

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт теоретической и прикладной электродинамики  
Российской академии наук  
(ИТПЭ РАН)**



**«УТВЕРЖДАЮ»**

**Директор ИТПЭ РАН**

**К.Н. Розанов**

**« 21 » февраля 2023 г.**

**Отчет о самообследовании**

**за 2022 год**

**Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Института теоретической и прикладной электродинамики  
Российской академии наук**

## Содержание

|   |    |
|---|----|
| 1. Общие сведения об образовательной организации..... | 3  |
| 2. Образовательная деятельность.....                  | 4  |
| 3. Научно-исследовательская деятельность.....         | 6  |
| 4. Международная деятельность.....                    | 18 |
| 5. Материально-техническое обеспечение.....           | 20 |
| 6. Финансово-экономическая деятельность.....          | 24 |
| 7. Основные показатели деятельности.....              | 25 |

## 1. Общие сведения об образовательной организации

В целях расширения фундаментальных исследований в области электрофизики и электродинамики композитных материалов в 1988 году в соответствии с распоряжением Совета Министров СССР от 21 октября 1987 года № 2288рс в составе Института высоких температур РАН был создан научно-инженерный центр прикладных проблем электродинамики (НИЦ ППЭ).

С 1991 года НИЦ ППЭ является юридическим лицом в составе НО “ИВТАН”, действует на правах научно-исследовательского института Академии наук СССР (постановление Президиума Академии наук СССР от 29.10.1991 № 266). В 2005 году ИТПЭ ОИВТ РАН выведен из состава ОИВТ РАН и переименован в Институт теоретической и прикладной электродинамики Российской академии наук (ИТПЭ РАН) (постановление Президиума РАН от 27.12.2005 № 294).

В 2011 году ИТПЭ РАН переименован в Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической и прикладной электродинамики РАН (ИТПЭ РАН) (постановление Президиума РАН от 13.12.2011 № 262).

Организатором ИТПЭ РАН является А.Н. Лагарьков (член-корр. РАН — с 2000 г., академик РАН — с 2011 г.). До 20 июня 2017 г. А.Н. Лагарьков был директором ИТПЭ РАН. С 20 июня 2017 г. академик А.Н. Лагарьков является Научным руководителем ИТПЭ РАН. С 20 июня 2017 г. по 08 июня 2020 г. директором ИТПЭ РАН являлся д.ф.-м.н. В.Н. Кисель. С 12 ноября 2020 года директором ИТПЭ РАН является д.ф.-м.н. К.Н. Розанов, единогласно избранный на Общем собрании сотрудников ИТПЭ РАН (в период с 09 июня 2020 года по 11 ноября 2020 К.Н. Розанов руководитель ИТПЭ РАН в должности временно исполняющего обязанности директора).

Полное наименование Института: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической и прикладной электродинамики Российской академии наук.

Сокращенное: ИТПЭ РАН.

Место нахождения: 125412, г. Москва, вн.тер.г. муниципальный округ Дмитровский, ул. Ижорская, д. 13, стр. 6.

Учредителем ИТПЭ РАН от имени Российской Федерации выступает Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Директор: доктор физико-математических наук Розанов Константин Николаевич.

Телефон приемной (495) 484-23-83, факс (495) 484-26-33.

Адрес сайта: [www.itae.ru](http://www.itae.ru).

Устав ИТПЭ РАН утвержден приказом Минобрнауки России № 41 от 06.07.2018 г. (изменения в Устав ИТПЭ РАН утверждены приказами Минобрнауки России от 17.09.2019 № 789, 06.12.2021 № 1154, 28.10.2022 № 1043).

Институт руководствуется в своей деятельности Конституцией РФ, федеральными конституционными законами, федеральными законами, актами Президента РФ, Правительства РФ, Минобрнауки России, иными нормативными правовыми актами, Уставом ИТПЭ РАН.

Структура (на 01.01.2023 г.):

14 подразделений: 10 административных подразделений, 7 лабораторий, 3 научно-вспомогательных подразделения, 3 вспомогательных подразделения.

Филиалов нет.

Численность (на 01.01.2023 г.):

223 (190 основных сотрудников, 33 совместителя)

В октябре 2022 г. на сайте ИТПЭ РАН вышел первый номер электронного журнала «Современная электродинамика», главным редактором которого является научный руководитель ИТПЭ РАН, Академик РАН Андрей Николаевич Лагарьков.

В электронном научном журнале «Современная электродинамика» печатаются оригинальные статьи и обзоры по широкому спектру теоретических и прикладных проблем электродинамики, оптики и электромагнитных свойств материалов, в том числе оригинальные статьи и обзоры ученых и специалистов, работающих в этих областях, а также расширенные тезисы конференций.

Тематические рубрики журнала охватывают все важнейшие области экспериментальной, теоретической и вычислительной электродинамики, а также вопросы взаимодействия электромагнитных полей с материальными средами, теорию распространения радиоволн, применение методов электродинамики в биологии, медицине, нанoeлектронике и нанооптике.

Тематические рубрики журнала:

- Теоретическая электродинамика;
- Вопросы экспериментальной электродинамики;
- Вычислительная электродинамика;
- Взаимодействие электромагнитного поля с материалами.

К публикации принимаются авторские научные материалы, соответствующие следующим специальностям Номенклатуры ВАК:

01.03.04. Радиофизика,

01.03.06. Оптика,

01.03.13. Электрофизика, электрофизические установки,

01.03.19. Лазерная физика,

01.03.03. Теоретическая физика,

01.03.08. Физика конденсированного состояния,

01.03.12. Физика магнитных явлений

## **2. Образовательная деятельность**

В соответствии с лицензией на образовательную деятельность рег. № № Л035-00115-25/00118982 от 07 декабря 2022 г., выданной Федеральной службой по надзору в сфере образования и науки, в ИТПЭ РАН реализуется образовательная программа по подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия, научной специальности 1.3.13 Электрофизика, электрофизические установки. Срок действия лицензии – бессрочно. Свидетельство об аккредитации выдано Федеральной службой по надзору в сфере образования и науки, рег. № 3808 от 03.07.2023 г. Срок действия – бессрочно.

Обучение проводится в очной форме за счет бюджетных ассигнований федерального бюджета. Срок обучения – 4 года. Общая численность обучающихся на 01.10.2022 г. – 4 человека.

На базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной электродинамики при участии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук функционирует объединенный совет по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Д 999.138.02 (99.1.044.02)

Утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 411/нк от 10.05.17г.

Проводит защиты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук и кандидата наук по специальностям:

1.3.13 – электрофизика и электрофизические установки (физико-математические науки, технические науки).

На базе ИТПЭ РАН работает кафедра МФТИ «Электродинамика сложных систем и нанофотоника».

Кафедра образована в конце 2008 года (приказ МФТИ № 493-1 от 23.09.2008) на основе группы преподавателей, входивших в состав кафедры Прикладной теоретической физики. Кафедра ведёт подготовку кадров для исследований, связанных с изучением взаимодействия электромагнитных полей с различными объектами как нано-, так и макромира.

Студенты, аспиранты и сотрудники ведут исследования в областях:

- Взаимодействие электромагнитных волн со сложными радиофизическими структурами и средами;
- Процессы формирования метаматериалов и их взаимодействия с электромагнитными полями;
- Эффективные электродинамические параметры композитных материалов и неоднородных сред;
- Электронная структура и свойства магнитоактивных материалов и сверхпроводников II рода, графена, топологических изоляторов;
- Высокочастотная электродинамика ферромагнитных материалов;
- Электродинамика фотонных кристаллов и неупорядоченных систем;
- Квантовая наноплазмоника;
- Создание безэховых камер;
- Оптимизация электродинамических характеристик объектов техники в сотрудничестве с ведущими конструкторскими бюро России.

