

**I. РЕЗУЛЬТАТЫ,
ПРЕДСТАВЛЯЕМЫЕ
В ДОКЛАД ПРЕЗИДЕНТА РАН**

1. Показана принципиальная возможность захвата колебаний мегаваттного гиротрона внешним сигналом. Ввод сигнала осуществляется новой квазиоптической системой, обеспечивающей оптимальную связь внешнего источника с резонатором гиротрона. Первый эксперимент выполнен с импульсным гиротроном на частоте 35 ГГц. Измеренные полоса и время захвата колебаний находятся в согласии с расчетом. Использование режима захваченных колебаний позволяет обеспечить работу генератора на очень высоких модах, стабилизировать частоту при нестабильных параметрах высоковольтных источников, повысить КПД, обеспечить когерентность нескольких гиротронов мегаваттного уровня мощности.

Авторы: В.Л.Бакунин, Ю.Гузнов, Г.Г.Денисов, Н.И.Зайцев, А.Н.Куфтин, С.А.Запечалов, С.Ю.Корнишин, Ю.В.Новожилова, А.В.Чирков, А.Шевченко

2. Впервые в ИК диапазоне были получены изображения разрядов, генерируемых внутри искусственного заряженного аэрозольного облака. Наряду с типичными стримерными и лидерными разрядами, наблюдаемыми в лабораторных экспериментах с искровыми разрядами, внутри заряженного облака обнаружено множество разрядов с отличными от обычных разрядов характеристиками. Эти разряды, названные «сталкерами», образуют новый класс разрядных явлений внутри электризованной облачной среды. Проведены классификация и анализ многообразия сталкеров.

Авторы: Н.А. Богатов, Е.А. Мареев, В.А. Раков (ИПФ РАН), М.Г.Андреев, Л.М.Макальский, Д.И.Сухаревский, В.С.Сысоев (Всероссийский электротехнический институт), А.Ю. Костинский (Высшая школа экономики).

3. Разработана CVD технология выращивания комбинированных пластин большой площади (диаметром до 76 мм), содержащих более 100 монокристаллов CVD алмаза, вращенных в поликристаллическую алмазную основу. Разработанная технология включает соединение поли- и монокристаллических областей в процессе CVD роста, снятие механических напряжений между областями путем высокотемпературного отжига и выращивание на монокристаллических областях комбинированных пластин эпитаксиальных слоев CVD алмаза, легированных бором. Применение технологии позволяет получать комбинированные пластины пригодные для создания электронных приборов на основе полупроводникового CVD алмаза в существующих технологических линиях.

Авторы: А.Б. Мучников, А.Л. Вихарев, Д.Б. Радищев, В.А. Исаев, О.А. Иванов, А.М. Горбачев

4. Предложен и экспериментально реализован метод адаптивного синтеза апертуры с помощью приемной бортовой антенны разработанной для корабельных гидроакустических комплексов. В натуральных условиях продемонстрирована возможность создания для низкочастотного диапазона виртуальной апертуры приемной системы в десять раз превышающей продольный размер корпуса корабля. В ходе испытаний изготовленной аппаратуры в режиме шумопеленгации выполнено обнаружение и определение координат (дальности и пеленга) малозумной цели на дистанции, большей, чем достижимая с помощью существующих гидроакустических средств.

Авторы: Иваненков А.С., Коротин П.И., Родионов А.А., Турчин В.И.

5. Создан автоматизированный комплекс для спектроскопии и диагностики различных сред с рекордной мощностью микроволнового излучения. Источником излучения является непрерывный гиротрон, использующий криомагнит с охлаждением газообразным гелием, и генерирующий мощность до 1 кВт на частоте 263 ГГц. Изменение температуры хладагента в контуре охлаждения резонатора и рабочего напряжения позволяет осуществлять плавную перестройку частоты излучения в полосе 0.2 ГГц. Требуемая для ряда приложений мощность на уровне 10 Вт получена при низких рабочих токах (0.02 А) и напряжениях (14 кВ), что позволяет работать с относительно простыми и компактными высоковольтными источниками питания.

