второй половины 90-х годов в отделе ведется разработка новой концепции построения сверхмощных импульсных установок на основе LTD-генераторов, позволяющая радикально увеличить удельный энергозапас установок и упростить их строительство. Исследователи России, США, Франции и Великобритании рассматривают такой подход как наиболее перспективный для строительства импульсных радиографических и материаловедческих установок, сверхмощных генераторов для исследований в области инерциального термоядерного синтеза на основе Z-пинчей.



## Значимые публикации

- 1 Kovalchuk B.M., Kharlov A.V., Zherlitsyn A.A., Kumpyak E.V. Techniques for shaping of the output pulse in high current generators // Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A. – 2019. – 923. – P.97–103 (DOI: 10.1016/j.nima.2019.01.083).
- 2 Klir D., Jackson S.L., Shishlov A.V., Kokshenev V.A., Rezac K., Beresnyak A.R., Cherdizov R.K., Cikhartd J., Cikhartdova B., Dudkin G.N., Engelbrecht J.T., Fursov F.I., Krasa J., Kravarik J., Kubas P., Kurmaev N.E., Munzar V., Ratakhin N.A., Turek K., Varlachev V.A. Ion acceleration and neutron production in hybrid gas-puff z-pinches on the GIT-12 and HAWK generators // Matter and Radiation at Extremes. – 2020. – 5. – 026401 (DOI: 10.1063/1.5132845).
- 3 Kim A.A., Mazarakis M.G. The story of the LTD development // IEEE Trans. Plasma Sci. – 2020. – 48(4). – P.749–756 (DOI: 10.1109/TPS.2019.2954210).
- 4 Zherlitsyn A.A., Kumpyak E.V., Multichannel switching in a multigap gas switch at atmospheric pressure // Phys. Rev. ST Accel. Beams. – 2020. – 23. – 100402 (DOI: 10.1103/PhysRevSTAB.23.100402).

Отдел имеет успешный опыт сотрудничества с ведущими лабораториями мира (США, Франция, Китай); участия в крупных зарубежных проектах создания микросекундной мультимегаамперной установки SPHINX и мощной импульсной твердотельной лазерной системе LMJ, предназначенной для исследований в области лазерного инерциального термоядерного синтеза.

В отделе развиваются и прикладные направления использования мощной импульсной техники, например, для дезинтеграции композитных материалов и изделий высоковольтным сильно-точным разрядом.

Основная часть работ в отделе связана с экспериментальной деятельностью. Поэтому, для успешного выполнения поставленных научным руководителем задач студентам потребуются, как теоретические знания в области электрофизики, так и прикладные умения и навыки.

Студенты будут иметь возможность вести исследования на оригинальных мощных импульсных генераторах и внести свой посильный вклад в создание новых перспективных электрофизических установок.

## Исследовательские темы для студентов, связанные с основными направлениями деятельности отдела

- разработка элементной базы и развитие LTD-технологии;
- разработка способов усиления мощности на основе комбинированных схем на мультимегаамперном генераторе ГИТ-12;
- развитие импульсно-периодических высоковольтных источников энергии с адаптацией к требованиям их технологического использования.

**Б.М. Ковальчук,**  
академик РАН



Успешно обучающиеся студенты, ведущие исследовательскую работу под руководством квалифицированного наставника, получают возможность:

- приобрести практические знания по мощной импульсной электротехнике;
- накопить полезный опыт экспериментальной деятельности;
- стать участниками научных конференций (в том числе зарубежных);
- быть соавторами научных публикаций (в том числе англоязычных изданий),
- быть участниками крупных проектов и получать финансовую поддержку при выполнении договоров и контрактов,
- иметь хороший задел для поступления в аспирантуру.





**РОСТОВ**  
Владислав  
Владимирович,  
д.ф.-м.н., зав. ОФЭ  
rostov@lfe.hcei.tsc.ru

Для проведения теоретических и экспериментальных исследований в области мощной импульсной техники и её применения для получения мощного микроволнового излучения в ИСЭ СО РАН был организован отдел физической электроники (ОФЭ).

Первым заведующим ОФЭ в 1977 г. стал директор института Г.А. Месяц. С 1983 г. по 2006 г. подразделение возглавлял С.Д. Коровин, академик РАН с 2003 г.

В настоящее время в составе отдела работает 10 научных сотрудников, включая 2-х докторов и 4-х кандидатов наук.

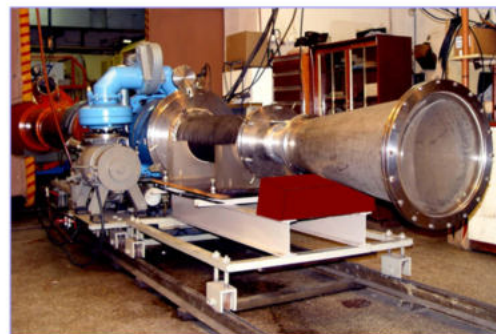
Руководителем подразделения является д.ф.-м.н. В.В. Ростов, автор многочисленных публикаций в научных журналах с квартилем  $Q_1$  и  $Q_2$ , индекс Хирша которого составляет 34.

Отдел является одним из мировых лидеров в разработке специализированных источников сильнооточных электронных пучков и микроволновых импульсов гигаваттного уровня, при частотах повторения до сотен импульсов в секунду. Это лидерство и авторитет среди специалистов в данной области наук подтверждаются широким кругом международного партнерства, многочисленными контрактами и их успешными итогами. Поддерживается также плодотворная кооперация с институтами оборонной и электронной промышленности РФ. Практический интерес к таким источникам вызван изучением вопросов стойкости электронных систем к электромагнитным импульсам. Разработка специализированных компактных СВЧ-источников и сопутствующей техники представляет также академический интерес для междисциплинарных исследований. В частности, перспективные результаты (совместно с биологами и медиками Томска) в области биофизических эффектов нетепловых воздействий коротких СВЧ-импульсов и регенеративной медицины уже продемонстрированы, но требуют осмысления, модельного представления и, в ряде случаев, всестороннего изучения. В подразделении имеется современное оборудование и приборы, включая уникальные.

Сотрудники отдела участвуют в работах по конкурсным грантам Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) и Российского научного фонда (РНФ). Характер студенческих исследовательских работ – эксперименты, численное моделирование, обработка результатов, участие в грантах и хозяйственной деятельности. Активность в выполнении проектов будет гарантировать доплату бакалаврам и магистрантам, а в дальнейшем – трудоустройство в ИСЭ СО РАН с поступлением в аспирантуру и возможные стажировки как в РФ (система «Росатома»), так и за рубежом, а также командировки на Международные конференции и в зарубежные компании в рамках выполняемых контрактов.

Со стороны студентов для успешного выполнения поставленных научным руководителем задач необходимо иметь достаточную теоретическую подготовку, умение работать с современной измерительной аппаратурой (приборами) и обладать техническими навыками при разработке и конструировании устройств. Также важно умение самостоятельно решать поставленные задачи, осуществлять поиск нужной информации и предлагать новые идеи. В зависимости от наклонностей, способностей и приоритетов конкретного студента можно уточнять тематику и последующие перспективы молодых специалистов.

Ряд исследований отдела ориентирован на тесное взаимодействие с другими лабораториями и исследовательскими группами института, а также исследовательскими центрами в России и за рубежом. Поэтому тематика работ отдела может быть шире в зависимости от поставленных задач.



## Предварительные типы квалификационных работ

### Формирование высоковольтных импульсов напряжения и сильнооточных электронных пучков

Научный руководитель: д.ф.-м.н. В.В. Ростов.

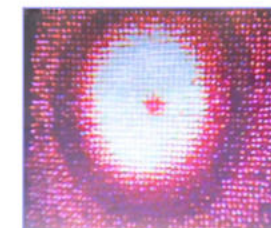
Задачи: моделирование и разработка генераторов высоковольтных импульсов на основе трансформатора Тесла; исследование механизмов формирования сильнооточных электронных пучков в режиме взрывной электронной эмиссии.



### Исследования и разработка компактных генераторов сверхмощных импульсов излучения в миллиметровом диапазоне длин волн

Научный руководитель: к.ф.-м.н. Е.М. Тотьмешин

Задачи: физические принципы генерации СВЧ-излучения в миллиметровом диапазоне длин волн; разработка СВЧ-генераторов на основе нестационарного численного моделирования; экспериментальная проверка исследуемых схем.



### Физические аспекты нетеплового воздействия коротких СВЧ-импульсов на биологические объекты и клеточные структуры

Научный руководитель: д.ф.-м.н. В.В. Ростов.

Успешно обучающиеся студенты, ведущие исследовательскую работу под руководством квалифицированного наставника, получают возможность:

- приобрести глубокие знания по научной тематике,
- накопить полезный опыт выполнения численных расчетов на компьютере и в процессе выполнения экспериментальных исследований,
- приобрести умение работать с современными приборами,
- стать участниками научных конференций (в том числе зарубежных),
- быть соавторами научных публикаций (в том числе англоязычных изданий),
- получать финансовую поддержку при выполнении конкурсных проектов и контрактов,
- иметь достаточный научный задел для поступления в аспирантуру.

## Значимые публикации

1. V.V. Rostov et al. Two-Wave Ka-Band Nanosecond Relativistic Cherenkov Oscillator. // IEEE Trans. Electron Devices, – JULY 2018. – V. 65. NO. 7. – P. 3019. <https://doi.org/10.1109/TED.2018.2833456>
2. V.V. Rostov et al. Stable Operation of a Repetitively Pulsed X-Band Relativistic Backward Wave Oscillator. // IEEE Electron Device Letters. – 2021. – V. 42. – P. 935. <https://doi.org/10.1109/LED.2021.3070887>
3. G.A. Mesyats, N.S. Ginzburg, A.A. Golovanov, G.G. Denisov, I.V. Romanchenko, V.V. Rostov, K.A. Sharypov, V.G. Shpak, S.A. Shunailov, M.R. Ulmaskulov, M.I. Yalandin, I.V. Zotova. Phase-Imposing Initiation of Cherenkov Superradiance Emission by an Ultra-Short Seed Microwave Pulse. Physical Review Letters. - 2017. - vol. 118, issue 26, p. 264801(1-5). <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.118.264801>





**РОМАНЧЕНКО**  
Илья Викторович,  
д.ф.-м.н.,  
директор ИСЭ СО РАН  
riv@lfe.hcei.tsc.ru

Лаборатория нелинейных электродинамических систем образовалась в 2019 г., как молодежная лаборатория, на базе отдела физической электроники ИСЭ СО РАН. Руководитель подразделения – д.ф.-м.н. Илья Викторович Романченко, выпускник кафедры физики плазмы ТГУ. Средний возраст сотрудников составляет 36 лет. В составе лаборатории есть 2 доктора, 2 кандидата наук и 3 аспиранта.

Объектом исследований являются механизмы генерации мощного электромагнитного излучения в электродинамических системах с дисперсией, содержащих твердотельные нелинейные элементы.