### 3. Научно-исследовательская деятельность

Основными направлениями деятельности Института являются:

- фундаментальные исследования в области электрофизики и электродинамики композитных материалов, в том числе функционально нано-структурированных, а также метаматериалов с новыми электрофизическими, оптическими и радиофизическими свойствами;
- исследования в области прикладной сверхпроводимости, структурного нано-магнетизма и электродинамики магнитоактивных сред;
- исследования, направленные на создание композитных материалов, технологии их формирования;
- разработка сверхчувствительных биологических и химических сенсоров на основе плазмонных и диэлектрических метаматериалов;
- оптимизация радиотехнических характеристик антенно-фидерных систем и решение проблем электромагнитной совместимости.
- разработка и создание безэховых камер, предназначенных для изучения фундаментальных явлений дифракции и прохождения электромагнитного излучения через различные среды и структуры, а также анализа проблем электромагнитной совместимости.

***В рамках госзадания в 2022 году проводились работы по четырем темам.***

#### 1. Экспериментальное исследование электрофизических свойств наноструктурированных магнито-диэлектрических материалов

В отчете представлены результаты, полученные в ИТПЭ РАН в 2022 г. в ходе выполнения НИР «Экспериментальное исследование электрофизических свойств наноструктурированных магнитодиэлектрических материалов». Исследования были проведены с целью получения материалов с высокими значениями СВЧ магнитной проницаемости для различных технических применений. Одним из объектов исследования, в отношении которого были получены экспериментальные данные, были тонкие плёнки диоксида ванадия, полученные магнетронным напылением на различные подложки. Были также выполнены исследования композитов, в состав которых входили ферромагнитные порошки с полый структурой, а также порошок гадолиния. Кроме того, было проведено численное моделирование активного метаматериала. Во всех случаях рассматриваемые материалы были наноструктурированными, поскольку включали в себя наноразмерные структурные элементы. Полученный массив систематизированных данных имеет самостоятельное научное значение, а также даёт возможность полноценного сравнения результатов СВЧ измерений с данными о проведенных структурных и физико-химических исследований. В частности, методом ультразвукового спрей-пиролиза с последующим восстановлением в водороде получены порошки железа с полый структурой. Также исследован композитный материал на основе порошка гадолиния. Показано, что диэлектрическая проницаемость такого композита не зависит ни от частоты, ни от температуры, а измеренная низкочастотная магнитная проницаемость композита близка к значениям, полученным из литературных данных о намагниченности. Показано, что свойства поглотителя из активного метаматериала выходят за пределы фундаментального ограничения для пассивных материалов, связывающего коэффициент

отражения, диапазон длин волн и толщину покрытия. Разработан двухстадийный метод синтеза тонких плёнок диоксида ванадия, позволяющий получать плёнки с высокой амплитудой перехода металл-диэлектрик, применимого на различных типах подложек – кварц и поликор.

## 2. Теоретические и экспериментальные исследования магнитоактивных материалов, включая наноманитные материалы, сверхпроводники, магнитные полупроводники

Изложены результаты работ, выполненных в 2022 году сотрудниками лаборатории теоретической электродинамики конденсированного состояния ИТПЭ РАН в рамках НИР "Теоретические и экспериментальные исследования магнитоактивных материалов, включая наноманитные материалы, сверхпроводники, магнитные полупроводники" программы фундаментальных научных исследований Российской академии наук. Приведены основные результаты работ в соответствии с пунктами плана, наиболее примечательные достижения описаны более подробно со ссылками и иллюстрациями. Также приводится полный список публикаций 2022 года.

## 3. Исследование плазмонных наноструктур для сенсорных, информационных и иных применений

В отчете представлены результаты, полученные в ИТПЭ РАН в 2022 г. в ходе выполнения НИР «Исследование плазмонных наноструктур для сенсорных, информационных и иных применений».

В рамках компьютерного моделирования проведены исследования влияния колебаний ядер в перспективных активных материалах с сильной электрон-фононной связью на усиливающие свойства лазеров, которые могут быть созданы на их основе.

Теоретические и экспериментальные исследования резонансной метаповерхности, состоящей из периодически модулированной металлической пленки, показали, что металлодиэлектрическая структура демонстрирует гигантский оптический отклик из-за возбуждения локализованных поверхностных плазмонов. Предложенные метаповерхности, недорогие и относительно простые для массового производства, могут быть использованы для качественного и количественного анализа различных биохимических агентов.

Рассмотрены возможности технологий маркировки изделий и защитных голограмм, основанные на анализе спектральных характеристик молекулярных структур, вводимых в голограммы, в комбинации с использованием дополнительно квантовых точек и магнитных микрочастиц. Основное внимание уделяется вопросам анализа спектров комбинационного рассеяния молекул, возбуждаемых плазмонно-резонансными электромагнитными полями.

Впервые на ГКР-активной наноструктурированной серебряной планарной подложке были получены ГКР спектры человеческого АПФ из сердца, легких и семенной жидкости. Полученный спектральный массив данных проанализирован с помощью методов машинного обучения, в результате был определен оптимальный расчетный алгоритм для достаточно эффективной идентификации АПФ, продуцируемого разными клетками организма, сделав возможным определение тканеспецифичных белков при патологиях. Продемонстрирована возможность определения фибрилляции предсердий с помощью анализа ГКР спектров сыворотки крови с использованием специализированных методов многопараметрической статистики, позволивших определить вероятность заболевания с точностью 75% - 95%. В целом исследование показало, что объединение

спектроскопических методов и многопараметрического математического анализа позволит решать комплексные аналитические задачи, связанные с определением источника АПФ в крови для клинической диагностики заболеваний на примере определения кардиальных рисков. Продолжены работы по разработке методов пробоподготовки биологически значимых веществ для высокочувствительного ГКР-анализа.

#### 4. Теоретические и экспериментальные исследования радиофизических характеристик сложных объектов и разработка средств изменения этих характеристик

В отчете представлены результаты, полученные в ИТПЭ РАН в 2022 г. в ходе выполнения работ по теме «Теоретические и экспериментальные исследования радиофизических характеристик сложных объектов и разработка средств изменения этих характеристик».

В целях увеличения точности измерений частотных зависимостей диэлектрической и магнитной проницаемостей материалов на специализированном стенде ИТПЭ РАН, был развит алгоритм цифровой обработки сигнала, что позволило более чем вдвое увеличить отношение верхней и нижней частот рабочего интервала высокоточных измерений, достигнутого при этом границ расширенного СВЧ-диапазона 1-40 ГГц. Ранее разработанная процедура временной селекции и подавления фоновых переотражений в составе отражённого и прошедшего через образец сигналов дополнена процедурой подавления эффекта Гиббса при обратном переходе из временной в частотную область. Эффективность подавления доказана как с помощью численного моделирования, так и экспериментально.

Измерение бистатического коэффициента отражения от поверхности с радиопоглощающим покрытием необходимо для отработки схем маскировки структур уголкового типа, а также схем маскировки объектов при бистатической радиолокации. Для специализированного стенда ИТПЭ РАН с разнесёнными направлениями облучения и приёма увеличена точность измерения частотной зависимости бистатического коэффициента отражения. Для этого отработаны методики компенсации фонового сигнала во временной области, что позволило практически исключить влияние прямого прохождения сигнала от передатчика к приёмнику, коррекции поля в рабочей зоне с помощью линзы, а также сделан выбор наилучшей конфигурации образца для подавления вклада в поле рассеяния от дифракционных эффектов на образце.

При оценке вкладов частей объекта в его диаграмму обратного рассеяния необходимо обеспечить маскировку частей его поверхности. Однако эффективной маскировке частей поверхности с размерами, соизмеримыми с длиной волны, препятствует размерный эффект. Для пирамидального поглотителя с достаточно большой высотой пирамид, используемого в метровом диапазоне длин волн, выявлены два способа понизить порог проявления размерного эффекта до размеров маскируемой поверхности, равных длине волны: это уменьшение размеров оснований пирамид и введение магнитного подслоя в состав пирамид.