Авторы: Денисов Г.Г., Глявин М.Ю., Соколов Е.В., Тай Е.М., Солуянова Е.А., Чирков А.В., Куфтин А.Н., Лучинин А.Г., Морозкин М.В., Запевалов В.Е., Еремеев А.Г., Малыгин В.И., Седов А.С., Цветков А.И., Плотников А.И., Холопцев В.В., Манулов В.Н., совместно с ЗАО НПП Гиком

6. Предложена новая схема электронно-циклотронного нагрева для крупномасштабных прямых магнитных ловушек, основанная на эффекте захвата излучения в трехмернонеоднородной гиротропной плазме. Схема реализована в системе дополнительного ЭЦ нагрева плазмы на установке ГДЛ (ИЯФ им. Будкера, Новосибирск), что позволило поднять температуру электронов до рекордного для этого класса установок значения 650 эВ. Эксперименты на установке ГДЛ подтвердили высокую эффективность ЭЦ нагрева в узком диапазоне углов ввода излучения в полном соответствии с предсказаниями теории.

Авторы: Е.Д. Господчиков, Г.Г. Денисов, В.И. Малыгин, О.Б. Смолякова, А.Г. Шалашов (ИПФ РАН), M.Thumm, А.Л. Соломахин, П.А. Багрянский, Д.В. Яковлев (ИЯФ им. Будкера СО РАН)

7. Впервые показано, что в широком диапазоне плотностей мощности лазерного излучения (от $2 \cdot 10^{-2}$ до $1.6 \cdot 10^6$ Вт/см²) наблюдается дозовый механизм фотовыгорания в опухолевых сфероидах флуоресцентного белка KillerRed (ИБХ РАН), фототоксическое действие которого основано на генерации им активных форм кислорода. Обнаружено, что при импульсном режиме воздействия гибель клеток наступает вследствие апоптоза, в отличие от непрерывного режима лазерного воздействия, которое активирует некроз. Сравнение непрерывного и импульсного режимов воздействия на опухоли животных, экспрессирующих белок KillerRed, показало наличие выраженных патоморфологических изменений в случае импульсного лазерного воздействия, указывающих на терапевтический эффект.

Авторы: В.А. Каменский, И.В. Турчин, П.В. Субочев, В.В. Дуденкова (ИПФ РАН), Д.С. Кузнецова, М.В. Ширманова, Е.В. Загайнова (НижГМА), С.А. Лукьянов (ИБХ РАН)

8. Разработан способ получения высокоплотной (плотность порядка 99 % от теоретической) оксидной керамики с субмикронным размером зерна за время порядка нескольких минут при микроволновом нагреве. При скоростях нагрева 100 ... 3000 °С/мин и отсутствии изотермической выдержки характерное время процесса сокращается в 10...100 раз по сравнению со значениями, типичными для спекания с использованием традиционных методов нагрева.

Авторы: Ю.В. Быков, С.В. Егоров, А.Г. Еремеев, И.В. Плотников, К.И. Рыбаков, А.А. Сорокин

9. Осуществлены первые количественные исследования спектра одной из важнейших атмосферных молекул - димера воды - в условиях, соответствующих атмосферным, что позволило существенно продвинуться в понимании природы атмосферного континуума. Спектр поглощения димера наблюдался в водяном паре и в воздухе при различных температурах, давлениях и влажностях. Полученные экспериментальные данные позволили уточнить значения основных термодинамических и спектроскопических констант димера, важных для создания физически обоснованной модели распространения излучения в атмосфере, необходимой для точных расчетов радиационного баланса Земли и прогнозирования климата, а так же разработать модель вращательного спектра димера, обосновывающую возможность прямого радиометрического наблюдения и анализа димерного поглощения в атмосфере Земли с помощью современных приёмных комплексов.

Авторы: М.Ю. Третьяков, М.А. Кошелев, А.Ф. Крупнов, Т.А. Одинцова
Е.А. Серов, В.В. Паршин.

10. Разработана и изготовлена бортовая измерительная система (БИС) для оценки потенциала конформных гидроакустических антенн, определения характеристик и построения модели акустических помех работе бортовых приемных систем. Впервые в отечественной практике в результате натурных испытаний корабля с помощью БИС получены данные о величинах и характере поведения корабельных, гидродинамических и фоновых помех. Для анализа результатов измерений подготовлена теоретическая база в виде совокупности алгоритмов адаптивной и оптимальной обработки сигналов с антенных приемных систем.

Авторы: Артельный П.В., Балалаев А.Я., Иваненков А.С., Кибардин Г.А., Коротин П.И., Наседкин А.В., Потапов О.А., Турчин В.И., Цибереv А.В., Чащин А.С.

11. Впервые выполнено экспериментальное исследование процессов электризации вертолетов в полете. Разработаны вибрационные электрические датчики, с помощью которых измерена напряженность статического электрического поля на поверхности земли, создаваемого зарядами на фюзеляже вертолета. Установлено, что фюзеляж вертолета заряжается положительно, а выхлопная струя выносит отрицательный заряд, то есть механизм электризации – двигательный. Предложена модель двигательной электризации, заключающаяся в зарядке сажевых частиц в слабоионизированной плазме камеры сгорания газотурбинного двигателя с их последующим выносом с потоком выхлопных газов.