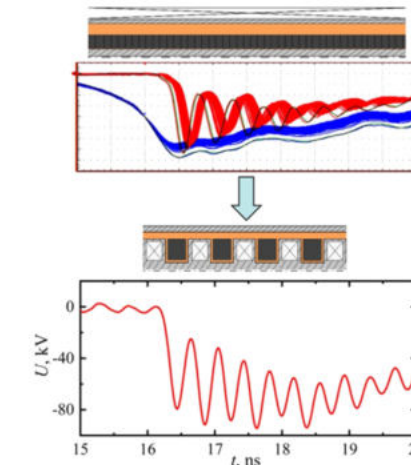
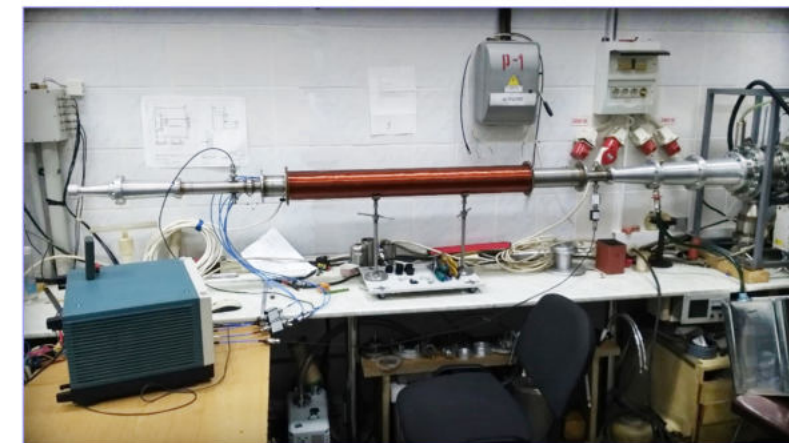
Цель исследований – получение новых фундаментальных знаний о механизмах генерации мощного СВЧ-излучения в электродинамических системах, содержащих твердотельные нелинейные элементы. В качестве основного принципа генерации рассматривается синхронизм ударного фронта электромагнитной волны и возбуждаемых СВЧ колебаний.

Исследование условий для формирования ударного фронта электромагнитной волны твердотельными элементами, такими как ферриты и полупроводниковые замыкающиеся ключи, вместе с разработкой электродинамических систем с дисперсией позволит осуществить эффективную генерацию СВЧ колебаний. Последующая разработка на их основе импульсно-периодических устройств с выводом излучения связана с задачами электромагнитного противодействия.

Сотрудники лаборатории регулярно участвуют в хоздоговорах с российскими организациями, в работах по грантам Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) и Российского научного фонда (РНФ), участвуют в конкурсах на получения грантов и стипендий различного уровня. Студенты имеют возможность участвовать в научной деятельности коллектива, которая вознаграждается как финансовой поддержкой, так и соавторством в научных публикациях.

## Значимые публикации

1. P.V. Priputnev, I.V. Romanchenko, and V.V. Rostov, A gyromagnetic pulse transformer for generating nanosecond UHF pulses // *Journal of Communications Technology and Electronics*. – 2019. – V. 64. – No. 3. – pp. 278-282. <https://doi.org/10.1134/S1064226919030161>
2. I.V. Romanchenko, V.Yu. Konev, V.V. Barmin, P.V. Priputnev, S.N. Maltsev, A nonlinear transmission line based on periodically placed silicon high voltage switches // *AIP Advances*. – 2020. – V. 10. – No.12. – pp. 125020 (1-4). <https://doi.org/10.1063/5.0034106>
3. И.В. Романченко, В.Ю. Конев, П.В. Припутнев. Способ генерации мощных импульсов СВЧ-излучения наносекундной длительности // Патент на изобретение RU 2753420. – Заявка № 2021106419. – Дата регистрации: 16.08.2021. [https://yandex.ru/patents/doc/RU2753420C1\\_20210816](https://yandex.ru/patents/doc/RU2753420C1_20210816)
4. Priputnev P.V., Romanchenko I.V., Maltsev S.N., Konev V.Yu., and Tarakanov V.P., RF Pulse Generation in a Gyromagnetic Nonlinear Transmission Line With Periodically Placed Ferrites and Permanent Magnets // *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*. – 2022. – pp. 1 – 4. <https://doi.org/10.1109/LMWC.2021.3138964>



## Достигнутые научные результаты

1. Исследованы коммутационные характеристики высоковольтных полупроводниковых приборов на основе структур Si и GaAs в наносекундном диапазоне времен коммутации.
2. Предложена и оптимизирована в численном моделировании и экспериментально проверена концепция генерации мощных СВЧ импульсов в коаксиальной линии с высоковольтными полупроводниковыми приборами, периодически размещенными в разрыв центрального проводника.
3. Впервые осуществлено трехмерное моделирование возбуждения высокочастотных колебаний в передающей линии с насыщенным ферритом при протекании по ней высоковольтного наносекундного импульса с помощью электромагнитного кода KARAT. В расчетах воспроизведены полученные экспериментальные результаты и предсказаны новые.
4. Предложена, оптимизирована в численном моделировании и экспериментально проверена концепция генерации мощных СВЧ импульсов в коаксиальной линии с ферритом с постоянными магнитами без соленоидов, что позволило улучшить характеристики генерируемого излучения и сделать конструкцию генератора более компактной.

## Возможная исследовательская тема для студентов

**Исследование возможностей эффективной генерации СВЧ излучения в диапазоне частот выше 4 ГГц в передающих линиях с насыщенным ферритом с периодической структурой.**





**ЛАНДЛЬ**  
Николай Владимирович,  
к.ф.-м.н.  
landl@lnp.hcei.tsc.ru

Лаборатория низкотемпературной плазмы под руководством Юрия Дмитриевича Королева была создана в 1980 г. на основе группы газовой электроники для развития работ по импульсным объемным разрядам в газах высокого давления. С 2019 года и по настоящее время лабораторию возглавляет кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Николай Владимирович Ландль. В настоящее время в лаборатории работает 9 человек, из них два доктора наук, один кандидат наук, 8 научных сотрудников, один аспирант.

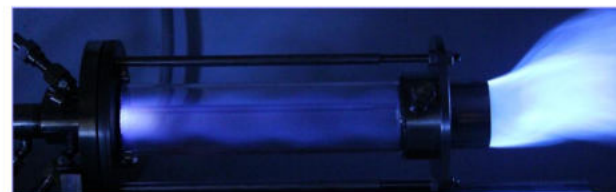
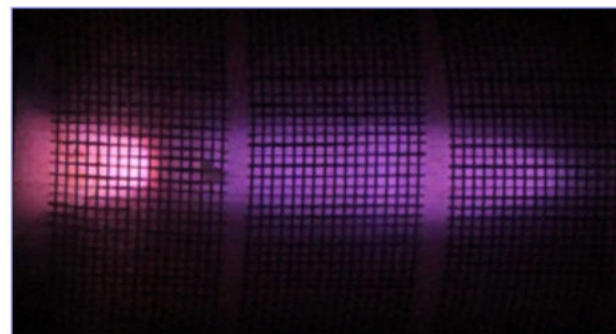
Сотрудники лаборатории регулярно участвуют в работах по грантам РФФИ и РНФ, выполняют работы по хоздоговорам, имеют тесные контакты с томскими университетами и выполняют научные и прикладные совместные проекты.

Лаборатория оснащена современным оборудованием, таким как осциллографы Tektronix, высокоскоростные CCD камеры с временем экспозиции от 4 нс, высоковольтные пробники, газоанализаторы и т.д., позволяющим проводить эксперименты на мировом уровне.

## Значимые публикации

1. Korolev Y.D., Landl N.V., Frants O.B., Argunov G.A., Geyman V.G., Bolotov A.V. Low-pressure discharge in a trigger unit of pseudospark switch // *Physics of Plasmas*. - 2020. - V. 27. - Article Number 073510. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0010733>
2. Y. D. Korolev, V. O. Nekhoroshev, O. B. Frants, N. V. Landl, A. I. Suslov, A. V. Bolotov, Features of the current sustainment in a low-current discharge in airflow // *Plasma Chem. Plasma Processing*, vol. 39, no. 6, 1519–1532, 2019. DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11090-019-10016-7>
3. Y. D. Korolev, V. O. Nekhoroshev, O. B. Frants, N. V. Landl, A. I. Suslov, V. G. Geyman, Nonsteady-state processes in a low-current discharge in airflow and formation of a plasma jet // *J. Phys. Communications*, vol. 3, no. 8, Article Number 085002, Aug. 2019. DOI: <https://dx.doi.org/10.1088/2399-6528/ab361a>
4. Y. D. Korolev, N. V. Landl, O. B. Frants, V. G. Geyman, G. A. Argunov, P. V. Logachev, P. A. Bak, A. V. Akimov, A Sealed-Off Pseudospark Switch With Nanosecond Stability of Triggering // *IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES*, vol. 68, no. 9, 4692–4697, 2021. DOI: [10.1109/TED.2021.3096182](https://doi.org/10.1109/TED.2021.3096182)
5. Y. D. Korolev, N. V. Landl, O. B. Frants, G. A. Argunov, V. G. Geyman, A. V. Bolotov, V. O. Nekhoroshev, V. S. Kasyanov, Low-pressure discharge with hollow cathode and hollow anode in a trigger unit of pseudospark switch // *PHYSICS OF PLASMAS*, vol. 28, no. 7, Article Number 073508, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0057965>

В лаборатории проводятся исследования газовых разрядов низкого и атмосферного давления. Исследования направлены как на получение фундаментальных знаний об особенностях инициирования и поддержания таких разрядов, так и на разработку электрофизических устройств на основе этих разрядов.



## Возможные исследовательские темы для студентов

### Тлеющие разряды низкого давления с полым катодом.

В рамках работ по разрядам низкого давления в настоящее время проводятся исследования сильноточных (с токами на уровне 10 кА) и слаботочных (с токами на уровне 20 мА) разрядов с полым катодом типа тлеющего и разработка коммутирующих устройств на основе таких разрядов.

При выполнении работы студенты ознакомятся с современными экспериментальными установками для исследования разрядов низкого давления и примут участие в экспериментах. Эксперименты будут проводиться на разборных камерах, позволяющих проводить как измерения электрических параметров разряда, так и оптические наблюдения свечения разряда.

### Нестационарные процессы в слаботочных разрядах атмосферного давления в потоке газа.

Направление работ связано с исследованием слаботочных разрядов атмосферного давления в потоке газа и получением низкотемпературных струй на их основе. Данное направление в настоящее время интенсивно развивается в мире в связи с широким спектром применения таких разрядов и струй.

В настоящее время в лаборатории ведутся работы по нескольким направлениям: фундаментальные исследования разрядов в различных газах, конверсия углеводов с целью получения газообразного водорода и биомедицинские применения плазменных струй. Научно-исследовательская работа будет связана с изучением слаботочных разрядов атмосферного давления в потоке газа и параметров низкотемпературных струй, получаемых на выходе электродных систем таких разрядов. Поскольку режимы поддержания разряда в таких системах носят существенно нестационарный характер, основные направления исследований будут сосредоточены на исследовании нестационарных процессов, сопутствующих горению разряда в системе электродов типа коаксиального плазмотрона и так называемой скользящей дуги, и в выявлении механизма переноса тока через струю в различных условиях поддержания разряда.