#### ***В 2022 году проводились работы по двум грантам РНФ.***

##### 1. Исследование частотной дисперсии эффективных материальных параметров неоднородных сред в микроволновом и оптическом диапазонах

1. Разработан метод получения ферромагнитных частиц со структурой «железное ядро-оболочка SiO<sub>2</sub>», позволяющий направленно изменять толщину оболочки в диапазоне 90 –



220 нм. Полученные частицы были использованы в качестве наполнителя модельного материала с парафиновой матрицей. Показано, что возникновение оболочки на частицах карбонильного железа не изменяет характер частотной дисперсии комплексной магнитной проницаемости материала, и приводит к снижению действительной части диэлектрической проницаемости итогового композита.

2. Обнаружено, что введение кислорода при помощи реактивного магнетронного распыления пермаллоя приводит к снижению амплитуды ферромагнитного резонанса, связанного с чистым пермаллоем, и появление новых более высокочастотных пиков в спектре, что, предположительно связано с образованием оксидной фазы.

3. Исследованы свойства метаматериала, состоящего из образований квадратной формы, каждый из которых представляет собой многослойную металл-диэлектрическую структуру, основанную на плёнках пермаллоя. Показано, что эффективные электродинамические параметры такой структуры корректно описываются формулой смещения Оделевского.

4. Проведен анализ СВЧ магнитной проницаемости композитных материалов, наполненных порошками сендаста, при изменении внешнего магнитного поля. Показано, что формула смещения, корректно восстанавливающая собственную магнитную проницаемость включений при отсутствии внешнего поля, при приложении внешнего поля становится неприменима в связи с изменением магнитной структуры включений композита. Увеличение внешнего поля приводит к исчезновению доменной структуры и усилению взаимодействия между частицами.

5. Определены механизмы, формирующие магнитный СВЧ спектр композитов, наполненных частицами сендаста. Показано, что основной пик магнитных потерь связан с расщеплением ферромагнитного резонанса на доменной структуре в частицах – доменными модами. Найденные частоты доменных мод согласуются с измеренной магнитной проницаемостью. Увеличение внешнего магнитного поля приводит к исчезновению доменной структуры, уменьшению вклада доменных мод в магнитную проницаемость и увеличению вклада ФМР на отдельных частицах.

6. Исследованы особенности намагничивания композитных материалов с включениями дисковой формы. Показано, что при малой доли включений в образце внешнее магнитное поле размагничивается на отдельных частицах. Из-за различной ориентации частиц в изотропном композите пик магнитных потерь расщепляется при приложении внешнего магнитного поля. Увеличение доли включений приводит к тому, что внешнее поле размагничивается на образце как на едином целом, и расщепления пика при приложении поля не происходит. Также пик не расщепляется при намагничивании образцов с анизотропной ориентацией частиц.

7. Созданы пленки на основе металл-полимерных нанокомпозитов 2,3-дихлор-п-ксилилен-серебро, на их основе продемонстрировано усиленное поверхностью комбинационное рассеяние света (SERS). Для получения нанокомпозитов использован метод осаждения из газовой фазы, позволяющий контролировать микроструктуру нанокомпозита. В процессе самосборки на полядерных подложках формировались нанокомпозитные пленки с включениями частиц серебра. Содержание серебра варьировалось от 2,5 до 16% об. Продемонстрирована возможность использования таких субстратов для обнаружения низкомолекулярных веществ, например 2-нитробензойной кислоты, при котором продемонстрирован коэффициент усиления  $10^4$ . Определена зависимость усиления спектров ГКР от микроструктуры нанокомпозита и содержания в нем серебра. Также были исследованы оптические и морфологические свойства нанокомпозитов и показана

их зависимость от содержания серебра. Показано, что нанокompозит является SERS-селективным, поскольку при работе со сложными растворами в присутствии высокомолекулярных веществ усиление сигнала наблюдалось только для низкомолекулярных веществ.

8. Тонкие пленки палладия и платины широко используются для обнаружения водорода, и оптические константы этих материалов необходимы для разработки сенсоров. При малых толщинах эти пленки образуют композит с соседними слоями. В нашей работе исследованы такие пленки в различном окружении. Пленки изготовлены методом электронно-лучевого напыления. Измерены эллипсометрические спектры и спектры пропускания, получены диэлектрические проницаемости этих пленок. Показано, что ультратонкие пленки палладия и платины успешно описываются локальной и изотропной диэлектрической проницаемостью, которая существенно отличается от известных объемных значений. Однако эта диэлектрическая проницаемость зависит от соседних материалов, что свидетельствует о том, что ультратонкие металлические пленки можно рассматривать как композиты, характеризующиеся эффективной диэлектрической проницаемостью и эффективной толщиной.

9. Построены теоретические модели модифицированных мультипольных моментов, необходимых для анализа ассиметричных включений метаматериалов.

10. Предложена модель метаматериалов, обладающих свойством псевдо-аналопа. Выполнен эксперимент в ТГц диапазоне частот и показаны спектральные особенности в виде провала в коэффициенте прохождения.

11. Разработана технология изготовления образцов терагерцовых образцов метаматериалов на основе пленок ниобия на монокристаллическом кремнии.

12. Предложена модель планарного метаматериала с включениями из  $\text{PnN}$  диодов. Созданы образцы и исследованы спектры прохождения/отражения в СВЧ диапазоне. Разработаны макетные управляемые экраны.

13. Для учёта влияния высших мод и интерференционных резонансов на измеренные значения магнитной проницаемости в коаксиальной линии создана методика измерения матрицы рассеяния образца, помещённого в прямоугольный волновод, для дальнейшего вычисления его материальных параметров. Разработаны методики калибровки прямоугольного волновода с помощью скользящих короткозамкнутых нагрузок, с помощью набора фиксированных короткозамкнутых нагрузок, по произвольным заданным стандартам. Проведены предварительные численные эксперименты.

## 2. Экзотические многочастичные фазы подкрученного двуслойного графена и родственных систем

Исследования двуслойного AA графена с помощью теории среднего поля с группой симметрии  $SU(4)$ :

– была получена модель двуслойного AA графена, инвариантная относительно унитарных преобразований группы  $SU(4)$

– для модели двуслойного AA графена, инвариантной относительно группы  $SU(4)$ , была построена теория среднего поля

– нами выведены уравнения на компоненты параметра порядка, нарушающего  $SU(4)$  симметрию модели двуслойного AA графена

– нами получены два типа решений для уравнений на компоненты параметра порядка

– решения, соответствующие минимумам среднеполевой энергии, были классифицированы в соответствии с топологией матричной группы  $SU(4)$

Исследования подкрученного двухслойного графена при магическом угле подкрутки:

- был рассчитан параметр порядка типа некомпланарной волны спиновой плотности, существующий на фоне неоднородного распределения заряда в подкрученном двухслойном графене при магическом угле подкрутки и различных уровнях легирования (от -4 до +4 лишних электрона на сверхъячейку)
- была проанализирована эволюция симметрии пространственного распределения параметра порядка при допировании
- было продемонстрировано понижение симметрии волны спиновой плотности с легированием, что указывает на появление немагического состояния; в то же время показано, что симметрия распределения заряда практически не меняется с допированием
- была рассчитана локальная плотность состояний на уровне Ферми при различных уровнях допирования, показано понижение симметрии пространственного распределения локальной плотности состояний с ростом легирования, что согласуется с экспериментальными данными
- написана и протестирована программа расчета поляризационного оператора подкрученного двухслойного графена в состоянии с волной спиновой плотности

Исследования магических радиусов квантовой точки из двухслойного AA графена:

- был разработан аналитический формализм для исследования спектра одночастичных возбуждений для круговой квантовой точки, изготовленной из двухслойного AA графена
- разработанный формализм был использован для расчета спектров для точек разных радиусов
- было показано, что существует счетный набор «магических» радиусов, при которых вырождение основного состояния квантовой точки увеличено
- существование магических размеров продемонстрировано для треугольной квантовой точки из двухслойного AA графена
- аналитические результаты подтверждены численными расчетами
- объяснена связь между магическими радиусами квантовых точек из двухслойного AA графена и магическими углами подкрутки у двухслойного подкрученного графена

Исследование родственных систем с муаром (бислоем  $\text{CuO}_2$  с муаром)

- была построена теоретическая модель типа сильной связи бислоя  $\text{CuO}_2$  с несопадающими периодами решетки двух слоев; в результате этого несопадения в система возникает сверхструктура, период которой зависит от параметров системы, в том числе от легирования
- были рассчитаны электронные спектры и плотность состояний таких сверхструктур с различными параметрами
- было показано возникновение ряда дополнительных особенностей ван Хофа, число и положение которых зависит от параметров системы и легирования
- было показано выполаживание энергетических зон при изменении квазиимпульса вдоль некоторого направления; выполаживание приводит, в частности, к возникновению особенностей ван Хофа высшего порядка, вблизи которых плотность состояний двумерной системы расходуется не по логарифмическому, а по степенному закону

***При финансировании из внебюджетных источников в 2022 году выполнено 29 работ.***

***Публикации ИТПЭ РАН в 2022 году:***

1. Anastasia V Artemova, Sergey S Maklakov, Alexey V Osipov, Dmitriy A Petrov, Artem O Shiryaev, Konstantin N Rozanov, Andrey N Lagarkov

2. Andrey K. Sarychev, Andrey Ivanov, Andrey N. Lagarkov, Ilya Ryzhikov, Konstantin Afanasev, Igor Bykov, Grégory Barbillon, Nikita Bakholdin, Mikhail Mikhailov, Alexander Smyk, Alexander Shurygin, and Alexander Shalygin

Plasmon Localization and Giant Fields in an Open-Resonator Metasurface for Surface-Enhanced-Raman-Scattering Sensors.

*Phys. Rev. Applied* 17, 044029 – Published 15 April 2022

3. А.К. Сарычев\* , А.В. Иванов , К. Мочалов , И.В. Быков, Н.В. Бахолдин , И. Васкан, Д.В. Васина , В.А. Гущин А.П. Ткачук , Г. Нифонтова , П.С. Самохвалов , А. Суханова , И. Набиев

Плазмонные метаповерхности для обнаружения гликопротеинов вируса SARS-CoV-2 методом гигантского комбинационного рассеяния (ГКР)

*Материалы Международного семинара по волоконным лазерам 2022, с.216-217 (2022)*

3. Boginskaya I., Safiullin R., Tikhomirova V., Kryukova, O., Nechaeva, N.; Bulaeva, N.; Golukhova, E.; Ryzhikov, I.; Kost, O.; Afanasev, K.; Kurochkin, I.

Human Angiotensin I-Converting Enzyme Produced by Different Cells: Classification of the SERS Spectra with Linear Discriminant Analysis

*Biomedicines*. 2022 Jun 12;10(6):1389

4. Lotkov, E.S., Baburin, A.S., Ryzhikov, I.A., Sorokina, O.S., Ivanov, A.I., Zverev, A.V., Ryzhkov, V.V., Bykov, I.V., Baryshev, A.V., Panfilov, Y.V., and Rodionov, I.A.

ITO film stack engineering for low-loss silicon optical modulators

*Scientific reports*. 2022 Apr 15;12(1):1-1

5. I.A. Stepanov; V.A. Zheltikov; E.V. Sergeev; A.S. Baburin; S.S. Avdeev; A.O. Melekhina; I.A. Ryzhikov; I.A. Rodionov

Superconducting Single-photon detector design optimization

2022 International Conference Laser Optics (ICLO). – IEEE Xplore: 09 August 2022. – Accession Number: 21955424

6. A.S. Baburin; E.S. Lotkov; E.V. Sergeev; M. Andronic; D. A. Baklykov; V. E. Stukalova; K. A. Buzaverov; S.S Avdeev; I.A. Ryzhikov; I.V. Dyakonov; N. Skryabin; M. Yu. Saygin; S.P. Kulik; I.A. Rodionov

Tunable low-loss silicon nitride integrated circuits

2022 International Conference Laser Optics (ICLO). – IEEE Xplore: 09 August 2022. – Accession Number: 21955360.

7. Ekaterina A. Slipchenko, Irina A. Boginskaya, Robert R. Safiullin, Ilya A. Ryzhikov, Marina V. Sedova, Konstantin N. Afanasev, Natalia L. Nechaeva, Ilya N. Kurochkin, Alexander M. Merzlikin and Andrey N. Lagarkov

SERS Sensor for Human Glycated Albumin Direct Assay Based on Machine Learning Methods

*Chemosensors*. – 2022. – №10. – P.520

8. A.L. Rakhmanov, A.V. Rozhkov, A. O. Sboychakov  
Magic radius of AA bilayer graphene quantum dot  
*Phys. Rev. B* 105, 235415 – Published 9 June 2022
9. Kugel, K. I. ,Rakhmanov, A. L. ;Sboychakov, A. O.  
Electronic Phase Separation in Magnetic Materials  
*Physics of Metals and Metallography* volume 123, pages674–708 (2022)
10. Д.А. Хохлов, Р.Ш. Акзянов, А.Л. Рахманов  
Теория нематической сверхпроводимости в допированных топологических изоляторах  
*Письма в ЖЭТФ* Том: 116 Номер: 7-8 (10) Год: 2022  
Страницы: 517-532
11. B. Q. Lv, Alfred Zong, D. Wu, A.V. Rozhkov, Boris V. Fine, Su-Di Chen, Makoto Hashimoto, Dong-Hui Lu, M. Li, Y.-B. Huang, Jacob P. C. Ruff, Donald A. Walko, Z. H. Chen, Inhui Hwang, Yifan Su, Xiaozhe Shen, Xirui Wang, Fei Han, Hoi Chun Po, Yao Wang, Pablo Jarillo-Herrero, Xijie Wang, Hua Zhou, Cheng-Jun Sun, Haidan Wen, Zhi-Xun Shen, N. L. Wang, Nuh Gedik  
Unconventional Hysteretic Transition in a Charge Density Wave  
*Phys Rev Lett*<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35119886/> 2022 Jan 21;128(3):036401
12. A.V. Rozhkov, Tony Liu, A.V. Andreev, B.Z. Spivak  
Negative critical currents in single-channel Josephson junctions  
*Phys. Rev. B* 105, L201401 – Published 5 May 2022
13. Andrei E. Tarkhov, A. V. Rozhkov, Alfred Zong, Anshul Kogar, Nuh Gedik, Boris V. Fine  
Dynamics of topological defects after photoinduced melting of a charge density wave  
*Phys. Rev. B* 106, L121109 – Published 20 September 2022
14. Clemens Gneiting, Akshay Koottandavida, Alexander V. Rozhkov, Franco Nori  
Unraveling the topology of dissipative quantum systems  
*Phys. Rev. Research* 4, 023036 – Published 12 April 2022
15. Artem O. Sboychakov ,Kliment I. Kugel and Antonio Bianconi  
Moiré-Like Superlattice Generated van Hove Singularities in a Strained CuO<sub>2</sub> Double Layer  
*Condens. Matter* 2022, 7(3), 50
16. Sergey V. Streltsov, Fedor V. Temnikov, Kliment I. Kugel, Daniel I. Khomskii  
Interplay of the Jahn-Teller effect and spin-orbit coupling: The case of trigonal vibrations  
*Phys. Rev. B* 105, 205142 – Published 31 May 2022
17. Grigoriy S. Mazhorin, Ilya N. Moskalenko, Ilya S. Besedin, Dmitriy S. Shapiro, Sergey V. Remizov, Walter V. Pogosov, Dmitry O. Moskalev, Anastasia A. Pishchimova, Alina A. Dobronosova, I. A. Rodionov, Alexey V. Ustinov  
Cavity-QED of a quantum metamaterial with tunable disorder  
*Phys. Rev. A* 105, 033519 – Published 23 March 2022