Авторы: М.Е. Гушин, С.В. Коробков, А.В. Костров, С.Э. Привер,
А.В. Стриковский

12. Разработана и реализована в Нижегородской области региональная система наукастинга опасных быстроразвивающихся метеорологических явлений, которая включает многопунктовую систему грозопеленгации, датчики квазистатического электрического поля, инфраструктуру и алгоритмы сбора и обработки данных. Функционирование системы обеспечивается сверхоперативным прогнозом с помощью мезомасштабной модели высокого разрешения WRF и анализом радиолокационных данных в режиме реального времени. Система позволяет исследовать статистические характеристики электрических полей и климатологию грозовых разрядов в среднеширотной атмосфере.

Авторы: А.А. Булатов, С.О. Дементьева, Н.В. Ильин, В.В. Клименко, Ф.А. Кутерин, Е.А. Мареев, М.В. Шаталина, Ю.В. Шлюгаев (Институт прикладной физики РАН), В.В. Соколов (Департамент Росгидромета по Приволжскому федеральному округу).

13. В методе спектральной оптической когерентной томографии разработан новый подход к объемной визуализации микрососудистой сети в биоткани (ангиографии) с разделением сосудов по скоростям движений. Движущиеся рассеиватели выделяются по амплитудно-фазовым изменениям в спеклах за счет фильтрации пространственного спектра двухкоординатных изображений, формирующих трехкоординатный массив данных. Высокая плотность и скорость получения элементов изображения позволяют эффективно компенсировать крупномасштабные движения живой ткани, что, в отличие от известных доплеровского и корреляционного подходов, обеспечивает повышенную робастность и чувствительность предложенного метода.

Авторы: Л.А. Матвеев, В.Ю. Зайцев, Г.В. Геликонов, А.Л. Матвеев, А.А. Моисеев С.Ю. Ксенофонтов, В.М. Геликонов (ИПФ РАН), В.В. Демидов, А. Виткин (Университет Торонто, Канада)

14. Разработан эмпирический подход к созданию моделей климатической динамики, в основе которого лежит построение низкоразмерной стохастической модели оператора эволюции путем прямого анализа пространственно распределенных временных рядов. На серии модельных примеров показана способность таких моделей описывать ключевые динамические свойства системы, ответственные за наблюдаемые режимы поведения. Продемонстрированы предсказательные свойства моделей применительно как к прогнозу критических переходов – резких качественных изменений поведения – в динамике климатических моделей различной сложности, так и к прогнозу климатических индексов по данным климатического мониторинга. Выведен байесов критерий оптимальности модели, позволяющий выбрать модель, сложность которой наиболее адекватна анализируемой выборке данных. Ключевым шагом разработанного подхода является конструирование низкоразмерного базиса фазовых переменных модели по временным рядам, определенным на пространственной сетке. Для этой цели предложены новые методы разложения данных, основанные на выделении пространственно-временных и/или нелинейных мод, вносящих принципиальный вклад в наблюдаемую динамику.

Авторы: Д.Н. Мухин, А.С. Гаврилов, Е.М. Лоскутов, А.М. Фейгин

15. Предложен новый метод формирования двухцветных оптически синхронизированных импульсов высокого качества с помощью разработанной полностью волоконной лазерной системы, состоящей из эрбиевого задающего источника, нелинейно-оптического конвертора длины волны и тулиевого усилителя. Продемонстрированы импульсы, один из которых имеет центральную длину волны 2,0 мкм и реализован с энергией микроджоульного уровня, а другой плавно перестроен в диапазоне 2,0...2,3 мкм непосредственно в тулиевом активном волокне. Двухцветные импульсы востребованы в экспериментах типа «накачка-зондирование», а также при разработке мощных твердотельных лазерных усилителей на кристаллах Cr:ZnSe и Cr:ZnS в качестве затравки с синхронной накачкой. При использовании германатных волокон после тулиевого усилителя импульсы могут быть перестроены вплоть до 3 мкм. С помощью FROG-измерений экспериментально продемонстрированы спектрально ограниченные импульсы с sech-формой длительностью 125, 145 и 160 фс на 2, 2,25 и 2,7 мкм, соответственно.