В рамках каждого из направлений возможна подготовка как бакалаврской, так и магистерской диссертации с перспективой подготовки диссертации на соискание степени кандидата наук. Для эффективного выполнения работ студентам потребуется овладеть навыками работы с современным оборудованием и повысить свой навык анализа литературы по выбранному направлению. Студенты научатся проводить эксперименты под руководством высококвалифицированных наставников и получат возможность представить результаты своих работ на всероссийских и международных конференциях. Возможно трудоустройство студентов уже на стадии подготовки бакалаврской работы.

Научным руководителем будет доктор физико-математических наук, профессор Юрий Дмитриевич Королев. Он является известным специалистом в области физики газового разряда, автором и соавтором более 200 научных работ, в том числе четырех монографий и одного научного открытия, лауреатом Государственной премии РФ в области науки и техники.

Он активно ведет научно-организационную работу, является членом бюро Научного Совета РАН по физике низкотемпературной плазмы и членом Советов по защите диссертаций. Ю. Д. Королев занимается научно-педагогической работой, среди его учеников более 10 кандидатов и 2 доктора наук.



**Ю.Д. Королев,**  
д.ф.-м.н.





**ШНАЙДЕР**  
Антон Витальевич,  
к.т.н., зав. ЛВЭ  
schneider@lve.hcei.tsc.ru

Лаборатория вакуумной электроники (ЛВЭ) выделилась в самостоятельную лабораторию из Отдела физической электроники, руководимого академиком Г.А. Месяцем, в котором существовала до этого в качестве самостоятельной научной группы. Первым заведующим лабораторией был д.ф.-м.н Д.И. Проскуровский, который возглавлял её до середины 2006 года. В настоящее время лабораторию возглавляет к.т.н. А.В. Шнайдер. Сейчас в лаборатории работает 21 сотрудник, включая 3 доктора и 7 кандидатов наук.

Сотрудники лаборатории регулярно выполняют гранты Российского научного фонда (РНФ), Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), Федеральной целевой программы (ФЦП). В настоящее время в лаборатории идет выполнение гранта РФФИ-DFG (совместный грант с коллегами из Германии). Лаборатория тесно сотрудничает с ведущими университетами Томска: ТГУ, ТПУ, ТУСУР. В различные годы лаборатория сотрудничала и с зарубежными коллегами из Германии, Франции, Италии, Китая, Японии и Польши. Сотрудники лаборатории периодически имеют возможность поездки за рубеж как для стажировки (Германия), так и для участия в международных конференциях. В России сотрудничаем с такими предприятиями как АО «НПЦ Полус» (Томск), ОАО «ИСС им. Академика М.Ф. Решетнёва» (Железногорск), АО «РКЦ «Прогресс» (Самара).

## Значимые публикации

1. Г.Е. Озур, Д.И. Проскуровский. Источники низкоэнергетических сильноточных электронных пучков с плазменным анодом. – Новосибирск: Наука, 2018. – 176 с. ISBN 978-5-02-038794-2.
2. В.П. Ротштейн, Д.И. Проскуровский, Г.Е. Озур, Ю.Ф. Иванов. Модификация поверхностных слоев металлических материалов низкоэнергетическими сильноточными электронными пучками. – Новосибирск: Наука, 2019. – 347 с. – ISBN 978-5-02-038809-3.
3. Е.В. Нефёдцев, А. В. Батраков. Моделирование устойчивого расширения моноэлементной трехкомпонентной плазмы взрывоэмиссионного центра // ЖЭТФ, 2018, Т. 153, вып. 4, с. 656-665.
4. L.L. Meisner, V.P. Rotshtein, V.O. Semin, S.N. Meisner, A.B. Markov, E.V. Yakovlev, F.A. D'yachenko, A.A. Neiman, E.Yu. Gudimova Microstructural characterization and properties of a Ti-Ta-Si-Ni metallic glass surface alloy fabricated on a TiNi SMA substrate by additive thin-film electron-beam method // Surface and Coatings Technology. 2020. V.404. 126455. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2020.126455>

## Направления научных исследований

### Генерирование низкоэнергетических сильноточных электронных пучков

**Научный руководитель группы:** д.т.н. Г.Е. Озур  
Развитие физики и техники генерирования широкоапертурных низкоэнергетических сильноточных электронных пучков (НСЭП) является традиционно актуальной задачей с точки зрения их использования для модификации поверхностных слоёв металлических материалов. Высокая плотность энергии и малая длительность импульса позволяют выделить практически всю энергию пучка в тонком (около 1 мкм) поверхностном слое обрабатываемого материала, доводя его до плавления и даже частичного испарения. Эффекты, возникающие при этом, позволяют улучшить многие функциональные свойства обрабатываемых изделий и разрабатывать на этой основе новые перспективные технологии, а также решать многие научные задачи физического материаловедения.



**Электрическая изоляция и пробой в вакууме**  
**Научный руководитель группы:** к.ф.-м.н. Е.В. Нефёдцев  
Вакуум, как изолятор, используется там, где ему, в принципе, не могут составить конкуренцию другие непроводящие среды: в электронных и ионных микроскопах, СВЧ приборах, ускорителях и сепараторах заряженных частиц, электроактивных космических двигателях и др. Казалось бы, вакуумные межэлектродные промежутки должны надежно удерживать любые электрические поля, по крайней мере, вплоть до напряженностей  $\sim 3$  ГВ/м, при которых появляется возможность туннельного перехода электронов из катода в вакуум. Однако реальная электрическая прочность практически значимых миллиметровых и сантиметровых вакуумных промежутков на два порядка ниже теоретического предела, что является причиной значительных размеров и, соответственно, дороговизны высоковольтных устройств, а также препятствием в достижении предельных возможностей ускорительной техники. Исследование физических явлений, приводящих к возникновению пробоа вакуумных промежутков, является одной из наиболее актуальных задач современной физики.

### Модификация поверхности металлических материалов с помощью низкоэнергетического сильноточного электронного пучка

**Научный руководитель группы:** к.ф.-м.н. А.Б. Марков  
Направление основывается на применении уникального источника импульсных низкоэнергетических сильноточных электронных пучков (НСЭП) (площадь поперечного сечения пучка до 100 см<sup>2</sup>) для поверхностной обработки металлических материалов с целью улучшения их электрофизических, электрохимических и иных характеристик. Комплексная обработка, объединяющая нанесение покрытий и обработку электронным пучком, дает возможность изменять элементный состав поверхности и формировать поверхностные сплавы контролируемого состава.

### Исследование процессов сильноточного вакуумного дугового разряда в вакуумных сетевых выключателях

**Научный руководитель группы:** к.ф.-м.н. С.А. Попов  
Вакуумный выключатель способен выдерживать высокое напряжение, обладая при этом сравнительно малыми габаритами, длительное время пропускать большие токи и быстро восстанавливать электрическую прочность промежутка после гашения дуги. Задача изучения гашения дуги и процессов, происходящих после перехода тока через ноль, сохранила свою актуальность до сегодняшнего дня. Решение данной проблемы поможет лучше понять происходящие процессы в вакуумной дугогасительной камере (ВДК), оптимизировать режимы работы и, возможно, усовершенствовать конструкцию ВДК.

### Контроль сплошности диэлектрического покрытия на элементах радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов

**Научный руководитель группы:** к.ф.-м.н. С.А. Попов

В настоящее время бортовое напряжение космического аппарата достигает 100 В, что в три раза выше порога дугообразования. Увеличение напряжения бортовой сети резко повышает риск зажигания вакуумной дуги. Особенность проблемы дугообразования в радиоэлектронной аппаратуре космического аппарата (РЭА КА) состоит в том, что инициирование первичной дуги обусловлено факторами космического пространства. Другой особенностью инициирования дуги в КА является относительно низкий уровень вакуума в начальной стадии эксплуатации КА, что приводит к необходимости рассмотрения инициирования вторичной дуги не только в условиях высокого вакуума, но и в газе низкого давления.

Данное направление исследований направлено на поиск и устранение дефектов сплошности диэлектрического покрытия в РЭА КА, что в итоге позволит повысить эффективность работы и срок службы КА.



## Возможные исследовательские темы для студентов

### Вакуумно-дуговой разряд применительно к плазменным микродвигателям сверхмалых космических аппаратов

**Научный руководитель:** с.н.с., к.ф.-м.н. С.А. Попов

Задачи: исследования разрядных параметров и характеристик создаваемой плазмы, масс-зарядовая спектроскопия параметров генерируемой плазмы.

### Сильноточный вакуумно-дуговой разряд применительно к вакуумной коммутационной аппаратуре

**Научный руководитель:** с.н.с., к.ф.-м.н. С.А. Попов

Задачи: экспериментальные исследования процессов сильноточной вакуумной дуги, зондовая диагностика параметров плазмы, спектроскопическая и оптическая диагностика. Исследование влияния внешнего магнитного поля на условия контрагирования разряда.



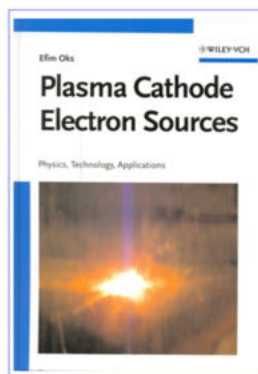


ОКС  
Ефим Михайлович,  
д.т.н., зав. ЛПИ  
oks@opee.hcei.tsc.ru

Лаборатория плазменных источников основана в 2001 году. В настоящее время в составе лаборатории 10 научных сотрудников, из которых 3 доктора наук, 6 кандидатов наук и 1 аспирант. Лаборатория работает в рамках общего научного направления и единого научного коллектива с лабораторией плазменной электроники кафедры физики Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР). Заведующий ЛПИ, заведующий кафедрой физики ТУСУР, доктор технических наук, профессор Ефим Михайлович Окс.

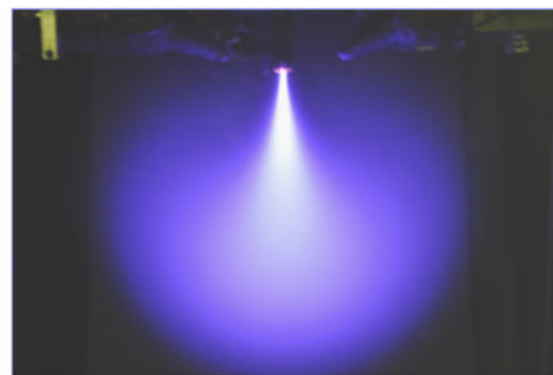
## Значимые публикации

1. Ion velocities in vacuum arc plasmas /GY Yushkov, A Anders, EM Oks, IG Brown // Journal of Applied Physics 88 (10), 5618-5622, (2000) - 273 ссылки на статью в Google Scholar
2. Ion charge state distributions in high current vacuum arc plasmas in a magnetic field EM Oks, A Anders, IG Brown, MR Dickinson, RA MacGill // IEEE Transactions on Plasma Science 24 (3), 1174-1183 (1996) - 208 ссылок на статью в Google Scholar
3. Efim Oks. Plasma cathode electron sources: physics, technology, applications John Wiley & Sons (2006) - 165 ссылок на монографию в Google Scholar
4. VA Burdovitsin, EM Oks. Forevacuum plasma-cathode electron sources // Laser and particle beams 26 (4), 619-635 (2008)- 136 ссылок на статью в Google Scholar
5. Simple and inexpensive time-of-flight charge-to-mass analyzer for ion beam source characterization /VI Gushenets, AG Nikolaev, EM Oks, LG Vintizenko, GY Yushkov, IG Brown// Review of scientific instruments 77 (6), 063301 (2006) - 107 ссылок на статью в Google Scholar



## Направления научной деятельности

- масс-зарядовая диагностика ионного состава плазмы различных разрядных систем;
- эмиссионные методы экспериментальных исследований физических процессов в вакуумной дуге и газовых разрядах низкого давления;
- системы тлеющего разряда с инъекцией электронов;
- генерация многозарядных ионов металлов;
- генерация холодно плазменных потоков в разряде атмосферного давления;
- эмиссия заряженных частиц из низкотемпературной плазмы;
- генераторы плазмы и источники пучков ионов газов, металлов и непроводящих твердотельных веществ;
- плазмо-оптические системы для формирования интенсивных импульсных электронных пучков;
- форвакуумные плазменные источники электронов;
- пучково-плазменная модификация материалов и синтез многофункциональных диэлектрических покрытий.