18. A. A. Zhukov, W. V. Pogosov  
Quantum error reduction with deep neural network applied at the post-processing stage  
*Quantum Information Processing Volume 21 Issue 3 Mar 2022*
19. D.V. Babukhin, W.V. Pogosov  
The effect of quantum noise on algorithmic perfect quantum state transfer on NISQ processors  
*Quantum Inf Process 21, 7 (2022)*.
20. Nikita Guseynov, Walter Pogosov  
Quantum simulation of fermionic systems using hybrid digital-analog quantum computing approach  
*J. Phys.: Condens. Matter 34 285901*
21. Dmitriy S. Shapiro, Sergey V. Remizov, Andrey V. Lebedev, Danila V. Babukhin, Ramil S. Akzyanov, Andrey A. Zhukov, and Leonid V. Bork  
Critical phase boundary and finite-size fluctuations in the Su-Schrieffer-Heeger model with random intercell couplings  
*Physical Review A 2022, v. 105, no. 2, id. 023321 (7 pages)*
22. Сбойчаков А.О., Рожков А.В., Рахманов А.Л.  
Распределение заряда и волна спиновой плотности в подкрученном двухслойном графене при магическом угле подкрутки  
*Письма в ЖЭТФ 2022, том 116, вып. 10, с. 708–715*
23. Andrei E. Tarkhov, A. V. Rozhkov, and Boris V. Fine  
Transient ordering in the Gross-Pitaevskii lattice after an energy quench within a nonordered phase  
*Physical Review B 2022, v. 106, no. 20, id. L201110 (6 pages)*
24. А.В. Иванов, Н.В. Бахолдин, М.С. Михайлов, А.Н. Лагарьков, И.А. Рыжиков, К.Н. Афанасьев, И.В. Быков, А.Ф. Смык, А.В. Шурыгин, А.Н. Шалыгин, Г. Барбийон, А.К. Сарычев.  
Усиление электрического поля металлодиэлектрической метаповерхностью на основе периодических нанорезонаторов  
*Квантовая электроника. – 2022. – Т. 52. – №7. – С.615-619.*
25. G. Barbillon, A. Ivanov, A.K. Sarychev  
Applications of symmetry breaking in plasmonics  
*Глава книги Recent Advances in Linear and Nonlinear Optics, Edition: MDPI Books, Chapter 8, Publisher MDPI, ISBN 978-3-0365-4118-1, (2022)*
26. Andrey K Sarychev , Alyona Sukhanova , Andrey V Ivanov , Igor V Bykov , Nikita V Bakholdin , Daria V Vasina , Vladimir A Gushchin , Artem P Tkachuk , Galina Nifontova , Pavel S Samokhvalov , Alexander Karaulov , Igor Nabiev  
Label-Free Detection of the Receptor-Binding Domain of the SARS-CoV-2 Spike Glycoprotein at Physiologically Relevant Concentrations Using Surface-Enhanced Raman Spectroscopy

27. A. P. Gubarev, A. N. Shalygin, A. K. Sarychev, A. V. Ivanov, I. V. Bykov, A. S. Kuznetsov, S. B. Odinokov, and A. F. Smyk

Using molecular marking in security holograms

*Journal of Optical Technology Vol. 89, Issue 3, pp. 155-160 (2022)*

28. N. P. Balabukha, D. A. Konyaev & N. E. Shapkina

Simulation of Bistatic RCS Based on a Calculated Electromagnetic Near-Field

*Moscow University Physics Bulletin volume 77, pages479–489 (2022)*

29. Казанцев Ю.Н., Крафтмахер Г.А., Мальцев В.П., Солосин В.С.

Искусственный магнитный проводник на основе композиционного материала с анизотропной диэлектрической проницаемостью и его применение как малогабаритного экрана

*Радиотехника и электроника, 2022, Т. 67, № 9, стр. 847-854*

30. Казанцев Ю.Н., Крафтмахер Г.А., Мальцев В.П., Солосин В.С.

Экранирование электромагнитного излучения искусственным магнитным проводником на основе анизотропного композиционного материала из емкостных решеток

*Радиотехника и электроника, 2022, Т. 67, № 8, стр. 736-744*

31. Yu. N. Kazantsev, G. A. Kraftmakher, V. P. Mal'tsev & V. S. Solosin

Radio absorber based on an artificial magnetic conductor and resistive film

*Journal of Communications Technology and Electronics volume 67, pages369–374 (2022)*

32. N. P. Balabuha; N. L. Menshikh; A. D. Sakhno; N. E. Shapkina

Mathematical Simulating of Electromagnetic Field in the Quiet Zone of Pyramidal and Conical Tapered Anechoic Chambers: Comparison of Results

*Progress in Electromagnetics Research Symposium, 2021, 2021-November, pp. 2552–2561*

33. N. P. Balabukha; E. E. Evstafev; N. L. Menshikh; N. E. Shapkina

Comparison of Two Methods for Reducing the Support Influence on the Electromagnetic Field Scattered by an Object Using the Method of Mathematical Modeling

*Progress in Electromagnetics Research Symposium, 2021, 2021-November, pp. 2542–2551*

34. Nikolay P. Balabukha; Sergey A. Fedorov; Ruslan V. Gilmutdinov; Nikolay L. Menshikh; Dmitry V. Sapoznikov

The Impact of the Sizes of a Planar Sample to Methodical Errors in Measuring the Specular Reflection Coefficient

*Proceedings of 2021 Antenna Design and Measurement International Conference, ADMInC 2021, 2021, pp. 54–57*

35. K. M. Baskov, S. A. Fedorov, V. N. Semenenko, A. A. Politiko, I. I. Krasnolobov, V. A. Chistyayev

RF-Transparent Radome with Compensation Layer for Reducing Boresight Error

*Journal of Communications Technology and Electronics, 2022, Vol. 67, No. 3, pp. 235-239.*

36. А.М. Лебедев, М.Л. Обухов

Резонаторная ячейка с открытым входом на основе диэлектрической пластины на металлической подложке.

*Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. 2022. №2.*

37. I. I. Krasnolobov; A. M. Lebedev; A. I. Fedorenko; T. A. Furmanova

Scattering from the Narrow Slots

*2021 Photonics & Electromagnetics Research Symposium (PIERS), 2021, pp. 2562-2567, date added to IEEE Xplore: February 2022*

38. Starostenko, S.N.; Petrov, D.A.; Rozanov, K.N.; Shiryaev, A.O.; Lomaeva, S.F.

Effect of Temperature on Microwave Permeability of an Air-Stable Composite Filled with Gadolinium Powder

*Sensors (Basel). 2022 Apr; 22(8): 3005*

39. Elena N.Sheftel, Eugene V.Harin, Valentin A.Tedzheto, Philipp V.Kiryukhantsev-Korneev, Konstantin N.Rozanov, Stanislav Y.Bobrovskii, Polina A.Zezyulinac

FeTiB film materials: Dependence of the magnetic properties and magnetic structure on the phase and structural states

*Journal of Magnetism and Magnetic Materials Volume 561, 1 November 2022, 169700*

40. Ivanov P. A., Bobrovskii S. Yu., Rozanov K. N., Petrov D.A.

Using a Single-Mode Approximation to Measure Magnetic Permeability in Strip Transmission Lines

*Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics volume 86, pages574–578 (2022)*

41. Ivan V. Panyukov, Vladislav Yu. Shishkov, Evgeny S. Andrianov

Second-Order Autocorrelation Function of Spectrally Filtered

Light From an Incoherently Pumped Two-Level System

*Annalen der Physik (Berlin) 2022, 534, 2100286*

42. Ilya V. Doronin, Alexey S. Kalmykov, Alexander A. Zyablovsky, Evgeny S. Andrianov, Boris N.Khlebtsov, Pavel N. Melentiev, and Viktor I. Balykin