Авторы: Анашкина Е.А., Андрианов А.В., Коптев М.Ю., Муравьев С.В., Ким А.В

16. Разработана высокочувствительная нелинейно-акустическая методика наблюдения макроскопических проявлений наномасштабных медленных спонтанных процессов в гранулированной среде. Выявленные эффекты объяснены бистабильностью находящихся на поверхностях гранул микроконтактов, для переключения которых между положениями равновесия достаточно энергии тепловых флуктуаций. Предложенная физическая модель таких контактов с адгезией описывает их бистабильность как механический гистерезис, где роль «мягкого» элемента играет нелинейная упругость самого растягиваемого контакта, которая уравнивает его притяжение к другой поверхности. Предсказываемое моделью существование неровностей радиусом ~100 нм подтверждено атомно-силовым зондированием поверхности гранул. Проведенное Монте-Карло моделирование коллективной динамики таких бистабильных элементов хорошо воспроизводит особенности медленных релаксаций в различных режимах, включая эффекты «старения» отклика и накопление поврежденности от повторяющихся слабых воздействий с подведением к порогу разрушения материала.

Авторы: В.Ю. Зайцев (ИПФ РАН), В.Э. Гусев, В. Турна (Университет Дю Мэн, Франция), П. Ришар (университет Ренн-1, Франция)

17. Сформулированы принципы построения «идеальных» систем видения в воде и через взволнованную границу раздела воздух/вода, минимизирующие влияние поверхностного волнения и рассеяния в воде на качество изображения подводных объектов. Разработана модель системы, основанной на применении сложно модулированных пучков подсветки и пространственно-временной согласованной обработки сигналов, формирующих изображение. Показано, что 3D разрешение такой системы видения существенно превышает возможности систем видения на стационарных и импульсных пучках подсветки и практически не зависит от расстояния до наблюдаемого объекта.

Авторы: Л.С. Долин, А.Г. Лучинин.

18. Показано, что когда напряженность лазерного поля превышает определенный порог, взаимодействие такого поля с твердотельными мишенями происходит в радиационно-доминантном режиме, сопровождаемым новыми эффектами: радиационном захвате электронов лазерным импульсом и эффективной генерацией гамма-квантов. Выше порога: (i) доля лазерной энергии, конвертируемой в энергию гамма-квантов, превышает долю лазерной энергии, передаваемой электронам, (ii) пондеромоторная сила со стороны лазерного импульса на электроны сильно подавлена силой реакции излучения, в результате часть электронов мишени захватываются внутрь импульса. Найден режим взаимодействия, когда при высокой степени конверсии лазерной энергии в энергию гамма-квантов диаграмма направленности гамма-излучения становится узкой, что может быть использовано для создания гамма-источников, превосходящих по яркости существующие источники.

Авторы: Е.Н. Неруш, И.Ю. Костюков, L.L. Ji, A. Pukhov, B.F. Shen, K.U. Alki (ИПФ РАН, ННГУ, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, The Ohio State University, Columbus).

19. Разработан гидрофон устойчивый к вибрационной помехе. За счет конструктивных особенностей, дополнительных чувствительных элементов и вибрационных калибровок балансировка выходного сигнала обеспечивает понижение чувствительности к вибрациям на величину до 20 дБ в диапазоне до 1 кГц по трем степеням свободы. Выход акустического давления датчика унифицирован, при этом с

помощью встроенного микропроцессора могут быть реализованы режимы векторного приемника и измерителя ускорений. Изделие не требует дополнительных мер по виброизоляции при использовании на кабельных антенных, бугах и вибрирующих конструкциях. Достигнутые показатели подавления вибрационной чувствительности превосходят соответствующие характеристики известных импортных и отечественных изделий.

Авторы: Кияшко Б.В., Чащин А.С., Емельянов М.Б.

20. Впервые теоретически и экспериментально изучена синхронизация высших порядков в системе осцилляторов с импульсными запаздывающими связями. Построены зоны синхронизации в пространстве параметров. Ширина зон зависит линейно от силы связи и периодически от времени запаздывания. Показано, что синхронизация возможна при сколь угодно больших величинах задержки, что было подтверждено экспериментально вплоть до сотен периодов собственных колебаний. Установлено, что в определенных интервалах задержек может сосуществовать несколько различных устойчивых режимов синхронизации одного порядка. Данный эффект является новым и ранее в теории синхронизации описан не был. Изучение влияния запаздывающих связей на режимы синхронизации высших порядков имеет большое значение для понимания процессов в нейронных сетях мозга и физических системах, в которых возникает задача синхронизации импульсов.

Авторы: Клиньшов В.В., Щапин Д.С., Некоркин В. И.