## Основные научные достижения

В области физики и техники вакуумных дуговых разрядов:

- исследованы процессы и предложены методы и подходы, обеспечивающие генерацию многозарядных ионов тяжелых металлов в плазме вакуумного дугового разряда. На основании этих исследований достигнуты зарядовые состояния ионов висмута 20+;
- на основе использования эмиссионных методов диагностики плазмы экспериментально показано равенство направленных скоростей ионов металлов различных зарядовых состояний;
- реализованы условия, обеспечивающие генерацию в дуговой плазме ионов дейтерия.

В области физики и техники тлеющего разряда:

- предложен и реализован принцип инъекции электронов, обеспечивающий снижение напряжения горения разряда и (или) расширение рабочего диапазона давлений в область низких давлений;
- в разрядной системе планарного магнетрона осуществлена генерация плазмы с доминирующим содержанием ионов бора, реализован режим самораспыления с инъекцией электронов, создан безгазовый (вакуумный) магнетрон;
- изучены эмиссионные свойства плазмы в области повышенных давлений и создан новый класс форвакуумных плазменных источников электронов, обеспечивающих возможность непосредственной электронно-лучевой модификации диэлектрических материалов.



## Возможные исследовательские темы для студентов

### Генерация многозарядных ионов тяжелых металлов в плазме вакуумного дугового разряда.

Научный руководитель: г.н.с., д.т.н. Г.Ю. Юшков.

Экспериментальные исследования процессов многократной ионизации в дуговой плазме, измерения энергетических характеристик заряженных частиц в плазме. Время-пролетная спектрометрия масс-зарядового состава плотной плазмы. Ионная имплантация материалов.

### Разрядная система планарного магнетрона с инъекцией электронов.

Научный руководитель: с.н.с., к.т.н. М.В. Шандриков.

Экспериментальные исследования разрядных параметров и характеристик, зондовая диагностика параметров плазмы, масс-зарядовая спектроскопия параметров плазмы, синтез покрытий и исследование их параметров и характеристик.

### Генерация холодно плазменных потоков в разряде атмосферного давления.

Научный руководитель: с.н.с., к.т.н. К.П. Савкин.

Экспериментальные исследования процессов генерации плазмы импульсно-периодического слаботокового разряда атмосферного давления. Диагностика параметров разряда и плазмы. Ионно-плазменная модификация низкотемпературных полимеров.

Лаборатория заинтересована в привлечении студентов к научно-исследовательской деятельности, в специализации подготовки по тематике лаборатории и дальнейшего обучения в аспирантуре с перспективой постоянного трудоустройства в лаборатории. Все студенты, пришедшие в лабораторию, будут принимать участие в выполнении реальных научных проектов лаборатории с оплатой труда.





**АХМАДЕЕВ**  
Юрий Халыфович,  
к.т.н., зав. ЛПЭЭ

ahmadeev@opee.hcei.tsc.ru

Лаборатория плазменной эмиссионной электроники вошла в отдел с аналогичным названием, который был организован под руководством профессора Ю.Е. Крейндела при открытии ИСЭ СО РАН в 1977 году. Заведующим ЛПЭЭ стал профессор П.М. Щанин, который возглавлял ее до мая 2001 года, с 2001 по 2018 год ЛПЭЭ успешно руководил д.т.н., профессор Н.Н. Коваль. В настоящее время в лаборатории под руководством к.т.н. Ю.Х. Ахмадеева работают 22 сотрудника, в том числе 2 доктора наук, 5 кандидатов наук, 3 аспиранта.

Основным научным направлением является плазменная эмиссионная электроника. В сферу научных интересов подразделения входят исследование структуры и эмиссионных свойств газовых разрядов и создание на их основе эффективных источников плазмы и заряженных частиц, разработка оборудования и технологий по взаимодействию плотных электронных и плазменных потоков с набором уникальных параметров с поверхностью материалов и изделий с целью направленной модификации её структуры и функциональных свойств (вакуумно-дуговое плазменно-ассистированное осаждение покрытий, азотирование, импульсное электронно-пучковое воздействие). Наряду с этим развиваются подходы и оборудование для воздействия на сельскохозяйственные продукты, материалы и изделия медицинского назначения, соединения ядовитых веществ широкими пучками электронов, выведенными в атмосферу для улучшения качества посевного материала без использования пестицидов, для стерилизации медицинских изделий, вулканизации натуральных каучуков, экологичной утилизации особо опасных побочных продуктов производства.

Коллектив лаборатории ведет исследования, направленные на создание и совершенствование уникальных технологических источников газовой плазмы, эрозивной металлической плазмы, источников электронов с плазменными катодами, превосходящих по совокупности параметров мировые аналоги.

ЛПЭЭ имеет научные связи с коллективами из Японии, Китая, Германии, Болгарии, Канады, Беларуси, Польши и других стран как дальнего, так и ближнего зарубежья.

Для успешного выполнения работ имеется более 10 работающих экспериментальных стендов, среди которых комплекс электрофизических установок «УНИКУУМ», входящий в перечень уникальных научных установок научно-технологической инфраструктуры РФ, современное диагностическое оборудование и инструменты. Благодаря этому имеется широкий спектр возможностей для реализации своих научных идей и навыков для решения поставленных задач.

Студенты принимают участие в подготовке и проведении экспериментов и испытаний, проводят измерения, обработку и анализ полученных результатов.

Для успешного прохождения практики и дипломирования студенты, прежде всего, должны быть лично заинтересованы в этом успехе. Углубленные знания компьютерных программ, в том числе специализированных (Word, Excel, PowerPoint, AutoCAD, MathCAD, Origin и т.д.), приветствуются.

Необходимо освоить правила по охране труда при эксплуатации электроустановок, овладеть навыками эксплуатации и регламентного обслуживания экспериментального и аналитического оборудования, необходимого для выполнения поставленных задач.



## Предлагаемые темы исследований

1. «Изучение эмиссионных свойств плазменных образований в электродных системах сеточных плазменных катодов»  
Научный руководитель: г.н.с., д.т.н. Н.Н. Коваль
2. «Исследование структурно-фазовых состояний поверхностей материалов при электронно-плазменной модификации»  
Научный руководитель: г.н.с., д.ф.-м.н. Ю.Ф. Иванов
3. «Современные ионно-плазменные устройства и их применение для модификации свойств поверхности перспективных материалов и изделий»  
Научный руководитель: заведующий ЛПЭЭ, в.н.с., к.т.н. Ю.Х. Ахмадеев
4. «Создание и исследование ускорителя электронов на основе плазменного эмиттера с выводом пучка в атмосферу»  
Научный руководитель: с.н.с., к.т.н. М.С. Воробьев
5. «Исследование генерации плазмы в разрядах низкого давления для ионно-плазменного упрочнения поверхности материалов и изделий»  
Научный руководитель: с.н.с., к.т.н. И.В. Лопатин
6. «Создание и исследование многослойных упрочняющих структур на поверхности материалов электронно-ионно-плазменными методами»  
Научный руководитель: с.н.с., к.т.н. О.В. Крысина

## Значимые публикации

1. V.N. Devyatkov, Yu. F. Ivanov, O.V. Krysin, N.N. Koval, E.A. Petrikova, V.V. Shugurov. Equipment and processes of vacuum electron-ion plasma surface engineering. // Vacuum. – 2017. – V. 143. – P. 464-472.
2. O.V. Krysin, Yu.F. Ivanov, N.N. Koval, N.A. Prokopenko, V.V. Shugurov, E.A. Petrikova, O.S. Tolkachev. Composition, structure and properties of Mo-N coatings formed by the method of vacuum-arc plasma-assisted deposition. // Surface and Coatings Technology. – 2021 – V. 416. – P. 127153 (1-10).
3. Ignatov D.Y., Lopatin I.V., Denisov V.V., Koval N.N., Ahmadeev Y.H. Generation of plasma in non-self-sustained glow discharge with hollow cathode for nitriding inner surfaces of elongated and complex shaped cavities // IEEE Transactions on Plasma Science, 2020, 48(6), pp. 2050-2059.
4. Vorobyov, M.S., Koval, T.V., Koval, N.N., Hung, N.B. Generation, transport, and efficient extraction of a large cross-section electron beam into an air in an accelerator with a mesh plasma cathode // Laser and Particle Beams, 2018, 36(1), pp. 22-28.



Сотрудники ЛПЭЭ совместно с инициативными студентами публикуют статьи в высокорейтинговых научных журналах. При активном участии студенты включаются в коллективы, выполняющие гранты, и имеют возможность представлять результаты на Всероссийских и Международных конференциях. Есть возможность прохождения стажировок. Молодому сотруднику оказывается научная, техническая и методическая поддержка при подаче заявок на персональные стипендии, премии и гранты.

Бакалавры, магистранты и аспиранты на полных правах участвуют как в научной, так и культурной жизни ЛПЭЭ, по праву считаясь единым коллективом, и пользуясь взаимной поддержкой во всех делах и начинаниях.





**СОЛОВЬЁВ**  
Андрей Александрович,  
к.т.н., зав. ЛПЭ  
andrewsol@mail.ru

Основное направление научной деятельности лаборатории прикладной электроники, заложенное ее основателем академиком С.П. Бугаевым, физические исследования процессов ионно-плазменного осаждения пленок различных веществ. В лаборатории большое внимание уделяется прикладным исследованиям. Например, были разработаны технологические установки серии "ВНУК" для нанесения теплосберегающих покрытий на архитектурные стекла. В настоящее время в состав лаборатории входит 16 человек, включая 8 кандидатов наук.

Первым заведующим ЛПЭ (до 2002 г.) был академик Сергей Петрович Бугаев, который долгое время был директором института. В период с 2002 по 2013 гг. лабораторию возглавлял д.т.н. Николай Семенович Сочугов, большое внимание уделявший коммерциализации разработок лаборатории. Им в 2004 году было создано малое предприятие «Прикладная электроника», которое до сих пор активно работает на рынке разработки источников питания для плазменных технологий. В настоящее время лабораторию возглавляет к.т.н. Андрей Александрович Соловьев.