Resonant Concentration-Driven Control of Dye Molecule Photodegradation via Strong Optical Coupling to Plasmonic Nanoparticles

*Nano Letters 2022, 22, 1, 105–110*

43. T. T. Sergeev, I. V. Vovcenko, A. A. Zyablovsky, E. S. Andrianov

Environment-assisted strong coupling regime

*Quantum volume 6, page 684 (2022)*

44. E A Tereshchenkov, E S Andrianov, A A Zyablovsky, A A Pukhov, A P Vinogradov, A A Lisiansky

Operational regimes of lasers based on gain media with a large Raman scattering cross-section

*Scientific Reports volume 12, Article number: 7588 (2022)*

45. Alexander V. Sadovnikov, Alexander A. Zyablovsky, Alexander V. Dorofeenko, and Sergey A. Nikitov



46. S. A. Fedorov, R. V. Gilmutdinov and N. L. Menshikh “Application of Antenna – Lens System for Measurement of Bistatic Parameters of Materials” 15th *International Conference Acoustooptic and Radar Methods for Information Measurements and Proceedings (ARMIMP)*, 2022

47. Полозов В.И., Маклаков С.С., Маклаков С.А., Набоко А.С., Басков К.М., Петров Д.А., Кисель В.Н.

Активный управляемый экран для сантиметровых волн на основе тонких плёнок диоксида ванадия

// *Современная электродинамика*, 2022, №1, Т.1, С. 12-17

48. Басков К.М., Семененко В.Н., Фурманова Т.А., Чистяев В.А.

Подавление эффекта Гиббса при цифровой обработке сигналов с целью повышения точности измерений электродинамических параметров образцов материалов.

*Современная электродинамика*, 2022. Т. 1, №1, с. 26-34

49. Лебедев А.М., Семененко В.Н., Фурманова Т.А., Краснолобов И.И.

Размерный эффект в метровом диапазоне длин волн при маскировке поверхности пирамидальным поглотителем.

*Современная электродинамика*, 2022. Т. 1, №2 с. 32-37

50. Сбойчаков А.О., Рожков А.В., Рахманов А.Л.

Магический радиус квантовой точки двухслойного AA графена.

*Современная электродинамика*, 2022. Т. 1, №1, с. 6-11

51. Балабуха Н.П., Коняев Д.А., Шапкина Н.Е.

Моделирование двухпозиционной диаграммы рассеяния тела на основе данных электромагнитного поля на плоскости в ближней зоне

*Современная электродинамика*, 2022. Т. 1, №1, с. 18-25

52. Гильмутдинов Р.В., Меньших Н.Л., Фёдоров С.А.

Разработка структур образца для повышения точности измерений коэффициента зеркального отражения

*Современная электродинамика*, 2022. Т. 1, №1, с. 35-38

53. Погосов В.В., Дмитриев А.Ю., Астафьев О.В.

Эффекты статистики фотонов при смещении волн на единичном кубите

*Современная электродинамика*, 2022. Т. 1, №1, с. 39-41

54. Балабуха Н.П., Меньших Н.Л., Сахно А.Д., Шапкина Н.Е.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В РУПОРНЫХ БЕЗЭХОВЫХ КАМЕРАХ

*Современная электродинамика*, 2022. Т. 1, №2 с. 4-9

55. Балабуха Н.П., Меньших Н.Л., Солосин В.С.

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕОТРАЖЕНИЙ МЕЖДУ ЛИНЗОЙ И ОБЪЕКТОМ НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ЕГО ЭПР В РУПОРНОЙ БЕЗЭХОВОЙ КАМЕРЕ

*Современная электродинамика, 2022. Т. 1, №2 с. 10-15*

56. Старостенко С.Н., Петров Д.А., Ширяев А.О.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СВЧ МАГНИТНЫЙ СПЕКТР КОМПОЗИТА С ПОРОШКОМ ГАДОЛИНИЯ

*Современная электродинамика, 2022. Т. 1, №2 с. 23-31*

57. Акзянов Р.Ш., Капранов А.В., Рахманов А.Л.

СПИНОВЫЕ ВИХРИ И МАЙОРАНОВСКИЕ СОСТОЯНИЯ В ДОПИРОВАННЫХ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ИЗОЛЯТОРАХ С НЕМАТИЧЕСКОЙ СВЕРХПРОВОДИМОСТЬЮ

*Современная электродинамика, 2022. Т. 1, №2 с. 38-42*

#### **4. Международная деятельность**

В 2022 году по тематике Института совместно с зарубежными организациями было подготовлено 13 статей.

1. Andrey K. Sarychev, Andrey Ivanov, Andrey N. Lagarkov, Ilya Ryzhikov, Konstantin Afanasev, Igor Bykov, Grégory Barbillon, Nikita Bakholdin, Mikhail Mikhailov, Alexander Smyk, Alexander Shurygin, and Alexander Shalygin

Plasmon Localization and Giant Fields in an Open-Resonator Metasurface for Surface-Enhanced-Raman-Scattering Sensors.

Phys. Rev. Applied 17, 044029 – Published 15 April 2022

2. B. Q. Lv, Alfred Zong, D. Wu, A.V. Rozhkov, Boris V. Fine, Su-Di Chen, Makoto Hashimoto, Dong-Hui Lu, M. Li, Y.-B. Huang, Jacob P. C. Ruff, Donald A. Walko, Z. H. Chen, Inhui Hwang, Yifan Su, Xiaozhe Shen, Xirui Wang, Fei Han, Hoi Chun Po, Yao Wang, Pablo Jarillo-Herrero, Xijie Wang, Hua Zhou, Cheng-Jun Sun, Haidan Wen, Zhi-Xun Shen, N. L. Wang, Nuh Gedik

Unconventional Hysteretic Transition in a Charge Density Wave

Phys Rev Lett <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35119886/>

2022 Jan 21;128(3):036401

3. A.V. Rozhkov, Tony Liu, A.V. Andreev, B.Z. Spivak

Negative critical currents in single-channel Josephson junctions

Phys. Rev. B 105, L201401 – Published 5 May 2022

4. Andrei E. Tarkhov, A. V. Rozhkov, Alfred Zong, Anshul Kogar, Nuh Gedik, Boris V. Fine  
Dynamics of topological defects after photoinduced melting of a charge density wave