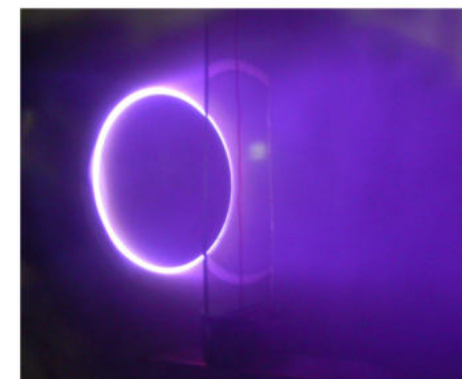
## Значимые публикации

1. A.S. Grenadyorov, M.O. Zhulkov, A.A. Solovyev, et. al., Surface characterization and biological assessment of corrosion-resistant a-C:H:SiOx PACVD coating for Ti-6Al-4V alloy, *Materials Science & Engineering C*, 123 (2021) 112002. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2021.112002>
2. V.O. Oskirko, A.N. Zakharov, A.P. Pavlov, A.A. Solovyev, V.A. Semenov, S.V. Rabotkin. Hybrid HIPIMS+MFMS power supply for dual magnetron sputtering systems // *Vacuum*, 2020, V. 181, 109670. <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2020.109670>
3. A.S. Grenadyorov, A.A. Solovyev, K.V. Oskomov, V.O. Oskirko, V.A. Semenov. Thermal stability of anti-reflective and protective a-C:H:SiOx coating for infrared optics // *Applied Surface Science*, V. 510, 2020, 145433. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2020.145433>
4. V.O. Oskirko, A.N. Zakharov, A.P. Pavlov, A.A. Solovyev, A.S. Grenadyorov, V.A. Semenov. Dual mode of deep oscillation magnetron sputtering // *Surface and Coatings Technology*, V. 387, 2020, 125559. doi: 10.1016/j.surfcoat.2020.125559
5. A.A. Solovyev, K.A. Kuterbekov, S.A. Nurkenov, A.S. Nygymanova, A.V. Shipilova, E.A. Smolyanskiy, S.V. Rabotkin, I.V. Ionov, Anode-supported solid oxide fuel cells with multilayer LSC/CGO/LSC cathode, *Fuel cells*, V. 21(4), 2021, 408-412. <https://doi.org/10.1002/fuce.202000168>

Лаборатория занимается разработкой технологических устройств для нанесения тонкопленочных покрытий (магнетронных распылительных устройств, источников ионов и плазмы), источников электропитания для этих устройств, вакуумных технологических установок для нанесения покрытий, а также разработкой основ технологий нанесения покрытий различного функционального назначения (оптических, износостойких, коррозионностойких и т.п.).



Сотрудники лаборатории регулярно участвуют в хозяйственных договорах с российскими организациями, в работах по грантам Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) и Российского научного фонда (РНФ), получают гранты Президента. Студенты также имеют возможность участвовать в научной деятельности коллектива, которая вознаграждается как финансовой поддержкой, так и соавторством в научных публикациях.



Успешно обучающиеся студенты, ведущие исследовательскую работу под руководством квалифицированного наставника, получают возможность:

- приобрести хорошие знания по научной тематике и накопить полезный опыт работы на вакуумных установках,
- стать участниками научных конференций и соавторами научных публикаций (в том числе англоязычных изданий),
- получать финансовую поддержку при выполнении конкурсных проектов,
- иметь хороший научный задел для поступления в аспирантуру.

Работа студентов будет заключаться в проведении экспериментов на вакуумных напылительных установках, исследовании образцов покрытий.

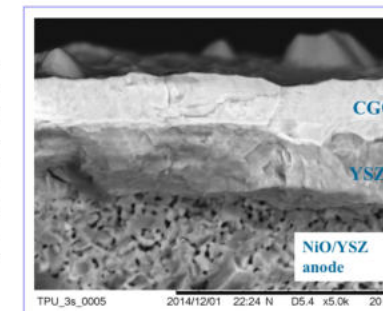
## Возможные исследовательские темы для студентов

### Твердоокисные топливные элементы

Научный руководитель: к.т.н., зав. ЛПЭ, в.н.с. А.А. Соловьёв

Задачи:

оптимизация процессов формирования тонких оксидных слоев топливных элементов методом магнетронного распыления, исследование структуры слоев и характеристик топливных элементов.

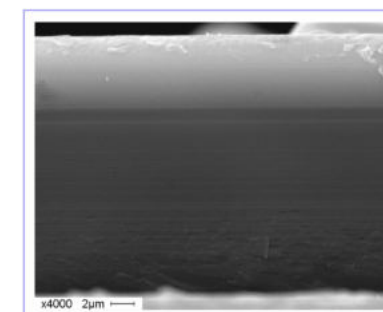


### Кремний-углеродные a-(C:H,Si:O) пленки для медицинских или трибологических применений

Научный руководитель: к.т.н., н.с. А.С. Гренадёрв

Задачи:

получение пленок плазмохимическим методом, исследование влияния параметров процесса на характеристики пленок.







**ДЕНИСОВ**  
Владимир Викторович,  
к.т.н, зав. ЛППИП  
denisov@pee.hcei.tsc.ru

В конце 2018 года в Институте сильноточной электроники СО РАН была создана новая молодёжная лаборатория пучково-плазменной инженерии поверхности. Руководитель лаборатории – кандидат технических наук Владимир Викторович Денисов.

Тематика лаборатории связана с разработкой физико-технических основ создания электроразрядного и плазменного оборудования и технологий для инженерии поверхности материалов и изделий с целью кратного повышения их физико-механических свойств и эксплуатационных характеристик.

### Основные направления:

- исследования условий стабильной генерации стационарных и импульсных пучково-плазменных образований;
- исследования процессов генерации газо-металлической плазмы и влияния различных факторов на степень неоднородности и параметры создаваемой плазмы;
- исследования закономерностей и результатов целенаправленного пучково-плазменного воздействия на поверхность материалов, приводящего к формированию слоев с измененным фазовым составом и структурой, с улучшенными физико-механическими свойствами и эксплуатационными характеристиками.

### Значимые публикации

1. V.V. Denisov, Yu.H. Akhmadeev, N.N. Koval, S.S. Kovalsky, I.V. Lopatin, E.V. Ostroverkhov, N.N. Pedin, V.V. Yakovlev, and P.M. Schanin The source of volume beam-plasma formations based on a high-current non-self-sustained glow discharge with a large hollow cathode // Phys. Plasmas 26, 123510 (2019); <https://doi.org/10.1063/1.5126485>
2. Яковлев В.В., Денисов В.В., Коваль Н.Н., Ковальский С.С., Островерхов Е.В., Егоров А.О., Савчук М.В. Генерация плазмы с повышенной степенью ионизации в импульсном сильноточном тлеющем разряде низкого давления с полым катодом // Изв. вузов. Физика. 2020. № 10. С. 109–116. (DOI: 10.17223/00213411/63/10/109).
3. Ковальский С.С., Денисов В.В., Коваль Н.Н., Островерхов Е.В. Протяженный цилиндрический плазменный эмиттер на основе дугового разряда низкого давления для генерации радиально расходящегося электронного пучка // Известия высших учебных заведений. Физика. 2020. Т. 63. № 10 (754). С. 87–94. (DOI: 10.17223/00213411/63/10/87)

Практическая значимость указанных направлений заключается в создании источников стационарных и импульсных объемно-однородных газовых и газо-металлических плазменных образований в больших (>0,1 м<sup>3</sup>) вакуумных объемах, а также разработке алгоритмов и технологических режимов формирования заданной структуры, фазового состава и физико-механических свойств поверхности материалов и изделий методами пучково-плазменной инженерии поверхности. В составе лаборатории работает 10 научных сотрудников, включая 2 кандидатов наук.



В лаборатории создаются и совершенствуются образцы источников объемно-однородных газо-металлических пучково-плазменных образований для реализации процессов упрочнения поверхности материалов и изделий и специализированное диагностическое оборудование. В 2019 году создана и апробирована автоматизированная система зондовых измерений параметров плазмы стационарных и импульсных пучково-плазменных образований. В 2020 году создан генератор объемных пучково-плазменных образований, позволяющий в полном катоде объемом около 0,3 м<sup>3</sup> в непрерывном и импульсном режимах горения разряда создавать технологическую плазму для очистки, активации и азотирования поверхности изделий из конструкционных и инструментальных сталей массой до 150 кг.

Сотрудники лаборатории не раз являлись руководителями и участниками проектов грантам Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) и Российского научного фонда (РНФ).

### Возможные исследовательские темы для студентов

#### Генерация объемно-однородных газо-металлических пучково-плазменных образований.

Научный руководитель: к.т.н. В.В. Денисов.

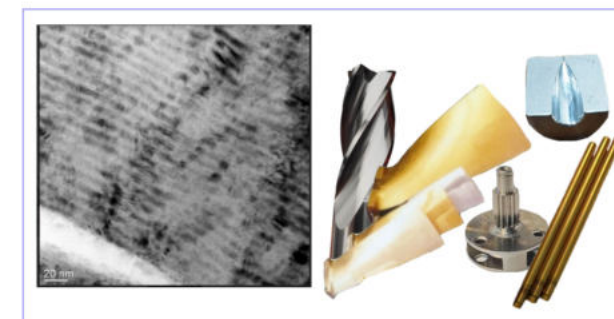
Задача: определение закономерностей влияния условий генерации газо-металлических пучково-плазменных образований на состав формируемой плазмы.



#### Закономерности формирования многослойных покрытий на основе нитридов и оксидов в газо-металлических пучково-плазменных образованиях.

Научный руководитель: к.ф.-м.н. Ю.А. Денисова.

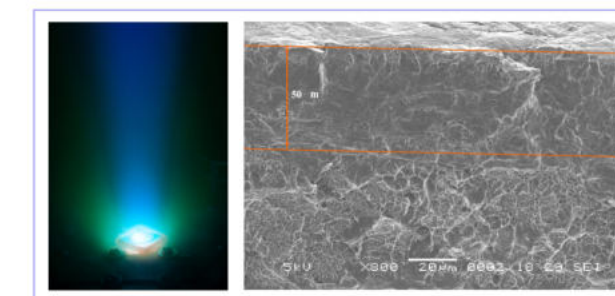
Задачи: определение закономерностей формирования структуры, фазового состава и физико-механических характеристик функциональных многослойных покрытий на основе нитридов и оксидов, синтезируемых в поверхностных слоях материалов, помещённых в газо-металлические пучково-плазменные образования.



#### Закономерности формирования слоёв на поверхности материалов при комбинированной электронно-ионно-плазменной обработке.

Научный руководитель: А.Д. Тересов.

Задачи: определение закономерностей изменения свойств поверхности материалов в зависимости от методов комбинированного воздействия, сочетающих ионно-плазменную обработку (осаждение тонких плёнок металлов, сплавов и их нитридов) и последующее воздействие импульсным электронным пучком субмиллисекундной длительности для формирования легированных поверхностных слоёв путем жидкофазного перемешивания материалов покрытия и подложки.



Успешно обучающиеся студенты, ведущие исследовательскую работу под руководством квалифицированного наставника, получают возможность:

- приобрести глубокие знания по научной тематике,
- стать участниками научных конференций (в том числе зарубежных),
- быть соавторами научных публикаций (в том числе англоязычных изданий),
- получать финансовую поддержку при выполнении конкурсных проектов,
- иметь хороший научный задел для поступления в аспирантуру.





**СОРОКИН**  
Дмитрий Алексеевич,  
к.ф.-м.н., зав. ЛОИ  
SDmA-70@loi.hcei.tsc.ru

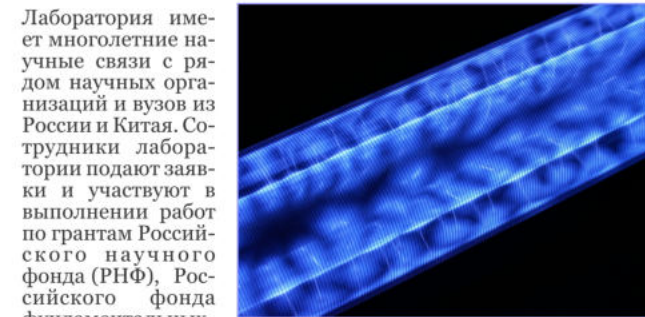
Заведующий ЛОИ – Дмитрий Алексеевич Сорокин, к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник, выпускник кафедры физики плазмы ФФ НИ ТГУ 2009 г.

В ЛОИ на протяжении уже более 15 лет проводятся исследования в области высоковольтных импульсных и импульсно-периодических газовых разрядов. На этой основе создаются генераторы неравновесной низкотемпературной плазмы, источники спонтанного и вынужденного излучения с длинами волн в УФ и ВУФ областях спектра, проводится поиск направлений их практического использования.

Исследованиям в данных направлениях в настоящее время уделяется повышенное внимание, как в нашей стране, так и за рубежом, поскольку химически активная неравновесная низкотемпературная плазма, а также источники излучения в УФ и ВУФ областях спектра широко применяются в различных областях, таких, как наука, медицина, пищевая и оборонная промышленности, и др. Например, перспективность применения «холодной» плазмы в медицине обусловлена содержанием в ее составе высокой плотности активных частиц, что приводит к ускоренному заживлению открытых ран и высокой эффективности в борьбе с опухолями, в том числе раковыми; излучение эксиплексной лампы с длиной волны 222 нм (KrCl-эксиплексы) на основе неравновесной низкотемпературной плазмы барьерного разряда обладает повышенной вирулицидной эффективностью, включая воздействие на коронавирус COVID-19, что позволяет рассматривать данные источники излучения как основу для создания технических средств, ограничивающих распространение коронавируса.

## Значимые публикации

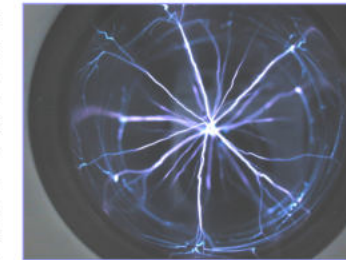
1. Д.А. Сорокин, Д.В. Белоплатов, А.А. Гришков, В.А. Шкляев, В.Ф. Тарасенко, С.Я. Беломытцев, М.И. Ломаев. Высоковольтный наносекундный разряд в неоднородном электрическом поле и его свойства. 2020. - Томск: STT, 2020. - 288 с.
2. Runaway Electrons Preionized Diffuse Discharges. Edited by V.F. Tarasenko. Nova Science Publishers, Inc., NY, USA, 2014. 613 p.
3. А.М. Бойченко, М.И. Ломаев, А.Н. Панченко, Э.А. Соснин, В.Ф. Тарасенко. Ультрафиолетовое и вакуумно-ультрафиолетовые эксиплексы: физика, техника и применения. – Томск: STT, 2011. – 512 с.
4. Э.А. Соснин, О.С. Жданова. Вирулицидные и бактерицидные эксиплексные лампы барьерного разряда // Квантовая электроника. ? 2020. ? Т. 50. ? № 10. ? С. 984?988. (Статья включена Всемирной организацией здравоохранения в Глобальный список литературы по коронавирусной болезни COVID-19).
5. A.G. Burachenko, E.I. Lipatov, D.E. Genin, V.S. Ripenko, A.D. Savvin, D.A. Sorokin, M.A. Shulepov, V.G. Vins, A.P. Yelissev, A.V. Puchikin. Luminescence spectra of diamonds containing nitrogen-vacancy and interstitial photoactive centers // Journal of Luminescence. – 2021. – Vol. 237. – Art. no. 118214 (8 pp.).



Лаборатория имеет многолетние научные связи с рядом научных организаций и вузов из России и Китая. Сотрудники лаборатории подают заявки и участвуют в выполнении работ по грантам Российского научного фонда (РНФ), Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки РФ).

Исследуются эффекты в синтетическом алмазе, связанные с протеканием электрического тока, генерацией лазерного излучения на фотоактивных центрах и преобразованием энергии ускоренных электронов в оптическое излучение. Данные исследования необходимы для развития электронной и фотонной компонентной базы бортового оборудования космических и летательных аппаратов, для атомной энергетики и сильноточной электроники. Кристаллический углерод (алмаз и графен) является платформой для развития квантовых технологий (сенсорика, вычисления, криптография), создания фотонных кристаллов и интегральных схем, применения в биотехнологиях и тераностике (наноалмазы, биосовместимые графеновые электроды).

В ЛОИ имеются в наличии необходимые для проведения экспериментальных работ приборы и оборудование: высоковольтные (десятки-сотни кВ) импульсные генераторы, в том числе твердотельные с частотами повторения от единиц до 200 кГц, вакуумная техника, включая форвакуумные и безмасляные турбомолекулярные насосы, фотоприемники и фотодатчики, включая специализированные приемники для измерения средней мощности излучения эксиплексов, спектральные приборы – спектрометры и монохроматоры, в том числе вакуумный монохроматор. Для регистрации параметров быстротекущих процессов и импульсных световых потоков используются приборы с уникальными параметрами – широкополосные цифровые осциллографы, в том числе с полосой пропускания до 6 ГГц, стрик-камера с пикосекундным временным разрешением, сопряженная со спектрометром, а также 4-х канальная CCD-камера с наносекундным временным разрешением.



Успешно работающие студенты познакомятся с современным состоянием исследований в выбранной области, приобретут навыки работы с приборами и оборудованием, проведения расчетов и оценок величин, измеряемых в физическом эксперименте. Полученный в ходе выполнения работы материал может быть использован для подготовки выступлений на научных российских и международных научных мероприятиях, а также при подготовке публикаций в центральной печати с их соавторством.

## Возможные исследовательские темы для студентов

**Исследования в области высоковольтных импульсных и импульсно-периодических газовых разрядов.**

Научный руководитель: н.с., к.ф.-м.н. Дмитрий Викторович Белоплатов.

Д.В. Белоплатов – автор и соавтор более 70 публикаций, включая 5 коллективных монографий, индекс Хирша 13.

**Создание генераторов низкотемпературной неравновесной плазмы и ее применения.**

Научный руководитель: зав. ЛОИ, к.ф.-м.н. Дмитрий Алексеевич Сорокин.

Д.А. Сорокин – автор и соавтор более 100 публикаций, включая 5 коллективных монографий, индекс Хирша 15.

**Исследования газоразрядных источников УФ излучения на основе эксимерных и эксиплексных молекул (эксиплексы).**

Научный руководитель: в.н.с. ЛОИ, зав. кафедрой физики плазмы НИ ТГУ, д.ф.-м.н. Михаил Иванович Ломаев

М.И. Ломаев являлся научным руководителем более 10 проектных и выпускных работ студентов физического и радиофизического факультетов НИ ТГУ, индекс Хирша 26.

**Применения газоразрядных источников УФ излучения на основе эксимерных и эксиплексных молекул (эксиплексы).**

Научный руководитель: в.н.с. ЛОИ, профессор факультета инновационных технологий НИ ТГУ, д.ф.-м.н. Эдуард Анатольевич Соснин.

Э.А. Соснин являлся научным руководителем более 15 проектных и выпускных работ студентов физического и радиофизического факультетов НИ ТГУ, индекс Хирша 16).

**Исследования в области углеродной электроники и фотоники.**

Научный руководитель: с.н.с. ЛОИ, зав. лаб. квантовых информационных технологий НИ ТГУ, к.ф.-м.н. Евгений Игоревич Липатов.

Е.И. Липатов – автор и соавтор более 50 публикаций, включая 5 коллективных монографий, индекс Хирша 10. Являлся научным руководителем более 10 проектных и выпускных работ студентов радиофизического факультетов НИ ТГУ).





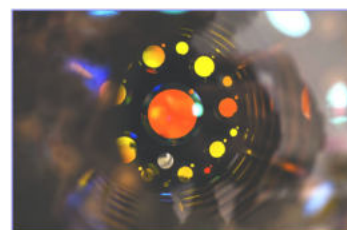
**ПАНЧЕНКО**  
Юрий Николаевич,  
д.ф.-м.н., зав. ЛГЛ  
yu.n.panchenko@mail.ru

В октябре 1969 года одновременно с открытием Института оптики атмосферы СО АН СССР в отделе сильноточной электроники под руководством Г.А. Месяца была открыта лаборатория прикладной квантовой электроники, заведующим которой был назначен Ю.И. Бычков. В 1977 году при открытии Института сильноточной электроники СО РАН лаборатория была переименована в отдел газовых лазеров, а с 1991 года в лабораторию газовых лазеров. Д.ф.-м.н. Ю.И. Бычков возглавлял лабораторию до ноября 1996 г. Следующим руководителем был д.ф.-м.н. В.Ф. Лосев (до 2020 г.).

С 2020 г по настоящее время заведующим лабораторией является д.ф.-м.н. Ю.Н. Панченко. В состав лаборатории входит 15 сотрудников, из которых 4 доктора и 3 кандидата наук.

### Основные научные направления:

- Исследование физики газоразрядных и твердотельных лазеров, горения объемных разрядов в газовых смесях.
- Разработка и создание различных типов лазеров для прикладных применений, формирования высококачественного лазерного излучения.
- Исследования нелинейных процессов в интенсивных лазерных полях.



Коллектив лаборатории имеет большой научный задел в данных научных областях, в лаборатории разрабатываются и создаются экспериментальные лазерные эксимерные установки в диапазоне энергий от 0,01 до 500 Дж, с длительностью импульса от 50 фс до 1 мкс, с расходимостью пучка близкой к дифракционной для апертур от 0,1 до 40 см. Данные лазерные системы являются лучшими в России и соответствуют современному уровню зарубежных аналогов в США, Японии и Великобритании. В ходе длительного периода работ (более 30 лет) коллективом наработан большой опыт в разработках разнообразных лазерных конструкций, имеющих системы накачки электронным пучком и электрическим разрядом.