Phys. Rev. B 106, L121109 – Published 20 September 2022

5. Clemens Gneiting, Akshay Koottandavida, Alexander V. Rozhkov, Franco Nori

Unraveling the topology of dissipative quantum systems

6. Artem O. Sboychakov, Kliment I. Kugel and Antonio Bianconi  
Moiré-Like Superlattice Generated van Hove Singularities in a Strained CuO<sub>2</sub> Double Layer  
Condens. Matter 2022, 7(3), 50
7. Sergey V. Streltsov, Fedor V. Temnikov, Kliment I. Kugel, Daniel I. Khomskii  
Interplay of the Jahn-Teller effect and spin-orbit coupling: The case of trigonal vibrations  
Phys. Rev. B 105, 205142 – Published 31 May 2022
8. Grigoriy S. Mazhorin, Ilya N. Moskalenko, Ilya S. Besedin, Dmitriy S. Shapiro, Sergey V. Remizov, Walter V. Pogosov, Dmitry O. Moskalev, Anastasia A. Pishchimova, Alina A. Dobronosova, I. A. Rodionov, Alexey V. Ustinov  
Cavity-QED of a quantum metamaterial with tunable disorder  
Phys. Rev. A 105, 033519 – Published 23 March 2022
9. Dmitriy S. Shapiro, Sergey V. Remizov, Andrey V. Lebedev, Danila V. Babukhin, Ramil S. Akzyanov, Andrey A. Zhukov, and Leonid V. Bork  
Critical phase boundary and finite-size fluctuations in the Su-Schrieffer-Heeger model with random intercell couplings  
Physical Review A 2022, v. 105, no. 2, id. 023321 (7 pages)
10. Andrei E. Tarkhov, A. V. Rozhkov, and Boris V. Fine  
Transient ordering in the Gross-Pitaevskii lattice after an energy quench within a nonordered phase  
Physical Review B 2022, v. 106, no. 20, id. L201110 (6 pages)
11. А.В. Иванов, Н.В. Бахолдин, М.С. Михайлов, А.Н. Лагарьков, И.А. Рыжиков, К.Н. Афанасьев, И.В. Быков, А.Ф. Смык, А.В. Шурыгин, А.Н. Шалыгин, Г. Барбийон, А.К. Сарычев.  
Усиление электрического поля металлодиэлектрической метаповерхностью на основе периодических нанорезонаторов  
Квантовая электроника. – 2022. – Т. 52. – №7. – С.615-619.
12. G. Barbillon, A. Ivanov, A.K. Sarychev  
Applications of symmetry breaking in plasmonics  
Глава книги Recent Advances in Linear and Nonlinear Optics, Edition: MDPI Books, Chapter 8, Publisher MDPI, ISBN 978-3-0365-4118-1, (2022)
13. E A Tereshchenkov, E S Andrianov, A A Zyablovsky, A A Pukhov, A P Vinogradov, A A Lisiansky  
Operational regimes of lasers based on gain media with a large Raman scattering cross-section  
Scientific Reports volume 12, Article number: 7588 (2022)

## 5. Материально-техническое обеспечение

1. ИТПЭ РАН располагает соответствующей действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам материально-технической базой, обеспечивающей проведение всех предусмотренных учебным планом видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки обучающихся аспирантов.

ИТПЭ РАН имеет специальных помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет". Обучающимся обеспечен доступ в электронную информационно-образовательную среду организации.

2. На всех компьютерах, используемых на занятиях и для научно-исследовательской работы, установлено требуемое лицензионное программное обеспечение.

3. ИТПЭ РАН обладает собственными сетевыми сервисами для обслуживания электронной почты (@itae.ru) и WEB-сервером (itae.ru), Доступ к электронно-библиотечной системе и электронной информационно-образовательной среде открыт для аспирантов на протяжении всего времени обучения и включает в себя доступ к:

- Системам цитирования и поиска по периодическим изданиям:

- Scitation

- ISI Web of Knowledge

- РИНЦ

- Журналам Американского Физического Общества

- APS Journals (все журналы)

- Physical Review Letters

- Physical Review A

- Physical Review B

- Physical Review C

- Physical Review D

- Physical Review E

- Reviews of Modern Physics

- Physical Review Online Archive

- Поиск по журналам APS

- Журналам Американского Института Физики (J. Appl. Phys., J. Chem. Phys., Phys. Fluids и т.д.):

- Электронным ресурсам издательства Nature Publishing Group:

- Nature

- Nature Materials

- Nature Physics

- Contents of the SPIE Digital Library

- Электронным ресурсам издательства Taylor & Francis (Molecular Physics, High Pressure Research, Advances in Physics..., всего более 1500)

- Электронным ресурсам издательства Springer (Applied Physics, European Physical Journal, High Pressure и т.д., всего более 150 журналов по физике)
- Платформе ScienceDirect, онлайн база данных ресурсов издательства Elsevier
- Электронной библиотеке РФФИ E-Library
- Электронной библиотеке МФТИ.

4. Институт теоретической и прикладной электродинамики РАН обеспечивает каждого аспиранта необходимой научной литературой.

В соответствии с договором № 01-07/07-2007 от 21.01.2007 Институт пользуется услугами библиотеки Объединенного института высоких температур РАН.

5. Лаборатории Института оснащены оборудованием для проведения научных исследований в области электрофизики, электродинамики, техники СВЧ и родственных направлений в соответствии с паспортом специальности.

#### ***Уникальная научная установка "Нанослой" (УНУ «Нанослой»)***

Установка представляет собой комплекс по прецизионному нанесению и контролю покрытий.

УНУ создана на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной электродинамики Российской академии наук (ИТПЭ РАН), расположенного по адресу 125412, г. Москва, ул. Ижорская, д.13, стр.6.

#### Состав УНУ:

- Вакуумные установки
- Установка вакуумного напыления "УВН-Луна" (ИТПЭ РАН, Россия) 2010 г. выпуска предназначена для магнетронного распыления металлических, оксидных и полимерных покрытий на крупногабаритные детали размером до 3,5 метров или групповую обработку подложек.
- Установка нанесения покрытий УРМ 3-279.072 (ООО Кварц, Россия) 1989 г. выпуска предназначена для нанесения покрытий методом электронно-лучевого испарения в вакууме, оснащена системой оптического контроля характеристик наносимых слоев и их комбинаций, позволяет создавать многослойные оптические покрытия и фотонные кристаллы с заданными свойствами, различные функциональные и многофункциональные структуры для использования в широком спектральном диапазоне.

#### Средства исследования и контроля, включенные в комплекс:

- Спектрометр комбинационного рассеяния Alpha300 R (WiTec, Германия) 2013 г. выпуска. Конфокальный двухдиапазонный микроскоп-спектрометр комбинационного рассеяния, предназначенный, как для исследования свойств создаваемых структур, так и для контроля их функциональных характеристик, в частности, сенсорных и усиливающих, на создаваемых наноструктурированных и метаповерхностях. Без метрологического обеспечения.
- Микроскоп мультимодовый сканирующий зондовый Solver Pro (NT-MDT, Россия) 2005 г. Атомно-силовой микроскоп, позволяющий контролировать рельеф создаваемых покрытий на наноразмерном уровне. Без метрологического обеспечения.

– Комплекс автоматического исследования топографии New View 7200 (Zygo, США) 2009 г. выпуска. Интерференционный топограф, обеспечивающий топографирование больших поверхностей с точностью до единиц нанометров. Без метрологического обеспечения.

Применяемые методики измерений:

- Регистрация сил Ван-дер-Ваальса для измерения рельефа поверхности;
- Интерферометрическое сканирование поверхности;
- Регистрация спектров комбинационного рассеяния.

Основные направления исследований, проводимые с использованием уникальной установки:

- Исследования и разработки в области создания новых тонкоплёночных материалов с многоуровневой структурой.
- Исследование фундаментальных основ создания наноструктурированных и наноразмерных систем, функционирующих в широком диапазоне электромагнитного излучения.
- Разработка специальных материалов и покрытий.
- Разработка функциональных материалов для сенсорных устройств.
- Комплексная характеристика тонкоплёночных материалов.
- Разработка технологий и создание технологического оборудования для нанесения полимерных покрытий в вакууме.

Выполняемые типовые работы:

- Создание тонкоплёночных покрытий с заданными оптическими характеристиками и контроль их морфологических и спектральных характеристик.
- Создание наноструктурированных металлических покрытий для реализации ГКР эффекта (гигантского комбинационного рассеяния) и их апробирование.
- Стоимость работ определяется индивидуально по соглашению сторон в зависимости от сложности работ.

План работы уникальной установки

1. Формирование тонкоплёночных наноструктурированных покрытий на основе серебра для наноплазмонных применений.
2. Разработка методик анализа биологических аналитов с использованием метода ГКР.

Выполненные работы и оказанные услуги

- Предложена методика для количественного определению гликированного альбумина в модельной плазме крови на основе сывороточного альбумина человека [1].
- Впервые были получены и исследованы ГКР спектры ангиотензинпревращающего фермента из разных источников (сердца, легких, семенной жидкости человека) с целью определения АПФ из сердца как маркера кардиальных рисков на фоне других гликозилированных АПФ [2].