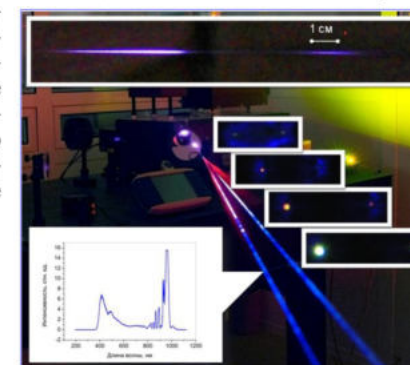
### Значимые публикации

1. Yu. N. Panchenko, A.V. Puchikin, S.A. Yampolskaya, S. M. Bobrovnikov, E. V. Gorlov, V. I. Zharkov. Narrowband KrF Laser for Lidar Systems // IEEE Journal of Quantum Electronics. 2021. Vol. 57, No. 2. P. 1-5. DOI: 10.1109/JQE.2021.3049579
2. S. A. Yampolskaya, A. G. Yastremskii, Y. N. Panchenko, A. V. Puchikin and S. M. Bobrovnikov. Numerical Study of the Discharge Spatial Characteristics Influence on the KrF Laser Generation // IEEE Journal of Quantum Electronics. 2020. Vol. 56, No. 2. P. 1-9. DOI: 10.1109/JQE.2020.2976532
3. S. M. Bobrovnikov, E. V. Gorlov, V. I. Zharkov, Yu. N. Panchenko, and A. V. Puchikin Two-pulse laser fragmentation/laser-induced fluorescence of nitrobenzene and nitrotoluene vapors // Appl. Opt. – 2019. – Vol. 58, No. 27. – P. 7497-7502.
4. Bobrovnikov, S. M. Dynamics of the laser fragmentation/laser-induced fluorescence process in nitrobenzene vapors / S. M. Bobrovnikov, E. V. Gorlov, V. I. Zharkov, Yu. N. Panchenko, A. V. Puchikin // Appl. Opt. – 2018. – Vol. 57, No. 31. – P. 9381-9387.
5. Пяа А. Zyatikov, Valery F. Losev, Dmitriy M. Lubenko, and Evgeniy A. Sandabkin. Analysis of the active medium parameters of molecular nitrogen ions in ambient air // Optics Letters. Vol. 45, No. 23, pp. 6518-6521 (2020). <https://doi.org/10.1364/OL.403577>
6. Alekseev, N.G. Ivanov, V.F. Losev, G. A. Mesyats, L. D. Mikheev, N. A. Ratakhin, Yu. N. Panchenko, THL-100 multi-terawatt laser system of visible spectrum range // Opt. Commun. 2020. Vol. 455, No. 15. P. 124386 – 1-4. DOI: 10.1016/j.optcom.2019.124386.

Проведен большой цикл работ по исследованию нелинейных эффектов, возникающих при взаимодействии высокоинтенсивного излучения с веществом. Проводятся экспериментальные и теоретические работы по изучению горения нестационарной низкотемпературной плазмы в различных газовых средах.

Имеющимся научным коллективом в последние годы созданы высокоэффективные технологические эксимерные лазеры серии EL с энергией излучения 0.2-0.7 Дж, работающие с частотой до 200 Гц и узкополосные твердотельные лазеры на кристаллах Alexandrite. Данные типы лазеров используются для исследований по дистанционному и высокочувствительному обнаружению вредных и опасных веществ в атмосфере на основе лидарного принципа с использованием эффекта ЛФ/ЛИФ. Разрабатывается программное обеспечение, позволяющее автоматизировать управление и контроль лазерных систем.

Сотрудники лаборатории проводят работы по конкурсному грантам Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) и Российского научного фонда (РНФ), а также по контрактам с российскими и зарубежными коллективами. Для выполнения этих работ в лаборатории имеются различные экспериментальные стенды электроразрядных лазеров, твердотельные Nd-YAG лазеры с генерацией гармоник и параметрическими приставками, Ti:Sapphire лазерная система генерирующая излучение на длинах волн 950 и 475 нм, с энергией излучения 20 мДж и длительностью импульса 50 фс. Также в наличии регистрирующая аппаратура, оптические элементы диаметром от 10 до 300 мм, вакуумное и газовое оборудование.



### Возможные исследовательские темы для студентов

1. Исследование и разработка компактных газоразрядных лазеров.
2. Разработка и создание узкополосного УФ-излучателя на основе твердотельных кристаллов и диодов.
3. Разработка программного обеспечения для контроля и управления лазерным излучением, восстановление изображения - ЛИФ и др.
4. Экспериментальные и теоретические исследования плотной плазмы в различных газовых средах для научных и прикладных задач.
5. Исследование взаимодействия ультракороткого излучения с веществом.
6. Разработка лидарных технологий по обнаружению опасных и вредных веществ, включая биологически опасных микроорганизмов в атмосфере с помощью лазерных источников.

Студенты, ведущие исследовательскую работу под руководством квалифицированного сотрудника, получают возможность:

- приобрести глубокие знания по научной тематике,
- стать участниками научных конференций (в том числе зарубежных),
- быть соавторами научных публикаций (в том числе англоязычных изданий),
- получать финансовую поддержку при выполнении конкурсных проектов,
- последующее зачисление в аспирантуру и устройство на постоянную работу.





**КОЗЫРЕВ**  
 Андрей Владимирович,  
 д.ф.-м.н., зав. ЛТФ  
 kozyrev@to.hcei.tsc.ru

Для проведения теоретических исследований в рамках научной тематики ИСЭ СО РАН в 1980 году была организована отдельная лаборатория, которая сейчас называется Лабораторией теоретической физики (ЛТФ). В ее составе работает 12 научных сотрудников, включая 4 докторов и 2 кандидатов наук.

Лаборатория теоретической физики работает в постоянном содружестве с Томским государственным университетом, которое было заложено еще директором ИСЭ СО РАН Геннадием Андреевичем Месяцем при организации им кафедры физики плазмы ТГУ в 1984 году.

Первым заведующим ЛТФ (с 1980 по 1998 гг.) был профессор Владислав Гаврилович Багров, с 1998 г. по настоящее время лабораторию возглавляет доктор физико-математических наук, профессор Андрей Владимирович Козырев, который около 20 лет был одновременно заведующим кафедрой физики плазмы ТГУ.

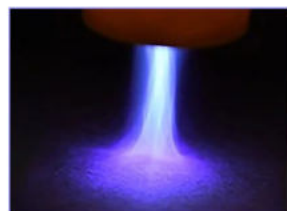
Сотрудники лаборатории регулярно участвуют в работах по конкурсным грантам Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) и Российского научного фонда (РНФ). Студенты будут иметь возможность внести свой посильный вклад в научную деятельность коллектива, которая выражается как в финансовой поддержке со стороны фондов, так и соавторством в научных публикациях.

## Значимые публикации

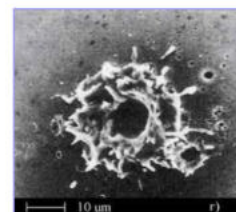
1. V. Kozhevnikov, A. Kozыrev et al. Apokamp-type gas discharge phenomenon: Experimental and theoretical backgrounds. // EPL (Europhysics Letters). – 2020. – V. 129. – №1. – P. 15002. <https://doi.org/10.1209/0295-5075/129/15002>
2. S.Ya. Belomyttsev, A.A. Grishkov, V.A. Shklyayev, V.V. Ryzhov. Current in a pulsed gas breakdown at a highly inhomogeneous electric field. // Journal of Applied Physics. – 2018. – V. 123. – P. 043309. <https://doi.org/10.1063/1.5008820>
3. A.A. Grishkov, Y.D. Korolev, V.A. Shklyayev. Monte Carlo simulation for development of electron avalanches in nitrogen at moderate and high reduced electric field. // Physics of Plasmas. – 2020. – V. 27. – P. 103504. <https://doi.org/10.1063/5.0021194>
4. A.V. Kozыrev, Y.D. Korolev, N.S. Semeniuk. Kinetic Model of Volume Discharge Formation on the Left Branch of a Paschen Curve with Cathode Initiation of a Breakdown. // Bull. Russ. Acad. Sci. Phys. – 2019. – V. 83. – P. 1369–1372. <https://doi.org/10.3103/S1062873819110157>
5. A. Kozыrev, V. Kozhevnikov, N. Semeniuk. Kinetic theory of high-voltage low-pressure gas discharge with electron initiation on a cathode in a planar gap. // Plasma Sources Sci. Technol. – 2020. – V. 29. – P. 125023. <https://doi.org/10.1088/1361-6595/abbf95>

Как следует из самого названия лаборатории, характер работы студентов будет заключаться либо в формулировании теоретических моделей явлений, либо в расчетах (аналитических и численных) уже готовых математических задач. Поэтому со стороны студентов для успешного выполнения поставленных научным руководителем задач потребуются уверенное владение основами математического анализа и методами математической физики, сочетающееся с использованием современных информационных технологий (поиск и структурирование научной информации, владение основами базовых методов программирования, владение основами программного софта). Основные инструменты работы – бумага, ручка, компьютер, мозг (студенту очень желательно иметь свои и хорошо владеть всеми этими инструментами).

Традиционно все теоретические исследования сотрудников ориентированы на тесное взаимодействие с другими лабораториями и исследовательскими группами института. Поэтому тематика работы лаборатории охватывает целый ряд направлений, среди которых наиболее значимыми являются: электродинамика пучков заряженных частиц и плазмы, физика газового разряда и взаимодействие быстрых частиц с веществом. Сюда примыкает также физика эмиссионных процессов и столкновений частиц в плазме.



## Эмиссия электронов с поверхности твердого тела



Задачи:

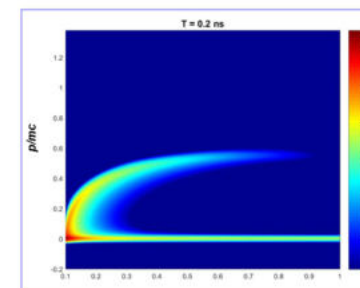
эмиссия электронов на микронеровностях рельефа (острия, наноструктуры, инородные включения и т. п.);

описание механизмов эмиссии электронов на шероховатой поверхности твердого тела.

## Кинетическое описание ансамблей заряженных частиц в разрядах

Задачи:

кинетика электронов в нестационарном электрическом поле; движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях; бесстолкновительная кинетика частиц в плазме и т. п.



## Моделирование пространственно-временной структуры газового разряда



Задачи:

выяснение механизма электрического пробоя газоразрядных промежутков в разной пространственной конфигурации электродов;

численное моделирование процесса генерации газоразрядной плазмы в разных газах;

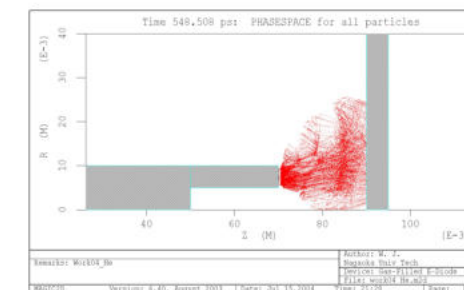
расчет процесса формирования газоразрядных структур и т. п.

## Возможные исследовательские темы для студентов

### Формирование пучков заряженных частиц

Задачи:

формирование электронных пучков в сильноточных ускорителях; генерация пучков частиц в газовых разрядах; формирование потоков частиц в вакуумном разряде и т. п.



Успешно обучающиеся студенты, ведущие исследовательскую работу под руководством квалифицированного наставника, получают возможность:

- приобрести глубокие знания по научной тематике,
- накопить полезный опыт выполнения научных расчетов на компьютере,
- стать участниками научных конференций (в том числе зарубежных),
- быть соавторами научных публикаций (в том числе англоязычных изданий),
- получать финансовую поддержку при выполнении конкурсных проектов,
- иметь хороший научный задел для поступления в аспирантуру.





**БАЛЗОВСКИЙ**  
Евгений Владимирович,  
к.ф.-м.н., зав. ЛВЧЭ  
bev@lhfe.hcei.tsc.ru

Лаборатория была создана в 1977 г., в настоящее время в её составе работает 15 человек, включая 2 докторов и 2 кандидатов наук. Руководитель лаборатории – кандидат физико-математических наук Балзовский Евгений Владимирович, доцент кафедры радиофизики ТГУ. Лаборатория работает в тесном содружестве с ТГУ, несколько выпускников в разное время трудоустроены и ведут самостоятельную научную работу. Основные научные направления, развиваемые в лаборатории: электродинамика сверхширокополосного (СШП) излучения, формирование сильноточных электронных пучков,

исследование многоволновых черенковских генераторов. СШП импульсные радиосистемы используются в таких областях как воздействие электромагнитных импульсов на объекты и среды, в том числе биологические, радиолокация и связь.

Разработаны решетки, излучающие импульсы длительностью от 0,3 до 3 наносекунд. В лаборатории созданы излучающие установки с параметрами мирового уровня: получены импульсы СШП излучения гигаваттного уровня мощности с мультимегавольтным эффективным потенциалом. Ведутся исследования по синтезу излучения с целью расширения спектра, разрабатываются гибридные антенны на основе офсетных отражателей, решетки спиральных антенн для получения излучения с эллиптической поляризацией. Результаты исследований обобщены в монографии [1].

## Значимые публикации

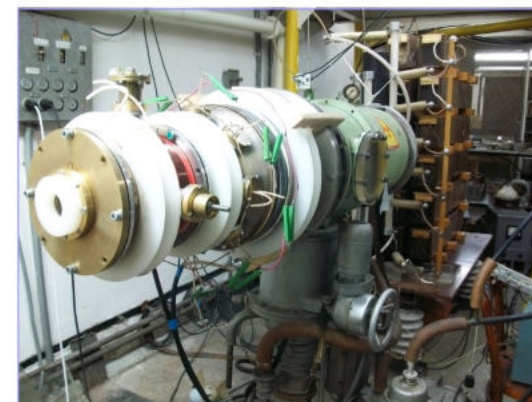
1. Беличенко В.П., Буянов Ю.И., Кошелев В.И. Сверхширокополосные импульсные радиосистемы / Новосибирск: Наука, 2015. – 483 с.
2. Abdullin E.N, Ivanov N.G., Losev V.F., and A.V. Morozov. Generation of a large cross-section electron beam in the vacuum diode with rod current returns // Laser and Particle Beams. – 2013. – V. 31. – P. 697 – 702. DOI: 10.1017/S026303461300075X
3. Чазов В.А., Дейчули М.П., Кошелев В.И. Резонансное взаимодействие симметричных поверхностных и объемных волн в сверхразмерных секционированных замедляющих структурах // Известия вузов. Физика. 2020. Т. 63. № 2. С. 36–43.

Широкоапертурные электронные пучки применяются для накачки рабочей среды газовых лазеров, генерации импульсов СВЧ и рентгеновского излучения и решения технологических задач в плазмохимии, газоочистке. Для получения пучков в лаборатории используются вакуумные камеры – диоды со взрывоэмиссионными катодами и плазменными анодами с питанием от высоковольтных генераторов Маркса и формирующих линий. Вывод электронных пучков в атмосферу или газ осуществляется через закрытые металлической фольгой выводные окна. Лаборатория имеет значительный опыт разработки мощных электронных диодов с энергией электронов до 600 кэВ, током пучка до 600 кА микросекундной длительности. Получены пучки с рекордным поперечным сечением до 3 м<sup>2</sup> для накачки эксимерных лазеров [2].



В настоящее время ведутся исследования применения плазменного анода для увеличения тока пучка в электронном источнике с питанием от генератора Маркса с прямоугольной формой импульса выходного напряжения и выводом электронного пучка в атмосферу. Разрабатываются способы уменьшения влияния собственного магнитного поля пучка на формирование протяженных электронных пучков.

В лаборатории ведутся исследования многоволновых черенковских генераторов, позволяющих преобразовать энергию электронного пучка в мощное СВЧ излучение [3]. Основное внимание уделяется физике взаимодействия трубчатого релятивистского электронного пучка и электромагнитного поля в сверхразмерных (диаметр много больше длины волны излучения) секционированных замедляющих структурах, в том числе в суб-ТГц диапазоне частот. В научном коллективе разрабатываются теоретические модели и ведутся экспериментальные исследования на наносекундном ускорителе СИНУС-7М с энергией электронов до 500 кэВ.



При выполнении научно-исследовательской работы студент освоит компьютерные программы для моделирования антенн и СВЧ устройств, примет участие в разработке конструкций генераторов и антенн на основе численного моделирования. Планируется участие студента в экспериментальных исследованиях. Бакалаврская работа будет базой для выполнения магистерской диссертации.

## Возможные исследовательские темы для студентов

### Теоретические и экспериментальные исследования релятивистских многоволновых черенковских генераторов

Научный руководитель: г.н.с., д.ф.-м.н. В.И. Кошелев.

При выполнении научно-исследовательской работы студент освоит компьютерные программы, разработанные в коллективе, примет участие в разработке конструкций замедляющих структур многоволновых черенковских генераторов. Научными задачами являются повышение эффективности генерации и стабильности выходного излучения. Планируется участие студента в экспериментальных исследованиях по генерации СВЧ излучения.

### Исследование открытой ТЕМ-линии для тестирования приемных СШП антенн

Научный руководитель: с.н.с., к.ф.-м.н. Ю.А. Андреев

Работа предполагает разработку и создание макета открытой ТЕМ-линии передачи, это двухэлектродная система: плоский потенциальный электрод расположен над плоским «земляным» электродом. На концах ячейки сделаны конические переходы, к которым подключаются с одной стороны входной высокочастотный разъем, а с другой – нагрузка. Разработанную линию, подключенную к векторному анализатору цепей предполагается использовать для тестирования приемных СШП антенн и различных объектов.

### Исследование источника с плазменным анодом и выводом энергии электронного пучка в атмосферу

Научный руководитель: в.н.с., д.т.н. Э.Н. Абдуллин

В работе предлагается участие в экспериментальных исследованиях источника электронного пучка со взрывоэмиссионным катодом и плазменным анодом, предназначенного для генерации электронных пучков и их выводу в атмосферу через окно из алюминиевой фольги. Источником высокого напряжения 150–220 кВ и тока 1,5–2 кА длительностью 5 мкс является многоступенчатый генератор Маркса. Научная задача состоит в описании процессов в вакуумном диоде, техническая задача – в повышении равномерности вывода пучка и увеличении энергоэффективности.





**ФАТЕЕВ**  
Алексей Викторович,  
к.т.н, зав. ЛНВЛ  
fateev@tusur.ru

Лаборатория нелинейной видеоимпульсной локации образована в октябре 2021 года. В настоящее время в лабораторию входит более 20 сотрудников, из которых 3 доктора наук, 3 кандидата наук, 3 аспиранта, а также студенты магистратуры и бакалавриата. Лаборатория сотрудничает с томскими вузами (ТУСУР, ТГУ, ТПУ). Руководителем лаборатории является к.т.н. доцент Алексей Викторович Фатеев. Его основные научные работы посвящены пассивным устройствам СВЧ- и КВЧ-диапазонов, антенным измерениям и нелинейным искажениям.

Научным руководителем ЛНВЛ является д.т.н., доцент Эдуард Валерьевич Семенов. Направления его научных работ связаны с синтезом нелинейных моделей элементов и устройств для импульсных и широкополосных режимов, измерением нелинейных искажений сложных сигналов, диагностическими и локационными системами с использованием нелинейного отклика на импульсные воздействия.

Лаборатория была создана для исследований и разработки в перспективной области нелинейной локации. Перспективность данного направления состоит в том, что таких исследований не проводится в России, а за рубежом данным направлением занимаются единицы.



Кроме этого, в связи с увеличением плотности различных электронных гаджетов, созданием мобильных роботизированных и автопилотируемых систем, возрастает потребность в радиолокационных системах с относительно небольшой (десятки метров, единицы километров) дальностью действия, но с высокой избирательностью и помехоустойчивостью.

Целью является разработка и создание высокомощного нелинейного локатора, который сможет фиксировать нелинейные объекты на десятки километров. Лаборатория объединила студентов и ученых ИСЭ СО РАН и университетов Томска. В дальнейшем ожидается, что изобретения ученых лаборатории будут использоваться в оборонной и гражданской промышленности.

Основными направлениями работы являются: нелинейное видеоимпульсное электромагнитное моделирование, нелинейные радиолокаторы на различных зондирующих сигналах, поведенческие модели нелинейных рассеивателей, нелинейные измерения, создание киловаттных генераторов наносекундной длительности, анализ электродинамической совместимости, сверхширокополосные антенные и приемные системы.

## Возможные исследовательские темы для студентов

### Нелинейный видеоимпульсный радиолокатор высокой мощности

Научный руководитель: с.н.с., д.т.н. Э.В. Семенов

### Генерация пар противофазных видеоимпульсов наносекундной длительности мощностью порядка 1 МВт

Научный руководитель: с.н.с., д.т.н. Б.И. Авдоченко

### Нелинейное видеоимпульсное моделирование

Научный руководитель: зав.лаб., к.т.н. А.В. Фатеев

Для работы в лаборатории студентам необходимы теоретические знания в области СВЧ-приборов, схемотехники, радиотехники, иметь навыки использования систем автоматизации проектных работ (САПР).

При выполнении работ студент чувствует в перспективном направлении, приобретает навыки компьютерного моделирования систем антенных систем и СВЧ-устройств, чувствует в проведении экспериментальных работ. В будущем возможно трудоустройство в ИСЭ СО РАН на должность в соответствии с квалификацией.



## Значимые публикации

1. Semyonov E.V. Nonlinear scattering of narrowband and ultra wideband signals at equal peak intensity// Proc. of XV International Scientific and Technical Conference "Actual Problems of Electronic Instrument Engineering", Russia
2. Семенов Э.В. Анализ состава нелинейных искажений при видеоимпульсных воздействиях с применением поведенческих нелинейных моделей электрических цепей // Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника
3. Пат. 2516436 Российская Федерация, МПК G01S 13/48. Способ обнаружения скрытых нелинейных радиоэлектронных элементов / Якубов В. П., Шипилов С. Э., Суханов Д. Я.; патентообладатель Якубов В. П., Шипилов С. Э. – опубл. 20.05.14, Бюл. № 3. – 10 с.
4. Ultra-wideband radio tomographic imaging with resolution near the diffraction limit / S. E. Shipilov [ et al.]// Optical and Quantum Electronics. – 2017. V. 49, № 10. – P. 339.