[1] Slipchenko E.A.; Boginskaya I.A.; Safiullin R.R.; Ryzhikov I.A.; Sedova M.V.; Afanasev K.N.; Nechaeva N.L.; Kurochkin I.N.; Merzlikin A.M.; Lagarkov A.N. SERS Sensor for Human Glycated Albumin Direct Assay Based on Machine Learning Methods. Chemosensors 2022, 10, 520.

<https://doi.org/10.3390/chemosensors10120520>

[2] Boginskaya I.; Safiullin R.; Tikhomirova V.; Kryukova O.; Nechaeva N.; Bulaeva N.; Golukhova E.; Ryzhikov I.; Kost O.; Afanasev K.; Kurochkin I. Human Angiotensin I-Converting Enzyme Produced by Different Cells: Classification of the SERS Spectra with Linear Discriminant Analysis. Biomedicines 2022, 10, 1389.

<https://doi.org/10.3390/biomedicines10061389>

***В Институте имеется оборудование для проведения исследований и разработки технологий применения радиопоглощающих покрытий и поглотителей в конструкциях антенных систем для оптимизации их радиотехнических характеристик.***

***В Институте имеется оборудование для проведение исследований электрофизических, радиофизических, магнитных и других свойств однородных и неоднородных сред с целью создания новых материалов для применения в СВЧ диапазоне частот.***

***В ИТПЭ РАН работает уникальный измерительный стенд, позволяющий проводить в широком диапазоне частот исследования фундаментальных явлений дифракции и уникальные измерения для прикладных целей таких как, разработка и создание безэховых камер, изучение рассеивающих свойств объектов сложной геометрической формы и исследование радиотехнических параметров антенн.***

6. В ИТПЭ РАН функционирует многопроцессорный вычислительный комплекс (кластер), предназначенный для выполнения научно-технических расчетов. Комплекс работает под управлением операционной системы Linux, в состав специализированного программного обеспечения комплекса входит пакет электродинамического моделирования FEKO, трансляторы языков программирования Fortran и C++. Доступ к кластеру обеспечивается с рабочих станций, работающих в среде Windows. Организационные вопросы обеспечения расчетов решаются в соответствующем структурном подразделении Института — вычислительном центре.

## 6. Финансово-экономическая деятельность

| №<br>п/п | Наименование показателя   | Значение показателя<br>тыс. руб. |           |
|----------|---|----------------------------------|-----------|
|          |   | 2021                             | 2022      |
| 1        | Финансовая результативность научной организации по источникам дохода, в том числе средства, полученные:   | 643990,8                         | 844771,0  |
|          | а на выполнение государственных заданий   | 116792,8                         | 175877,1  |
|          | б на конкурсной основе из бюджетов всех уровней   | 13139,8                          | 19120,3   |
|          | в на конкурсной основе из внебюджетных источников   | 0                                | 0         |
|          | г из иностранных источников   | 1866,6                           | 0         |
|          | д из внебюджетных источников на иные цели   | 512191,8                         | 649773,6  |
| 2        | Финансовая результативность научной организации по видам выполненных работ и оказанных услуг, в том числе |                                  |           |
|          | а исследования и разработки   | 700888,4                         | 1292881,3 |
|          | б научно-технические услуги   | 0                                | 0         |
|          | в от использования результатов интеллектуальной деятельности  | 0                                | 0         |
|          | г товары, работы и услуги производственного характера   | 0                                | 0         |
|          | д иные доходы, не связанные с научными, научно-техническими услугами и разработками                       | 0                                | 0         |
| 3        | Стоимость основных средств и нематериальных активов, в том числе:   | 51659,8                          | 118101,9  |
|          | а зданий и сооружений   | 25600,8                          | 23299,4   |
|          | б машин и оборудования  | 19866,2                          | 89183,3   |
|          | в нематериальных активов  | 5985,1                           | 5458,3    |
| 4        | Внутренние текущие затраты на научные исследования и разработки в том числе:                              | 624052,7                         | 760697,5  |
|          | а фундаментальные исследования  | 120773,7                         | 130115,9  |
|          | б поисковые исследования  | 0                                | 0         |
|          | в прикладные исследования   | 252991,1                         | 39584,5   |
|          | г экспериментальные разработки  | 250287,9                         | 590997,1  |
| 5        | Внешние затраты на исследования и разработки  | 1664,9                           | 0         |
| 6        | Затраты на оплату труда работников, выполнявших научные исследования и разработки                         | 296671,5                         | 459301,0  |



## 7. Основные показатели деятельности

### Научно-исследовательская деятельность

| №<br>п/п | Наименование показателя   | Значение показателя |      |
|----------|---|---------------------|------|
|          |   | 2021                | 2022 |
| 1        | Число публикаций организации, индексируемых в Web of Science, шт              | 59                  | 0    |
| 2        | Число публикаций организации, индексируемых в Scopus, шт                      | 61                  | 0    |
| 3        | Число публикаций организации, индексируемых в РИНЦ, шт                        | 73                  | 34   |
| 4        | Цитируемость публикаций организации, индексируемых в Web of Science           | 1252                | 0    |
| 5        | Цитируемость публикаций организации, индексируемых в Scopus                   | 1287                | 0    |
| 6        | Цитируемость публикаций организации, индексируемых в РИНЦ                     | 4850                | 4875 |
| 7        | Количество выпущенной конструкторской и технологической документации, шт      | 54                  | 14   |
| 8        | Количество созданных результатов интеллектуальной деятельности, шт            | 1                   | 3    |
| 9        | Численность работников, выполнявших исследования и разработки, в том числе:   | 203                 | 232  |
|          | исследователей, из них  | 57                  | 54   |
|          | кандидатов наук   | 28                  | 26   |
|          | докторов наук   | 11                  | 11   |
|          | в возрасте до 39 лет  | 15                  | 13   |
| 10       | Количество научных журналов, в том числе электронных, издаваемых организацией | 0                   | 1    |
| 11       | Количество грантов, полученных организацией                                   | 1                   | 2    |
| 12       | Количество проектов, финансируемых из внебюджетных источников                 | 20                  | 29   |
| 13       | Численность защитивших диссертационные работы                                 |                     |      |
|          | а кандидатских  | 1                   | 2    |
|          | б докторских  | 1                   | 0    |

### Образовательная деятельность

Информация о результатах приема:

| Год  | Направление подготовки | Наименование профессии, специальности, направления подготовки, наименования групп научных специальностей | Уровень образования | Форма обучения | Кол-во мест в рамках КЦП | Результаты приема обучающихся за счёт (количество человек): | Бюджетных ассигнований федерального бюджета |  |
|------|------------------------|--|---------------------|----------------|--------------------------|---|---|--|
|      |                        |  |                     |                |                          |   | Всего                                       | из них численность обучающихся, являющихся иностранцами гражданами |
| 2021 | 03.06.01               | Физика и астрономия  | Аспирантура         | Очная          | 1                        | 1   | 1   | 0  |
| 2022 | 03.06.01               | Физика и астрономия  | Аспирантура         | Очная          | 1                        | 1   | 1   | 0  |

Информация о численности обучающихся по реализуемым образовательным программам:

| Год  | Направление подготовки | Наименование профессии, специальности, направления подготовки, наименования групп научных специальностей | Уровень образования | Форма обучения | Общая численность обучающихся за счет: | Бюджетных ассигнований федерального бюджета |  |
|------|------------------------|--|---------------------|----------------|--|---|--|
|      |                        |  |                     |                |  | Всего                                       | из них численность обучающихся, являющихся иностранцами гражданами |
| 2021 | 03.06.01               | Физика и астрономия  | Аспирантура         | Очная          | 3                                      | 4   | 0  |
| 2022 | 03.06.01               | Физика и астрономия  | Аспирантура         | Очная          | 4                                      | 4   | 0  |

Ученый секретарь ИТПЭ РАН

Кунавин А.Т.